

ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ СВІТЛО-ПРОЗОРИХ ФАСАДНИХ СИСТЕМ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті наведено результати експериментального дослідження поведінки світлопрозорих фасадних конструкцій під час пожежі у висотній будівлі. Проведено натурне вогневе випробування навісної світлопрозорої стіни на базі профільної системи ALT F50 з глухим міжповерховим поясом і склопакетами. Визначено критерії руйнування склопакетів, вплив площі віконного прорізу, температурних та вітрових потоків на розвиток пожежі та стійкість конструкції. Встановлено особливості руйнування склопакетів при різних сценаріях пожежі та критичні температурні режими, що призводять до переходу полум'я на верхні поверхи.

Ключові слова: пожежа, висотна будівля, світлопрозорі конструкції, склопакет, фасад, вогневе випробування, температура, руйнування, ALT F50, безпека.

Abstract

The article presents the results of an experimental study on the behavior of transparent facade structures during a fire in a high-rise building. A full-scale fire test was conducted on a suspended transparent wall based on the ALT F50 profile system with a solid interstory belt and double-glazed units. The criteria for glass unit failure, the influence of window opening area, temperature and wind flows on fire development, and the stability of the structures were determined. The features of glass unit destruction under various fire scenarios and critical temperature regimes leading to flame spread to upper floors were established.

Keywords: fire, high-rise building, transparent structures, insulated glass unit, facade, fire test, temperature, destruction, ALT F50, safety.

Вступ

Теоретичні дослідження показали, що пожежі у висотних будівлях можуть поширюватися з зовнішньої сторони фасаду. З метою отримання експериментальних даних, що дозволяють прогнозувати вплив пожежі на світлопрозорі конструкції фасадів будівель і оцінити їх стійкість в умовах пожежі, було підготовлено та проведено натурне вогневе випробування [1]. Досліджувалася стійкість навісній світлопрозорої стіни виробництва компанії ТОВ «Фототех», на базі профільної системи ALT F50 з глухим міжповерховим поясом висотою 1,2 м і світлопрозорим заповненням склопакетами з листового скла (формула склопакета 6 + 12 + 4 + 12 + 6).

Глухий міжповерховий пояс виконаний відповідно до технічних рішень компанії АЛЮТЕХ. В ході випробування визначалися наступні величини і параметри: критерії руйнування склопакетів при внутрішньому і зовнішньому пожежі; вплив площі віконного прорізу на розмір полум'я і висоту температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду; температура і потужність теплових потоків, що створюються в безпосередній близькості від світлопрозорого заповнення всередині приміщення, розташованого над приміщенням вогнища пожежі; вплив вітрових (конвективних) потоків, спрямованих уздовж фасаду будівлі на розміри температурних полів, що формуються вздовж площини фасаду.

Основна частина

Відповідність проведеного випробування розробленої програми і методики підтверджується комісією присутньої на випробуванні. Комісія зазначає, що випробування виконано на високому науково-технічному рівні. Отримані результати є науковою новизною, напрямок досліджень актуальний і вимагає додаткових досліджень з оцінки способів захисту світлопрозорих фасадів в умовах пожежі [2].

Фактори зовнішнього середовища під час випробувань. Швидкість повітряних потоків уздовж площини фасаду, яка визначається на рівні світлопрозорого заповнення першого поверху, становила

3 м/с. Температура навколишнього середовища в ході всього випробування була в межах 5,9-7,3 ° С, швидкість вітру не перевищувала 0,6 м/с. Результати вимірювань середньооб'ємної температури пожежі представлені на рисунку 1.

Апроксимуємо отримані результати, представимо їх у вигляді лінійної залежності, з деяким коефіцієнтом достовірності R_2 .

Зростання температури всередині приміщення в часі:

$$T = 25,3t + T_n \quad R_2 = 0,97$$

де T - температура, ° С;

t - час, хв; T_n - початкова температура, ° С;

Поведінка склопакета при наростаючій динаміці пожежі була наступна: перші тріщини на внутрішньому склі з'явилися на 8 хвилині, на 11 хвилині з'являються тріщини на другому склі, а на 16 хвилині відбувається випадання фрагментів внутрішнього скла і з'являється тріщина на зовнішньому склі, на 25 хвилині тріщина розходить по всій ширині скла і з неї починає проникати дим, на 33 хвилині відбувається випадання фрагментів зовнішнього скла (розмір фрагментів 5 × 5 см), а на 38 хвилині випадає фрагмент скла, утворюючи наскрізний отвір площею 0,5 м², через яке відбувається викид полум'я назовні [2-4].

Руйнування склопакета віконного заповнення відбулося при досягненні середньооб'ємної температури всередині приміщення вогнища пожежі 830 ° С.

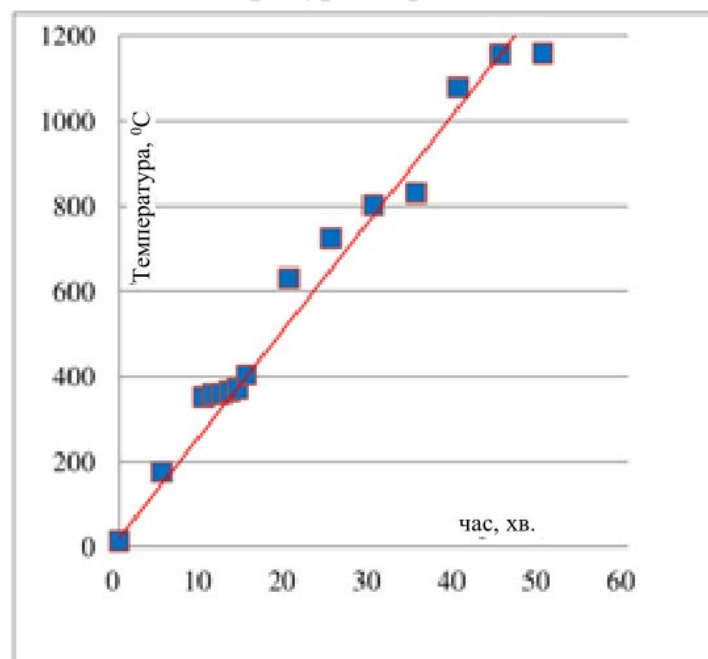


Рис. 1. Параметри розвитку пожежі: температурний режим

Аналіз динаміки зростання температурних полів уздовж площини фасаду починається з моменту виходу полум'я з приміщення вогнища пожежі назовні.

Аналіз відеоряду дозволив встановити характер поведінки склопакета після виходу полум'я на фасад будівлі. В результаті різкого зростання температури уздовж площини фасаду склопакети фасаду починають руйнуватися вже через чотири хвилини після виходу полум'я назовні. Так, на 41 хвилині руйнується зовнішнє загартоване скло міжповерхового поясу, на 42 хвилині зовнішнє скло другого поверху тріскається по всій ширині, на 43 хвилині зовнішнє скло другого поверху руйнується і випадає, а на 45 хвилині склопакет другого поверху руйнується повністю, утворюється наскрізний отвір, через який пожежа переходить на другий поверх.

На другому поверсі загоряється ситцева фіранка, розміщена на відстані 200 мм від площини віконного отвору. Проведений експеримент дозволив встановити суттєві відмінності в характері поведінки світлопрозорих конструкцій при тепловій дії від пожежі, що розвивається всередині приміщення і пожежі, що виходить з віконного отвору, в період максимального розвитку пожежі. У

період максимального розвитку пожежі полум'я, що виходить назовні, має високий імпульс впливу на фасад будівлі.

Температура і тепловий потік вже на виході мають критичні для світлопрозорих конструкцій значення, що призводить до динамічного нагріву склопакетів, їх руйнування і переходу полум'я на вище розташовані поверхи [5]. Встановлено, що висота полум'я пожежі в ході експерименту складала 3 м, в окремі нетривалі моменти викид полум'я фіксувався на рівні 5 м (рисунок 2).

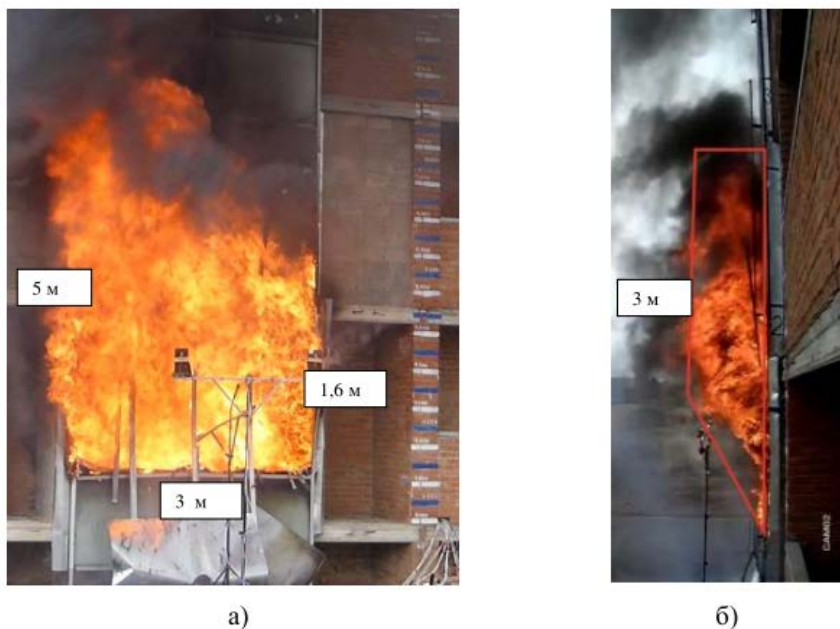


Рис. 2. Характерні розміри полум'я при виході з отвору $3 \times 1,6$ м:
а) максимальний викид 5 м; б) стабільний полум'я на рівні 3 м

За результатами вимірювань температурних полів, які розподіляються вздовж площини фасаду будівлі, встановлено, що температура в районі віконного заповнення другого поверху змінюється від 600 до 650 °С (рисунок 3).

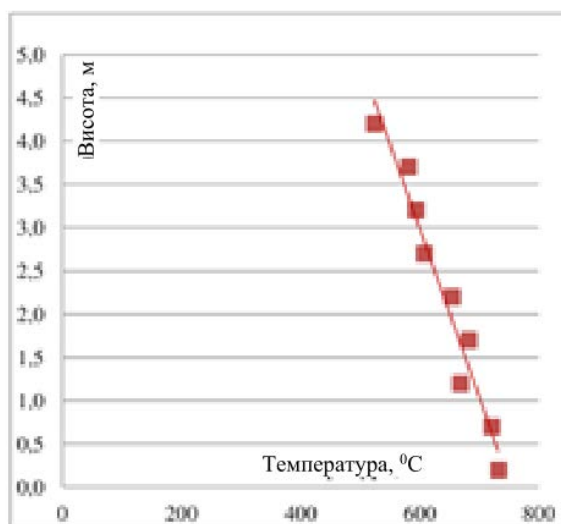


Рис. 3. Розподіл температури вздовж площини фасаду при виході полум'я назовні в період максимального розвитку пожежі

Висновки

Проведене дослідження підтвердило, що світлопрозорі фасадні конструкції є вразливими до впливу пожежі, особливо при виході полум'я назовні через віконні прорізи. Встановлено, що руйнування склопакетів відбувається при досягненні температури близько 830 °С, а подальший розвиток пожежі сприяє швидкому переходу полум'я на верхні поверхи. Отримані результати мають наукову новизну, підтверджують актуальність проблеми та вказують на необхідність подальших досліджень і розробки ефективних способів захисту світлопрозорих фасадів у висотних будівлях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Eizaguirre-Iribar A., Trifonova R. S., Ens P., Olano-Azkune X. Fire Safety of Curtain Walling: Evidence-Based Critical Review and New Test Configuration Proposal for EN 1364-4 // Fire. 2025. Vol. 8, No. 8. P. 311. DOI: 10.3390/fire8080311. URL: <https://www.mdpi.com/2571-6255/8/8/311>
2. Wang D., Ju X., Gui J. та ін. Full-Scale Experimental Study on the Integrity of Tempered Glass Protected by Different Sprinkler Systems in High-Rise Building Fire // Fire Technology. 2023. Vol. 59. P. 1465–1488. DOI: 10.1007/s10694-023-01393-9. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10694-023-01393-9>
3. Maiboroda R., Rashkevich N., Otrosh Yu., Kirichenko D. Research of the Stability of Transparent Facade Structures under the Influence of High Temperatures // Municipal economy of cities. 2024. No. 6 (187). P. 224–232. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-6-187-224-232. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6412>
4. Bode F., Simion A., Anghel I., Sandu M., Banyai D. Enhancing Fire Safety: Real-Scale Experimental Analysis of External Thermal Insulation Composite System Façades' Behavior in Fire // Fire. 2023. Vol. 6, No. 12. P. 451. DOI: 10.3390/fire6120451. URL: <https://www.mdpi.com/2571-6255/6/12/451>
5. Smirnov M. I., Minaeva I. A. Fire Safety of Glazing — Updated Mandatory Requirements. A Review // Glass and Ceramics. 2024. Vol. 81. P. 298–303. DOI: 10.1007/s10717-024-00700-2. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10717-024-00700-2>

Томчук Віталій Станіславович – студент 2-го курсу магістратури, група 1БМ-24м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, kalashVE@gmail.com

Швець Віталій Вікторович – к.т.н., доцент кафедри будівництва міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, e-mail: v.shvets@vntu.edu.ua

Tomchuk Vitalii – 2nd year master's student, group 1BM-24m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, kalashVE@gmail.com

Shvets Vitaliy – Ph. D., assistant professor of construction of urban economy and architecture Vinnitsa National Technical University, e-mail: v.shvets@vntu.edu.ua