

УДК 614.841.415

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524-2636.2020.4.1.-15-24>

О. В. Борсук,

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ ІЗ ВОГНЕЗАХИСНИМ МІНЕРАЛОВАТНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ ПРИ ПОЖЕЖІ

У статті розглянуті процеси втрати цілісності вогнезахисного облицювання із мінеральної вати сталеві двотаврової балки. В статті розроблено комп'ютерну модель сталеві балки із вогнезахисним облицюванням із мінеральної вати в якій враховано власну вагу, діюче механічне навантаження та температурний режим нагрівання за умов теплоізолюючого ефекту облицювання із застосуванням комп'ютерної системи LS-DYNA. Показано, що вогнезахисне облицювання втрачає свою цілісність під тепловим впливом пожежі задовго до настання граничного стану втрати вогнестійкості за несучою здатністю. Досліджено умови, за яких вогнезахисне облицювання втрачає свою цілісність та вогнезахисну здатність. При проведенні розрахунку було прийнято припущення, що імовірний відрив вогнезахисного облицювання відбувається не по клейовому шву, а по прилеглим шарам мінераловати, тобто руйнування є когезійним. Таке припущення зроблене при врахуванні того факту, що міцність клейового шва значно перевищує міцність на відрив та на зсування самої мінераловати. Таке припущення враховано засобами програмного середовища LS-DYNA при описанні контактної взаємодії між елементами моделі.

За результатами роботи виявлено, що у час впливу пожежі 60 хв за температури 433 °C спостерігаються відшарування закріплювальних мінераловатних елементів, а при температурі 967 °C спостерігаються ознаки місцевої втрати стійкості у вигляді складок у полках та стінці двотаврової балки посередині та по її закріплених кінцях. Настання стану втрати вогнестійкості за несучою здатністю досліджуваної сталеві балки із мінераловатним вогнезахисним облицюванням відбувається на 117 хв впливу стандартного температурного режиму пожежі. Розкриття зазору між балкою та мінераловатним вогнезахисним облицюванням завбільшки 25 мм спостерігається у момент часу 44.5 хв при температурі нагрівання сталеві балки 425 °C. Втрата вогнезахисної здатності мінераловатним за ознакою розкриття щілини між балкою та облицюванням завбільшки 25 мм відбувається раніше на 73 хв за настання граничного стану втрати вогнестійкості за несучою здатністю, що необхідно враховувати при розрахунках.

Ключові слова: облицювання із мінеральної вати, вогнестійкість, вогнезахисна здатність, сталева балка.

Постановка проблеми. У будівництві часто застосовуються металеві конструкції [1–3]. Даний матеріал є одним з найбільш небезпечних при пожежах, так який здатен плавитись під дією високих температур. Часто пожежі на об'єктах, що збудовані з металу, супроводжуються обваленням будівельних конструкцій, соціально-економічні втрати сягають найбільшого обсягу, тож забезпечення певного рівня живучості будівель під час пожежі є важливим аспектом пожежної безпеки на будь-якому об'єкті.

Традиційно, живучість будівель під час пожежі пов'язують із вогнестійкістю будівельних конструкцій, що є об'єктом жорсткого нормування. При невідповідності нормам будівельних конструкцій, за умов дефіциту їх вогнестійкості, створюються передумови для підвищення небезпеки при евакуації людей, роботі рятувальних підрозділів, тощо. Це призводить до тяжких наслідків, пов'язаних із людськими жертвами та серйозними матеріальними втратами. Тому гарантування відповідності вогнестійкості металевих будівельних

конструкцій вимогам норм є необхідною умовою пожежної безпеки об'єктів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Дослідженню коефіцієнту теплопровідності будівельних матеріалів присвячені як експериментальні, так і розрахункові роботи [4-16].

У роботі [4] описано чотири варіанти оцінки протипожежного захисту сталевих конструкцій. Також показано альтернативи використання незахищеної сталі за методом геометричної середньої методико-аналітичної ієрархії. При цьому, не розглянуто застосування мінеральної вати у якості вогнезахисту.

Робота [5] присвячена дослідженню реалістичної поведінки сталевих конструкцій при впливі вогню. Проте, не досліджено поведінку вогнезахисних конструкцій.

У роботі [6] показані результати випробування на сталевих елементах, захищених покриттями, що спучуються (англ. - Intumescent coatings). Досліди були проведені в лабораторії Національної пожежної служби Італії. Випробування сталевих конструкцій, захищених мінеральною ватою, не проводилися.

В роботі [7] вивчено вплив експандованого вермикуліту як модифікованого наповнювача для поліпшення протипожежного захисту вогнестійких покриттів.

В роботі [8] представлено суть опублікованих бразильських стандартів щодо проектування вогнезахисних сталевих конструкцій. Одним з варіантів протипожежного захисту пропонується застосування облицювання мінеральною ватою. Проте, вимог щодо товщини та якості облицювання не приведено.

У дослідженні [9] за міжнародними рекомендаціями проведено порівняння результатів експериментального дослідження та чисельного розрахунку температури всередині термозахищених сталевих конструкцій під дією вогню. Проте, верифікація моделей не проводилась.

У роботі [10] досліджено вплив наночастинок гібриду (FGNP-TPP) на поліпшення вогнезахисних властивостей вогнезахисних сумішей. Проте, не

досліджено зміну значення коефіцієнту теплопровідності, яка при цьому відбувається.

Властивості ще одного виду пасивного протипожежного захисту сталевих конструкцій досліджено у роботі [11]. Сталеві пластини покривали композитами на основі геополімерів (англ. - geopolymer-bound). Проте, випробування проводились лише при стандартному температурному режимі пожежі.

Дослідження [12] зосереджене на вивченні вогнезахисного покриття для сталевих конструкцій на основі епоксидної емульсії. Але отримані результати не порівнювали з ефективністю інших засобів.

Експериментальні, чисельні та аналітичні дослідження описані в [13]. Перевірено реакції конструкцій з нержавіючої сталі або оцинкованої сталі на підвищення температури. В той же час, питання вогнезахисту даних конструкцій не розглядалось.

Проблеми та недоліки традиційного методу, заснованого на експериментах з вогнестійкого проектування сталевих конструкцій вказано у роботі [14]. Пропонується до використання сучасний метод на основі аналізу. Ефективність обчислювальних методів не розглядалась.

У роботі [15] визначено залежність значень межі вогнестійкості будівельних конструкцій від температурної дисперсії на їх обігрівальних поверхнях. А в роботі [16] проаналізовано температурні режими пожежі, відмінні від стандартного. Завдяки цьому можливо правильно обрати засоби вимірювальної техніки для проведення моделювання та відповідний температурний режим.

Роботи вчених доводять, що сталеві будівельні конструкції потребують вогнезахисту. Тому, дослідження їхнього прогрівання з вогнезахисним мінераловатним покриттям облицюванням сприятиме розвитку даного напрямку.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. Проаналізувавши нормативні документи [1-3] роботи вчених [4-16] стало можливим виділити частину загальної проблеми, що полягає у

недостатньому вивченні поведінки сталевих балок із вогнезахисним мінераловатним облицюванням. Дані дослідження пропонується провести за допомогою математичного моделювання.

Постановка мети. Метою даної роботи є виявлення умов, при яких вогнезахисне покриття із мінеральної вати для сталеві балки втрачає свою вогнезахисну здатність унаслідок втрати цілісності під тепловим впливом стандартного температурного режиму пожежі. Для цього проведений чисельний експеримент із використанням комп'ютерної моделі, створеної із застосуванням комп'ютерної системи LS-DYNA.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Для моделювання напружено-деформованого стану (НДС) у сталевій балці із вогнезахисним облицюванням з мінеральної вати, нами був використаний узагальнений інженерний підхід, який базується на наступних положеннях.

1. Для розрахунку НДС деформованого тіла використовується загальний теоретичний підхід, який базується на ініціації переміщень точок системи деформованих тіл з використанням системи узагальнених рівнянь динаміки та рівнянь НДС як відклик на дані переміщення, що апроксимується за допомогою методу кінцевих елементів (МКЕ), реалізованого у комп'ютерній системі LS-DYNA.

2. Для моделювання сталеві балки використовуються двовимірні оболонкові кінцеві елементи (КЕ) прямокутної форми типу Беличко-Цая [19] із чотирма вузловими точками та п'ятьма точками інтегрування по товщині.

3. Для моделювання мінераловатних пластин вогнезахисного облицювання використовується тривимірні масивні КЕ гексаедричної форми із вісьма вузловими точками.

4. У якості моделі матеріалу сталеві балки використовується термопружний матеріал із можливістю пластичних деформацій, діаграми деформування якого відповідають рекомендаціям другої частини Eurocode 3, форма яких включає тільки ділянку зростання та горизонтальну ділянку. Спадна гілка не враховується, оскільки її наявність суттєво не впливає на характер деформування сталеві балки, унаслідок переважання поперечних переміщень за умов втрати стійкості перерізу.

5. Для описання нелінійної поведінки матеріалу мінераловатних пластин вогнезахисного облицювання застосовується модель Блатц-Ко [19].

6. Припускається, що порушення щільності з'єднання між пластинами мінераловатних пластин вогнезахисного облицювання та поверхнею балки відбувається за умови розшарування мінеральної вати, оскільки за технічними умовами виробника клей має добру адгезію та є стійким до впливу високих температур, тоді як міцність на розшарування при відриві та зсуві самої мінеральної вати набагато менша [20].

7. Для описання роботи з'єднання між пластинами мінераловатних пластин вогнезахисного облицювання та поверхнею використовується модель контактної взаємодії із його порушенням за умови досягнення міцності на зсув та відрив між контактуючими поверхнями, що дорівнюють відповідній міцності самої мінеральної вати як найменш міцного матеріалу.

8. Прикладання навантаження має динамічну історію та відбувається поступово із початковим прикладанням власної ваги, діючого навантаження та прикладанням температурного навантаження згідно із обчисленим на останній стадії.

Конструктивна схема балки із захисним облицюванням із мінеральної вати показана на рис. 1.

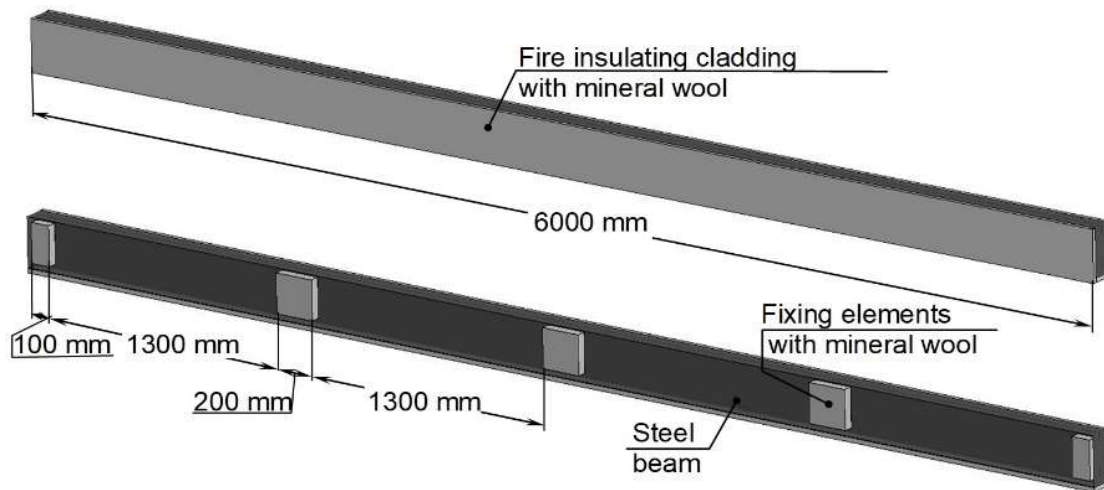


Рисунок 1 – Конструктивна схема сталеві балки із вогнезахисним облицюванням на основі мінеральної вати

При проведенні розрахунку було прийнято припущення, що імовірний відрив вогнезахисного облицювання відбувається не по клейовому шву, а по прилеглих шарах мінераловати, тобто руйнування є когезійним. Таке припущення зроблене при врахуванні того факту, що міцність

клейового шва значно перевищує міцність на відрив та на зсування самої мінераловати. Таке припущення враховано засобами програмного середовища LS-DYNA при описанні контактної взаємодії між елементами моделі. Параметри контактної взаємодії показані на рис. 2.

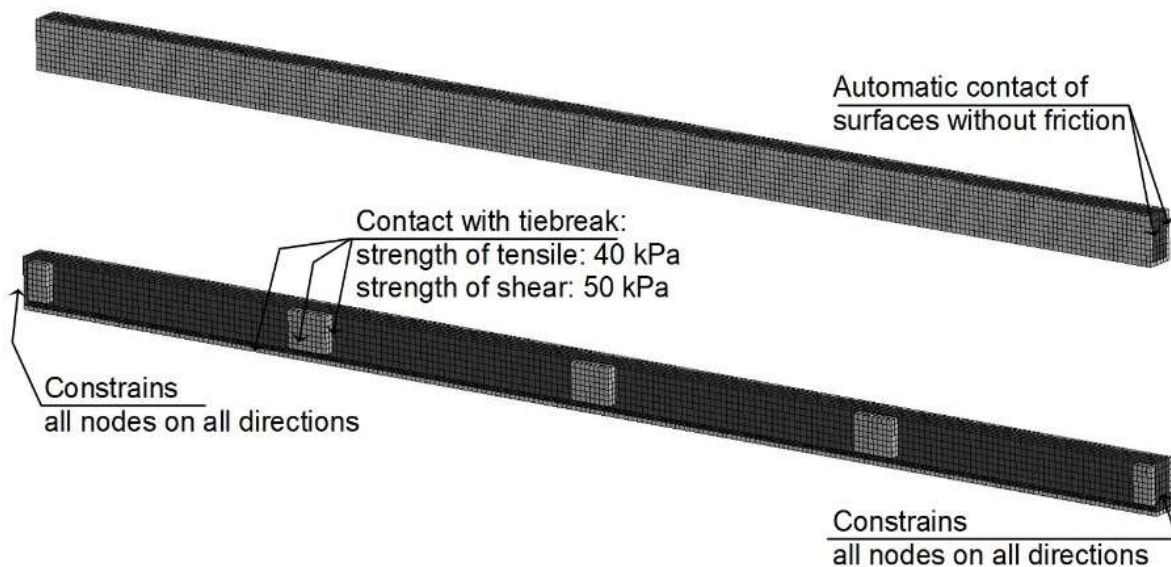


Рисунок 2 – Кінцево-елементна схема сталеві балки із вогнезахисним облицюванням на основі мінеральної вати із граничними умовами та умовами контактної взаємодії

На схемі прикладення навантажень сталеві балки із вогнезахисним облицюванням з мінеральної вати, яка

наведена на рис. 3 показаний тип та напрямок прикладеного навантаження.

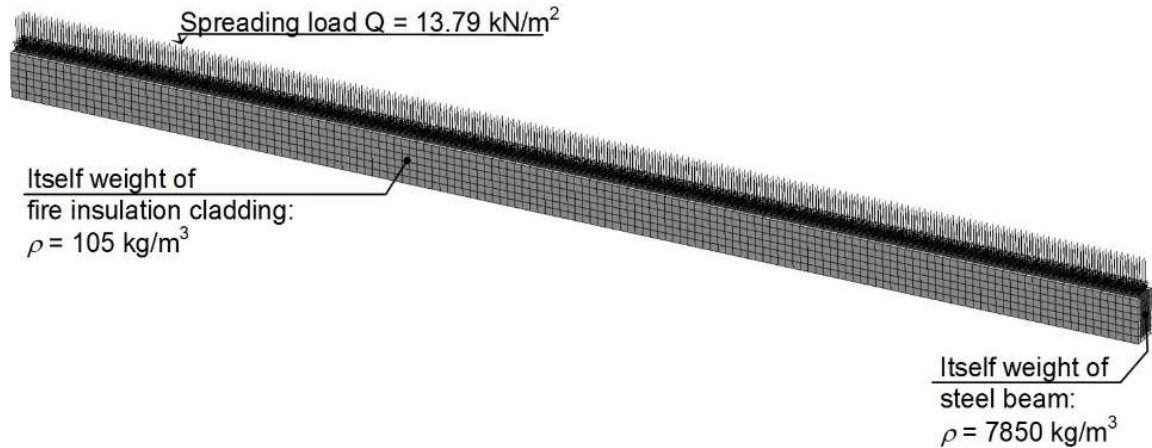


Рисунок 3 – Схема прикладення навантажень до сталевій балки із вогнезахисним облицюванням на основі мінеральної вати із граничними умовами та умовами контактної взаємодії

Після проведення розрахунку були отримані результати щодо поведінки сталевій балки із вогнезахисним облицюванням з мінеральної вати в умовах впливу стандартного температурного режиму пожежі.

На рис. 4 наведені графіки зміни максимального прогину балки та швидкості нарощування максимального прогину у залежності від часу впливу стандартного температурного режиму пожежі.

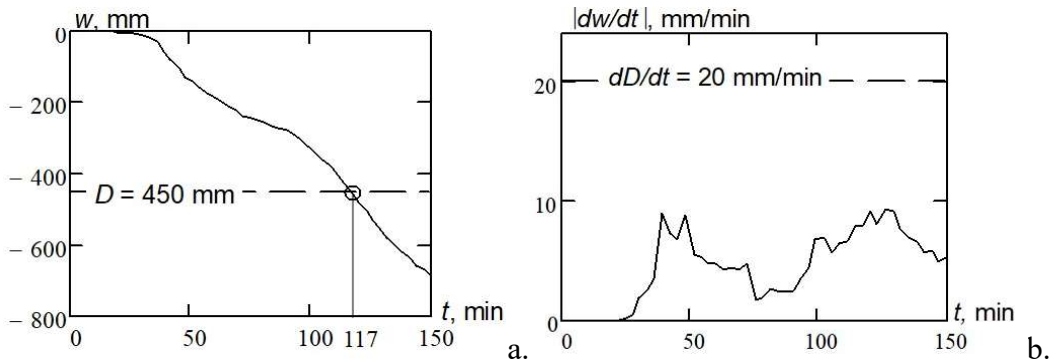


Рисунок 4 – Графіки зміни максимального прогину балки (а) та швидкості нарощування максимального прогину (б) у залежності від часу впливу стандартного температурного режиму пожежі.

На рис. 4 відмічені критичні значення максимального прогину D балки та швидкості нарощування максимального прогину балки, при перевищенні яких фіксується настання стану втрати несучої здатності. Критичні значення визначені за формулами, що використовувалися у роботі [3]:

$$D = \frac{l^2}{400H}, \quad \frac{dD}{dt} = \frac{l^2}{9000H}, \quad (2)$$

тут l – довжина прольоту балки (mm), H – висота перерізу балки (mm).

Відповідно до графіків, поданих на рис. 4 можна дійти до висновку, що настання стану втрати вогнестійкості за несучою здатністю відбувається на 117 хв впливу стандартного температурного режиму пожежі.

З метою вивчення цілісності вогнезахисного мінераловатного облицювання досліджуваної сталевій балки були досліджені положення та геометрична форма облицювання у різні моменти часу впливу стандартного температурного режиму пожежі, що наведені на рис. 5.

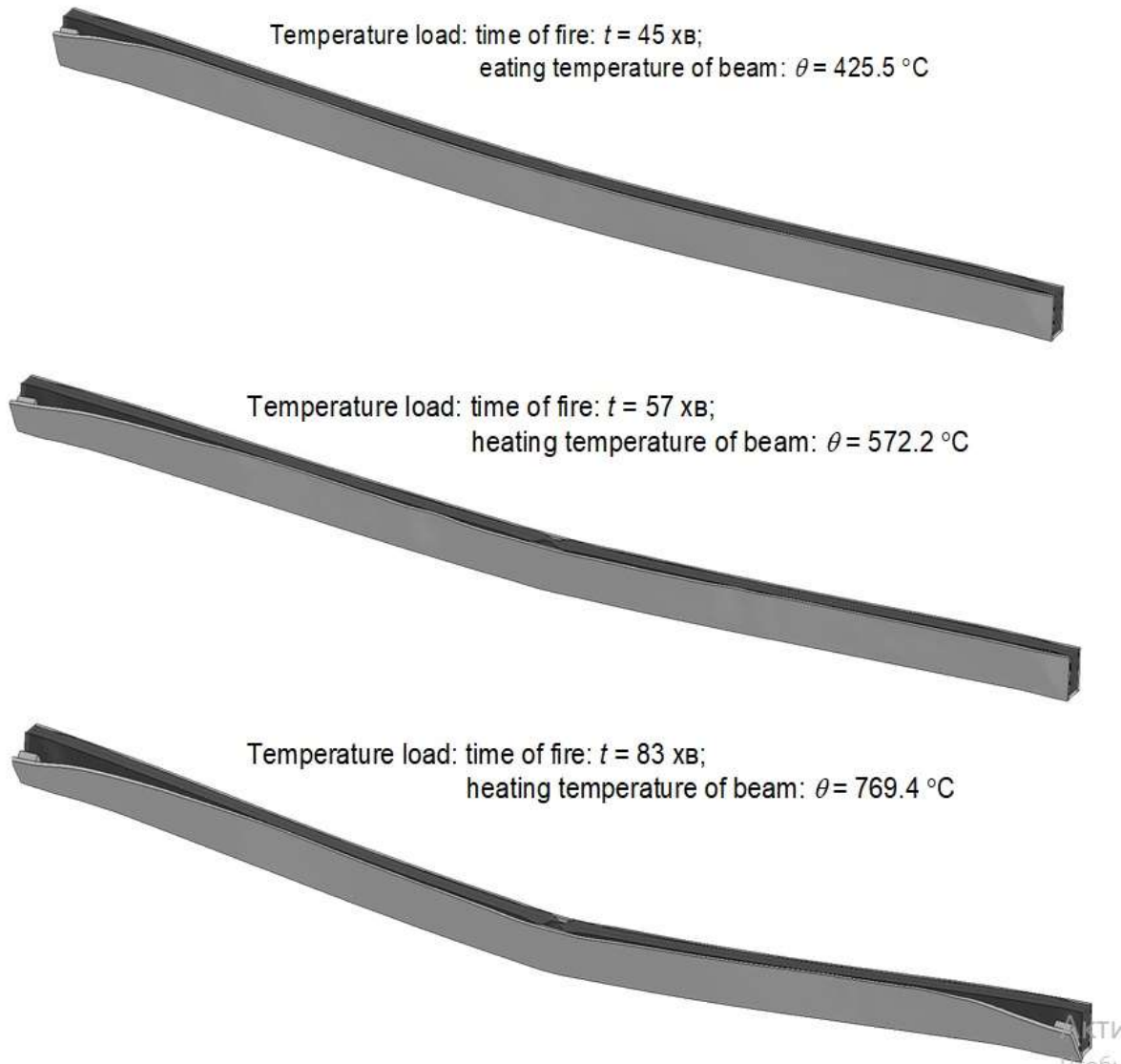


Рисунок 5 – Положення та геометрична форма облицювання у різні моменти часу впливу стандартного температурного режиму пожежі.

Графік зазору у залежності від часу впливу стандартного температурного режиму пожежі наведений на рис. 6.

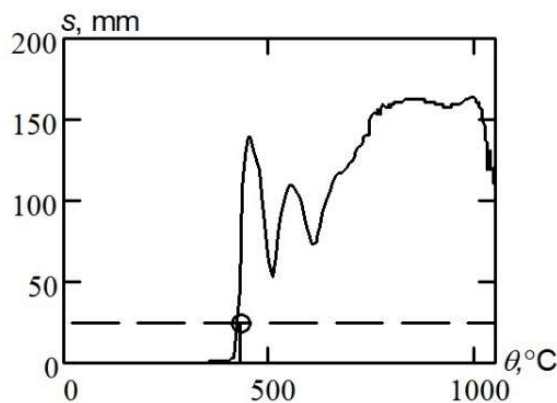


Рисунок 6 – Графік зазору між облицюванням та краєм сталеві балки у залежності від температури нагріву.

На даних графіках позначений момент розкриття зазору при відшаруванні завбільшки 25 мм. При цьому виявлено, що розкриття зазору між балкою та облицюванням завбільшки 25 мм спостерігається у момент часу 44.5 хв при температурі нагрівання сталеві балки 425 °С

Висновки:

1. Була досліджена поведінка сталеві балки із мінераловатним вогнезахисним облицюванням у час впливу стандартного температурного режиму пожежі у період часу від 0 до 150 хв.;

2. У час впливу пожежі 60 хв за температури 433 °С спостерігаються відшарування закріплювальних мінераловатних елементів, а при температурі 967 °С спостерігається ознаки місцевої втрати стійкості у вигляді складок у полках та стінці двотаврової балки посередині та по її закріплених кінцях;

виявлено, що настання стану втрати вогнестійкості за несучою здатністю досліджуваної сталеві балки із мінераловатним вогнезахисним облицюванням відбувається на 117 хв впливу стандартного температурного режиму пожежі;

3. Виявлено, що розкриття зазору між балкою та мінераловатним вогнезахисним облицюванням завбільшки 25 мм спостерігається у момент часу 44.5 хв при температурі нагрівання сталеві балки 425 °С;

4. Виявлено, що втрата вогнезахисної здатності мінераловатним за ознакою розкриття щілини між балкою та облицюванням завбільшки 25 мм відбувається раніше на 73 хв за настання граничного стану втрати вогнестійкості за несучою здатністю, що необхідно враховувати при розрахунках.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хоменко О. Г. Сталеві конструкції у будівництві. Глухів, 2018: Підручник – 347с.

2. 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).

3. EN 1993-1-2: Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Основні правила. Проектування з урахуванням вогнестійкості.– К.: Укрархбудінформ, 2012. – 77 с.

4. Акаа, О. U., Abu, A., Spearpoint, M., & Giovinazzi, S. (2016). A group-AHP decision analysis for the selection of applied fire protection to steel structures. *Fire Safety Journal*, 86, 95-105.

5. Wang, Y. C., & Kodur, V. K. R. (2000). Research toward use of unprotected steel structures. *Journal of structural engineering*, 126(12), 1442-1450.

6. Bilotta, A., de Silva, D., & Nigro, E. (2016). Tests on intumescent paints for fire protection of existing steel

structures. *Construction and Building Materials*, 121, 410-422.

7. Xue, Y., Zhang, S., & Yang, W. (2015). Influence of expanded vermiculite on fire protection of intumescent fireproof coatings for steel structures. *Journal of Coatings Technology and Research*, 12(2), 357-364.

8. e Silva, V. P., & Fakury, R. H. (2002). Brazilian standards for steel structures fire design. *Fire Safety Journal*, 37(2), 217-227.

9. e Silva, V. P. (2005). Determination of the steel fire protection material thickness by an analytical process—a simple derivation. *Engineering Structures*, 27(14), 2036-2043.

10. Mohammadi, S., Shariatpanahi, H., & Taromi, F. A. (2015). Influence of hybrid functionalized graphite nanoplatelets-tripolyphosphate on improvement in fire protection of intumescent fire resistive coating for steel structures. *Polymer Degradation and Stability*, 120, 135-148.

11. Watolla, M. B., Gluth, G., Sturm, P., Rickard, W. D. A., Krüger, S., & Schartel, B. (2017). Intumescent geopolymer-bound coatings for fire protection of steel.

12. Yew, M. C., & Ramli Sulong, N. H. (2011). Effect of epoxy binder on fire protection and bonding strength of intumescent fire protective coatings for steel. In *Advanced Materials Research* (Vol. 168, pp. 1228-1232). Trans Tech Publications Ltd.

13. Gardner, L. (2007). Stainless steel structures in fire. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings*, 160(3), 129-138.

14. Guoqiang, L. I. (2000). The development of fire-resistant design method for steel structures [J]. *Steel Construction*, 3.

15. Nuianzin, O., Tyshchenko, O., Zhartovskyi, S., Zaika, P., & Peregin, A. (2019, December). The research of carrying capacity of reinforced concrete walls under uneven warming. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 708, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.

16. Nuianzin, O., Pozdieiev, S., Hora, V., Shvydenko, A., & Samchenko, T. (2018).

Experimental study of temperature mode of a fire in a cable tunnel. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, (3 (10)), 21-27.

17. 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).

18. Пискунов Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для вузов, т. 1: Учебное пособие для втузов.—13-е изд.— М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. — 560 с.

19. Hallquist, J.O. LS-DYNA Theory Manual, Livermore Software Technology Corporation: California, USA 2005.

20. Silva, V. P., & Fakury, R. H. (2002). Brazilian standards for steel structures fire design. *Fire Safety Journal*, 37(2), 217-227.

REFERENCES

1. Khomenko O. H. *Stalevi konstruktsiyi u budivnytstvi*. Hlukhiv, 2018: Pidruchnyk - 347s.

2. DSTU B V.1.1-17:2007 Vohnezakhysni pokryttya dlya budivel'nykh nesuchykh konstruktsiy. Metod vyznachennya vohnezakhysnoyi zdatnosti. (ENV 13381-4:2002). [Chynnyy vid 2007-01-01.] – К.: Ukrarkhбудінформ, 2007. – 62 с – (Natsional'nyy standart Ukrayiny).

3. EN 1993-1-2: Yevrokod 3. Proektuvannya stalevykh konstruktsiy. Chastyna 1-2. Osnovni pravyla. Proektuvannya z urakhuvannyam vohnestiykosti.– К.: Ukrarkhбудінформ, 2012. – 77 s.4. Akaa, O. U., Abu, A., Spearpoint, M., & Giovinazzi, S. (2016). A group-AHP decision analysis for the selection of applied fire protection to steel structures. *Fire Safety Journal*, 86, 95-105.

5. Wang, Y. C., & Kodur, V. K. R. (2000). Research toward use of unprotected steel structures. *Journal of structural engineering*, 126(12), 1442-1450.

6. Bilotta, A., de Silva, D., & Nigro, E. (2016). Tests on intumescent paints for fire protection of existing steel

structures. *Construction and Building Materials*, 121, 410-422.

7. Xue, Y., Zhang, S., & Yang, W. (2015). Influence of expanded vermiculite on fire protection of intumescent fireproof coatings for steel structures. *Journal of Coatings Technology and Research*, 12(2), 357-364.

8. e Silva, V. P., & Fakury, R. H. (2002). Brazilian standards for steel structures fire design. *Fire Safety Journal*, 37(2), 217-227.

9. e Silva, V. P. (2005). Determination of the steel fire protection material thickness by an analytical process—a simple derivation. *Engineering Structures*, 27(14), 2036-2043.

10. Mohammadi, S., Shariatpanahi, H., & Taromi, F. A. (2015). Influence of hybrid functionalized graphite nanoplatelets-tripolyphosphate on improvement in fire protection of intumescent fire resistive coating for steel structures. *Polymer Degradation and Stability*, 120, 135-148.

11. Watolla, M. B., Gluth, G., Sturm, P., Rickard, W. D. A., Krüger, S., & Schartel, B. (2017). Intumescent geopolymer-bound coatings for fire protection of steel.

12. Yew, M. C., & Ramli Sulong, N. H. (2011). Effect of epoxy binder on fire protection and bonding strength of intumescent fire protective coatings for steel. In *Advanced Materials Research* (Vol. 168, pp. 1228-1232). Trans Tech Publications Ltd.

13. Gardner, L. (2007). Stainless steel structures in fire. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings*, 160(3), 129-138.

14. Guoqiang, L. I. (2000). The development of fire-resistant design method for steel structures [J]. *Steel Construction*, 3.

15. Nuianzin, O., Tyshchenko, O., Zhartovskyi, S., Zaika, P., & Peregin, A. (2019, December). The research of carrying capacity of reinforced concrete walls under uneven warming. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 708, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.

16. Nuianzin, O., Pozdieiev, S., Hora, V., Shvydenko, A., & Samchenko, T. (2018).

Experimental study of temperature mode of a fire in a cable tunnel. *Vostochno-jevropeskij zurnal peredovyh tehnologij*, (3 (10)), 21-27.

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

18. Piskunov N. S. *Differentsial'noye i Integral'noye ischisleniya dlya vtuzov, t. 1: Uchebnoye posobiye dlya vtuzov.-trinadtsatogo izd.- M. : Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1985. - 560 s.*

19. Hallquist, J.O. *LS-DYNA Theory Manual*, Livermore Software Technology Corporation: California, USA 2005.

20. Silva, V. P., & Fakury, R. H. (2002). Brazilian standards for steel structures fire design. *Fire Safety Journal*, 37(2), 217-227.

Ключевые слова: облицовка из минеральной ваты, огнестойкость,

огнезащитная способность, стальная балка.

Borsuk O. V.,

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

STUDY OF THE STEEL BEAM WITH FIRE-PROTECTIVE MINERAL WOOL CLADDING BEHAVIOR IN CASE OF FIRE

The article considers the processes of loss of integrity of fire-protective mineral wool cladding of the steel beam. Computer model of steel beam with fire-protective mineral wool cladding, which takes into account its own weight, current mechanical load and temperature mode of heating under the conditions of heat-insulating effect of the lining was developed using a computer system LS-DYNA. It is shown that fire-retardant cladding loses its integrity under the thermal influence of fire long before the onset of the limit state of loss of fire resistance by bearing capacity. The conditions under which fire-retardant cladding loses its integrity and fire-retardant ability are investigated. During the calculation, it was assumed that the probable separation of the fire-retardant cladding is not on the adhesive seam but on the adjacent layers of mineral

wool, i.e. the destruction is cohesive. This assumption is made taking into account the fact that the strength of the adhesive seam is much higher than the tensile strength and shear strength of the mineral wool. This assumption is taken into account by means of the software environment LS-DYNA when describing the contact interaction between the elements of the model.

According to the results of the work it was found that during the 60 minutes of fire at a temperature of 433 °C there are detachments of mineral wool fasteners, and at a temperature of 967 °C there are signs of local loss of stability in the form of folds in the shelves and I-beam in the middle and at its fixed ends. The onset of the state of loss of fire resistance on the bearing capacity of the investigated steel beam with mineral wool fire-retardant

cladding occurs at the 117th minute of exposure to the standard temperature of the fire. 25 mm opening of the gap between the beam and the mineral wool fire-retardant cladding is observed at the 44.5 minute at a heating temperature of the steel beam 425 °C. The loss of fire-retardant capacity of mineral

wool on the basis of the 25 mm opening of the gap between the beam and the cladding occurs 73 minutes earlier at the onset of the limit state of loss of fire resistance by load-bearing capacity, which must be taken into account.

Key words: *mineral wool cladding, fire resistance, fire protection ability, steel beam.*