



*Б. М. Ковалишин<sup>1</sup>, Я. В. Балло<sup>1</sup>, В. В. Ніжник<sup>1</sup>,  
І. Г. Стилик<sup>1</sup>, О. І. Кагітін<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, м. Київ, Україна

<sup>2</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6433-8826> – Б. М. Ковалишин

<http://orcid.org/0000-0002-9044-1293> – Я. В. Балло

<http://orcid.org/0000-0003-3370-9027> – В. В. Ніжник

<http://orcid.org/0000-0002-8474-2014> – І. Г. Стилик

<http://orcid.org/0000-0002-2482-8422> – О. І. Кагітін

2801397@ukr.net



## ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБМЕЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ПО ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЯХ

**Проблема.** Протипожежні карнизи застосовуються, як один із найефективніших засобів обмеження поширення пожежі по зовнішніх огороджувальних конструкціях будівель. Простота конструкції протипожежного карнизу та відносно недорога вартість його влаштування дозволяє широко використовувати даний тип фасадної протипожежної перешкоди в сучасних технологіях будівництва. Разом із тим, аналіз попередніх досліджень демонструє, що пряма форма протипожежного карниза створює передумови для виникнення негативних явищ, пов'язаних із характером поширення полум'я на вищорозташовані поверхи. Таким чином постає питання розглянути перспективні напрями підвищення ефективності обмеження пожежі по зовнішніх огороджувальних конструкціях шляхом застосування протипожежних карнизів, які можуть не тільки обмежувати пожежу та її небезпечні чинники, але і відводити їх від площини фасаду у простір.

**Мета роботи** – визначення перспективних напрямків підвищення ефективності обмеження пожежі по зовнішніх огороджувальних конструкціях за допомогою протипожежних карнизів.

**Методи дослідження.** Під час проведення роботи використано аналітичний метод досліджень для проведення аналізу актуальних джерел інформації щодо параметрів, структури, інших характеристик досліджуваного об'єкта. Також використано теоретичні методи дослідження, що передбачало вивчення сучасних наукових публікацій, нормативних документів та технічної літератури за напрямком дослідження.

**Основні результати дослідження.** Приведено та систематизовано основні типи фасадних систем та проаналізовано потенційні можливості застосування відповідних фасадних протипожежних перешкод для обмеження зовнішніх пожеж у будівлях. Запропоновано перспективні шляхи підвищення ефективності протипожежних карнизів, а саме представлено гіпотезу, що протипожежні карнизи можуть не тільки обмежувати пожежу та її небезпечні чинники, але і відводити їх від площини фасаду будівлі у простір, тим самим знижуючи потенційно небезпечний вплив зовнішньої пожежі. Відзначено проблемні аспекти оцінювання ефективності обмеження поширення пожежі ззовні будівлі та перелік критеріїв, які можливо застосовувати під час оцінювання ефективності протипожежних карнизів різних типів.

**Висновки.** Проведено аналіз типів фасадних систем, які доцільно обладнати фасадними протипожежними перешкодами з врахуванням їх об'ємно-конструктивних параметрів та існуючим типам протипожежних карнизів. Приведено переваги пасивних та активних фасадних протипожежних перешкод та відзначено можливі напрями підвищення ефективності їх застосування під час будівництва. Визначено та обґрунтовано шляхи підвищення ефективності обмеження поширення пожежі по фасадах будівель шляхом застосування більш досконалих протипожежних карнизів з обтічною формою для відведення теплового потоку та небезпечних чинників пожежі від зони фасаду.

**Ключові слова:** обмеження поширення пожежі по фасадах, протипожежні карнизи, системи протипожежного захисту, підвищення ефективності фасадних протипожежних перешкод, пожежна безпека.

## **PROSPECTIVE DIRECTIONS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF RESTRICTIONS FIRE ON EXTERNAL ENCLOSURE STRUCTURES**

**Formulation of the problem.** Today, fire-resistant eaves are used as one of the most effective means of limiting the spread of fire on the external enclosing structures of buildings. The simplicity of the design of the fire curtain and the relatively inexpensive cost of its installation allow this type of facade fire barrier to be widely used in modern construction technologies. At the same time, the analysis of previous studies shows that the direct form of the fire eaves creates prerequisites for the occurrence of negative phenomena related to the nature of the spread of the flame to the higher floors. Thus, the question arises to consider prospective ways of increasing the effectiveness of fire limitation on external enclosing structures by using fire-resistant eaves, which can not only limit fire and its dangerous factors but also divert them from the plane of the facade into space.

**The purpose of the work** is to identify promising directions for increasing the effectiveness of fire prevention on external fencing structures using fire eaves.

**Research methods.** During the work, an analytical research method was used to analyse relevant sources of information regarding the parameters, structure, and other characteristics of the object under study. Theoretical research methods were also used, which involved the study of modern scientific publications, regulatory documents and technical literature in the field of research.

**The main results of the study.** The main types of facade systems are presented and systematized, and the potential possibilities of using appropriate facade fire barriers to limit external fires in buildings are analysed. Prospective ways of increasing the effectiveness of fire eaves are proposed, namely the hypothesis that fire eaves can not only limit fire and its dangerous factors but also divert them from the plane of the facade of the building into space, thereby reducing the potentially dangerous influx of external fire. Problematic aspects of evaluating the effectiveness of limiting the spread of fire from outside the building and a list of criteria that can be used when evaluating the effectiveness of fire eaves of various types are noted.

**Conclusions.** An analysis of the types of facade systems, which should be equipped with facade fire barriers, taking into account their volumetric and structural parameters and the existing types of fire eaves, was carried out. The advantages of passive and active facade fire barriers are given, and the possible directions for increasing the efficiency of their use during construction are noted. The ways of achieving an increase in the effect of limiting the spread of fire on the facades of buildings by using more advanced fireproof eaves with a streamlined shape to divert heat flow and dangerous fire factors from the facade area have been determined and substantiated.

**Keywords:** limiting the spread of fire on facades, fire eaves, fire protection systems, increasing the effectiveness of facade fire barriers, fire safety.

### **Постановка проблеми.**

Попередні дослідження ефективності обмеження поширення пожежі по зовнішніх огорожувальних конструкціях будівель показав, що протипожежні карнизи, як фасадні протипожежні перешкоди пасивного типу, є досить ефективним протипожежним засобом, який має ряд переваг порівняно із такими фасадними протипожежними системами активного типу, як дренчерні завіси [1-2]. Аналіз досвіду застосування існуючих типів протипожежних карнизів у світі демонструє, що на сьогодні не існує єдиного системного підходу до застосування тих чи інших видів протипожежних карнизів для захисту від поширення пожеж по фасадах будівель, що можуть бути виконані із будівельних матеріалів із різними показниками пожежної небезпеки [3-5]. Вимоги чинних нормативних документів, як вітчизняних [6-7], так і зарубіжних [8] в цілому зводяться до визначення фактичної необхідності застосування протипожежних карнизів певної ширини для будівель із різною умовною висотою. При цьому фактично відсутня можливість реалізації

параметричного методу нормування застосування протипожежних карнизів, як протипожежного елемента, геометричні характеристики якого (ширина, висота, форма) можуть впливати на ефективність його застосування. Врахування визначених параметрів, їх систематизація та визначення їх ефективності дасть змогу не тільки забезпечити умови ефективного обмеження поширення пожежі по зовнішнім огорожувальних конструкціях, але і визначити умови за яких ті чи інші параметри протипожежних карнизів мають більшу значущість для забезпечення досягнення визначених умов безпеки, а також дасть можливість отримати позитивний економічний ефект від їх застосування.

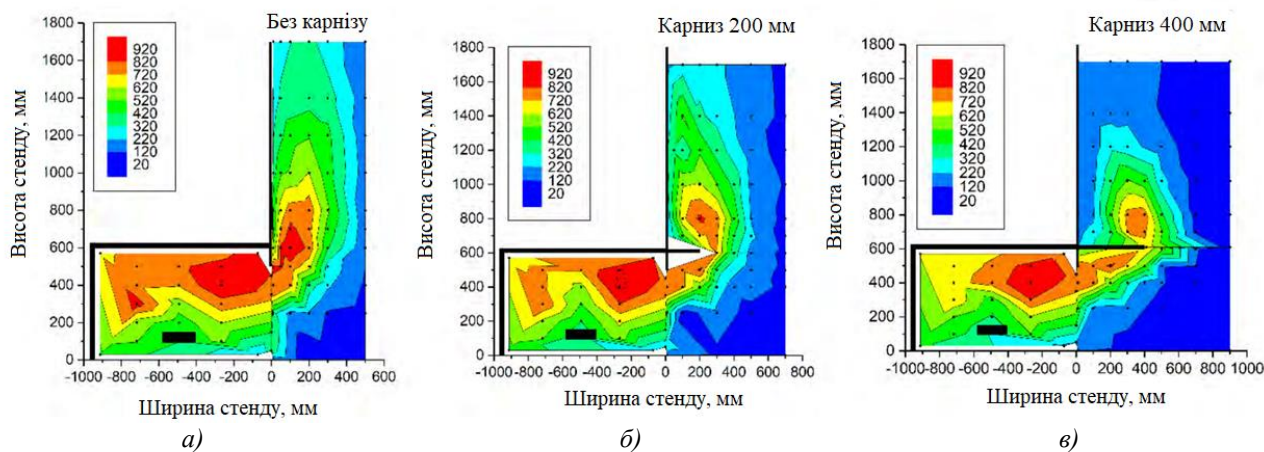
### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Дослідження, що представлені в роботі [9], містять ґрунтовний аналіз впливу протипожежного карниза на процеси обмеження поширення пожежі, який заснований на дослідженнях наслідків реальної пожежі, що виникла у висотній будівлі. Разом із цим, робота [9] не розкриває питання виявлення закономірностей запобігання

поширенню пожежі по фасаді будівлі, які можливо виявити в разі застосування протипожежних карнизів із більш ефективними формами та геометричними розмірами. Дослідження [10], які лягли в основу теорії поширення вогню крізь світлові отвори та описані в [11], стали основоположними в частині дослідження процесів поширення пожежі крізь зовнішні огорожувальні конструкції, проте на сьогодні відсутні дані щодо забезпечення її ефективного обмеження за допомогою фасадних протипожежних перешкод різних типів та форм. В роботі [12] досліджуються питання підвищення ефективності обмеження поширення пожежі по фасаді будівлі залежно від

висоти влаштування протипожежного карниза відносно краю вікна приміщення, де може виникнути пожежа. Проте цей чинник є лише одним із ряду численних параметрів, які можуть впливати на підвищення ефективності обмеження фасадної пожежі.

В роботах [13-14] досліджується питання ефективності обмеження поширення пожежі за допомогою протипожежних карнизів шириною 10 та 30 см, проте дослідження [15] доводять, що ефективність протипожежних карнизів щодо обмеження температурного впливу на фасад вище розташованого поверху починається з ширини 300-400 мм, що продемонстровано на рисунку 1.



**Рисунок 1** – Схема поширення пожежі та характеру температурних впливів під час застосування протипожежних карнизів різного типу, де:

- а – поширення пожежі за відсутності протипожежного карниза;
- б – поширення пожежі при наявності протипожежного карниза шириною 200 мм;
- в – поширення пожежі при наявності протипожежного карниза шириною 400 мм

Окремо слід відзначити дослідження [16], які дали змогу систематизувати та узагальнити вимоги європейських нормативних документів та рекомендацій щодо влаштування протипожежних

карнизів на зовнішніх огорожувальних конструкціях будівель у комбінації із міжповерховими віконними простінками. Зазначені дані наведено в таблиці 1. (таблиця б).

**Таблиця 1**

Вимоги європейських країн щодо влаштування протипожежних карнизів та міжповерхових віконних простінків на фасадах висотних будівель

Країна	Мінімальна висота міжповерхового віконного простінку, м	Мінімальна ширина протипожежного карниза, м	Примітки
Австралія	0,9	0,5	- виконаний із негорючих матеріалів з класом вогнестійкості не нижче REI 60; - ширина протипожежного карниза має бути не менше 450 мм
Фінляндія	1,0	-	додаткові вимоги відсутні
Франція	0,6-1,3	0,6-1,3	додаткові вимоги відсутні
Китай	0,9	0,5	розміри горизонтальної проекції міжповерхового простінку та ширини протипожежного карниза залежать від ряду змінних вимог

Нова Зеландія	1,5	0,6	клас вогнестійкості цих конструкцій повинен бути не нижчим за клас вогнестійкості зовнішньої стіни
Норвегія	1,2	1,2	присутній перелік взаємних комбінацій геометричних параметрів цих конструкцій
Португалія	1,1	1,1	ці вимоги допускається не виконувати, якщо будівля містить автоматичну спринклерну систему пожежогасіння
Іспанія	1,0	1,0	мають бути виконані із негорючих матеріалів з класом вогнестійкості не нижче REI 60
Швеція	1,2	1,2	простінок має бути виконаний із негорючих матеріалів з класом вогнестійкості не нижче EI 60
Україна	-	0,75-1,5	мають бути виконані із негорючих матеріалів з класом вогнестійкості не нижче EI 60
США	0,914	0,762	- вертикальна та горизонтальна відстані між вікнами мають бути не менше 1524 мм; - мають бути виконані із негорючих матеріалів з класом вогнестійкості не нижче EI 60

Дослідження, представлені в [17], значно ґрунтовніше аналізують проблему використання протипожежних карнизів у різних країнах, проте в цій роботі, більшою мірою розкриваються проблеми визначення значення пожежної навантаги всередині приміщень, яке слід приймати під час проведення випробувань та тривалість пожежі. Також в цій роботі наведено порівняльні дані експериментальних досліджень щодо потенційного впливу пожежі для будівель із різними геометричними параметрами вікон, а також можливість використання балконів в якості фасадних протипожежних перешкод. Разом із цим, питання впливу форми протипожежного карниза на процеси більш ефективного відведення теплового потоку та вогню від вище розташованої частини фасаду будівлі залишаються не розкритими.

Таким чином, на основі аналізу попередніх досліджень, а також виявлених недоліків та актуальних проблемних питань сформульовано мету роботи та задачі досліджень, які слід вирішити.

**Мета роботи** полягає у визначенні перспективних напрямків підвищення ефективності обмеження пожежі по зовнішніх огорожувальних конструкціях за допомогою протипожежних карнизів.

Для досягнення поставленої мети слід:

- здійснити аналіз типів фасадних систем, які доцільно обладнувати протипожежними карнизами;
- визначити та узагальнити за об'ємно-конструктивними параметрами типи протипожежних карнизів;

- здійснити аналіз найбільш значущих чинників, які можуть впливати на підвищення ефективності обмеження поширення пожежі на вище розташований поверх при застосуванні протипожежних карнизів;

- визначити критерії, які можуть характеризувати ефективність протипожежного карниза певного типу;

**Методи дослідження.** В роботі було використано методи узагальнення раніше виконаних досліджень щодо аналізу ефективності застосування протипожежних карнизів, метод аналітичного дослідження, методи порівняння та аналогії.

**Виклад основного матеріалу.** На сьогодні в Україні основоположним документом, який регулює влаштування фасадних систем різного типу є [18]. Ці будівельні норми визначають три основні типи схем конструктивного виконання збірної фасадної системи, а саме:

- тип А1, збірна система з опорядженням із легкої штукатурками;

- тип А2, збірна система з опорядженням із товстошаровими штукатурки;

- тип Б1, збірна система із стояковим кріпленням зовнішнього опоряджувального захисного шару;

- тип Б2, збірна система із стояково-ригельним кріпленням зовнішнього опоряджувального захисного шару;

- тип В1, збірна система з комбінованим світлопрозорим фасадом;

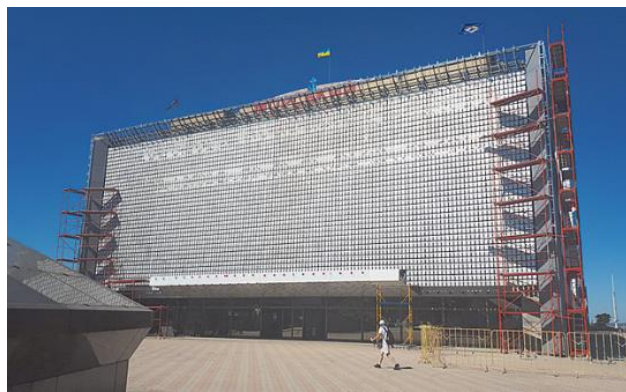
- тип В2, збірна система з суцільним світлопрозорим фасадом із термоізоляцією плит перекриттів.

Слід відзначити, що вимоги [18] передбачають, що всі наведені типи збірної фасадної системи можуть використовуватися у будівлях з умовною висотою вище 47 м, тобто у будівлях, які слід розділяти на вертикальні протипожежні відсіки та відповідно слід обладнувати протипожежним карнизом. Вимоги [19] передбачають, що крім

протипожежних карнизів допускається приймати інші планувальні, конструктивні та інженерні рішення, які забезпечують непоширення пожежі між протипожежними відсіками по фасаді будівлі за висотою. Як приклад, для фасадів типу В2, як правило замість протипожежних карнизів використовують системи дренчерного водяного екранування із застосуванням мережі сухотрубів та дренчерних зрошувачів із напрямною лопаткою. Також, серед пасивних систем забезпечення обмеження поширення пожежі по фасадах на вище розташовані поверхи може бути заповнення світлових конструкцій скляними конструкціями із визначеним необхідним класом вогнестійкості.



а)



б)

**Рисунок 2** – приклад кінетичного фасаду, де:

а – вигляд механізму, що приводить в дію рухомі елементи фасаду;

б – зовнішній вигляд кінетичного фасаду морського вокзалу Одеського морського порту

Слід відзначити, що недоліком активних протипожежних фасадних систем, а саме дренчерних систем водяного екранування та кінетичних (динамічних) фасадів є складність реалізації таких систем і підтримання їх експлуатаційної придатності. Окрім цього, існує питання економічної складової, як на етапі загальної початкової вартості будівництва, так і забезпечення подальшого регламентного обслуговування таких фасадних систем.

Серед переваг пасивних фасадних протипожежних систем, а саме протипожежних карнизів, протипожежних віконних штор та протипожежних поясів, є відносна простота їх конструкцій, а також відсутність особливих вимог до підтримання їх експлуатаційних показників, при цьому, фактично основною вимогою, яка висувається до таких систем, є забезпечення збереження їх цілісності в частині вогнестійкості.

Окремим питанням є напрями підвищення ефективності застосування фасадних протипожежних перешкод. Для дренчерних систем водяного екранування можливо досягти підвищення ефективності щодо обмеження поширення пожежі зовні фасаду завдяки

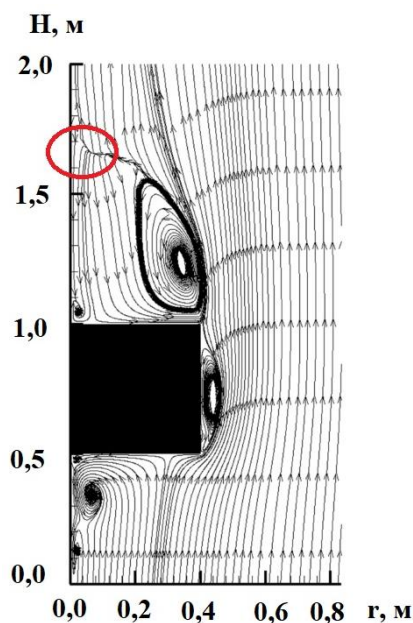
підвищенню інтенсивності зрошення, застосування більш ефективних моделей зрошувачів або ефективніших водних вогнегасних розчинів. Для кінетичних (динамічних) фасадів, підвищення ефективності в частині обмеження поширення пожежі по фасадах будівлі є більш складним, оскільки, як правило, такі фасади є індивідуальним технічним рішенням, спрямованим на розвиток будівельних технологій і дизайну.

На сьогодні для протипожежного карниза фактично єдиним об'ємно-конструктивним параметром, який впливає на його ефективність, є його ширина, при цьому не розглядаються питання впливу його форми на процеси обмеження поширення пожежі. Гіпотезою досліджень є те, що карниз може не тільки обмежувати пожежу та її небезпечні чинники, але і відводити їх від площини фасаду у простір. В основі цього явища можуть лежати процеси завихрення турбулентних течій теплового потоку, а ступінь впливу його дії на об'єкт залежить від форми тіла і його орієнтації відносно набігаючого теплового потоку від пожежі [21].

Дослідження [22], які присвячені комп'ютерному моделюванню аеродинамічних потоків, що поширюються навколо кубічної

конструкції на фасаді будівель, демонструють, що прямі форми та гострі ребра конструкцій спричиняють виникнення зони повторного приєднання теплового потоку вздовж площини фасаду, яка розташовується в середньому на ( $X_F$ )

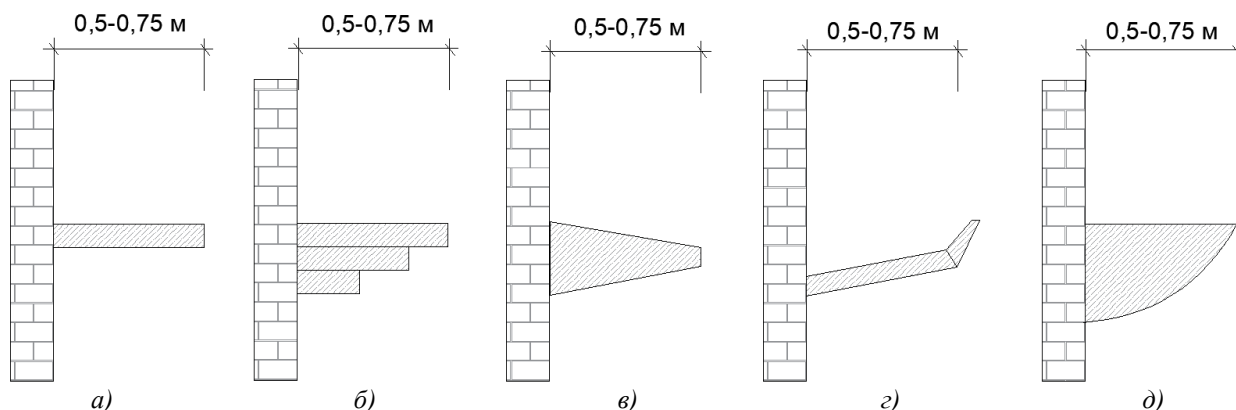
1,69 відстані відносно значення ширини прямої перешкоди. На рисунку 3 наведено візуалізацію цієї моделі згідно з дослідженням [22], де червоним кольором позначено місце розташування зони повторного приєднання теплового потоку.



**Рисунок 3** – Аеродинамічна модель поширення теплового потоку вздовж фасаду будівлі, обладнаного фасадною перешкодою прямої форми

Представлені дослідження, на жаль, не розкривають питання визначення взаємозалежних чинників, які впливають на процес запобігання даному явищу. А саме, станом на сьогодні не виявлені закономірності впливу ширини протипожежного карниза, при якій явище повторного приєднання теплового потоку почне втрачати свій ефект та створювати негативний вплив для вище розташованих огорожувальних

конструкцій. Для уникнення чи зменшення негативного явища повторного приєднання теплового потоку до фасаду будівлі можна використовувати протипожежні карнизи із альтернативною формою їх конструкції. На рисунку 4 наведено приклади можливих форм протипожежних карнизів для зниження ефекту повторного приєднання теплового потоку до фасаду будівлі.



**Рисунок 4** – Зовнішній вигляд протипожежних карнизів: де а) – стандартний протипожежний карниз прямої форми; б) – протипожежний карниз трикутної форми; в) – протипожежний карниз у формі трапеції; г) – протипожежний карниз у формі «вінглету» д) – протипожежний карниз обтічної форми півкола

Важливо зазначити, що явище повторного приєднання теплового потоку та самого полум'я

до вище розташованої зовнішньої огорожувальної конструкції може створити

більш небезпечні умови руйнування фасадної системи в цій зоні ніж при рівномірному розподілі небезпечних чинників пожежі. Аналогічне явище можна спостерігати для протипожежних карнизів прямокутної форми, а саме для нижньої зони примикання карниза до зовнішньої огорожувальної конструкції через створення завихрення полум'я. Обмеження, а не відведення небезпечних чинників пожежі створює передумови утворення температурного режиму в зоні фасаду, який значно перевищує показники стандартного температурного режиму, згідно із яким проводять більшість випробувань, щодо пожежної безпеки фасадних систем та їх матеріалів облицювання.

Серед проблемних питань реалізації запропонованих конструктивних рішень слід відзначити складність можливості відтворення складних форм протипожежних карнизів у порівнянні із простим виступом прямої форми, який зазвичай є продовженням міжповерхового перекриття. Окрім цього, серед базових параметрів, які характеризують їх спроможність обмежувати поширення пожежі зовні фасадів будівель, є їх ширина та клас вогнестійкості за граничними станами втрати цілісності (умовна позначка E) та теплоізолювальної здатності (умовна позначка I), при цьому мінімальна межа вогнестійкості повинна становити не менше 90 хв, що визначено у [7;19].

Слід відзначити, що показник граничного стану втрати теплоізолювальної здатності (I) є важливим параметром для протипожежних перешкод всередині приміщень будівлі для забезпечення обмеження поширення пожежі всередині її об'єму. Проте, для протипожежного карниза, що лише виступає за межі фасаду будівлі по контуру будівлі на межі протипожежних відсіків, в більшій мірі відводиться роль штучного бар'єра, який не може повністю забезпечити ізоляцію поширення небезпечних чинників пожежі на вище розташовані поверхи. Тобто, такі протипожежні перешкоди, як стіни, перегородки, перекриття, повноцінно розділяють внутрішній об'єм споруди, а в разі наявності прорізів в їх конструкції, передбачається влаштування відповідного заповнення прорізів у протипожежних перешкодах (протипожежні двері, вікна, завіси) з відповідним класом вогнестійкості. Для протипожежних карнизів, розміщених зовні будівлі, вимога щодо теплоізолювальної здатності (I) їх конструкції не може бути справедливою, оскільки ширина їх виступу 0,75 м чи 1,5 м не може повноцінно забезпечити обмеження поширення полум'я на вище розташовані поверхи.

Враховуючи вище наведене, ця характеристика протипожежного карниза в перспективі може бути замінена іншими критеріями забезпечення

обмеження поширення пожежі або її небезпечних чинників на вище розташовані поверхи будівлі, при цьому, безумовно слід забезпечити виконання такої умови, як збереження цілісності його конструкції.

Важливим етапом оцінювання підвищення ефективності протипожежних карнизів з різними об'ємно-конструктивними характеристиками є визначення логічного переліку критеріїв, щодо забезпечення обмеження пожежі.

Серед таких критеріїв можна використовувати оцінку критичного значення площі прогріву фасаду, який розташовується вище поверху, де відбувається пожежа. При цьому, можна визначити критичне значення ширини прогріву вище розташованої частини фасаду і її висоти. Такий критерій є важливим при врахуванні сценарію, коли пожежа виникає безпосередньо зовні фасаду, зокрема через пожежу зовнішніх кондиціонерних блоків. Визначення граничних умов поширення зовнішньої пожежі на певну площу фасаду дає змогу оцінити можливість поширення пожежі через світлові прорізи усередину приміщення вище розташованих поверхів та відповідно передбачити ефективні протипожежні заходи.

Аналогічним критерієм умови безпеки може бути досягнення критичного значення температури для поверхні фасаду, особливо якщо в його конструкції використовується горючий облицювальний матеріал. При використанні горючих облицювальних матеріалів також можливо враховувати умови їх руйнування (обсипання), що також може впливати на безпеку пожежно-рятувальних підрозділів.

Також, під час проведення аналізу ефективності заходів щодо обмеження поширення пожежі можливо оцінювати обмеження фактичної висоти полум'я або здійснювати порівняльний аналіз критичного значення теплового потоку. Як приклад, згідно з методом SP Fire 105 [22] критичне значення теплового потоку не повинно перевищувати значення  $80 \text{ кВт/м}^2$  на рівні поверху, який розташований над поверхом пожежі. Окрім цього, в якості критеріїв оцінювання можна розглядати комплексне оцінювання із застосуванням усіх названих критеріїв.

**Висновки.** На основі аналізу існуючих засобів обмеження поширення пожежі по зовнішніх огорожувальних конструкціях, що використовуються за кордоном та в Україні, визначено та систематизовано основні їх типи та проаналізовано потенційні можливості їх застосування для фасадів будівель та споруд різного функціонально призначення.

Проведено аналіз типів фасадних систем, які доцільно обладнувати фасадними протипожежними перешкодами з врахуванням їх об'ємно-конструктивних параметрів та існуючих типів

протипожежних карнизів. Наведено переваги пасивних та активних фасадних протипожежних перешкод та відзначено можливі напрями підвищення ефективності їх застосування під час будівництва.

Відзначено перспективні шляхи удосконалення протипожежних карнизів, а саме наведено гіпотезу, що протипожежні карнизи можуть не лише обмежувати пожежу та її небезпечні чинники, але і відводити їх від площини фасаду будівлі у простір, тим самим знижуючи потенційно небезпечний вплив зовнішньої пожежі. Виявлено, що на сьогодні не встановлено закономірностей, які характеризують вплив ширини протипожежного карниза на явище виникнення зони повторного приєднання теплового потоку до фасаду будівлі, що потенційно обумовлює додаткову небезпеку для верхніх поверхів будівлі.

Запропоновано розглянути можливість досягнення підвищення ефекту обмеження поширення пожежі по зовнішніх огорожувальних конструкціях шляхом застосування більш досконалих протипожежних карнизів з обтічною формою для відведення теплового потоку та небезпечних чинників пожежі від зони фасаду. Відзначено перелік критеріїв, які можна застосовувати під час оцінювання ефективності різних типів протипожежних карнизів під час реалізації параметричного методу нормування у будівництві.

Здійснений аналіз може стати передумовою для удосконалення підходів під час забезпечення об'ємно-планувальних рішень щодо ефективного обмеження поширення пожежі по зовнішніх огорожувальних конструкціях будівель.

#### Список літератури

1. Балло Я. В. Створення експериментального випробувального стенду в рамках досліджень обмеження поширення пожежі по фасадам будівель. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2022. № 2 (13). С. 21–34.

2. Oleszkiewicz, I. (1989). Heat transfer from a window fire plume to a building facade. National Research Council Canada, Institute for Research in Construction. Pp. 163-170.

3. Балло Я. В., Сізіков О. О., Ніжник В. В., Жихарев О. П. Критерії оцінювання впливу висхідного теплового потоку на поширення пожежі по фасадним системам. Проблеми надзвичайних ситуацій: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків, 19 трав. 2022 р. Харків, 2022. С. 6–8.

4. Балло Я. В., Яковчук Р. С., Ніжник В. В., Кагітін О.І. Аналіз та систематизація типів фасадних систем будівель як передумова удосконалення протипожежних заходів. Пожежна безпека. ЛДУБЖД. №40, 2022, С. 5-15.

5. Giraldo Giraldo, B., Avellaneda Diaz-Grande, J., Lacasta Palacio, A. M., & Rodríguez, V. (2012). Computer-simulation research on building-facade geometry for fire spread control in buildings with wood claddings. In *Proceedings of the World Conference on Timber Engineering 2012* (pp. 1-8).

6. Висотні будівлі. Основні положення. ДБН В.2.2-41:2019. – [Чинний від 2020-01-01]. – К.: Мінрегіон України від 26.03.2019 № 86. – 2019. – 53 с. – (Державні будівельні норми України).

7. ДСТУ 9192:2022. Пожежна безпека. Проектування висотних громадських будівель з умовною висотою від 100 м до 150 м. [Чинний від 2023-05-01]. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2023. 39 с.

8. Boverket, Boverkets byggregler (Swedish building regulations), BBR 22, Karlskrona: Boverket, 2015; Morgado, H.J.L., Rodrigues, J.P.C., & Laim, L.M.S., Experimental and numerical study of balcony effect in external fire spread into upper floors, *Journal of Application of Structural Fire Engineering*, Czech Republic, 19-20 April 2013.

9. Luo, M., Zhao, L., Cheng, V., & Yau, R. (2001). Performance-based fire engineering design: Application of a CFD model for the prevention of external fire spread. *Preliminary Proceedings, 5th AOSFST*, Newcastle, Australia. pp 429-439.

10. Law, M. (1978). Fire safety of external building elements—The design approach. *Engineering Journal*, 15(2), 59.

11. ДСТУ-НБ EN 1991-1-2:2010 Єврокод 1. Дії на конструкції. Частина 1-2. Загальні дії. Дії на конструкції під час пожежі (EN 1991-1-2:2002, IDT); чинний від 2014-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2014. 18 с.

12. Nilsson, M., Mossberg, A., Husted, B., & Anderson, J. (2016). Protection against external fire spread—Horizontal projections or spandrels. In *14th International Fire Science & Engineering Conference*, Royal Holloway College, University of London, UK (Vol. 2, pp. 1163-1174).

13. Rukavina, M. J., Carevic, M., & Pecur, I. B. (2017). Fire protection of facades. *The Guidelines for Designers, Architects, Engineers and Fire Experts*, pp.12-15.

14. Schleicher, A. (2016). Fire protection concepts for Timber-Glass Composite façades. In *MATEC web of conferences* (Vol. 46, p. 05003). EDP Sciences. P. 10.

15. Kolaitis, D. I., Kontis, C., & Tsihlias, C. (2021). Effect of horizontal projection's vertical location on the characteristics of externally venting flames. *Fire safety journal*, 120, 103138.

16. Nilsson, M., Mossberg, A., Husted, B., & Anderson, J. (2016). Protection against external fire spread—Horizontal projections or spandrels. In *14th International Fire Science & Engineering Conference*,



Royal Holloway College, University of London, UK (Vol. 2, pp. 1163-1174).

17. Nilsson, M. (2016). The impact of horizontal projections on external fire spread—a numerical comparative study, Report nr. 5510, Lund University, Division of Fire Safety Engineering, Lund, 2016. P. 147.

18. ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування». [Чинний від 2018-12.01]. Київ, 2018. 21 с.

19. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 53

20. Velasco, R., Brakke, A. P., & Chavarro, D. (2015). Dynamic façades and computation: Towards an inclusive categorization of high performance kinetic façade systems. In *Computer-Aided Architectural Design Futures. The Next City-New Technologies and the Future of the Built Environment: 16th International Conference, CAAD Futures 2015, São Paulo, Brazil, July 8-10, 2015. Selected Papers 16* (pp. 172-191). Springer Berlin Heidelberg.

21. Лапенко, О. І., & Махінько, Н. О. (2015). Методи комп'ютерного моделювання в задачах аеродинаміки висотних споруд. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*, (123), 49-57.

22. SP Fire 105 External wall assemblies and facade claddings. Reaction to fire. - SP Technical Research Institute of Sweden, 1994. 16 p.

### References

1. Ballo, Ya. (2022). Creation of an experimental test bench within the framework of research on limiting the spread of fire on building facades. *Scientific bulletin: Civil protection and fire safety*, (2 (14)), 21-34. [in Ukrainian].

2. Oleszkiewicz, I. (1989). Heat transfer from a window fire plume to a building facade (pp. 163-170). National Research Council Canada, Institute for Research in Construction. [in English].

3. Ballo, Ya.V., Sizikov, O.O., Nizhnyk, V.V., Zhykhariev, O.P. (2022). Kryterii otsiniuvannia vplyvu vyskhdnoho teplovoho potoku na poshyrennia pozhezhi po fasadnym systemam [Criteria for evaluating the influence of upward heat flow on the spread of fire along facade systems]. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii. Kharkiv: Natsionalnyi universytet tsyvilnoho zakhystu Ukrainy* s. 6-7. [in Ukrainian].

4. Ballo, Ya.V., Yakovchuk, R.S., Nizhnyk, V.V., Kahitin, O.I. (2022). Analiz ta systematyzatsiia typiv fasadnykh system budivel yak peredumova udoskonalennia protypozhezhykh zakhodiv [Analysis and systematization of types of facade systems of buildings as a prerequisite for improving fire prevention measures]. *Visnyk «Pozhezha bezpeka» LDUBZhD*, 40, s. 5-15. [in Ukrainian].

5. Giraldo Giraldo, B., Avellaneda Diaz-Grande, J., Lacasta Palacio, A. M., & Rodríguez, V. (2012). Computer-simulation research on building-facade geometry for fire spread control in buildings with wood claddings. In *Proceedings of the World Conference on Timber Engineering 2012* (pp. 1-8). [in English].

6. High-rise buildings. Substantive provisions. DBN V.2.2-41:2019. – [Effective from 2020-01-01]. - K.: Ministry of the Regions of Ukraine dated March 26, 2019 No. 86. - 2019. - 53 p. - (State building regulations of Ukraine) [in Ukrainian].

7. DSTU 9192:2022. Fire Security. Designing high-rise public buildings with a nominal height of 100 m to 150 m [Effective from 2023-05-01]. Kind. officer Kyiv: SE UkrNDNC, 2023. 39 p. [in Ukrainian].

8. Nilsson, M., Mossberg, A., Husted, B., & Anderson, J. (2016). Protection against external fire spread-Horizontal projections or spandrels. In *14th International Fire Science & Engineering Conference, Royal Holloway College, University of London, UK (Vol. 2, pp. 1163-1174)*. [in English].

9. Luo, M., Zhao, L., Cheng, V., & Yau, R. (2001). Performance-based fire engineering design: Application of a CFD model for the prevention of external fire spread. *Preliminary Proceedings, 5th AOSFST, Newcastle, Australia*. pp 429-439. [in English].

10. Law, M. (1978). Fire safety of external building elements—The design approach. *Engineering Journal*, 15(2), 59. [in English].

11. DSTU-NB EN 1991-1-2:2010 Eurocode 1. Actions on structures. Part 1-2. General actions. Actions on structures during fire (EN 1991-1-2:2002, IDT); valid from 2014-07-01. Kind. officer Kyiv: SE UkrNDNC, 2014. 18 p. [in Ukrainian].

12. Nilsson, M., Mossberg, A., Husted, B., & Anderson, J. (2016). Protection against external fire spread-Horizontal projections or spandrels. In *14th International Fire Science & Engineering Conference, Royal Holloway College, University of London, UK (Vol. 2, pp. 1163-1174)*. [in English].

13. Rukavina, M. J., Carevic, M., & Pecur, I. B. (2017). Fire protection of facades. *The Guidelines for Designers, Architects, Engineers and Fire Experts*, pp.12-15. [in English].

14. Schleicher, A. (2016). Fire protection concepts for Timber-Glass Composite façades. In *MATEC web of conferences (Vol. 46, p. 05003)*. EDP Sciences. P. 10. [in English].

15. Kolaitis, D. I., Kontis, C., & Tsihlias, C. (2021). Effect of horizontal projection's vertical location on the characteristics of externally venting flames. *Fire safety journal*, 120, 103138. [in English].

16. Nilsson, M., Mossberg, A., Husted, B., & Anderson, J. (2016). Protection against external fire spread-Horizontal projections or spandrels. In *14th International Fire Science & Engineering*

Conference, Royal Holloway College, University of London, UK (Vol. 2, pp. 1163-1174). [in English].

17. Nilsson, M. (2016). The impact of horizontal projections on external fire spread-a numerical comparative study, Report nr. 5510, Lund University, Division of Fire Safety Engineering, Lund, 2016. P. 147. [in English].

18. DBN V.2.6-33:2018 "Constructions of external walls with facade thermal insulation. Design requirements". [Effective from 2018-12.01]. Kyiv, 2018. 21 p. [in Ukrainian].

19. DBN V.2.2-41:2019. High-rise buildings. Substantive provisions. – Kyiv: Ministry of Regions of Ukraine, 2018. – 53 21 p. [in Ukrainian].

20. Velasco, R., Brakke, A. P., & Chavarro, D. (2015). Dynamic façades and computation: Towards

an inclusive categorization of high performance kinetic façade systems. In Computer-Aided Architectural Design Futures. The Next City-New Technologies and the Future of the Built Environment: 16th International Conference, CAAD Futures 2015, São Paulo, Brazil, July 8-10, 2015. Selected Papers 16 (pp. 172-191). Springer Berlin Heidelberg. [in English].

21. Lapenko, O. I., & Makhinko, N. O. (2015). Computer modeling methods in problems of aerodynamics of high-rise buildings. Communal management of cities. Series: Technical Sciences and Architecture, (123), 49-57. [in Ukrainian].

22. External wall assemblies and facade claddings. Reaction to fire (1994). SP Fire 105. SP Technical Research Institute of Sweden, 16 s. [in English].

© Б. М. Ковалишин, Я. В. Балло, В. В. Ніжник,  
І. Г. Стилик, О. І. Кагітін, 2024.

**Оглядова стаття.**

Надійшла до редакції 07.05.2024.

Прийнято до публікації 12.06.2024.