

УДК 614.843

СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ОБМЕЖЕННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ФАСАДАМИ БУДІВЕЛЬ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2.21-34>

Балло Я. В., ORCID iD 0000-0002-9044-1293

E-mail: 2801397@ukr.net

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 17.11.2022

*Пройшла рецензування:
20.11.2022*

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

обмеження поширення пожежі
фасадами, обладнання з
оцінки обмеження поширення
пожежі, дослідження фасадних
пожеж, пожежна безпека

АНОТАЦІЯ

За результатами аналітичних досліджень наявних методів оцінювання обмеження поширення пожежі фасадами будівель виявлено недоліки, які можуть суттєво впливати на точність визначення їх пожежної безпеки. Обґрунтовано та встановлено основні конструктивні характеристики, яким має відповідати новий експериментальний стенд, з огляду на попередньо виявлені недоліки методик з оцінки ефективності поширення пожежі фасадами будівель. Наведено етапи створення експериментального випробувального обладнання та обґрунтовано вимоги до фізичних та механічних властивостей матеріалів, з яких виготовлено основні конструктивні елементи випробувального стенду. Здійснено верифікацію заявлених технічних характеристик випробувального стенду та зазначено його потенційні спроможності з відтворення реальних фрагментів фасадних систем. Описано основні параметри і процедури методики дослідження та оцінки поширення пожежі фасадами будівель, які планується реалізувати в межах використання нового експериментального стенду. Наведено перспективні напрями досліджень щодо удосконалення експериментального випробувального стенду для забезпечення більш точної оцінки ефективності обмеження поширення пожежі фасадами будівель за допомогою вогневих перешкоджувачів.

Постановка проблеми. Згідно з попереднім аналізом наявних методик оцінювання обмеження поширення пожежі фасадами будівель [1–2] доведено, що на сьогодні в країнах Європи, Азії, США немає єдиних підходів щодо методів та критеріїв, за якими визначають досягнення умов обмеження поширення пожежі фасадами будівель. Методики та випробувальні стенди відрізняються як за геометричними параметрами, так і за конструктивним виконанням, що значно впливає на результати проведеної оцінки пожежної безпеки фасадних систем. Недоліками наявних випробувальних стендів є неможливість врахування кута ухилу фасаду щодо вертикальної осі, а також відтворення лише прилеглого кута зі значенням 90° , що є досить

консервативним та може не забезпечити відтворення реальних конструктивних параметрів фасаду.

Крім того, важливим питанням у зазначеному контексті є реалізація дослідження щодо обмеження поширення пожежі фасадами за допомогою вогневих перешкоджувачів, а саме – протипожежних карнизів, протипожежних віконних штор та протипожежних поясів. Створення універсальної конструкції стенду, яка б давала можливість проводити оцінку фактичного стану можливості поширення пожежі для фасадів будівель та оцінку ефективності заходів щодо її обмеження за допомогою вогневих перешкоджувачів, є актуальною науковою задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження [3] розкривають

проблеми оцінювання стійкості збірних систем фасадної теплоізоляції до поширення вогню, проте не враховують питання поширення пожеж між розташованими вище поверхами. Наукові розвідки [4] присвячені порівнянню характеристик випробувальних стендів, проте в них не враховується питання повноцінного відтворення геометричних та конструктивних параметрів досліджуваних фрагментів фасадних систем. У роботах [5–6] міститься порівняльний аналіз наявних методик проведення досліджень у сфері оцінки обмеження поширення пожежі фасадами будівель, проте у них не враховуються питання обґрунтування типу модельного вогнища пожежі та температурного режиму в об'ємі вогневої камери. Водночас всі перелічені критерії значно впливають на точність оцінки поширення пожежі фасадами будівель або оцінки заходів щодо її обмеження.

Формулювання цілей досліджень. Мета роботи полягає у підвищенні рівня оцінювання обмеження поширення пожежі фасадами будівель через обґрунтування відповідних конструктивних параметрів та створення удосконаленого експериментального випробувального стенду.

Для досягнення поставленої мети слід:

- на підґрунті попереднього аналізу методик дослідження пожежної небезпеки фасадних систем і оцінки заходів щодо обмеження поширення пожежі та прогнозування її поширення фасадами будівель визначити основні конструктивні характеристики, яким має відповідати стенд;

- обґрунтувати значення удосконалених конструктивних параметрів стенду, які запропоновано реалізувати в його конструктивному виконанні для забезпечення максимального наближення відтворення досліджуваного фрагмента фасаду;

- за результатом аналізу механічних властивостей матеріалів та показників, які характеризують здатність матеріалів чинити опір під навантаженням та

температурним впливом, визначити найбільш прийнятні матеріали під час створення стенду;

- на підґрунті попереднього аналізу наявних методик дослідження пожежної небезпеки фасадних систем обґрунтувати та визначити найбільш доцільний тип модельного вогнища пожежі, що застосовується під час проведення досліджень;

- обґрунтувати тип і кількість засобів та вимірювальної техніки випробувального стенду для отримання даних щодо проведення оцінки поширення пожежі фасадами будівель або її обмеження;

- на підґрунті отриманих даних створити експериментальний випробувальний стенд для виявлення закономірностей зміни температур на зовнішній поверхні вертикальних будівельних конструкцій та підтвердити фактичні значення параметрів, які відтворюються.

Методи дослідження. В роботі було використано методи узагальнення раніше виконаних досліджень щодо обґрунтування вимог до випробувального стенду з оцінки забезпечення обмеження поширення пожежі фасадами будівель; методи пошукового натурного експерименту. Також застосовано методи полігонних вогневих випробувань (за наявними методиками) для дослідження процесів теплообміну між джерелом пожежі та об'єктами, що піддаються впливу.

Виклад основного матеріалу. Попередній аналіз наявних методик дослідження пожежної небезпеки фасадних систем та оцінки заходів щодо обмеження поширення пожежі і прогнозування її поширення фасадами будівель [3] показав основні конструктивні характеристики, які має забезпечити удосконалений експериментальний стенд. З урахуванням недоліків методик, наведених у [6], розроблюваний експериментальний стенд для виявлення закономірностей зміни температур на зовнішній поверхні вертикальних будівельних конструкцій

(далі – випробувальний стенд) повинен мати такі удосконалені характеристики:

- рамно-каркасну основу для можливості монтажу фасадних систем різних типів та способів конструктивного виконання;

- досліджуваний фрагмент фасадної системи має забезпечувати можливість змінювати кут площини фасаду щодо вертикалі для імітації кутів ухилу фасадів будівель;

- у стенді має бути бокова рухома площа, що прилягає до основної частини фасадної системи з можливістю зміни кута прилягання для імітації кутових фасадів. Зазначена прилегла площа має змінювати кут прилягання від 90° до 180° ;

- у стенді має забезпечуватись можливість кріплення протипожежних карнизів або інших вогневих перешкоджувачів для обмеження поширення пожежі;

- у стенді має забезпечуватись можливість відтворення реальних параметрів міжвіконних простінків (як мінімальна, так і максимальна нормативна відстань) між поверхами згідно з вимогами чинних будівельних норм.

Слід відзначити, що на сьогодні відповідно до вимог [7–8] висота житлових або громадських приміщень має складати не менше 2,7 м від чистого рівня підлоги до рівня нижньої відмітки міжповерхового перекриття. У вимогах ряду Європейських будівельних вимог, а саме – [9–10], визначається, що мінімальна висота житлових приміщень повинна складати не менше 2,75 м. Допускається, як виняток, зменшувати висоту приміщень до 2,4 м за умови обладнання приміщень стаціонарними системами кондиціонування. Максимальні висоти приміщень житлового та громадського призначення фактично не обмежені, проте слід розуміти економічні аспекти, що стримують забудовників від збільшення висоти поверхів у будівлях. Окрім того, збільшення висоти поверхів збільшує відстань між нижніми та верхніми краями їх вікон, а відповідно позитивно впливає на обмеження швидкості поширення

фасадних пожеж. Таким чином, під час створення випробувального стенду слід забезпечити мінімально допустимі відстані між вікнами поверхів. Це один із критеріїв, який впливає на швидкість поширення пожежі зовнішніми фасадами будівель.

Відповідно до [11] мінімальні розміри вікон не повинні становити менше 1470 мм у ширину та 1460 мм у висоту.

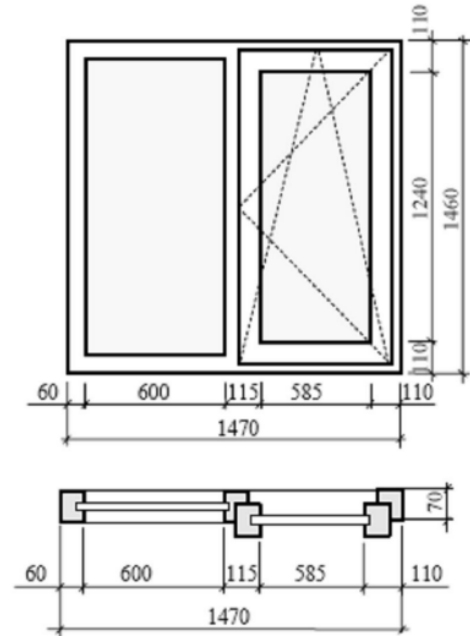


Рисунок 1 – Мінімальні геометричні розміри вікна для житлового приміщення за [11]

Джерело: розробка автора

Тобто із врахуванням товщини міжповерхового перекриття значення висоти міжвіконних простінків має становити не більше 1440 мм. Разом із тим слід розуміти, що сьогодні є скляні світлопрозорі фасади із прорізами у зовнішніх стінах, які фактично не мають міжвіконних простінків, а конструкція вікна виконує функцію ненесучої зовнішньої стіни, яка лише обмежує простір приміщення. Таким чином, під час створення випробувального стенду можна брати максимальну відстань між верхнім краєм вікна приміщення, де відтворюється пожежа, та вікном поверху, що розташоване над ним у межах 1400–1500 мм. На рис. 2 наведено принципову схему описаного параметра з максимальними та мінімальними геометричними розмірами.

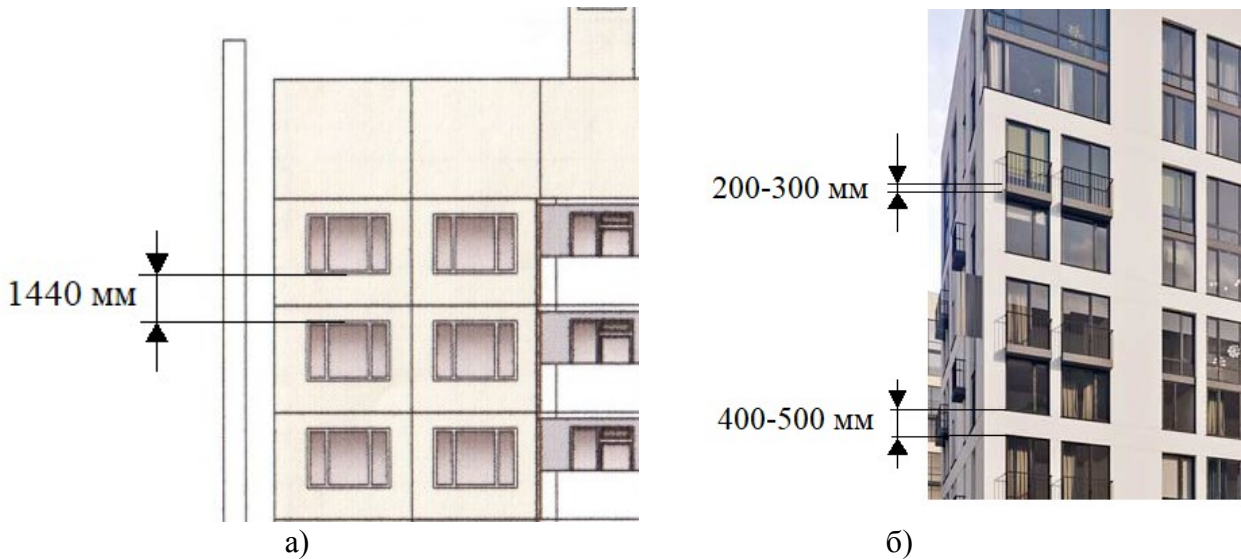


Рисунок 2 – Схематичні приклади поверхових міжвіконних простінків, де:

а) – максимальне значення висоти міжвіконного простінку, б) – мінімальні значення висоти міжвіконного простінку, виконаного за стилем «французькі вікна»

Аналіз методів оцінки пожежної небезпеки фасадних систем та заходів щодо забезпечення обмеження поширення пожежі ними не передбачає наявності можливих ухилів у фрагментах фасаду, або взагалі не враховує можливість виконання всієї фасадної системи під кутом щодо вертикальної площини. Разом із тим сучасна архітектура поєднує в собі широкий діапазон нових стилів та форм фасадних систем. Аналіз найбільш незвичайних сучасних будівель показує, що кути ухилу площини фасаду становлять $15\text{--}20^\circ$, а для більш поширених типових проєктів будівель ТРЦ або офісних будівель – $5\text{--}8^\circ$ як для Європи, США та Азії, так і для України.

Наприклад, відома «Башта, що падає» (Capital Gate) в Абу-Дабі (ОАЕ) має кут нахилу будівлі 18° . Для порівняння: кут нахилу Пізанської вежі дорівнює всього 4° , тобто фактично у 4,5 рази менше [12].

Будівлі офісних хмарочосів висотою 114 м відомі як «Ворота Європи» (Puerta de Europa), що розташовані в Мадриді (Іспанія), мають ухил в $14,3^\circ$ [13]. Штаб-квартира центрального телебачення Китаю із висотою будівлі 234 м має максимальне значення ухилу фасаду щодо

вертикалі 6° [14], а відомий Bella Sky Hotel, який розташований в Копенгагені (Данія), має максимальний ухил фасаду 15° .

На рис. 3 наведено зовнішній вигляд описаних унікальних будівель, що мають максимальні кути ухилу фасадних систем.

Таким чином, під час створення конструкції випробувального стенду слід забезпечити можливість зміни ухилу площини фасаду, для можливості відтворення реальних параметрів фасадних систем будівель у межах $\pm 20^\circ$, враховуючи, що на сьогодні немає даних щодо температурних розподілів від пожежі для фасадів із різним кутом ухилу площини.

Серед однієї із особливих конструктивних характеристик для окремих стендів у межах методик дослідження пожежної небезпеки фасадних систем є наявність прилеглої фасадної площини під кутом 90° . Ширина прилеглої площини для середньомасштабних методик, зокрема методики [15], становить 600 мм, а для повномасштабних методик, зокрема [16–18], – у межах 1200–1800 мм. Враховуючи середньомасштабний розмір стенду, доцільно взяти ширину прилеглої площини 600 мм.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 3 – Приклади офісних будівель, які мають ухил площини фасаду, де:
а) – будівля «Башта, що падає»; б) – будівля «Ворота Європи»; в) – будівля штаб-квартири центрального телебачення Китаю; г) – будівля Bella Sky Hotel

Слід враховувати, що наведені вище методи випробувань мають дані теплових розподілів по досліджуваним фасадам тільки для прямого кута прилеглої площини. Разом із тим у практиці багатоповерхового будівництва найбільш поширені будинки за розташуванням секцій в плані, вони можуть бути рядовими, торцевими, поворотними й кутовими. Поворотні секції можуть мати різну форму: Г-подібну, Т-подібну, хрестоподібну, Z-подібну й ускладнену [19].

Блокування різних типів секцій дає можливість проектувати різноманітні за формою фасадів будинки, планувальне рішення яких допомагає одержати різноманітне планування квартир з

покращеними умовами інсоляції. Планувальна структура секцій з ускладненим периметром має низку функціональних переваг і дає змогу більш повно здійснювати архітектурні задуми. З погляду практики, більш складний план секції дає можливість, не подовжуючи комунікацій всередині секції, збільшити кількість квартир, що поліпшує техніко-економічні показники будівлі загалом.

Для односекційних та багатосекційних будинків характерним є застосування різноманітних планувальних схем: у формі трилисника, квадрата, хреста, трикутника, кола й більш складних форм. На рис. 4 наведено типові плани форм багатоповерхових будинків зі складною формою фасаду.

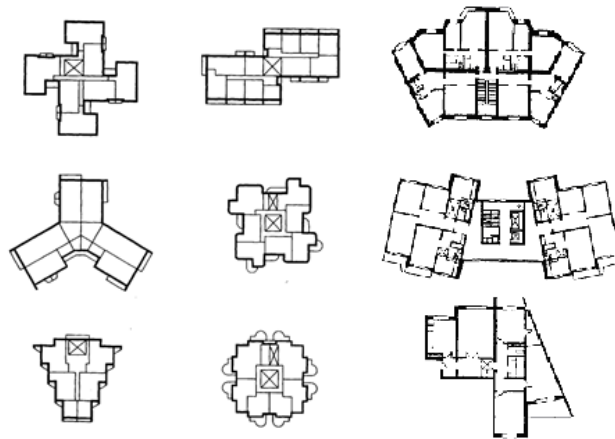


Рисунок 4 – Приклади планів типових складних форм фасадів будівель

На сьогодні у підходах щодо оцінки пожежної небезпеки фасадних систем та оцінки заходів щодо обмеження поширення пожежі не враховуються особливості складних форм компонування секцій та можливість їх суміжного прилягання під різними кутами.

Таким чином, конструкція випробувального стенду має забезпечити можливість дослідження зміни залежностей теплових розподілів по фасаді залежно від кута прилягання суміжної площини фасадів. Отримані дані нададуть змогу створити передумови для комплексної оцінки пожежної небезпеки фасадів різних типів і форм та спрогнозувати необхідні параметри заходів щодо забезпечення обмеження поширення пожежі.

З огляду на визначені критерії та конструктивні параметри за допомогою системи автоматизованого проєктування і креслення AutoCAD створено креслення випробувального стенду та його основних конструктивних компонентів.

На рис. 5 наведено аксонометричне креслення стенду.

На першому етапі фізичного створення випробувального стенду для проведення досліджень з виявлення закономірностей зміни температур на зовнішній поверхні вертикальних будівельних конструкцій виготовлено основну несучу раму, яка, окрім функції опорної основи, має виконувати функцію каркаса вогневої камери, де розміщується

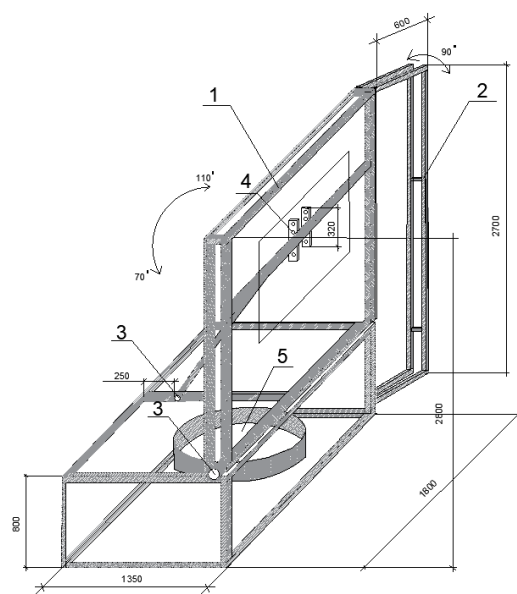


Рисунок 5 – Аксонометричне креслення стенду та його основних компонентів, де:

1) – основна рама для кріплення фрагмента фасадної системи; 2) – кутова прилегла рама для кріплення фрагмента фасадної системи; 3) – шарнір для регулювання кута встановлення площини фрагмента фасадної системи; 4) – фіксувальний гвинт; 5) – металеве деко модельного вогнища класу 8В.

Джерело: розробка автора
модельне вогнище пожежі. Як матеріал каркаса взято сталеві газо-, водопровідні труби діаметром 50 мм з товщиною стінки 2,5 мм, які відповідають вимогам [20]. Вибір цього типу матеріалу для виготовлення основи стенду зумовлено високою міцністю виробу (номінальний тиск до 160 кгс/см²), а також стійкістю конструкції виробу до високих

температурних режимів (до 700°C) та згинальних зусиль, якщо немає динамічних навантажень. На рис. 6

наведено фото виготовленої основи випробувального стенду.



Рисунок 6 – Виготовлена основа конструкції випробувального стенду

Джерело: розробка автора

На другому етапі створення випробувального стенду із профільних труб з прямокутним перетином в 60×40 мм виготовлено основну та прилеглу рами для відтворення фасаду з розмірами 1800×2000 мм та 600×2700 мм відповідно. Нижня частина рами влаштовується на круглу трубу рами, що є основою стенду, утворюючи затиснений шарнір, який дає змогу рухати конструкцію рами щодо

вертикальної площини. Прилегла частина кутової рами для кріплення фрагмента фасадної системи встановлена на сталеві точені петлі розміром 32×120 мм із підшипником, що дає змогу змінювати кут повороту прилеглої рами від 90° до 180° .

На рис. 7 наведено загальний вигляд основної та прилеглої рами, встановленої на основу конструкції випробувального стенду.



Рисунок 7 – Загальний вигляд рамної конструкції випробувального стенду

Джерело: розробка автора

Для забезпечення зміни кутів ухилу основної та прилеглої рами щодо вертикальної площини, а саме – від 70° до 110° , і відповідно можливості їх фіксації в необхідному положенні розроблено конструкцію відповідного механізму. Принцип його роботи полягає у створенні одного затисненого лінійного шарніра (шарнірно-нерухома опора), що рухається в єдиній площині, та балки, яка

утримується у рівновазі за допомогою фіксувальних стрижнів. У конструкції основної рами влаштовано розподільчу пластину, що має отвори для фіксації балки у положеннях, що відповідають кутам ухилу рами в 70° , 80° , 90° , 100° та 110° відповідно. На рис. 8 наведено креслення та зовнішній вигляд виготовленого механізму регулювання кута ухилу площини фасаду випробувального стенду.

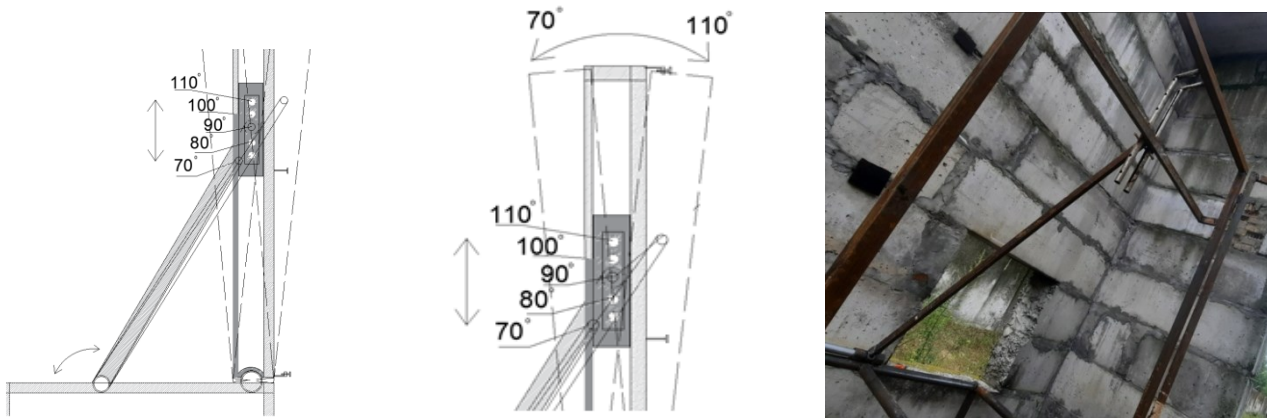


Рисунок 8 – Принципова схема креслень та зовнішній вигляд виготовленого регулювального механізму випробувального стенду

Джерело: розробка автора

Наступним етапом є обґрунтування типу модельного вогнища пожежі для відтворення необхідного температурного режиму. Дослідження [21] та порівняльний аналіз модельних вогнищ класу А та В за стандартизованими методами [15; 16; 22] показав, що середня температура модельного вогнища пожежі класу А та В на рівні верхнього краю вогневої камери становила 421°C та 744°C відповідно. Водночас максимальне значення температури на рівні верхнього краю

вогневої камери для модельного вогнища пожежі класу А становили 1130°C , але упродовж не більше 4 хв із 20 хв випробувань. Для модельного вогнища пожежі класу В такі значення становили теж у межах $1100\text{--}1150^\circ\text{C}$, проте протягом не менше 12 хв.

У табл. 1 наведено порівняльні дані температурних режимів для методик [15; 16; 22] щодо різних класів модельних вогнищ пожежі.

Таблиця 1 – порівняльні дані температурних режимів у вогневих камерах за досліджуваними методами

Метод випробувань	Середнє значення температурного режиму у вогневій камері для модельного вогнища пожежі класу		Максимальне значення температурного режиму у вогневій камері	
	Клас А	Клас В	Клас А	Клас В
SP Fire	421	660	475	740
BS 8414 – 1	624	806	730	1100
DIN 4102-20	658	779	750	1130

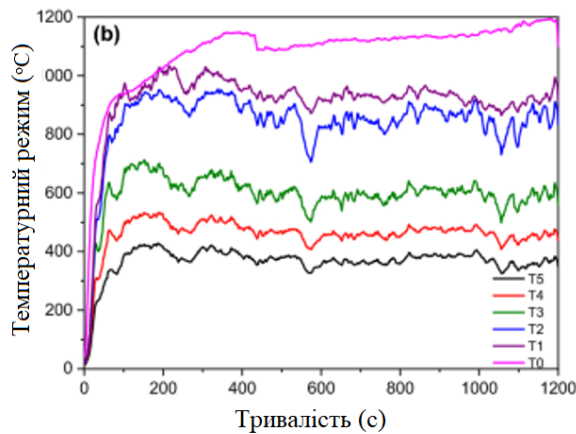
Джерело: розробка автора

З огляду на міжнародно визнану методику [22] та аналіз даних, наведених у табл. 1 та [23] використання модельного вогнища пожежі класу В, а саме – 60 л

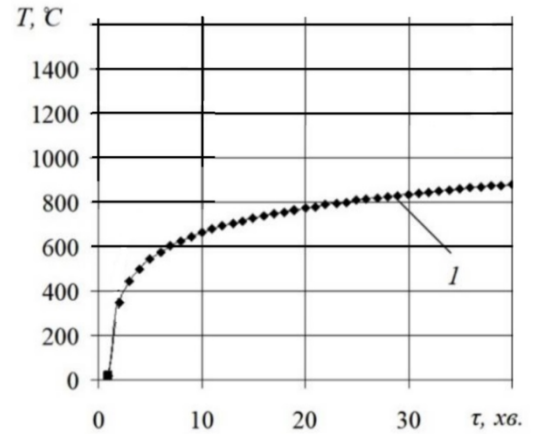
гептану або дизельного палива в квадратному чи круглому деці діаметром $90\text{--}100$ см, є найбільш доцільним. Такий висновок зумовлено забезпеченням

стабільного режиму горіння та відповідно необхідного температурного режиму впливу (не менше ніж 600 °C упродовж 20 хв) на досліджуваний фрагмент фасаду. Окрім цього, аналіз температурного режиму у вогневій камері за методикою [22] у разі використання 60 л гептану чи дизельного палива та графіка стандартного температурного режиму за [24] демонструє, що у разі застосування цього

типу модельного вогнища пожежі створюються набагато жорсткіші умови температурного режиму для проведення випробувань. На рис. 9 наведено графіки термопар із температурними кривими під час проведення випробувань за методикою [22] у разі використання модельного вогнища пожежі класу В та графік стандартного температурного режиму пожежі за [24].



а)



б)

Рисунок 9 – Графіки температурних режимів, де:

а) – графіки термопар із температурними кривими під час проведення випробувань за методикою [22] у разі використання модельного вогнища пожежі класу В; б) – графік стандартного температурного режиму згідно з [24].

Таким чином, за результатом обґрунтування вибору модельного вогнища пожежі для відтворення необхідного температурного режиму взято модельне вогнище пожежі класу В із діаметром дека 95 см та 60 л гептану чи дизельного пального або іншого типу рідкого палива, що забезпечує температурний режим згідно з графіком рис. 9 (а) упродовж не менше 20 хв із загальних 30 хв тривалості випробувань.

Для створення вогневої камери, де розміщується модельне вогнище пожежі та забезпечується необхідний температурний режим упродовж визначеного часу, між несучими опорами стенду виконано закладання просвітів червоною повнотілою цеглою марки М-100, що відповідає вимогам [25]. Зі зворотного боку вогневої камери виконано два отвори розмірами 350 мм× на 50 мм для забезпечення сталого припливу кисню для

горіння модельного вогнища пожежі класу В. На рис. 10 наведено зовнішній вигляд вогневої камери випробувального стенду.



Рисунок 10 – Зовнішній вигляд вогневої камери випробувального стенду

Джерело: розробка автора

Оцінювання пожежної небезпеки фасадної системи або прогнозування заходів щодо її обмеження для того чи іншого фасаду здійснюється на основі критерію, що фасад будівлі виконано з

негорючих матеріалів. Це обґрунтовано згідно з чинними вимогами національних норм [7; 8; 26; 27], які висуваються до багатоповерхових будинків.

Як негорючий матеріал для відтворення конструкції фасаду використовуються газоблоки марки D400, де числове значення відповідає значенню густини виробу, а саме – 400кг/м³ із розміром 600×100мм. Коефіцієнт теплопровідності газоблоків складає 0,11–0,13 Вт/м²°C у сухому стані, водопоглинання – 14%, теплопровідність – в межах 0,1–0,4 Вт/м²К. Серед переваг використання газоблоків у конструкції випробувального стенду є те, що на сьогодні цей тип будівельного матеріалу широко використовується в будівництві, в тому числі під час заповнення

міжкімнатних простінків та виконання зовнішніх ненесучих стін у монолітних бетонних будинках.

Аналіз недоліків методів, наведених у [6], показав, що важливим параметром, який має бути змінним, є значення висоти міжвіконних простінків між нижнім та верхнім поверхами, приклад яких залежно від розміру вікон наведено на рис. 2. Застосування газоблоків у конструкції випробувального стенду дає змогу змінювати геометричні параметри міжвіконних простінків залежно від типу конструкції фасадної системи, оцінку пожежної небезпеки якої слід провести. На рис. 11 наведено варіанти влаштування конструкцій міжвіконних простінків у випробувальному стенді.



Рисунок 11 – Зовнішній вигляд варіантів виконання міжвіконних простінків з різною висотою

Джерело: розробка автора

На фасадному боці випробувального стенду на рівні верхнього краю вогневої камери забезпечено можливість кріплення протипожежних карнизів різних типів, ширини та форми для проведення оцінки з обмеження поширення пожежі фасадом будівлі. Протипожежний карниз влаштовується на рівні верхнього краю вогневої камери та виготовляється із негорючих матеріалів, що зберігають свою цілісність за температурного режиму 800–900 °C упродовж не менше 30 хв. Як приклад, для виготовлення карниза можливо використовувати сталевий кут розміром 35×35 мм та піноблоки (цеглу). Ширина протипожежного карниза може

бути від 300 мм до 1500 мм, що задовольняє вимоги (Іспанія, Україна).

У роботах [6; 23] обґрунтовано місце розміщення термопар, за допомогою яких відбувається контроль температури на поверхні. Зазвичай для контролю температури на поверхні випробувального фрагмента фасаду влаштовуються термопари з розрахунку: 1 термопара на 50 см² площі фасадної системи. Таким чином, відповідно до схеми, наведеної на рис. 12, влаштовуються термопари та підключаються до вимірювально обчислювальної системи «Термоконт».

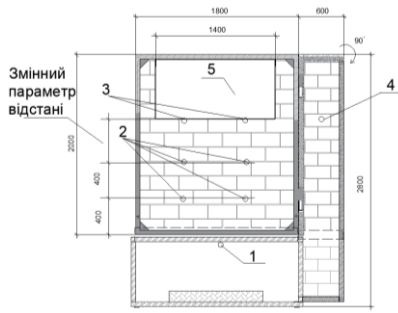


Рисунок 12 – Схема розміщення засобів вимірювальної техніки випробувального стенду

Джерело: розробка автора

Унаслідок проведеного аналізу методик дослідження пожежної небезпеки

фасадних систем та оцінки заходів щодо обмеження поширення пожежі і прогнозування її поширення фасадами будівель досягнуто необхідних конструктивних характеристик, яким має відповідати випробувальний стенд із урахуванням описаних недоліків методик у [6]. На рис. 13 наведено загальний вигляд виготовленого стенду та його конструктивні можливості трансформації для оцінки пожежної небезпеки фасадних систем та прогнозування обмеження поширення пожежі фасадами будівель.



Рисунок 13 – Загальний вигляд виготовленого стенду та його конструктивні можливості трансформації

Джерело: розробка автора

Серед удосконалених характеристик забезпечено універсальну рамно-каркасну основу стенду для можливості монтажу фасадних систем різних типів, а також забезпечено можливість змінювати кути площини фасаду щодо вертикалі та горизонталі для імітації різноманітних форм будівель. Стенд забезпечує можливість кріплення протипожежних карнизів для обмеження поширення пожежі та включає можливість відтворення реальних параметрів міжвіконних простінків (як мінімальну, так і максимальну нормативну відстань) між поверхами будівлі. Описані характеристики дають змогу більш точно

проводити оцінку обмеження поширення пожежі фасадами будівель із урахуванням попередньо виявлених недоліків методик.

Висновки та напрями подальших досліджень. На основі аналізу недоліків методик оцінки пожежної небезпеки фасадних систем та заходів щодо обмеження поширення пожежі визначено основні конструктивні характеристики, яким має відповідати удосконалений випробувальний стенд, та забезпечено їх практичну реалізацію.

Здійснено аналіз механічних властивостей матеріалів та показників, які характеризують здатність матеріалів

чинити опір під навантаженням та температурним впливом, і визначено найбільш практичні та економічно доцільні матеріали під час створення випробувального стенду.

З огляду на наявні методики дослідження пожежної небезпеки фасадних систем обґрунтовано найбільш доцільний тип модельного вогнища пожежі, що застосовується під час проведення досліджень. Прийнято модельне вогнище пожежі класу В із діаметром дека 95 см та 60 л дизельного пального або іншого типу рідкого палива, що забезпечує середній температурний режим не менше ніж 600 °С упродовж 20 хв із загальних 30 хв тривалості випробувань.

Обґрунтовано тип і кількість засобів та виміральної техніки випробувального стенду для отримання достовірних даних щодо температурного режиму на поверхні

досліджуваного фрагмента фасаду під час проведення оцінки поширення пожежі фасадами будівель або її обмеження.

Створено експериментальний випробувальний стенд для виявлення закономірностей зміни температур на зовнішній поверхні вертикальних будівельних конструкцій та підтверджено його спроможності й фактичні значення параметрів, які відтворюються. Подальші дослідження будуть спрямовані на проведення вогневих випробувань та отримання залежностей зміни температурного режиму на досліджуваному фрагменті фасадної системи згідно з її конструктивним виконанням. Отримані дані дають змогу здійснювати прогнозування пожежної небезпеки фасадів будівель та оцінку ефективності обмеження поширення пожежі фасадами будівель за допомогою вогневих перешкоджувачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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* : міжнар. науково-практ. конф., м. Харків, 19 трав. 2022 р. Харків, 2022. С. 6–8.
2. 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*. № 40. 2022. С. 5–15.
3. Скоробагатько Т., Добростан О., Новак С. Аналіз європейських методів оцінювання стійкості збірних систем фасадної теплоізоляції до поширення вогню. *Цивільний захист та пожежна безпека*. 2020. Т. 9. № 1. С. 94–106.
4. Zhou B., Yoshioka H., Noguchi T., Wang K. Experimental study on vertical temperature profile of EPS external thermal insulation composite systems masonry façade fire according to JIS A 1310 method. *Fire and Materials*. 2020. doi :10.1002/fam.2880.
5. White N., Delichatsios M. Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components. Australia : Fire Protection Research Foundation, 10. 152 c.
6. Development of a European approach to assess the fire performance of facades : Lars Boström, Anja Hofmann-Böllinghaus, Sarah Colwell, Roman Chiva, Péter Tóth, Istvan Moder, Johan Sjöström, Johan Anderson, David Lange. European Commission B-1049 Brussels. June 2018. doi:10.2873/954759.
7. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. 181 с.
8. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2019-06-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство України, 2019. 43 с.
9. The Building Regulations 2020. Volume 2 – Buildings other than dwellinghouses Approved Document B (Fire safety). Ministry of Housing, Communities & Local Government and Department for Levelling Up, Housing and Communities URL : <https://www.gov.uk/government/publications/fire-safety-approved-document-b> (last accessed : 05.10.2022).
10. NFPA 5000 : Building Construction and Safety Code, 2018 Edition. URL: [https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/detail?code=5000](https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=5000) (last accessed : 05.10.2022).
11. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010. Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування й улаштування вікон та дверей. [Чинний від 2011-07-01]. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2011. 106 с.
12. Edgard EI. Capital Gate. *Wikipedia : websait*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Capital_Gate. (дата звернення : 05.10.2022).
13. Ortega P. Puerta de Europa. *Wikipedia : websait*. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Puerta_de_Europa. (дата звернення : 05.10.2022).
14. Fraioli P. CCTV Headquarters. *Wikipedia : websait*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/CCTV_Headquarters. (дата звернення : 05.10.2022).
15. ISO 13785-2:2002. Reaction-to-fire tests for façades. Part 2: Large-scale test. Geneva : International Organization for Standardization, 2002. 16 p.
16. BS 8414-1:2015. Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems applied to the masonry face of a building. BSI, 2015. 20 p.
17. DIN 4102-20:2017. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 20: Ergänzender Nachweis für die Beurteilung des Brandverhaltens von Außenwandbekleidungen. GIS, 2017. 25 h.

18. ÖNORM B 3800-5:2013. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 5: Brandverhalten von Fassaden - Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen. Austrian Standards plus, 2013. 14 s.
19. Секційні житлові багатоповерхові будинки. URL : <https://helpiks.org/6-13908.html> (дата звернення : 05.10.2022).
20. ДСТУ 8936:2019. Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови. На заміну ГОСТ 3262-75 ; чинний від 2021-01-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2021. 51 с.
21. Y. Li, Z. Wang, X. Huang An Exploration of Equivalent Scenarios for Building Facade Fire Standard Tests. *Journal of Building Engineering*. 2022. 104399. doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104399.
22. SP Fire 105 External wall assemblies and facade claddings. Reaction to fire. SP Technical Research Institute of Sweden, 1994. 16 p.
23. Zhou B., Yoshioka H., Noguchi T. et al. Fire Performance of EPS ETICS Facade : Effect of Test Scale and Masonry Cover. *Fire Technol* (2021). doi.org/10.1007/s10694-021-01195-x.
24. ДСТУ Б В.1.1-4-98. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги. На заміну СТ СЭВ 1000-88 ; чинний від 2006-01-01. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, 2006. 44 с.
25. ДСТУ Б В.2.7-61:2008. Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови (На заміну ДСТУ Б В.2.7-61-97 ; чинний від 2009-07-01. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2009. 42 с.
26. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 35 с.
27. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 53 с.

REFERENCES

1. Ballo, Ya. V., Sizikov, O. O., Nizhnyk, V. V., Zhykhariev, O. P. (2022). Kryterii otsiniuvannya vplyvu vyskhidnoho 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* [in Ukrainian].
2. Ballo, Ya. V., Yakovchuk, R. S., Nizhnyk, V. V., Kahitin, O. I. (2022). Analiz ta systematyzatsiia typiv fasadnykh system budivel yak peredumova udoskonalennia protypozhezhnykh zakhodiv [Analysis and systematization of types of facade systems of buildings as a prerequisite for improving fire prevention measures]. *Visnyk «Pozhezhna bezpeka» LDUBZhD*, 40, 5-15. [in Ukrainian].
3. Skorobahatko, T., Dobrostan, O., Novak, S. (2020). Analiz yevropeyskykh metodiv otsiniuvannya stiikosti zbirnykh system fasadnoi teploizoliatsii do poshyrennia vohniu [Analysis of European methods for assessing the resistance of prefabricated facade thermal insulation systems to the spread of fire]. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*, 1 (9), 94-106. [in Ukrainian].
4. Zhou, B., Yoshioka, H., Noguchi, T., Wang, K. (2020). Experimental study on vertical temperature profile of EPS external thermal insulation composite system s masonry façade fire according to JIS A 1310 method. *Fire and Materials*, doi:10.1002/fam.2880. [in English].
5. White, N., Delichatsios, M. (2018). Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components. Australia: Fire Protection Research Foundation, 10. 152 s. [in English].
6. Lars Boström, Anja Hofmann-Böllinghaus, Sarah Colwell, Roman Chiva, Péter Tóth, Istvan Moder, Johan Sjöström, Johan Anderson, David Lange. (2018). Development of a European approach to assess the fire performance of facades: European Commission B-1049 Brussels. doi:10.2873/954759 [in English].
7. Residential buildings. Substantive provisions (2019). DBN V.2.2-15:2019. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2019. 181 s. [in Ukrainian].
8. Public buildings and structures Basic provisions. (2018). DBN V.2.2-9:2018. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2019. 43 s. [in Ukrainian].
9. The Building Regulations. Volume 2 – Buildings other than dwellinghouses Approved Document B (Fire safety). (2020). Ministry of Housing, Communities & Local Government and Department for Levelling Up, Housing and Communities. Retrieved from <https://www.gov.uk/government/publications/fire-safety-approved-document-b> [in English].
10. Building Construction and Safety Code (2018). NFPA 5000: Edition Retrieved from <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=5000> [in English].
11. Konstruktsii budynkiv i sporud. Nastanova shchodo proektuvannya y ulashtuvannya vikon ta dverei (2010). DSTU-N B V.2.6-146:2010. Kyiv : UkrNDNTs, 2011. 106 s. [in Ukrainian].
12. Edgard EI. Capital Gate. (2018). *Wikipedia: websait*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/Capital_Gate [in English].
13. Ortega P. Puerta de Europa. (2017). *Wikipedia: websait*. Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Puerta_de_Europa. [in English].
14. Fraioli P. CCTV Headquarters. (2021). *Wikipedia: websait*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/wiki/CCTV_Headquarters [in English].
15. ISO 13785-2:2002. Reaction-to-fire tests for façades. Part 2: Large-scale test. Geneva: International Organization for Standardization, 2002. 16 p. [in English].
16. Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems applied to the masonry face of a building (2015) BS 8414-1:2015. BSI, 2015. 20 p. [in English].
17. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 20: Ergänzender Nachweis für die Beurteilung des Brandverhaltens von Außenwandbekleidungen (2017). DIN 4102-20:2017. GIS, 2017. 25 h. [In German].
18. Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen. Teil 5: Brandverhalten von Fassaden – Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen (2014). ÖNORM B 3800-5:2013. Austrian Standards plus, 2013. 14 s. [In French].
19. Sektsiini zhytlovi bahatopoverkhovi budynky (2012). Retrieved from <https://helpiks.org/6-13908.html> [in Ukrainian].
20. Truby stalevi vodohazoprovodni. Tekhnichni umovy (2019). DSTU 8936:2019. Kyiv: UkrNDNTs, 2021. 51 s. [in Ukrainian].
21. Y. Li, Z. Wang, X. Huang (2022). An Exploration of Equivalent Scenarios for Building Facade Fire Standard Tests. *Journal of Building Engineering*, 104399. doi.org/10.1016/j.jobe.2022.104399 [in English].

22. External wall assemblies and facade claddings. Reaction to fire (1994). SP Fire 105. SP Technical Research Institute of Sweden, 16 r.
23. Zhou, B., Yoshioka, H., Noguchi, T. et al. Fire Performance of EPS ETICS Facade: Effect of Test Scale and Masonry Cover. Fire Technol (2021). doi.org/10.1007/s10694-021-01195-x [in English].
24. Fire protection. Building structures. Methods of testing for fire resistance. General requirements (1999). DSTU B V.1.1-4-98. K.: Ukrarkhbudynform, 1999. 21 s. [in Ukrainian].
25. Building materials. Bricks and stones ceramic ordinary and cast. Specifications (2008). DSTU B V.2.7-61:2008. Kyiv: UkrNDNTs, 2009. 42 s. [in Ukrainian].
26. Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva. Zahalni vymohy [Fire safety of construction sites. General requirements]. (2017). DBN V.1.1-7:2016. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 35 s. [in Ukrainian].
27. Vysotni budivli. Osnovni polozhennia [High-rise buildings. Basic provisions]. (2019). DBN V.2.2-41:2019. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2019. 53 s. [in Ukrainian].

CREATION OF AN EXPERIMENTAL TEST BENCH WITHIN THE FRAMEWORK OF FIRE SPREAD LIMITATION RESEARCH BUILDING FACADES

Ya. Ballo

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Ukraine

KEYWORDS	ANNOTATION
limitation of the spread of fire on facades, equipment for assessing the limitation of fire spread, research of facade fires, fire safety.	Based on the results of analytical studies of the existing assessment methods for ensuring the limitation of the spread of fire on the facades of buildings, shortcomings were identified that can significantly affect the accuracy of their fire safety assessment. The justification is provided and the main design characteristics that the new experimental stand must comply with are given, taking into account the previously identified shortcomings of the existing methods for assessing the effectiveness of the spread of fire on the facades of buildings. The analysis of examples of plans of typical complex forms of building facades, the reproduction of which is a potential task, was carried out. An axonometric drawing of the stand and its main components, based on which it is planned to reproduce its construction, is demonstrated. The stages of creation of experimental test equipment are presented and the requirements for the physical and mechanical properties of the materials from which the main structural elements of the test bench are made are substantiated. The justification of the type and dimensions of the model fire pit, which is used to reproduce the necessary temperature regime during research, has been carried out. Verification of the declared technical characteristics of the test bench was carried out and its potential capabilities of reproducing real fragments of facade systems were given. The main parameters and procedures of the method of research and assessment of the spread of fire on the facades of buildings, which are planned to be implemented within the framework of the use of a new experimental stand, are described. Prospective directions of research regarding the improvement of the experimental test bench to ensure a more accurate assessment of the effectiveness of limiting the spread of fire on the facades of buildings with the help of fire barriers are presented.