

УДК 614.841

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ПОЖЕЖІ НА РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ ПО СТАЛЕВІЙ БАЛЦІ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2025.2.40-46>

Сідней С. О., ORCID iD 0000-0002-7664-6620

Рудешко І. В., ORCID iD 0009-0007-1721-2607

Іщенко І. І., ORCID iD 0009-0000-5050-4926

Школяр Є. В., ORCID iD 0000-0002-7304-1677

Мотрічук Р. Б., ORCID iD 0000-0002-5670-6788

Степаненко В. О., ORCID iD 0009-0001-0839-197X

*E-mail: sidney-1980@ukr.net

Національний університет цивільного захисту України, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ	АНОТАЦІЯ
Надійшла до редакції: 25.09.2025	У статті досліджено вплив параметричної пожежі на розподіл температури у сталевій балці, що є важливим аспектом під час проведення оцінювання вогнестійкості таких конструкцій. Виконано чисельне моделювання теплових процесів у програмному комплексі ANSYS WB (Transient Thermal), за допомогою методу скінченних елементів, що дозволило визначити температурний розподіл в досліджуваній балці за різними сценаріями пожежного впливу. Аналіз поведінки конструкції під час впливів стандартного температурного режиму пожежі та параметричної пожежі показав суттєві відмінності у температурному розподілі в балці. Встановлено, що максимальна температура за умови стандартного режиму пожежі досягає 943,09°C, що на 18,3% перевищує відповідний показник для параметричної пожежі (770°C). Це свідчить про те, що під час стандартного температурного режиму пожежі конструкція зазнає більш інтенсивного нагріву ніж під час обраної параметричної пожежі, що може спричинити швидшу втрату несучої здатності балки. На основі отриманих результатів запропоновано поліноміальну залежність зміни температури в сталевій балці в умовах впливу параметричної пожежі, яка має високий рівень відповідності ($R^2 = 0,9978$) розрахунковим даним. Отримані залежності можуть бути використані для вдосконалення методів оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій та розрахунку їхнього теплового стану під час параметричної пожежі. Результати цього дослідження є актуальними для розробки сучасних нормативних документів та вдосконалення підходів до проектування сталевих конструкцій з урахуванням параметричних пожеж.
Пройшла рецензування: 16.10.2025	
Опубліковано: 11.12.2025	
КЛЮЧОВІ СЛОВА: теплотехнічна задача, параметрична пожежа, сталева балка, метод скінченних елементів, вогнестійкість	

Сталеві конструкції є невід’ємною частиною сучасного будівництва, забезпечуючи високу надійність, міцність і довговічність споруд. Вони широко застосовуються у різних об’єктах особливо на торгівельних, складських та промислових об’єктах, завдяки своїм унікальним властивостям, таким як висока несуча здатність, відносно мала маса та можливість швидкого монтажу [1]. Сучасні підходи до проектування сталевих конструкцій передбачають не лише механічні характеристики матеріалу, а й

його поведінку за екстремальних умов, зокрема під час пожежі [2]. Сталеві балки є ключовими елементами каркасних систем будівель і споруд, оскільки такі конструкції часто використовуються у сучасному будівництві завдяки високій несучій здатності, відносно малій масі, швидкому монтажу та можливості створення великих прольотів [1–3]. Їх використання дозволяє ефективно передавати навантаження та створювати конструктивні рішення, що відповідають сучасним вимогам безпеки та експлуатації.

Постановка проблеми. Одним із найважливіших аспектів дослідження сталевих балок є їхня поведінка під впливом високих температур, що виникають у разі пожежі. Однак у зв'язку з низькою вогнестійкістю таких конструкцій без вогнезахисту [1–3] сталеві балки потребують досліджень під час впливу пожежі [4, 5], що передбачає розв'язання теплотехнічної задачі. Особливо актуальним є вивчення розподілу температури під час впливу параметричної пожежі, оскільки це дозволяє враховувати не суворо стандартну температурну криву пожежі, а наближену до реалістичного теплового впливу.

Проте, незважаючи на наявні дослідження, постає проблема недостатньої кількості даних щодо температурного розподілу в сталевих балках за умов параметричної пожежі, яка моделює реальні сценарії розвитку пожежі з урахуванням навантаження, геометрії приміщення, вентиляції та кількості горючих матеріалів. Існуючі нормативні підходи здебільшого ґрунтуються на стандартних температурних кривих, які не завжди точно відображають дійсні умови пожежі. Це ускладнює точне оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій і створює ризики в контексті забезпечення їхньої надійності та безпеки під час реальної пожежі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій виконується за настанням граничного стану за ознакою втрати несучої здатності (R). Це зумовлено їхньою функцією, яка полягає в забезпеченні несучої здатності конструкції. При впливі пожежі несуча здатність конструкції повинна бути забезпечена протягом нормованого часу, щоб будівля не зруйнувалася до завершення евакуації людей. Крім того, необхідно забезпечити несучу здатність будівельних сталевих конструкцій протягом нормованого часу впливу пожежі, щоб спеціальні підрозділи мали можливість ефективно проводити аварійно-рятувальні роботи протягом

цього часу, зазначеного у класі вогнестійкості конструкції.

Оцінювання вогнестійкості можна здійснити за допомогою експериментальних досліджень у спеціальних вогневих печах під час проведення вогневих випробувань [6]. Однак виконання таких досліджень потребує значних фінансових витрат. Крім того, організація повномасштабних вогневих випробувань є трудомісткою та часозатратною, оскільки передбачає виготовлення зразків у реальному масштабі, підготовку складного випробувального обладнання, а також дотримання вимог техніки безпеки під час їх проведення.

Існує практика використання малогабаритних установок для проведення вогневих випробувань [7, 8]. Однак теплові процеси, що відбуваються під час таких досліджень, також потребують контролю температури в печі. Безумовно, цей метод є менш фінансово затратним і не супроводжується значними шкідливими викидами в навколишнє середовище порівняно з повномасштабними випробуваннями. Проте він ускладнюється тим, що для досягнення стандартного температурного режиму пожежі необхідно проводити додаткові дослідження, оскільки для кожної конструкції, виконаної з різних матеріалів, слід враховувати особливості розподілу конвекційного та радіаційного теплообміну між гарячим газовим середовищем усередині печі та поверхнею досліджуваної конструкції.

У зв'язку з цим, чисельне моделювання теплових процесів набуває все більшого поширення як альтернативний підхід до оцінювання вогнестійкості конструкцій, що дає змогу аналізувати теплову поведінку матеріалів та елементів без потреби у дороговартісному обладнанні та складній організації випробувань.

У роботі [9] проведено дослідження поведінки сталеві двотаврової балки в умовах впливу стандартного температурного режиму пожежі за допомогою розрахунку із використання

методу скінченних елементів. Однак під час моделювання було розглянуто ідеалізований фрагмент балки, що не враховує реальні умови закріплення та можливі деформації внаслідок температурного розширення конструкції. Це не дозволяє об'єктивно отримати дані про напружено-деформований стан конструкції.

У роботі [10] під час дослідження оцінювання вогнестійкості сталевих балок було враховано умови закріплення конструкції. Однак розглянуто лише вплив суворого стандартного температурного режиму пожежі, що, відповідно, призводить до заниження межі вогнестійкості конструкцій.

Також передбачається оцінювання вогнестійкості за допомогою розрахункових методів.

Відповідно до рекомендацій ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016 [11], передбачено застосування розрахункового методу оцінювання вогнестійкості сталевих конструкцій. Він дозволяє розглядати різні сценарії впливу пожежі, що дає змогу визначати температури в перерізі конструкції, а отже, оцінювати її вогнестійкість. Однак такий підхід дозволяє лише встановити, чи відповідає конструкція нормованому класу вогнестійкості, оскільки він полягає у порівнянні її несучої здатності з урахуванням теплового впливу та діючого навантаження. Це створює певні обмеження щодо точного визначення моменту настання граничного стану з вогнестійкості.

У роботі [12] досліджено вплив параметричних пожеж на будівельні конструкції, що вказує на більш м'який температурний режим у порівнянні зі стандартною температурною кривою.

Однак реалізація таких режимів потребує врахування низки параметрів, зокрема геометрії приміщень, пожежного навантаження, наявності вентиляції та автоматичних систем пожежогасіння. Це значно ускладнює проведення таких розрахунків і робить їх специфічними для кожної окремої будівлі або споруди.

Формулювання цілей

дослідження. Метою дослідження є встановлення залежності розподілу температури в сталевій балці в умовах параметричної пожежі, що дозволить підвищити точність оцінювання вогнестійкості таких конструкцій.

Для досягнення мети сформувані наступні задачі:

1. Виконати розрахунок розподілу температури в сталевій балці під впливом стандартного температурного режиму пожежі та параметричної пожежі у розрахунковому модулі Transient Thermal програмного комплексу ANSYS WB.

2. На основі отриманих результатів визначити залежність температурного розподілу в сталевій балці для параметричної пожежі.

Методи дослідження. Під час проведення математичного моделювання було розглянуто двотаврову сталеву балку з профілю №30 у тривимірному просторі з прольотом 4 000 мм. Геометричні параметри перерізу досліджуваної конструкції представлено на рис. 1.

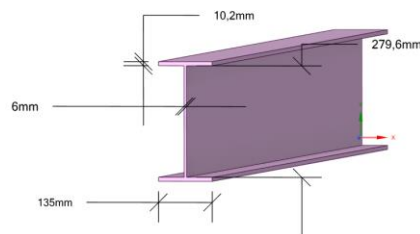


Рисунок 1 – Геометричні параметри перерізу досліджуваної сталеві балки

На основі геометричної моделі, що було створено у геометричному модулі SpaceClaim згенерована скінченно-елементна сітка, що представлено на рис. 2. Під час її створення було застосовано скінчені елементи типу SOLID 279.

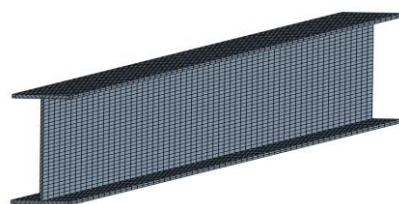


Рисунок 2 – Згенерована скінченно-елементна сітка досліджуваної сталеві балки

Основні параметри скінченно-елементної моделі представлені в табл. 1.

Таблиця 1 Статистичні показники скінченно-елементної сітки сталевій балки

№ з/п	Тип згенерованої скінченно-елементної сітки	Геометрична форма скінченного елемента	Кількість скінченних елементів (од.)	Кількість вузлів (од.)
1	Метод Sweep	Гекседральна	3900	26836

З метою розв'язання теплотехнічної задачі, було прикладено граничні умови до сталевій балки за рекомендаціями [13], що відображено на рис. 3

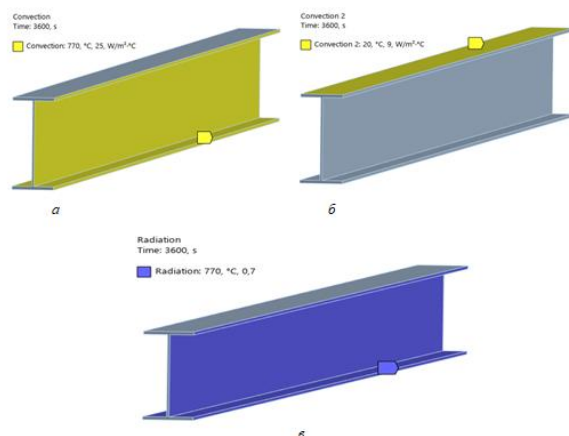


Рисунок 3 – Прикладання граничних умов до досліджуваної сталевій балки: а – конвекційний теплообмін обігрівних поверхонь конструкції; б – конвекційний теплообмін необігрівної поверхні конструкції; в – радіаційний теплообмін обігрівних поверхонь конструкції

Для проведення розрахунку були використані математичні моделі, параметри яких подані у табл. 2. З метою розв'язання теплотехнічної задачі щодо розподілу температури в сталевій балці в умовах впливу стандартного температурного режиму та параметричної пожежі було задано модель сталі з густиною 7850 кг/м³ і теплофізичними характеристиками, що змінюються залежно від температури відповідно до рекомендацій [13].

У роботі розглядається вплив параметричної пожежі на сталеву балку. Параметрична пожежа, виражає залежність температури від часу, запропонована Carlsson & Pettersson [15] та має вигляд:

$$\theta_g(t) = 20 + 750(1 - e^{-0.2t}), \quad (1)$$

де: θ_g – температура газів у приміщенні (°C);

t – час у хвиликах;

20 – початкова температура навколишнього середовища, °C;

750 – гранична температура пожежі, °C;

$e^{-0.2t}$ – експоненційне зростання температури.

Таблиця 2 Основні математичні моделі для розрахунків сталевих елементів каркасу на вогнестійкість

Особливість поведінки матеріалу	Використана математична модель (метод)	Джерело
Теплотехнічна задача		
Теплопровідність	Рівняння нестационарної теплопровідності разом з МСЕ	[13]
Граничні умови	III роду	[13]
Фізична нелінійність	Ітеративний метод Ньютона-Рафсона	[14]

Номінальний тепловий вплив стандартного температурного режиму пожежі прикладено за рекомендаціями [13]:

$$\Theta = 345 \lg(8t + 1) + 20 \quad (2)$$

де t – час, що відраховується від початку випробування, хв;

Θ – температура, яка відповідає часу t , °C.

Термін прикладання температурного режиму пожежі складає 3 600 с, оскільки відповідно до вимог [16]

для таких типів конструкцій найвищий клас вогнестійкості складає R 60.

Виклад основного матеріалу.

Показники розподілу величин температури по сталевій балці в умовах впливу параметричної пожежі (1) та стандартного температурного режиму пожежі (2) протягом 3 600 с представлені на рис. 4.

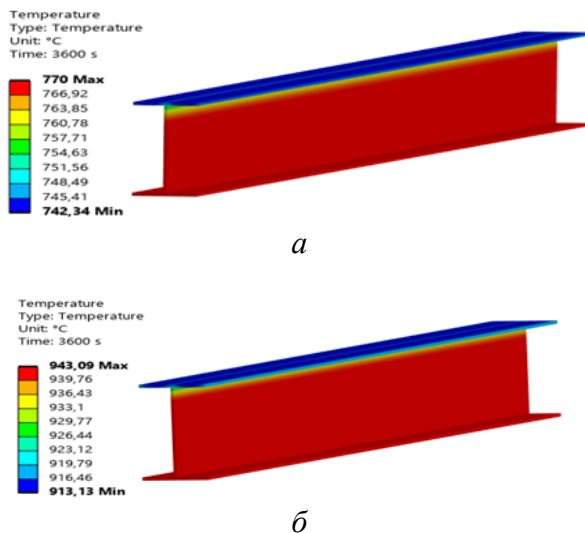


Рисунок 4 – Розподіл температури по сталевій балці під час теплового впливу протягом 3 600 с: а – параметричної пожежі (1); б – стандартного температурного режиму пожежі (2)

Аналізуючи рис. 4, можна спостерігати, що температурний розподіл у балці залежить від типу пожежного впливу. При параметричній пожежі (рис. 4-а) максимальна температура досягає 770°C, а мінімальна 742,34°C. При стандартному температурному режимі пожежі (рис. 4-б) максимальна температура значно вища – 943,09°C, а мінімальна 913,13°C. Такий розподіл температури в умовах теплових впливів у вигляді температурного навантаження демонструє, що стандартний температурний режим пожежі призводить до більш інтенсивного нагріву балки, особливо у її нижній частині ніж параметрична пожежа, що також продемонстровано на рис. 5.

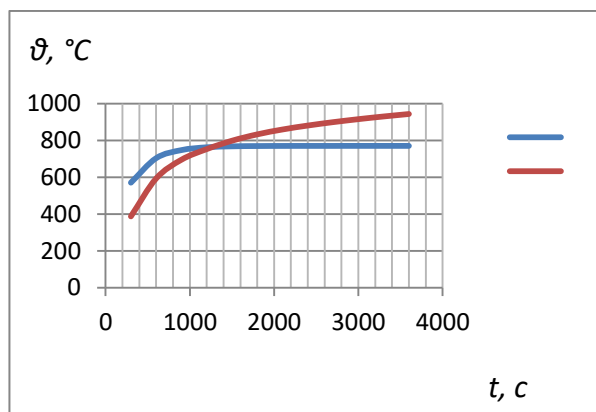


Рисунок 5 – Графіки розподілу максимальної температури по сталевій балці протягом 3 600 с в умовах теплового впливу: 1 – параметрична пожежа (1), 2 – стандартний температурний режим пожежі (2)

За результатами проведених досліджень встановлено поліноміальну залежність розподілу максимальної температури у сталевій балці за умов температурного навантаження у вигляді параметричної пожежі, яка має такий вигляд:

$$\Theta_{\max} = 1E-14t^5 - 1E-10t^4 + 5E-07t^3 - 0,0011t^2 + 1,1358t + 318,08,$$

де t – час впливу пожежі, с.

Отримане значення коефіцієнта детермінації $R^2 = 0,9978$ свідчить про високий рівень відповідності апроксимаційної залежності обчислювальним даним. Коефіцієнт детермінації характеризує ступінь пояснення варіації залежної змінної побудованою моделлю та набуває значень у діапазоні від 0 до 1. Чим ближче значення R^2 до одиниці, тим точніше апроксимація відображає досліджуваний процес. Таким чином, отримане значення R^2 підтверджує адекватність застосованої поліноміальної моделі для опису зміни температурного стану конструкції у часі.

Висновки та напрями подальших досліджень.

1. За результатами розв'язаної теплотехнічної задачі встановлено, що максимальна температура сталеві балки в умовах впливу стандартного температурного режиму пожежі перевищує значення, отримане для обраного сценарію параметричної пожежі, яка визначається за

формулою (1), на 18,3 %. Зокрема, температура в умовах параметричної пожежі становить 770 °С, тоді як у стандартному температурному режимі – 943,09 °С. Це вказує на те, що для даного сценарію параметричної пожежі рівень теплового впливу є нижчим, а отже, ймовірність швидкої втрати несучої здатності конструкції менша, ніж при стандартному режимі.

2. За результатами аналізу розподілу температури в сталевій балці під впливом параметричної пожежі, встановлено поліноміальну залежність (3). Отримана аналітична залежність може бути

використана для оцінювання вогнестійкості таких конструкцій.

Пропозиції для майбутніх досліджень:

- вивчити вплив різних варіантів вогнезахисного облицювання, зокрема товщини та типу матеріалу, на температурний розподіл в сталевій балці в умовах впливу різних параметричних пожежних навантажень.

- порівняти ефективність різних моделей параметричних пожеж при оцінюванні вогнестійкості сталевих конструкцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добростан, О., Новак, С., & Дрідж, В. Вплив параметрів системи вогнезахисту на вогнестійкість сталевих конструкцій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. №1(11) (2021). С. 64–74.
2. Новак С., Новак М. Валідація методів розрахунку мінімальної товщини вогнезахисних матеріалів для сталевих конструкцій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. № 2(10) (2020): С. 83–90.
3. Новак С., Добростан О., Пустовий М. Вплив температурного режиму пожежі на необхідну мінімальну товщину вогнезахисних покриттів для сталевих конструкцій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. № 2(14) (2022). С. 5–20.
4. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Y., ... & Otrosh, Y. (2021). *Fire resistance of reinforced concrete and steel structures*. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 180.
5. Guzii, S., Otrosh, Y., Guzii, O., Kovalov, A., & Sotiriadis, K. (2021). Determination of the fire-retardant efficiency of magnesite thermal insulating materials to protect metal structures from fire. *Materials Science Forum*, 1038, 524-530.
6. Нуянзін О. М. Дослідження нагрівання вогнезахисних сталевих двотаврових стержнів при випробуваннях за стандартним температурним режимом пожежі. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. Черкаси, 2021. № 5 (2). С. 67–74.
7. Alina Perehin, Oleksandr Nuianzin, Taras Shnal, Stanislav Shchipets, Oleh Myroshnyk; Improvement of means for assessing fire resistance of fragments of reinforced concrete structures. *AIP Conf. Proc.* 31 May 2023; 2684 (1): 030032. <https://doi.org/10.1063/5.0120061>
8. Nuianzin O. Pozdieiev S., Sidnei S., Kostenko T., Borysova A., Samchenko T. Increasing the Efficiency and Environmental Friendliness of Fire Resistance Assessment Tools for Load-Bearing Reinforced Concrete Building Structures. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. №4. P.138–146.
9. Заїка Н. П. Закономірності розподілу температури сталеві балки з вогнезахистом з гіпсокартону від часу впливу пожежі. Збірник наукових праць: «Проблеми надзвичайних ситуацій». Харків: НУЦЗУ. 2024. Том 40 № 2. С. 17–29.
10. Hvoz, V., Tishchenko, E., Berezovskyi, A., & Sidnei, S. (2021). Research of fire resistance of elements of steel frames of industrial buildings. *Materials Science Forum*, 1038, 506–513. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.506>
11. ДСТУ-Н Б В.2.6-211:2016. *Настанова з проектування сталевих конструкцій на вогнестійкість*: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 14.06.2016 р. № 155.
12. Шналь Т. М. Розвиток наукових основ розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій за умов впливу параметричних температурних режимів пожеж: дис. ... докт. техн. наук: 21.06.02 «Пожежна безпека»/ Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2019. 294 арк.
13. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2010 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1993-1-2:2005, IDT). [Чинний від 2014-01-01.]– Міністерство регіонального розвитку та будівництва, 2013. – 98 с – (Національний стандарт України).
14. Гвоздь В., Некора О., Сідней С., Неділько І., Федченко С., Тищенко Є. Дослідження вогнестійкості елементів сталевих каркасів промислових будівель з урахуванням рівня механічного навантаження. Збірник наукових праць: «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація». Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ. 2021. Том 5 № 1. С. 40–49.
15. Zhongcheng Ma, Pentti Mäkeläinen, Parametric temperature-time curves of medium compartment fires for structural design, *Fire Safety Journal*, Volume 34, Issue 4, 2000, Pages 361-375.
16. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

REFERENCES

1. Dobrostan, O., Novak, S., & Dridzh, V. (2021). Influence of fire protection system parameters on the fire resistance of steel structures. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, (1(11), 64–74).
2. Novak, S., & Novak, M. Validation of methods for calculating the minimum thickness of fire protection materials for steel structures. P. 83–90.
3. Novak, S., Dobrostan, O., & Pustovyi, M. (2022). Influence of fire temperature regime on the required minimum thickness of fire protection coatings for steel structures. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, №. 2(14), P. 5–20.
4. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Y., ... & Otrosh, Y. (2021). Fire resistance of reinforced concrete and steel structures. Kharkiv: RS TECHNOLOGY CENTER, 180 p.
5. Guzii, S., Otrosh, Y., Guzii, O., Kovalov, A., & Sotiriadis, K. (2021). Determination of the fire-retardant efficiency of magnesite thermal insulating materials to protect metal structures from fire. *Materials Science Forum*, 1038, 524-530.
6. Nuianzin, O. M. (2021). Study of heating of fire-protected steel I-beams under standard fire temperature conditions. *Emergencies: Prevention and Elimination*, Cherkasy, No. 5(2), Pp. 67–74.
7. Alina Perehin, Oleksandr Nuianzin, Taras Shnal, Stanislav Shchipets, Oleh Myroshnyk; Improvement of means for assessing fire resistance of fragments of reinforced concrete structures. *AIP Conf. Proc.* 31 May 2023; 2684 (1): 030032. <https://doi.org/10.1063/5.0120061>
8. Nuianzin, O., Pozdieiev, S., Sidnei, S., Kostenko, T., Borysova, A., & Samchenko, T. (2023). Increasing the efficiency and environmental friendliness of fire resistance assessment tools for load-bearing reinforced concrete building structures. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, No. 4, Pp. 138–146.
9. Zaika, N. P. (2024). Regularities of temperature distribution in a steel beam with gypsum board fire protection over time during fire exposure. Collection of scientific papers: "Problems of Emergencies", Kharkiv: NUCPU, Vol. 40, No. 2, Pp. 17–29.
10. Hvoz, V., Tishchenko, E., Berezovskyi, A., & Sidnei, S. (2021). Research of fire resistance of elements of steel frames of industrial buildings. *Materials Science Forum*, 1038, 506–513. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.506>
11. DSTU-N B V.2.6-211:2016. Design guidance for fire resistance of steel structures (Настанова з проектування сталевих конструкцій на вогнестійкість). [Effective from 2016-06-14]. – Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2016. – 54 p. – (National Standard of Ukraine).
12. Shnal, T. M. (2019). Development of scientific foundations for the calculation of fire resistance of building structures under the influence of parametric fire temperature regimes: Doctoral dissertation in technical sciences (21.06.02 "Fire Safety"). Lviv Polytechnic National University, Lviv, 294 p.
13. DSTU-N B EN 1993-1-2:2010 Eurocode 3. Design of steel structures. Part 1-2. General provisions. Calculation of fire resistance of structures (EN 1993-1-2:2005, IDT). [Effective from 2014-01-01]. – Ministry of Regional Development and Construction, 2013. – 98 p. – (National Standard of Ukraine).
14. Hvoz, V., Nekora, O., Sidnei, S., Nedilko, I., Fedchenko, S., & Tishchenko, E. (2021). Study of the fire resistance of elements of steel frames of industrial buildings considering the level of mechanical loading. Collection of scientific papers: "Emergencies: Prevention and Elimination", Cherkasy: CHIPB named after the Heroes of Chernobyl NUCPU, Vol. 5, No. 1, Pp. 40–49.
15. Zhongcheng Ma, Pentti Mäkeläinen, Parametric temperature–time curves of medium compartment fires for structural design, *Fire Safety Journal*, Volume 34, Issue 4,2000, Pages 361-375.
16. DBN B.1.1-7:2016 Fire safety of construction sites. General requirements.

DEPENDENCE OF THE INFLUENCE OF PARAMETRIC FIRE ON THE TEMPERATURE DISTRIBUTION ACROSS A STEEL BEAM

S. Sidnei, I. Rudeshko, I. Ishchenko, I. Shkoliar, R. Motrichuk, V. Stepanenko

National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine

KEYWORDS: ANNOTATION

thermal engineering problem, parametric fire, steel beam, finite element method, fire resistance vehicles	The article investigates the impact of a parametric fire on the temperature distribution in a steel beam, which is a critical factor in assessing its fire resistance. Numerical modeling of thermal processes was conducted using the Transient Thermal computational module in ANSYS WB, employing the finite element method. In solving the heat transfer problem, the properties of steel were adopted in accordance with the recommendations of Eurocode 3. The boundary conditions were applied based on a three-sided heating scenario, taking into account convective and radiative heat transfer. This approach enabled the determination of temperature fields in the beam under various fire exposure scenarios. A comparative analysis of the structural behavior under both standard and parametric fire conditions revealed significant differences in the heating dynamics. The study showed that the maximum temperature in the standard fire scenario reaches 943.09°C, which is 18.3% higher than the corresponding value for the parametric fire (770°C). This indicates that during a standard temperature fire, the structure experiences more intense heating than during the selected parametric fire, which may cause a faster loss of the beam's load-bearing capacity. Based on the obtained results, a polynomial dependency for temperature variations in the steel beam was formulated, demonstrating a high level of accuracy ($R^2 = 0.9978$) compared to the calculated data. These dependencies can be utilized to enhance methods for assessing the fire resistance of steel structures and for calculating their thermal state under fire conditions. The findings of this study are particularly relevant for the development of modern regulatory guidelines and the improvement of design strategies for steel structures, considering the impact of parametric fires. This research highlights the importance of accounting for realistic fire scenarios in structural fire engineering to ensure more accurate predictions of thermal performance and fire resistance of load-bearing steel elements in building design.
---	--