



Я. В. Балло¹, Р. С. Яковчук², В. В. Ніжник¹, О. І. Кагітін²

¹Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, м. Київ, Україна

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

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

<https://orcid.org/0000-0001-5523-5569> – Р. С. Яковчук

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

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



yakovchukrs@ukr.net

АНАЛІЗ ТА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТИПІВ ФАСАДНИХ СИСТЕМ БУДІВЕЛЬ ЯК ПЕРЕДУМОВА УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАХОДІВ

Проблема. Фасадні пожежі є одним із найнебезпечніших типів пожеж. Вони супроводжуються стрімким поширенням вогню та не можуть бути обмежені або локалізовані системами протипожежного захисту, якими обладнані внутрішні приміщення будівлі. Систематизація критеріїв, які характеризують небезпеку поширення пожежі вертикальними будівельними конструкціями та аналіз конструктивних та інженерних особливостей фасадних систем є важливим науковим завданням, що дасть змогу визначити необхідні превентивні протипожежні заходи.

Мета. Аналіз та систематизація найбільш поширених конструктивних типів фасадних систем будівель, як передумова розроблення превентивних протипожежних заходів.

Методи. Роботу виконано за допомогою аналітичного методу досліджень шляхом збору, узагальнення, систематизації та синтезу даних про існуючі об'ємно-конструктивні, інженерні і планувальні рішення під час проектування найбільш поширених типів фасадів будівель різного функціонального призначення.

Результати. Здійснено аналіз конструктивних критеріїв, які можуть впливати на потенційну небезпеку поширення пожежі вертикальними будівельними конструкціями (фасадами будівлі) та враховують їхні конструктивні та архітектурні особливості. Визначено основні переваги та недоліки для найбільш поширених типів фасадних систем з точки зору можливості потенційного запобігання поширенню пожежі по зовнішніх вертикальних конструкціях. Наведено конструктивний опис можливої адаптації елементів сучасних фасадних систем як частини комплексу протипожежного захисту будинків різного функціонального призначення та забезпечення обмеження поширення фасадних пожеж. Визначено потенційні напрями досліджень з удосконалення конструктивного виконання фасадних систем для зниження ризиків вертикального поширення пожежі.

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено, що на сьогодні не досліджені критерії та залежності, які б дали змогу прогнозувати заходи щодо обмеження поширення пожежі зовнішніми вертикальними конструкціями. Систематизовано та узагальнено конструктивні особливості типів фасадних систем, які можуть впливати на обмеження або навпаки поширення пожежі по вертикальних зовнішніх конструкціях. Визначено, що подальші дослідження мають бути спрямовані на розкриття закономірностей обмеження поширення пожежі по фасадах будівель різного типу та визначення параметрів додаткових протипожежних конструктивних елементів, зокрема протипожежних карнизів, як одного з найбільш раціональних видів пасивних зовнішніх вогневих перешкоджувачів.

Ключові слова: обмеження поширення пожежі, типи фасадних систем, протипожежні карнизи, протипожежі перешкоди, пожежна безпека.

Y. V. Ballo¹, R. S. Yakovchuk², V. V. Nizhnyk¹, O. I. Kahitin²

¹Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

²Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION OF TYPES OF FACADE SYSTEMS OF BUILDINGS AS A PREREQUISITE FOR IMPROVEMENT OF FIRE-FIGHTING MEASURES

Introduction. Facade fires are one of the most dangerous types of fires, which are usually accompanied by a rapid spread of fire and can not be limited or localized due to fire protection systems, which are equipped with the interior of the building. Systematization of criteria that characterize the risk of fire spreading by vertical building structures and analysis of structural

and engineering features of facade systems is an important scientific task that will determine the necessary preventive fire prevention measures.

Purpose. Analysis and systematization of the most common existing structural types of facade systems of buildings as a prerequisite for the development of preventive fire prevention measures.

Methods. The work was performed using an analytical method of research by collecting, summarizing, processing and analysing data on existing three-dimensional designs. Engineering and planning solutions when designing facades of different types for buildings of different functional purposes.

Results. An analysis of design criteria that may affect the potential risk of fire by vertical building structures (building facades) and which take into account their design and architectural features. The main advantages and disadvantages of the most common types of facade systems in terms of the possibility of potentially preventing the spread of fire on external vertical structures are identified. A constructive description of the possible adaptation of elements of modern facade systems as part of the complex of fire protection of buildings of different functional purposes and ensuring the restriction of the spread of facade fires. Potential ways of research to improve the design of facade systems to reduce the risk of vertical fire spread have been identified.

Conclusions. Studies have shown that to date there are no criteria and dependencies that would predict measures to limit the spread of fire by external vertical structures. For the first time, design features for types of facade systems that may affect the limitation of the spread of fire on vertical structures are systematized and generalized. It is determined that further research should be aimed at revealing the patterns of limiting the spread of fire on the facades of buildings of various types and determining the parameters of additional fire-fighting structural elements as one of the most rational types of passive external fire barriers.

Keywords: restrictions on the spread of fire, types of facade systems, fire eaves, fire barriers, fire safety.

Постановка проблеми. Запобігання фасадним пожежам та поширенню пожежі вертикальними будівельними конструкціями є одним із важливих завдань із забезпечення виконання вимог Закону України від 05.11.2009 № 1704-VI «Про будівельні норми» [1], зокрема в частині забезпечення вимог з обмеження поширення вогню на сусідні будівлі і споруди та поширення вогню і диму всередині об'єкта. Визначення закономірностей зміни температури під час пожежі на поверхні вертикальних будівельних конструкцій для можливості прогнозування запобігання поширенню вогню по фасаду [2] може бути підґрунтям для удосконалення вимог пожежної безпеки для фасадних систем будівель, що обумовлює необхідність аналізу існуючих конструктивних типів основних фасадних систем.

Для виявлення критеріїв, які характеризують небезпеку поширення пожежі вертикальними будівельними конструкціями і враховують їх конструктивні та інженерні особливості слід провести систематизацію відомих типів фасадних систем за конструктивними типами та видами матеріалів, з яких вони виготовлені, що є передумовою обґрунтування превентивних протипожежних заходів. Слід розуміти, що в більшості випадків, крім дотримання вимог пожежної безпеки, облаштування фасадних систем різного типу для житлових, громадських та адміністративних будівель пов'язане із забезпеченням їх енергоефективності шляхом утеплення зовнішніх огорожувальних конструкцій, а також слід враховувати архітектурну складову [3].

Статистичні дані про пожежі за 2021 рік свідчать [4], що в середньому 68% пожеж у

багатоповерхових житлових та громадських будинках супроводжувалися поширенням пожежі на верхні поверхи в результаті поширення полум'я поверхнею фасаду, при цьому на сьогодні аналізу наслідків від таких пожеж, з врахуванням конструктивних особливостей для найбільш поширених типів фасадів, фактично немає. Тобто проведені дослідження, зокрема наведені в [5], в основному стосуються пожежної небезпеки будівельних матеріалів, які використовуються у фасадних системах або протипожежних конструктивних заходів, які спрямовані на обмеження поширення пожежі, зокрема, як приклад, протипожежні пояси. Разом із цим, конструктивне виконання та використання навіть окремих, не основних пожежонебезпечних елементів фасадних систем може бути передумовою поширення пожежі незважаючи на виконання зовнішнього шару із негорючих матеріалів, а способи їх кріплення можуть значно вплинути на стійкість до руйнування в умовах реальної пожежі, що може негативно впливати на її поширення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналізуючи результати досліджень щодо обмеження поширення пожеж зовнішніми вертикальними конструкціями будівель, можна стверджувати, що на сьогодні немає систематизованих даних пожежної небезпеки конструктивного виконання фасадних систем різного типу. Значна кількість робіт [6-7] присвячена питанням влаштування протипожежних поясів, в тому числі по периметру вікон та інших типів світлових прорізів, а також питанням обґрунтування параметрів міжповерхових протипожежних зовнішніх простіноків, приклад яких наведено на рисунку 1.

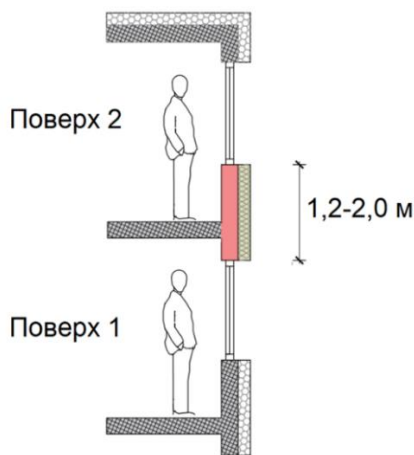


Рисунок 1 – Приклад зовнішнього міжповерхового протипожежного простінку розмірами 1,2-2,0 м

Однак, у цих дослідженнях недостатньо вивчені та систематизовані конструктивні параметри фасадних систем, які впливають на обмеження поширення пожежі зовнішніми вертикальними конструкціями або навпаки, сприяють поширенню пожежі та відповідно є небезпечними.

Таким чином, постає наукове завдання виявлення та систематизації критеріїв, які характеризують пожежну небезпеку фасадних систем, що

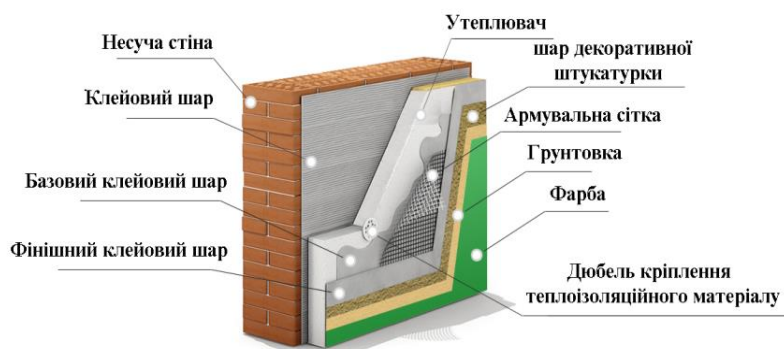
дасть змогу в майбутньому передбачити заходи з обмеження поширення пожежі зовнішніми вертикальними конструкціями або взагалі їй запобігти.

Метою статті є проведення аналізу та систематизація існуючих найбільш поширених конструктивних типів фасадних систем будівель, як передумова розроблення удосконалених протипожежних заходів для обмеження поширення фасадних пожеж.

Виклад основного матеріалу. Найбільш поширеним та енергоефективним типом фасадних систем, особливо під час реконструкції будівель є влаштування так званого «мокрого фасаду», монтаж якого не передбачає підсилення несучих стін фасаду. Технологія влаштування «мокрого фасаду» передбачає створення зовні багат шарового ізолюючого покриття. Кріплення шарів покриття до стіни відбувається шляхом нанесення спеціальних клеєвих розчинів, мастики та штукатурки, які розчиняються у звичайній воді, що обумовлює відповідну назву. Технологія передбачає дотримання чіткого порядку нанесення шарів: ґрунтовка, клеєва суміш, теплоізоляційні плити, армована сітка, штукатурка та фарбування. На рисунку 2 наведено приклад влаштування «мокрого фасаду» та специфікація шарів фасадної системи.



a



b

Рисунок 2 – Загальний вигляд (а) та специфікація (б) конструктивних елементів фасадної системи «мокрого типу»

Пожежна небезпека цього типу фасадних систем полягає у можливості застосування утеплювача, що не відповідає вимогам пожежної безпеки за показниками горючості, поширення полум'я, займистості тощо для матеріалів, зокрема згідно з нормами [8-10]. Окрім цього, використання неякісних кріпильних елементів та порушення технології монтажу може спричинити відшарування фрагментів фасадних систем та створювати «повітряні кишені» під шаром конструкції фасаду, що негативно впливає на пожежну безпеку.

Серед конструктивних переваг «мокрого фасаду» слід відзначити наявність додаткового теплоізоляційного шару покриття, яке при забезпеченні належної технології нанесення забезпечує додаткову

термоізолювальну та вогнестійку здатність зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій.

До «сухих фасадів» відносяться фасадні системи, які монтуються без використання багат шарових клейових та інших будівельних розчинів, а більшість елементів фасаду кріпиться за допомогою механічних кріпильних засобів, а саме: дюбелів, анкерів, метало профілів, саморізів тощо. Наприклад, сухим можна вважати сайдинговий фасад або навісний вентиляований фасад виконаний із: алюмінієвих касет, метало профілів, керамогранітних, керамічних, клінкерних плит, композитних листів або штучного чи природного каменю. На рисунку 3 наведено приклад «сухого фасаду» та його конструктивне виконання.



Рисунок 3 – Приклади «сухого фасаду» із навісними елементами

Цей тип фасадних систем є одним із потенційно пожежонебезпечних, через наявність повітряного прошарку, можливість використання горючих матеріалів, а саме пластику, вінілу, інших штучних матеріалів, які можуть візуально імітувати натуральний камінь або плитку, але мати горючі властивості [11]. Окрім цього, слід розуміти, що під час пожежі температура на поверхні фасаду залежно від пожежного навантаження всередині будівлі може становити в межах 800-1200 °С, при цьому температура плавлення алюмінію або алюмінієвмісних елементів кріплення навісного фасаду починається від 650 °С [12], що фактично гарантує руйнування фасадної системи в випадку пожежі. Тобто, використання негорючих оздоблювальних будівельних матеріалів, або матеріалів з групою горючості Г1 не може гарантувати цілісність «сухого фасаду» під час пожежі при використанні металопрофілів із матеріалів з низьким термічним опором.

Серед одних із найбільш безпечних сучасних типів опорядження фасаду є «поліфасад», що є

двошаровим декоративним покриттям у вигляді плит товщиною від 3 до 12 см. Першим шаром є теплоізоляційна основа, як правило виконана із спресованої базальтової вати або для дешевих зразків пінополістиролу (група горючості Г1-Г3), згідно з вимогами [8]. Другий шар покриття є декоративним, в основі конструкції його є білий цемент та пісок, до якого для покращення експлуатаційних характеристик підмішуються полімерні добавки, зокрема плита армується фірбоволокном, щоб забезпечити необхідні показники зносостійкості та міцності. Товщина зовнішнього шару в деяких моделях сягає 2 см.

Способом кріплення «поліфасаду», як правило, є застосування клейових сумішей, а також для висотних будинків застосовують додатково анкерні кріплення для більш надійного захисту від вітрових навантажень та міркувань безпеки довготривалої експлуатації [13]. На рисунку 4 наведено «Поліфасад» із застосуванням керамічної плитки на клейовій основі.



Рисунок 4 – Поліфасад із застосуванням керамічної плитки

Серед переваг, які можуть впливати на обмеження поширення пожежі для описаних типів

фасадів, а саме «мокрого фасаду», «сухого фасаду» та «поліфасаду» є наявність зовнішньої

вертикальної перешкоди (міжповерхового простінку) висотою, як правило, в межах 1,2-2,0 м між світловими прорізами (вікнами) з нормованим класом вогнестійкості, що було наведено на рисунку 1. Наявність цього типу зовнішньої вертикальної міжповерхової перешкоди з нормованим класом вогнестійкості є важливою передумовою обмеження поширення пожежі, навіть при використанні неефективних, з точки зору обмеження теплового впливу від пожежі, фасадних систем. Як правило, такі вертикальні міжповерхові перешкоди виконані із негорючих матеріалів, а саме: цегли, піноблоку, газоблоку, в тому числі, для випадків заповнення зовнішніх стін у будівлі з монолітним каркасом.

Окрім цього, для «мокрого фасаду», «сухого фасаду» та «поліфасаду» існує можливість передбачення додаткових конструктивних елементів для забезпечення обмеження поширення пожежі зовнішніми вертикальними конструкціями, в тому числі шляхом застосування протипожежних карнизів та протипожежних поясів, що передбачено в нормах [6, 9, 10]. Ці протипожежні конструктивні елементи можна віднести до пасивних протипожежних систем, якими обладнується будинок чи споруда.

Окреме місце в сучасній архітектурі займають скляні світлопрозорі фасади в яких, як правило, відсутні зовнішні вертикальні міжповерхові протипожежні перешкоди (міжповерхові простінки) з нормованим класом вогнестійкості. Окрім цього, дані типи фасадів часто комбінуються у виконанні з медіафасадами або радіальними фасадами з навісними вентиляльованими панелями. Скляні світлопрозорі фасади, як правило, застосовують у каркасно-монолітних будинках або

будинках зібраних із збірних сталевих конструкцій [14]. Типи скління та конструктивне виконання має багато конструктивних варіантів, таким чином доречно узагальнити основні існуючі типи скляних світлопрозорих фасадів. Коротко зупинімося на кожному із вищезазначених типів.

Перший тип світлопрозорого фасаду складається із скління, яке суцільно заповнює комірці світлових прорізів у приміщеннях на кожному поверсі. Кожен поверх розділяє міжповерхове перекриття з нормованим класом вогнестійкості залежно від ступеня вогнестійкості будівлі. Конструкція кожного світлового прорізу має зовнішню огорожувальну конструкцію з нормованим класом вогнестійкості, яка може виконувати роль вогнеперешкоджувача.

Похідною від вищеописаного типу фасаду є скляний світлопрозорий фасад зі склінням, яке суцільно по горизонталі (поясом) заповнює світловий проріз по горизонталі всього поверху. Кожен поверх розділяє міжповерхове перекриття з нормованим класом вогнестійкості, що відповідає ступеню вогнестійкості будівлі. Серед недоліків цього типу фасаду є те, що він не обмежує поширення полум'я по горизонталі між приміщеннями в межах поверху, навіть за наявності міжкімнатних суцільних перегородок, що обумовлене послідовним з'єднанням блоків склопакетів. Окрім цього, кріплення таких панелей, в разі руйнування від температури, взаємопов'язане із суміжними скляними пакетами та спричиняє в більшості випадків послідовне руйнування всієї секції склопрозорого фасаду. На рисунку 5 наведено приклади світлопрозорого фасаду комірчастого типу скління та фасад з горизонтальним рядним склінням.



a



b

Рисунок 5 – Скляні світлопрозорі фасадні системи, де: *a* – комірчастий тип скління; *b* – рядний тип скління

Серед найбільш поширених сучасних типів фасадних систем слід відмітити скляний світлопрозорий фасад зі суцільним склінням по вертикалі та горизонталі, при цьому конструкція суцільного скляного світлопрозорого фасаду може бути самостійною самонесучою конструкцією. Цей тип фасаду є набагато складнішим не лише з архітектурної точки зору виконання таких фасадів, але і технологій кріплення скляних панелей до несучих будівельних конструкцій будівлі. Спайдерне або планарне кріплення фасадів відноситься до безрамного скління без використання профілю, що дає змогу створювати масштабні, ідеально гладкі скляні поверхні. Фасади будівель, заklenі за технологією планарного скління, відрізняються мінімальною кількістю видимих елементів кріплення. Кріплення здійснюється за допомогою

просторових кронштейнів (спайдерів) із високолегованої сталі, які є елементами дизайну. Вантова система каркаса (з використанням силових тросів), і спайдерне кріплення світлопрозорих елементів перерозподіляють і компенсують фізичні навантаження на конструкцію кріплень фасадів [14]. З точки зору пожежної безпеки слід відмітити, що такі конструкції не включають елементи, які можуть обмежувати температурний вплив від пожежі, а також у випадку руйнування одного із елементів фасадної системи, може відбутися прогресивне руйнування зовнішніх огорожувальних скляних конструкцій і полум'я пожежі почне безперешкодно поширювати свій вплив на верхні поверхи. На рисунку 6 наведено приклад спайдерного або планарного кріплення фасадів.

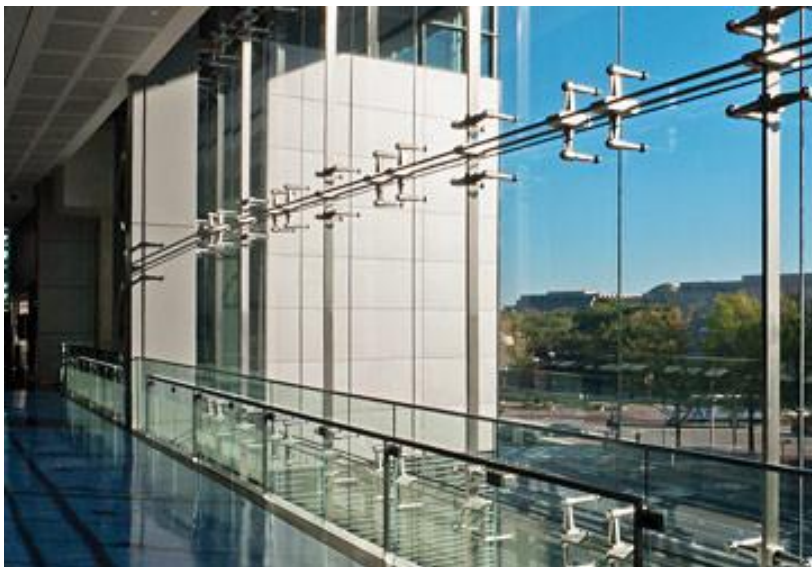


Рисунок 6 – Скляні світлопрозорі фасадні системи із суцільним склінням та спайдерним кріпленням

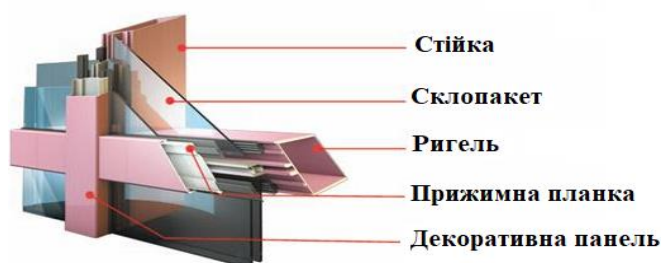
Слід відзначити, що різноманітні технології кріплення фасадних систем та сучасні архітектурні рішення не можуть обходитися без комбінованих систем, які поєднують в собі не лише різні типи кріплення світлопрозорих скляних модулів, але і можуть бути інтегровані в фасадні системи «мокрого» та «сухого» типів. Разом із цим слід розуміти, що поєднання різнотипних технологій спорудження фасадних систем в одній споруді ускладнює можливість прогнозування потенційних пожежних ризиків та відповідно можливість передбачення заходів з обмеження поширення фасадних пожеж. На рисунку 7 наведено приклад комбінованого типу фасадних систем, а саме «сухий» фасад в комбінації із світлопрозорим фасадом із стійко-ригельним типом фіксації конструкції скляних модулів.



Рисунок 7 – Комбінований тип фасадної системи в комбінації «сухого фасаду» та світлопрозорого із скляними модулями

Стійко-ригельні конструкції для кріплення скляних фасадів з точки зору пожежної безпеки є найбільш безпечним через використання негорючих конструктивних елементів та монтажних матеріалів з високим термічним опором.

До основних конструктивних елементів в цьому типі фасадних систем відносяться вертикальні металеві стійки, до яких механічним шляхом кріпляться горизонтальні ригелі. Склопакети встановлюються зовні на алюмінієві опорні пластини, які попередньо закріплюються до ригелів. В процесі монтажу склопакети фіксуються за місцем за допомогою синтетичних скоб, пригвинчених до несучих профілів. Ущільнювачі з термо-морозостійкої гуми забезпечують герметизацію стиків між склом і алюмінієвими несучими профілями. Притискні планки склопакетів кріпляться болтами з



нержавіючої сталі. Потім на притискні планки встановлюються декоративні алюмінієві кришки. Структура такої конструкції розташовується з внутрішнього теплового боку навісної стіни [13]. Перевагою цієї фасадної системи з конструктивної точки зору є можливість реалізації багатьох варіантів з'єднання профілів, які, як правило, виконуються із алюмінію або нержавіючої сталі. Окрім простоти кріплення, ця фасадна система є найбільш економічною та пожежобезпечною через мінімальну кількість кріпильних елементів, які можуть пошкодитися в результаті пожежного впливу і відповідно зруйнуватися. На рисунку 8 наведено приклад вузла кріплення склопакета та зовнішній вигляд змонтованого фасаду за стійко-ригельною системою кріплення.



Рисунок 8 – Стійко-ригельна скляна фасадна система та приклад змонтованого фасаду будівлі

Серед найбільш пожежонебезпечних світлопрозорих фасадних систем слід виділити метод структурного кріплення скляних модулів до несучих будівельних конструкцій будівлі. Ця будівельна технологія застосовується під час облицювання фасаду прозорими склопакетами, при цьому будівля зовні виглядає цілісною скляно-дзеркальною стіною. Технологія структурного скління заснована на кріпленні склопакетів до фасаду будівлі за допомогою герметика (силікону), який є несучим елементом конструкції. Структурне скління фасаду відрізняється від стійко-ригельного відсутністю із зовнішнього боку скління металевих частин (притисків і декоративних планок). При цьому, склопакет приклеєний за особливою технологією до алюмінієвої рами утворює касету структурного скління [15].

Фіксація системи структурного скління відбувається з торця заповнення, а в простір між

склопакетами встановлюються термоізолюючі матеріали, зовні шов заповнюється силіконовим герметиком або ущільнювачем. Тобто, в разі пожежі або навіть незначного термічного впливу такий герметик із високою ймовірністю втратить свої міцнісні властивості і фасадна конструкція може зруйнуватися, що спричинить умови для безперешкодного поширення фасадної пожежі на верхні поверхи. На рисунку 9 наведено основні конструктивні елементи структурного кріплення скляних модулів світлопрозорої фасадної системи.

Таким чином, за результатами проведеного аналізу узагальнено та систематизовано основні типи скляних світло-прозорих фасадів, а також наведено особливості технології монтування скляних модулів до несучих будівельних конструкцій будівлі, які можуть впливати на пожежну небезпеку поширення фасадної пожежі.

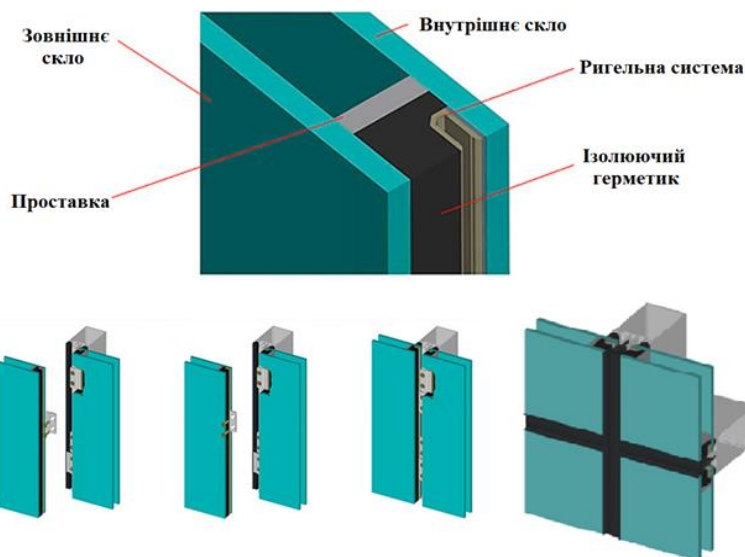


Рисунок 9 – Елементи структурного кріплення скляних модулів світлопрозорої фасадної системи

Разом із тим, під час аналізу пожежної небезпеки конструктивних особливостей зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій слід відмітити новітні типи фасадних систем, які все ширше застосовують під час нового будівництва, а саме кінетичні або динамічні фасади. Зазначений тип фасадних систем є інноваційним напрямом сучасної архітектури в основі якого лежить зміна форми фасаду під дією вітрових, світлових, температурних впливів [16]. Різноманітність матеріалів облицювання, форми захисних штор та можливі медіаелементи конструкцій, а також технології їх монтування, є здебільшого індивідуальними інженерними рішеннями, а тому систематизація та дослідження закономірностей впливу того чи іншого компонента фасадної системи на пожежну небезпеку поширення пожежі зовнішніми огорожувальними вертикальними конструкціями є предметом індивідуальних досліджень для кожної будівлі та не може бути на даний час узагальнена. Разом із тим, на сьогодні цей тип фасадних систем починає набувати

популярності у Європі і може значно вплинути на уявлення про новітні системи протипожежного захисту фасадних систем, зокрема в частині поєднання функцій кліматичних установок та вогнеперешкоджувачів на світлових прорізах. На рисунку 10 наведено приклади кінетичних фасадних систем у будівлях.

Наявність механічних рухомих частин у кінетичних фасадів, які можуть змінювати площу відкритих прорізів вікон може забезпечити додаткове функціональне застосування в частині протипожежного захисту будівель та споруд, і в майбутньому, при визначенні критеріїв функціонування, реалізуватися як система обмеження поширення фасадних пожеж. Разом із тим, слід дослідити потенціал механічної стійкості кінетичних фасадів, можливість блокувати тепловий вплив із віконних світлових прорізів в умовах стандартного температурного режиму та потенційну інтеграцію таких систем до комплексу систем протипожежного захисту будівель та споруд з визначенням алгоритму їх роботи.



Рисунок 10 – Приклади кінетичних фасадних систем

За результатом наведеного аналізу зведемо дані до загальної таблиці з описом переваг та потенційних

пожежних небезпек для різних типів конструкцій фасадних систем.

Таблиця 1

Зведена таблиця пожежних характеристик для різних типів конструкцій фасадних систем

Тип фасадної системи		Конструктивні переваги	Конструктивні недоліки
Мокрий фасад		- можливість влаштувати протипожежні карнизи та пояси;	- можливість використання горючих утеплювачів або інших неякісних матеріалів опорядження
Сухий фасад		- можливість влаштувати протипожежні розриви; - можливість влаштувати водяні протипожежні системи зрошення; - можливість зміни параметрів протипожежних міжповерхових віконних простінків.	- можливість використання горючих облицовальних матеріалів; - утворення повітряного прошарку між несучою конструкцією та фасадним облицованням; - можливість використання в конструкціях фасадних систем матеріалів з низьким термічним опором.
Поліфасад			не виявлено
світлопрозорі скляні фасадні системи	комірчастого типу	- можливість влаштувати протипожежні карнизи та пояси; - можливість влаштувати протипожежні розриви; - можливість влаштувати водяні протипожежні системи зрошення; - можливість зміни параметрів протипожежних міжповерхових віконних простінків.	- можливість використання горючих утеплювачів або інших неякісних матеріалів опорядження
	рядний тип скління		- відсутність можливості встановлення будь яких пасивних чи активних вогнеперешкоджувачів; - можливість прогресивного руйнування зовнішніх огорожувальних конструкцій фасаду в межах поверху.
	суцільне скління		- відсутність можливості встановлення будь яких пасивних чи активних вогнеперешкоджувачів; - загроза прогресивного руйнування зовнішніх огорожувальних конструкцій фасаду
	стійко-ригельне скління	- відсутність можливості використання горючих утеплювачів або інших неякісних матеріалів опорядження; - відсутність повітряного прошарку між несучою конструкцією та фасадним облицованням.	- відсутність можливості встановлення будь яких пасивних чи активних вогнеперешкоджувачів; - можливість використання в конструкціях фасадних систем матеріалів з низьким термічним опором, що може призвести до прогресивного руйнування фасаду
	структурне скління		- відсутність можливості встановлення будь яких пасивних чи активних вогнеперешкоджувачів; - загроза прогресивного руйнування зовнішніх огорожувальних конструкцій фасаду через використання в конструкціях фасадних систем герметиків з низьким термічним опором.
Кінетичний фасад		Потенційні переваги потребують вивчення	- індивідуальні ризики залежно від типу конструкції фасаду

За результатом систематизації та узагальнення отриманих даних можна зробити попередній висновок, що найбільш пожежобезпечним типом оздоблення фасадних систем є поліфасад. Зазначений тип фасадної системи має найменші ризики використання горючих матеріалів або просто неякісних кріпильних елементів, при цьому цей тип фасаду дає змогу додатково встановлювати активні або пасивні вогнеперешкоджувальні системи на кшталт водяних завіс або протипожежних карнизів, згідно з чинними нормами [9-10]. Найбільш невивченими фасадними системами залишаються кінетичні фасади, пожежна небезпека яких здебільшого залежить від їх конструктивного виконання, а

потенціал їх використання в якості активної системи обмеження поширення пожежі ще потребує додаткового вивчення.

Окремим не вирішеним питанням залишаються критерії або показники пожежної небезпеки фасадних систем будівель та споруд. Аналіз пожеж та їх наслідків показує, що проведення випробувань будівельних конструкцій на поширення вогню та наявність горючих матеріалів в складі фасадних систем є первинним чинником, який впливає на поширення пожежі. Інтенсивність подальшого розвитку пожежі та її вертикальне поширення на верхні поверхи в більшості випадків спричинені руйнуванням конструкцій вікон, що зокрема було доведено

натурними випробуваннями в роботі [17], а тому питання критеріїв потребує додаткового дослідження.

Висновки. За результатами проведеного аналізу конструктивних особливостей фасадів будівель та споруд, що можуть впливати на протипожежний захист будівлі шляхом обмеження вертикального поширення пожежі, визначено основні переваги та недоліки для найбільш поширених типів фасадних систем. Зокрема можна стверджувати, що серед найбільш пожежобезпечних фасадів, конструктивне виконання яких, при дотриманні вимог будівельних норм, може сприяти обмеженню поширення фасадної пожежі на верхні поверхи будівлі, можна назвати поліфасади. Конструкція «мокрих» фасадів також є достатньо пожежобезпечною, за умови використання негорючого утеплювача та дотримання технологій будівництва. Окрім цього, ці типи фасадів можна обладнувати протипожежними карнизми, протипожежними поясами або іншими типами вогнеперешкоджувачів, що є додатковою перевагою.

Світлопрозорі скляні фасадні системи мають значно складніше конструктивне виконання і незважаючи на негорючі властивості скла, як основного облицювального матеріалу, фасадні конструкції цих систем є досить нестійкими до температурного режиму. Це обумовлено наявністю металопрофілів, кріпильних елементів та герметиків із матеріалів з низьким термічним опором, що в свою чергу окрім низьких показників міцності при дії стандартного температурного режиму, може призвести до прогресивного руйнування конструкції фасаду в цілому. Також недоліком світлопрозорих фасадів є відсутність можливості влаштування протипожежних перешкод, зокрема протипожежних поясів, протипожежних завіс або протипожежних розривів для обмеження поширення розвитку фасадних пожеж.

Перспективним напрямом подальших досліджень та розвитку уявлень про активні системи протипожежного захисту для фасадів будівель є кінетичні фасади, які можуть блокувати тепловий вплив із віконних світлових прорізів. Разом із цим, слід переглянути критерії відносної ефективності обмеження поширення фасадної пожежі для цих типів фасадів та їх можлива інтеграція в алгоритм роботи комплексу протипожежного захисту будівель та споруд.

Список літератури:

1. Про будівельні норми : Закон України від 05.11.2009 р. № 1704-VI.

2. Яковчук Р.С., Балло Я.В., Кузик А.Д., Кігітін О.І., Ковальчук В.М. (2021). FDS моделювання ефективності протипожежних карнизів на запобігання поширенню пожежі фасадними конструкціями висотних будівель. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 23, 39-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.23.2021.06>

3. Балло Я.В., Яковчук Р.С., Ніжник В.В., Сізіков О.О., Кузик А.Д. (2020). Дослідження конструктивних параметрів протипожежних карнизів для запобігання поширенню пожежі фасадними конструкціями висотних будинків. Пожежна безпека, 37, 16-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.03>

4. Климась Р.В., Одинець А.А. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2021 рік: Звіт аналітичних матеріалів. К.: ІДУ НД ЦЗ, 2021. 60 с.

5. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування: ДБН В.2.6-33:2018 [Чинні від 2018-12-01]. К.: Мінрегіон України від 02.08.2018 № 199. 2018. 18 с. (Державні будівельні норми України).

6. Obwieszczenieministra Inwestycji I Rozwoju1 w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. z dnia 8 kwietnia 2019 r. Warszawa. 112 p.

7. OIB - Richtlinien (OIB-330-001/19). Österreichisches Institut für Bautechnik. Begriffsbestimmungen. Ausgabe: April 2019. Austria. 13 p. 6.

8. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016. [Чинні від 2017-06-01]. К.: Мінрегіон України від 31.10.2016 № 287. 2017. 41 с. (Державні будівельні норми України).

9. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинні від 2019-12-01]. К.: Мінрегіон України від 26.03.2019 № 178. 2018. 76 с. (Державні будівельні норми України).

10. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення: ДБН В.2.2-9:2018 [Чинні від 2019-06-01]. К.: Мінрегіон України від 26.03.2019 № 260. 2018. 49 с. (Державні будівельні норми України).

11. Яковчук Р.С., Кагітін О.І., Лоїк В.Б., Синельников О.Д., Галанченко Р.Р., Возняк О.О. (2021). Аналіз чинників, які впливають на поширення вогню конструкцією фасадної теплоізоляції з вентиляваним повітряним прошарком. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 24, 57-65.

<https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.07>

12. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. Д.: Східний видавничий дім, 2013. Т. 3: С - Я. 644 с.

13. Лівінський О.М. Довідник будівельника. Київ: Мислене древо. 2010. 504 с.

14. Сенченко І. О. Спайдерне скління фасадів - види конструкцій. Будівельні технології. URL: https://viknotex.at.ua/news/spajderni_fasadi/2010-04-22-6

15. Радіусні фасади - особливості застосування облицювальних матеріалів. Фасадні системи та технології. URL: <https://facady.com/radiusnye-fasady-osobennosti-primeneniya-oblicovochnyh-materialov>.

16. Cao L. What are Kinetic Facades in Architecture? ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/922930/what-are-kinetic-facades-in-architecture>.

17. The risks associated with falling parts of glazed facades in case of fire / Bartłomiej Sędlak et al. Open Engineering. 2018. Vol. 8, no. 1. P. 147–155.

References:

1. About building norms: the Law of Ukraine from 05.11.2009. № 1704-VI.

2. Yakovchuk, R., Ballo, Y., Kuzyk, A., Kagitin, O., & Kovalchuk, V. (2021). FDS modeling of the fire-preventing eaves effectiveness to prevent the fire spreading on facade of high-rise buildings. Bulletin of Lviv State University of Life Safety, 23, 39-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.23.2021.06>

3. Ya Ballo, R Yakovchuk, V Nizhnyk, O Sizikov, A Kuzyk (2020). Investigation of design parameters facade fire-preventing eaves for prevent the spread of fires on facade structures of high-rise buildings. Fire Safety, №37, 16-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.03>.

4. Klimas R.V., Odinets A.A. Statistics of fires and their consequences in Ukraine for 2021: Report of analytical materials. К.: Institute of Public Administration and Scientific Research in the Field of Civil Defense, 2021. 60 p. (in Ukr.)

5. DBN V.2.6-33:2018 Constructions of heat insulated external walls. Requirements for the designing. (2018). Kiev: "Ukrarkhbudinformat" (in Ukr.)

6. Obwieszczenieministra Inwestycji I Rozwoju) w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. z dnia 8 kwietnia 2019 r. Warszawa. 112 p.

7. OIB-Richtlinien (OIB-330-001/19). Österreichisches Institut für Bautechnik. Begriffsbestimmungen. Ausgabe: April 2019. Austria. 13 p. 6.

8. DBN V.1.1-7:2016 Fire safety objects of construction. General requirements. (2016). Kiev: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine (in Ukr.)

9. DBN V. 2.2-15:2019 Buildings and structures. Residential buildings. Substantive provisions. (2019). Kiev: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine (in Ukr.)

10. DBN V. 2.2-9:2018 Buildings and structures. Public buildings and structures. Substantive provisions. (2019). Kiev: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine (in Ukr.)

11. Yakovchuk, R., Kahitin, O., Loik, V., Synelnikov, O., Halanchenko, R., & Vozniak, O. (2021). Analysis of factors affecting the spread of fire by the structure of facade thermal insulation with ventilated air layer. Bulletin of Lviv State University of Life Safety, 24, 57-65. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.24.2021.07>

12. Small mining encyclopedia: in 3 volumes / ed. VS Biletsky. D.: Eastern Publishing House, 2013. Vol. 3: S - Ya. 644 p. (in Ukr.)

13. Livinsky O.M. Builder's Guide. Kyiv: Thought Tree. 2010. 504 p. (in Ukr.)

14. Senchenko I.O. Spider glazing of facades - types of constructions. Construction technologies. URL: https://viknotex.at.ua/news/spajderni_fasadi/2010-04-22-6

15. Radius facades - features of application of facing materials. Facade systems and technologies URL: <https://facady.com/radiusnye-fasady-osobennosti-primeneniya-oblicovochnyh-materialov>.

16. Cao L. What are Kinetic Facades in Architecture? ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/922930/what-are-kinetic-facades-in-architecture>.

17. The risks associated with falling parts of glazed facades in case of fire / Bartłomiej Sędlak et al. Open Engineering. 2018. Vol. 8, no. 1. P. 147–155.

© Я. В. Балло, Р. С. Яковчук, В. В. Ніжник, О. І. Кагітін, 2022.

Оглядова стаття.

Надійшла до редакції 03.05.2022.

Прийнято до публікації 17.05.2022.