

## Відгук

Офіційного опонента на дисертаційну роботу

БАЛЛЮ Ярослава В'ячеславовича

на тему: «Розвиток наукових основ запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

### Актуальність теми дисертації.

Запобігання поширення пожежі зовні будівлі є однією із основних нормативних вимог та важливих показників безпеки будівель і споруд, пов'язаних із їх суттєвими експлуатаційними характеристиками. Забезпечення даної характеристики, в свою чергу впливає на забезпечення вимоги по обмеженню поширення вогню на сусідні будівлі і споруди та поширення небезпечних чинників пожежі всередині об'єкту. На сьогоднішній день, вітчизняні та зарубіжні вимоги будівельних норм не містять дані, які дозволили б проектувальникам враховувати вплив конструктивних параметрів зовнішніх огорожувальних конструкцій на динаміку поширення температури вздовж поверхні вище розташованих поверхів будівлі. Це в свою чергу обумовлює відсутність можливості здійснювати прогнозування, щодо умов запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями, а також не дозволяє проводити оцінювання ефективності систем із перешкоджання поширення вогню зовні будівлі.

Актуальність роботи також підтверджується тенденціями в сучасній світовій архітектурі, зокрема, через значне збільшення поверховості нових будівель за останні 30-40 років створюються передумови складності доступу пожежно-рятувальних підрозділів до висотної частини будівлі і відсутність можливості швидко ліквідувати поширення пожежі зовні.

Таким чином, в роботі досліджено та розкрито взаємозв'язки найбільш значущих процесів і чинників, що впливають на поширення пожежі зовні будівлі та, відповідно, розроблено методичне забезпечення для розрахункової оцінки запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівлі, яке включає спрощений метод розрахунку та табличний метод визначення температури полум'я вздовж висоти фасадів споруд.

Л Д У Б Ж Д	
Вх. №	111
08.08	2024р.
КІЛЬКІСТЬ АРКУШІВ:	
ОСН.ДОК.	10 ДОДАТ.

Тема дисертаційної роботи пов'язана з основними напрямками наукової діяльності Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (ІДУ НД ЦЗ) та в рамках Переліку розробок на створення науково-технічної продукції з нормування у сферах будівництва та житлової політики на 2022 рік за бюджетною програмою КПКВК 2751030 затвердженого наказом Мінрегіону № 20 від 31.01.2022; Програми робіт з національної стандартизації на 2021 рік затвердженої наказом ДП «УкрНДНЦ» від 18 березня 2021 року № 91, Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Стратегії розвитку системи технічного регулювання на період до 2025 року затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17.11.2020 № 443. Представлені результати роботи є також частиною досліджень в рамках НДР виконаних на замовлення Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України, а саме в рамках робіт: «Провести дослідження та встановити загальні положення системи управління пожежною безпекою об'єкта» (ДР № 0118U003463); «Обґрунтування вимог щодо оцінки стану пожежної безпеки об'єкта захисту» (ДР № 0119U102482); «Наукове обґрунтування вимог пожежної безпеки для громадських будинків з умовною висотою від 100 до 150 м» (ДР № 0120U101693); «Обґрунтування параметрів прогнозування можливості запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель» (ДР № 0122U200790).

**Наукова новизна отриманих результатів.** Результати отримані у дисертації є науково обґрунтованими та дозволили вирішити сучасну науково-прикладну задачу у сфері пожежної безпеки, яка полягає у розкритті закономірностей впливу конструктивних параметрів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель на зміну температур на їх поверхні під час пожежі, як підґрунтя для запобігання поширення пожежі ззовні будівлі, яка виконана із негорючим облицюванням.

Новими та найбільш значущими є наступні положення дисертаційної роботи, а саме вперше:

1. Науково обґрунтовано та розроблено нову методику комплексного оцінювання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель з негорючим облицюванням, яка дозволяє відтворювати реальні конструктивні параметри фрагменту фасаду та найбільш несприятливі умови

поширення пожежі без застосування адаптації фасадних систем та будівельних матеріалів їх облицювання до існуючих стандартизованих випробувальних установок та фрагментів будинків для проведення імітаційних випробувань.

2. На основі дослідження наслідків реальних пожеж та аналізу сучасних технологій будівництва фасадних систем обґрунтовано критерії, що характеризують умови поширення пожежі у будівлі з негорючим облицюванням, які відповідають величині тривалості температурного впливу на них не менше 30 хвилин та руйнуванню заповнення світлових прорізів фасадних конструкцій при досягненні значення температури вище 250°C.

3. Розрахунковим методом доведено та експериментально підтверджено, що під час 30 хвилинного впливу вогнища пожежі класу В з питомою пожежною навантагою до 2300 МДж/м<sup>2</sup> значення температури на поверхні зовнішньої огороджувальної конструкції від впливу факелу пожежі може змінюватися:

- лінійно з 210 °С до 600 °С для фасаду будівлі, який знаходиться під кутами нахилу відносно вертикалі від -20° до +20° відповідно;

- лінійно з 90 °С до 440 °С при застосуванні протипожежного карнизу шириною з 1,5 м до 0,3 м;

- зменшуватися до 1,6 разів при застосуванні протипожежних карнизів обладнаних дренажною системою із мінімальною інтенсивністю зрошення водою 0,083 л/с м<sup>2</sup>.

4. Методами комп'ютерного моделювання виявлено закономірність, яка полягає в тому, що протипожежний карниз влаштований на зовнішній огороджувальній конструкції дозволяє знизити значення площі розподілів критичної температури на поверхні фасаду вище розташованого поверху на 8-15% для кожного кроку збільшення в 0,1 м ширини протипожежного карнизу від 0,3 м до 1,5 м.

#### Удосконалено:

1. Методи оцінки запобігання поширення пожежі зовнішніми огороджувальними конструкціями, а саме метод натурних випробувань, який дозволяє враховувати реальні конструктивні параметри фасаду будівлі та спрощений метод розрахунку температури полум'я вздовж висоти фасаду, які спільно з обґрунтованими критеріями, що характеризують умови поширення



пожежі по фасаді, дозволяють визначити умови запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель з негорючим облицюванням.

2. Науково-методичну та експериментальну базу дослідження процесів обмеження поширення пожежі по зовнішніх огорожувальних конструкціях будівель, відмінною рисою якої є врахування реальних конструктивних параметрів фасаду будівлі.

#### Набули подальшого розвитку:

1. Підходи до підвищення достовірності прогнозування поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель, або її обмеження фасадними протипожежними перешкодами.

2. Експериментально-розрахункові принципи забезпечення точності оцінювання динаміки зміни температур та характеру температурних розподілів від пожежі на поверхні вище розташованих зовнішніх огорожувальних конструкцій в залежності від кутів нахилу основної фасадної площини та куту прилягання бокової площини фасаду до основної частини фасаду, та забезпечено відтворюваність результатів експериментальних досліджень, при яких значення абсолютних відхилень між усередненими експериментальними дослідженнями не перевищують 10%.

#### **Практична цінність роботи полягає у розробленні та впровадженні:**

- науково-методичного апарату, що включає створений метод натурних випробувань, спрощений метод розрахунку температури полум'я вздовж висоти фасаду, а також табличний метод визначення температури полум'я вздовж висоти фасаду, що спільно з обґрунтованими критеріями, які характеризують умови поширення пожежі по фасаді, дозволяє визначити умови запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель з негорючим облицюванням та реалізувати параметричний метод нормування вимог пожежної безпеки до таких будівель.

- експериментальної бази для дослідження процесів обмеження поширення пожежі по зовнішніх огорожувальних конструкціях будівель, яка відрізняється можливістю враховувати реальні конструктивні параметри фасаду будівлі, а саме кутів його ухилу, кутів прилягання суміжних площин фасаду та висоти міжповерхових віконних простінків.

- нормативного забезпечення щодо оцінювання процесів поширення пожежі по зовнішнім огорожувальним конструкціям будівель, а саме розробкою державних будівельних норм ДБН В.2.2-41:2019 «Висотні будівлі. Основні положення» та національного стандарту ДСТУ 9192:2022 «Пожежна безпека. Проектування висотних громадських будівель з умовною висотою від 100 м до 150 м».

**Обґрунтованість і достовірність наукових результатів** підтверджується чіткою методологією, яка описує процедури, методи, інструменти і критерії, використані для збору та аналізу використаних даних. Аналіз отриманих залежностей є систематичним і обґрунтованим, що підтверджується використанням відомих статистичних методів визначення збіжності і інтерпретацію результатів у контексті наявних доказів гіпотези і теоретичних моделей її реалізації. В роботі проведено об'єктивний і систематичний аналіз отриманих даних під час дослідження процесів поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями, використовуючи відповідні статистичні методи та моделі, що підтверджують достовірність висновків.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та повнота викладеного матеріалу досліджень** відповідають встановленим вимогам щодо її оформлення. Дисертація складається із вступу, 7 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 332 найменувань, містить 401 сторінок друкованого тексту (з них 299 сторінок основного тексту), 38 таблиць, 143 рисунки та 4 додатки.

**У першому розділі** дисертації наведено аналіз статистичних даних про фасадні пожежі та наслідки від них на об'єктах з різними типами фасадних систем, а також здійснено аналіз і узагальнення можливих заходів щодо забезпечення обмеження поширення пожежі по ним. Визначено та систематизовано основні конструктивні та інженерні заходи для забезпечення обмеження поширення пожежі по зовнішнім вертикальним будівельним конструкціям для різних типів фасадних систем будівель та споруд. Виявлено необхідність розробити удосконалену методику з оцінки поширення пожежі по фасадам будівель на основі виявлених недоліків існуючих стандартизованих методів та визначених пріоритетних шляхів можливості їх удосконалення.

Визначені найбільш значущі критерії, які впливають на процеси поширення пожежі ззовні будівель із негорючим облицюванням.

У **другому розділі** приведено теоретичні методи прогнозування поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель та проблемні питання оцінювання заходів з обмеження поширення пожежі за допомогою обчислювальних методів комп'ютерної математики. Теоретично обґрунтовано параметри та умови, які мають найбільший вплив під час проведення оцінювання можливості поширення пожежі або її обмеження за допомогою інтегрованих у фасадні системи протипожежних перешкод. Запропоновано в подальших дослідженнях під час проведення оцінювання обмеження поширення пожежі по фасадам будівель застосовувати ієрархічну структуру розрахункових методів, що включає в себе, табличні, спрощені та уточнені методи, що в свою чергу дозволить забезпечити реалізацію параметричних підходів у розрахункових процедурах

У **третьому розділі** проведено моделювання процесів поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівлі за допомогою обчислювальної газо-гідродинаміки. На основі визначених найбільш значущих критеріїв, які впливають на проведення оцінювання поширення пожежі по фасадах проведено дослідження потенційного впливу пожежі на процеси її поширення по зовнішнім огорожувальним конструкціям будівлі різних типів. Проведено моделювання фасадних пожеж при різних розрахункових сценаріях її виникнення, а також досліджено вплив фасадних протипожежних перешкод різного типу на процеси можливого запобігання поширення пожежі.

У **четвертому розділі**, на основі аналізу переваг та недоліків існуючих методів оцінювання поширення пожежі по зовнішнім огорожувальним конструкціям, приведено результати розроблення програми експериментальних досліджень запобігання поширення пожежі по фасадах. Визначено та обґрунтовано основні конструктивні характеристики, яким повинна відповідати удосконалена випробувальна установка.

Створена установка дозволила повноцінно відтворювати конструктивні параметри фрагменту фасадної системи та температурний режим наближений до реальних умов пожежі. Реалізовано можливість



оцінювання поширення пожежі вздовж висоти фасаду (ззовні) з врахуванням його об'ємно конструктивних особливостей та матеріалів облицювання, які використані в його конструкції. Обґрунтовано місця влаштування вимірювального обладнання, необхідний тип модельного вогнища пожежі для забезпечення необхідного температурного режиму у вогневій камері та критерії успішного проведення випробувань для підтвердження обмеження поширення пожежі по зовнішнім огорожувальним конструкціям.

**У п'ятому розділі** представлено отримані результати експериментальних досліджень, щодо поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель. Приведено систематизовані дані щодо виявлених закономірностей впливу конструктивних параметрів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та фасадних протипожежних перешкод на процеси зміни температур на їх поверхні під час пожежі. За результатом проведення оцінки розбіжності за кожною із серій проведених експериментальних досліджень визначено абсолютні, відносні та середньоквадратичні відхилення усереднених експериментальних досліджень, а також належність дисперсій до однієї генеральної сукупності результатів, а саме визначено що дисперсії відхилень є прийнятними та знаходяться в межах 12-14%.

**В шостому розділі** наведено результати створення газо-гідродинамічної моделі установки для прогнозування поширення пожежі по зовнішнім огорожувальним конструкціям будівель, з метою забезпечення комплексних підходів щодо можливості такого прогнозування та оптимізації процесу оцінювання ефективності заходів щодо обмеження вогню. На основі проведених досліджень визначено характери та динаміку розподілів температури на поверхні фасаду, залежно від кутів прилягання суміжних площин фасадів, значення кута нахилу фасаду та типу фасадних протипожежних перешкод, які можуть застосовуватися для обмеження поширення пожежі. Отримані дані стали основою під час розробки науково-методичного апарату, який реалізує технологію виявлення закономірностей зміни температур і їх розподілення на поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій для проведення розрахункової оцінки запобігання поширення по ним пожежі

У цьому розділі наведено результати досліджень щодо впливу взаємозв'язків чинників на точність оцінювання можливості запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями. Представлено розроблений науково-методичний апарат, що дозволяє визначити умови запобігання поширення пожежі та обґрунтувати конструктивні параметри безпеки зовнішніх огорожувальних конструкцій в частині забезпечення обмеження поширення по ним пожежі за допомогою застосування табличного методу та спрощеного методу розрахунків із застосуванням емпіричних коефіцієнтів. Приведено результати оцінювання економічного ефекту, який можливо досягти при використанні розробленого науково-методичного апарата, що реалізує параметричний метод нормування у будівництві для розрахункової оцінки поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель

**Висновки** за дисертацією сформульовані логічно та вичерпно, при цьому вони відповідають поставленій меті та завданням роботи. В дисертації відсутній академічний плагіат, фабрикації чи фальсифікації.

**Повнота викладу наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.**

Основні положення та наукові результати дисертації викладено в 39 наукових працях: 19 статей у наукових виданнях (з них 3 статті у виданнях, які включені до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 1 стаття в міжнародному науковому виданні, 15 статей у наукових фахових виданнях України, 1 статті, яка додатково відображає наукові результати дисертації), 18 тез доповідей на міжнародних та вітчизняних наукових конференціях та 1 патент на корисну модель.

**Зауваження до дисертації.**

1. В першому розділі роботи автором відзначено, що на сьогоднішній день в світі існує близько 14 апробованих методик, які успішно застосовуються для проведення досліджень з визначення ефективності обмеження поширення пожежі по зовнішнім огорожувальним конструкціям будівлі. Разом із цим не зрозуміло, чому автор вирішив розробити новий метод оцінки запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями, а не удосконалити один із існуючих з врахуванням виявлених недоліків?



2. Для формули (2.30), що описує значення теплового випромінювання відносно зони нагріву суміжно розташованої площини відсутнє посилання на джерело.

3. В розділі 3.3 дисертації автором розглядається сценарій поширення зовнішньої пожежі в середині у внутрішнього дворового простору будівлі, а саме в її атріумі. Проте, в подальших дослідженнях та в розробленому методичному забезпеченні для розрахункової оцінки запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель даний сценарій чомусь не розглядається.

4. За текстом дисертації неодноразово відзначено, що за критерій граничного значення температури для поверхні фасаду будинку прийнято значення 250 °С, що відповідає температурі деформації конструкції металопластикових вікон. Таким чином, не зрозуміло, чи застосування виключно протипожежних вікон у будівлі могло б вирішити проблему фасадних пожеж?

5. В п'ятому розділі дисертації приведено отримані результати експериментальних досліджень, а саме закономірності впливу конструктивних параметрів фасадів будівель на процеси зміни температур на їх поверхні під час пожежі, а також наведено відповідні графіки зміни динаміки температури на поверхні фасаду. Разом із цим, доцільно було б привести дані, щодо закономірностей зміни значення загальної площі температурних розподілів на поверхні фасаду для певного граничного значення температури згідно визначених критеріїв.

6. Чим обумовлене використання дека для вогнища пожежі класу 34В під час створення установки для проведення досліджень з виявлення закономірностей зміни температур на зовнішній поверхні фасаду?

7. Під час порівняння результатів експериментальних даних та отриманих результатів створеної газо-гідродинамічної моделі щодо температурного режиму у вогневій камері (рисунок 6.5) не в повній мірі описано причину значного відхилення графіків для даних кривих в період з 1500 по 1800 секунди.

8. Серед зауважень до оцінки економічного ефекту та вартісної оцінки результатів під час забезпечення умов обмеження поширення пожежі слід відмітити, що автором обмежено приділено увагу питанням екологічної

