

## ВІДГУК

на дисертаційну роботу Борсук Олени Валентинівни «Удосконалення методу розрахункової оцінки вогнестійкості сталевих балок із вогнезахисним мінераловатним облицюванням», представленій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 21.06.02 – пожежна безпека

**Актуальність роботи.** Порухення загальної стійкості будівлі в умовах пожежі завжди відбувається внаслідок руйнування окремих елементів у каркасі споруди. Зважаючи на це, одним із найважливіших аспектів забезпечення пожежної безпеки залишається застосування будівельних конструкцій із гарантованою межею вогнестійкості. Із статистичних даних пожеж в Україні третина припадає на будівлі із сталевими каркасами, що вказує на потребу улаштування вогнезахисних систем для даних конструкцій.

Останнім часом, серед вогнезахисних систем для сталевих конструкцій, набули поширення системи на основі мінераловатного облицювання. Особливістю їх облаштування є наявність з'єднувальних клейових швів (стиків), проте, це обумовлює ймовірність відшарування мінераловатного облицювання, що може слугувати втраті вогнезахисної здатності протягом часу впливу стандартного температурного режиму пожежі, та не забезпечувати передбачений нормативний час. З врахуванням цього, встановлена відповідність тому чи іншому класу вогнестійкості має бути піддана корекції з огляду на таку обставину.

Розкриття закономірностей впливу конструктивних параметрів сталевих балок на умови відшарування мінераловатного вогнезахисного облицювання є актуальною науковою задачею, розв'язання якої стало науковим підґрунтям удосконалення розрахункових методів прогнозування вогнестійкості даних конструкцій, що у свою чергу є частиною передумов забезпечення їх відповідності нормованим класам вогнестійкості вищевказаних будівельних конструкцій та підвищення рівня пожежної безпеки будівель та споруд, зведених на їх основі.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконана відповідно до: «Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої» від 27.06.2014, розпорядження Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 N 844-р "Про схвалення Стратегії розвитку системи технічного регулювання на період до 2020 року", під час виконання науково-дослідної роботи в ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України: «Розробка методу оцінки ефективності вогнезахисту несучих дерев'яних будівельних конструкцій» (№ держреєстрації 0114U002707), в якій здобувач була виконавцем.

**Наукова новизна** отриманих результатів. До наукових результатів, що визначають цінність даної роботи та її відповідність вимогам ДАК України для кандидатських дисертацій, необхідно віднести наступне:

1. Вперше встановлена залежність часу відшарування мінераловатного вогнезахисного облицювання сталевих балок під впливом стандартного температурного режиму пожежі від їх коефіцієнту перерізу  $A/V_m$ , товщини мінераловатного облицювання  $d_p$  та рівня навантаження  $\mu_f$ , що має вигляд  $t_c = 44,4 - 0,0599 \cdot A/V_m + 0,725 \cdot d - 4,813 \cdot \mu_f - 8,76 \cdot 10^{-3} \cdot A/V_m \cdot d - 0,0314 \cdot A/V_m \cdot \mu_f - 0,178 \cdot d \cdot \mu_f + 6,29 \cdot 10^{-4} \cdot A/V_m \cdot d \cdot \mu_f$ .

2. Обґрунтовано та запропоновано удосконалений метод розрахункової оцінки вогнестійкості сталевих балок з вогнезахисним мінераловатним облицюванням у врахуванням встановлених закономірностей впливу конструктивних параметрів, а також навантаження сталевих балок на час відшарування мінераловатного вогнезахисного облицювання під час впливу стандартного температурного режиму пожежі.

3. Набуло подальшого розвитку застосування розрахункових стандартних методів розрахункової оцінки вогнестійкості сталевих балок з вогнезахисним облицюванням для визначення відповідних вихідних даних для проектування споруд з їх застосуванням.

**Практичне значення дисертаційних досліджень** полягає у розробці удосконаленого розрахункового методу оцінювання вогнестійкості сталевих балок з вогнезахисним мінераловатним облицюванням за умов стандартного температурного режиму пожежі, що дозволяє встановити відповідність даних конструкцій відповідному класу вогнестійкості, що сприяє підвищенню точності розрахунків. Відповідно до розробленої номограми з'явилася можливість більш швидше та точніше визначити час відшарування мінераловатного облицювання та оцінити вогнестійкість конструкції з відповідним вогнезахистом при використанні звичайних стандартних методів розрахунку, що стало підґрунтям для удосконалення та доповнення відповідних нормативних документів.

Отримані результати досліджень впроваджено в роботу дослідно-випробувальної лабораторії аварійно-рятувального загону спеціального призначення Управління ДСНС України у Черкаській області, в наукову діяльність науково-дослідного центру протипожежного захисту Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту під час виконання науково-дослідної роботи шифр «Висотні громадські будинки», в освітній процес Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України під час викладання навчальних дисциплін «Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій» та «Стійкість будівель та споруд при пожежі».

**Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджується застосуванням аналітичних методів досліджень; необхідним об'ємом даних, отриманих під час проведення експериментальних досліджень з використанням методів випробувань, що регламентуються чинними національними стандартами, метрологічно атестованого обладнання та повірених засобів вимірювання; задовільною збіжністю розрахункових та експериментальних даних, отриманих під час випробувань, а також апробацією та практичним впровадженням результатів проведених досліджень.

Дисертаційна робота є завершеною працею, в якій наведено та науково обґрунтовані результати, що в сукупності призвели до розв'язання актуального наукового завдання щодо удосконалення розрахункового методу оцінювання вогнестійкості сталевих балок з вогнезахисним мінераловатним облицюванням за умов стандартного температурного режиму пожежі.

### **Оцінка змісту дисертації та її завершеність**

Подана на розгляд дисертаційна робота Борсук О. В. складається зі вступу, п'яти розділів і загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 117 найменувань; містить 170 сторінок друкованого тексту, 29 таблиць, 64 рисунки та 2 додатки.

Автореферат і опубліковані роботи достатньою мірою відображають основний зміст дисертації.

Рецензована робота відповідає всім вимогам, які пред'являються до кандидатських дисертацій на одержання наукового ступеня кандидата технічних наук.

У **першому розділі** дисертаційної роботи вивчено та проаналізовано сучасний стан нормування вогнестійкості сталевих балок та розрахункових методів її оцінки, наведено статистичні дані щодо виникнення пожеж на об'єктах з металевими несучими конструкціями, зазначено особливості поведінки таких конструкцій під час дії підвищених температур, наведено існуючі способи підвищення вогнестійкості металевих конструкцій із зазначенням переваг та недоліків кожного з способів, описано експериментальні методи визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних систем сталевих балок.

У **другому розділі** розкрита методика підготовки та проведення експериментальних досліджень, виготовлення експериментальних зразків та здійснення перевірки результатів випробування за критеріями прийнятності.

У **третьому розділі** описано результати вогневих випробувань зразків фрагментів сталевих стержнів із стандартного двотаврового профілю, що завершені за умови перевищення початкової температури металевої конструкції на 480 °С. За допомогою лінійної регресійної моделі описано математичну залежність часу досягнення критичної температури у залежності від найбільш значущих параметрів: величини товщини вогнезахисного облицювання та значення критичної температури. Досліджено точність та достовірність результатів розрахунку сталевих елементів із вогнезахисним мінераловатним облицюванням, отриманих для його визначених теплофізичних характеристик. Здійснено перевірку адекватності результатів розрахунку температури у сталевих конструкціях із вогнезахисним мінераловатним облицюванням між розрахунковими та експериментальними даними за статистичними критеріями Кохрена, Стюдента та Фішера, їх відповідність табличним значенням.

У **четвертому розділі** наведені результати математичного моделювання поведінки сталеві балки із вогнезахисним мінераловатним облицюванням проведених за допомогою програмного середовища LS-DYNA здійснених в умовах впливу стандартного температурного режиму пожежі з врахуванням динаміки і напружено-деформованих станів, основних відомостей щодо моделей матеріалів, а також з врахуванням контактної взаємодії між елементами моделі.

У п'ятому розділі наведено розроблену розрахункову методику оцінки вогнестійкості сталевих балок із мінераловатним вогнезахисним облицюванням із використанням величини часу його відшарування та рекомендацій другої частини Єврокоду 3. На основі повного факторного експерименту розроблено систему поправочних коефіцієнтів для зниження значення межі вогнестійкості унаслідок раптового руйнування вогнезахисної системи. Застосовуючи одержану регресійну залежність, були відтворені відповідні поверхні залежності часу відшарування вогнезахисного мінераловатного облицювання сталевих балок від вибраних найбільш значущих конструктивних параметрів при завданні різних значень товщини вогнезахисного облицювання та побудовані відповідні номограми для трьох величин товщини мінераловатного вогнезахисного облицювання.

У додатках представлено акти впровадження результатів дисертаційної роботи: в діяльність дослідно-випробувальної лабораторії аварійно-рятувального загону спеціального призначення Управління ДСНС України у Черкаській області, в наукову діяльність науково-дослідного центру протипожежного захисту Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту під час виконання науково-дослідної роботи шифр «Висотні громадські будинки», в освітній процес Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України під час викладання навчальних дисциплін «Будівлі і споруди та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій» та «Стійкість будівель та споруд при пожежі».

Автореферат та дисертація оформлені відповідно до встановлених вимог, зміст автореферату відповідає змісту дисертації. Матеріал дисертації представлений послідовно, стиль викладу доказовий, чіткий і лаконічний. Висновки до кожного розділу і дисертації в цілому тісно пов'язані з їхнім змістом і відображають суть виконаних досліджень. Публікації автора повністю висвітлюють наукові положення і результати дисертації.

#### **Зауваження**

До оформлення автореферату та змісту дисертації є такі зауваження:

1. *Отримані в дисертації результати було б добре порівняти з результатами подібних задач отриманими аналітичними методами теорії теплопровідності.*

2. *У дисертації слабо була приділена увага розгляданню супутніх фізичних явищ як то: фільтрація вологи крізь порувану структуру, термічне розкладання включень у шпарилах мінераловатного матеріалу та інших фізико-хімічних процесів.*

3. *При дослідженні розподілу температурного поля у перерізі сталеві балки з мінераловатним вогнезахистом не була приділена увага впливу неідеального теплового контакту між поверхнею балки та внутрішньою поверхнею мінераловатного облицювання.*

4. *При постановці теплової задачі бажано було б провести порівняння завдання граничних умов, зокрема коефіцієнту теплообміну із умовами, що*

отримані шляхом рішення суміщеної задачі між газовою та твердою фазою речовин.

5. Отримана залежність коефіцієнта теплопровідності не була верифікована при її застосуванні для описання теплових процесів у балок інших конструкцій, зокрема балок з швелерним перерізом, коробчатим перерізом та іншим.

6. При розгляданні задачі напружено-деформованого стану балки з мінераловатним облицюванням під впливом пожежі було прийнято, що характеристики мінераловатної вати не змінюються про те, тепловий вплив пожежі безсумнівно на них впливає, то ж бажано б було б дослідити такий вплив.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Зміст автореферату ідентичний до основних положень дисертації. Дисертація містить науково обгрунтовані теоретичні та експериментальні результати, наукові положення, відомості і документи, що підтверджують практичне використання отриманих результатів, характеризується єдністю змісту.

#### **Висновок**

Враховуючи вищевикладене, необхідно відзначити, що дисертаційна робота Борсук О. В. є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі обгрунтованих експериментальних результатів вирішено актуальну науково-технічну задачу щодо удосконалення методу розрахункового оцінювання вогнестійкості сталевих балок із вогнезахисним мінераловатним облицюванням.

Дисертаційна робота на тему «Удосконалення методу розрахункової оцінки вогнестійкості сталевих балок із вогнезахисним мінераловатним облицюванням» відповідає вимогам пунктів 9, 11, 12-14 Постанови КМУ № 567 від 24.07.2013 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, Борсук Олена Валентинівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Офіційний опонент:

доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт  
навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки  
Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності  
кандидат технічних наук

Олег ПАЗЕН

Підпис О. Пазен

Генеральний секретар

05.04.2021.



*(Handwritten signature)*

*(Handwritten signature) Рокоч ЛАВРЕЦЬКИЙ*