

**ВІДГУК ОПОНЕНТА**

Доктора технічних наук, професора ДЕМЧИНИ Богдана Григоровича  
на дисертацію БАЛЛО Ярослава В'ячеславовича

«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 (261 – пожежна безпека)

**Актуальність теми.** Дослідження, що приведені в дисертації присвячені розв'язанню актуальної науково-прикладної проблеми у сфері пожежної безпеки, а саме розкриттю закономірностей впливу конструктивних параметрів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель та фасадних протипожежних перешкод на процеси поширення пожежі по їх поверхні, як теоретична база для можливості запобігання поширення пожежі по негорючим фасадам будівель.

Приведений аналіз статистики пожеж демонструє, що значна їх кількість поширюється між поверхами будівлі ззовні по її фасаду, з подальшим поширенням в середину приміщення через руйнування зовнішніх огорожувальних конструкцій або через руйнування світлових прорізів, в тому числі вікон. При цьому, в низці випадків фасадні системи або їх облицювання було виконано із використанням негорючих матеріалів.

Слід відзначити, що небезпека поширення пожежі по фасаду будівлі є серйозним та одним із основних питань безпеки, яке вимагає уваги, як при проектуванні так і при подальшій експлуатації будівель. Конструктивні параметри фасадів будівель та інші зовнішні чинники можуть суттєво впливати на швидкість поширення пожежі та на те, як швидко вона може вийти з-під контролю. Неконтрольоване поширення пожежі ззовні будівлі може вплинути на зниження вогнестійкості її несучих елементів, та як наслідок призвести до її руйнування або обвалу матеріалів, що входять до структури облицювання фасаду.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертацію підготовлено та виконано згідно 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 275 1030 затвердженого наказом Мінрегіону № 20 від 31.01.2022, Програми робіт з національної

<b>ЛДУБЖД</b>	
Вх. №	110
	07.08.2024р.
КІЛЬКІСТЬ АРКУШІВ:	
ОСИ.ДОК.	8 ДОДАТ.

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, замовленнями Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям ДСНС України на науково-дослідні роботи, які виконано в УкрНДЦЗ та ІДУ НД ЦЗ за участю здобувача у якості керівника роботи, результати яких використано в дисертації: «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.** У дисертації одержані нові науково обґрунтовані результати, які дозволили вирішити актуальну та 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.

**Вперше отримано наступні наукові результати:**

1. Науково обґрунтовано та розроблено нову методіку 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 огорожувальної 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 від 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 огорожувальній 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 огорожувальними 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 фасаду, 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%.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

За результатом проведених досліджень розроблено науково-методичний апарат, який є системою, що об'єднує 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 будівель.

Створено науково-методичну та експериментальну базу, яка стала підґрунтям для створення нормативного забезпечення щодо оцінювання процесів поширення пожежі по зовнішнім огорожувальним конструкціям будівель і впроваджена при розробці 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 використанням відомих систем диференціальних рівнянь тепло-масообміну; чіткою методологією, яка включає вичерпне описання використаних методів, інструментів, процедур і аналізу даних; методів стаціонарної і нестаціонарної теплопровідності, а також задовільною збіжністю розрахункових і експериментальних даних, отриманих під час дослідження процесів поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями.

**Оцінка змісту дисертації.** 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, 4 додатки.

**У першому розділі** наведено аналіз існуючих основних конструктивних типів фасадних систем та досліджено наслідки фасадних пожеж для будівель із складною формою їх архітектурного виконання. Встановлено, що на сьогоднішній день відсутні залежності, які б дозволили визначати мінімально необхідний розмір протипожежних карнизів або їх форму в залежності від типу конструкції фасадної системи. Визначені критерії, які впливають на процеси поширення пожежі ззовні будівель із негорючим облицюванням.

**У другому розділі** визначено перелік найбільш значущих параметрів, які характеризують температурний вплив від пожежі на вище розташовану конструкцію та відповідно приведена їх числова реалізація. Також запропоновані найбільш характерні розрахункові початкові сценарії пожежі та розглянуто їх температурний вплив на вище розташовані зовнішні огорожувальні конструкції будівлі, які доцільно розглядати під час оцінювання поширення фасадної пожежі.

**У третьому розділі** проведено оцінювання процесів поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівлі за допомогою обчислювальної газо-гідродинаміки. На основі систематизованих основних чинників, які впливають на проведення оцінювання поширення пожежі по фасадам проведено дослідження потенційного впливу пожежі на процеси її поширення по зовнішнім огорожувальним конструкціям будівлі різних типів. Проведено моделювання фасадних пожеж при їх зовнішньому та внутрішньому осередку утворення, а також досліджено вплив фасадних протипожежних перешкод різного типу на процеси запобігання поширення пожежі.

**Четвертий розділ** присвячено експериментальним дослідженням запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями. Наведено програму-методику експериментальних досліджень, що необхідно виконати для встановлення закономірностей впливу параметрів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель на процеси зміни температур біля їх поверхні під час пожежі. Описано процес розроблення та обґрунтування конструктивних параметрів обладнання для проведення натурних вогневих досліджень, а саме установки для прогнозування поширення пожежі по фасадам будівель. Дана установка

дозволяє забезпечити комплексне оцінювання можливості поширення пожежі для досліджуваного типу фасаду з врахуванням його об'ємно-конструктивних особливостей та матеріалів, які використані в його конструкції.

**У п'ятому розділі** наведено результати експериментальних досліджень поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель. В розділі приведено 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.

**В шостому розділі** наведено результати щодо розроблення комп'ютерної газо-гідродинамічної моделі, що відтворює умови натурних випробувань згідно з розробленою методикою та оцінено її адекватність. На основі обґрунтованих критеріїв, які характеризують небезпеку поширення пожежі вертикальними будівельними конструкціями та параметрів які враховують їх конструктивні та інженерні особливості превентивних заходів на основі розробленої FDS моделі проведено дослідження впливу параметрів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель на процеси зміни температур на їх поверхні.

**У сьомому розділі** наведено результати розроблення методичного забезпечення для розрахункової оцінки запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель. Описано 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. Також, наведено методики оцінювання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель із використанням польових моделей.

При формулюванні висновків та результатів у дисертації, забезпечено їх повноту, точність і чіткість відображення в рамках представленої роботи, при

цьому вони відповідають поставленим завданням роботи, а також її меті. В дисертації не виявлено ознак академічного плагіату.

**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 відзначено, що значна висота будівель та різнотипність форм їх фасадних конструкцій впливають на складність гасіння таких пожеж та проведення рятувальних робіт для пожежних підрозділів. Разом із тим, в роботі доцільно було б навести аналіз застосування систем протипожежного захисту та пожежогасіння для забезпечення ліквідації або обмеження поширення пожежі на початковій стадії її виникнення та розвитку.

2. В роботі наведено ґрунтовний аналіз існуючих методів з визначення пожежної небезпечності будівельних матеріалів, що використовуються в зовнішніх огорожувальних конструкціях. Разом із цим, не в повній мірі зрозуміло, чому автор в роботі вирішив зупинитися лише на дослідженнях закономірностей поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель виконаних з негорючим облицюванням.

3. Який зміст автор вкладає у поняття «фасадна пожежа», враховуючи, що у національних термінологічних стандартах з пожежної безпеки визначення даного терміну відсутнє?

4. В другому розділі роботи не приведено числовий опис рівняння, яке характеризує локальне завихрення газів в результаті можливої дії зовнішніх супутніх чинників, зокрема вітру.

5. З третього розділу не зрозуміло чому автор під час моделювання різних пожежонебезпечних ситуацій не враховував роботи систем протипожежного захисту, зокрема систем пожежогасіння, якими слід обладнувати даний тип будівель?

6. За результатом аналізу розробленого табличного методу розрахунку температури полум'я вздовж висоти фасаду, доцільно розширити діапазон

можливих кутів прилягання суміжних площин фасаду до основної площини фасаду.

Наведені зауваження не пливають на загальну позитивну оцінку роботи.

### **Загальний висновок та оцінка дисертації.**

Дисертаційна робота БАЛЛО Ярослава В'ячеславовича на тему «Розвиток наукових основ запобігання поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель» є завершеною самостійною науковою працею, яка містить наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів. За актуальністю теми, науковою новизною результатів та їх практичною цінністю дисертаційна робота відповідає вимогам Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року № 1197, а її автор, БАЛЛО Ярослав В'ячеславович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 — пожежна безпека.

Офіційний опонент:

професор кафедри будівельних  
конструкцій та мостів  
Національного університету  
«Львівська політехніка»  
доктор технічних наук, професор

Богдан ДЕМЧИНА

Зізнює про  
засвідчує  
зробив з науково-технічної  
роботи

05.08.2024

Роман КОРЖ