

*А.П. Половко, канд. техн. наук, Р.Б. Веселівський,  
О.О. Василенко, Ю.Є. Шелюх, канд. техн. наук  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

В статті розглянуто дослідні зразки огороджувальних конструкцій виготовлених із пінополістиролу та мінеральної вати, проведені експериментальні дослідження цих конструкцій на вогнестійкість за ознакою втрати теплоізолявальної здатності та цілісності в універсальній вогневій камері для експериментальних досліджень. Обґрунтовано умови застосування багат шарових, огороджувальних стінових конструкцій з використанням пінополістиролу та мінеральної вати в будівлях з урахуванням їх ступеня вогнестійкості

*Ключові слова:* вогнестійкість, конструкція, мінеральна вата, пінополістирол, універсальна вогнева камера.

**Постановка проблеми.** Актуальним напрямком у галузі будівництва є підвищення якості та безпеки будівництва. Зростання темпів будівництва сприяє появі нових матеріалів і технологій, які дають змогу помітно скоротити рівень витрат і терміни будівництва. У зв'язку з цим одним з найважливіших завдань є забезпечення протипожежного захисту під час будівництва сучасних житлових та громадських будівель.

Енергозбереження в житлових і громадських будівлях є надзвичайно вагомою проблемою, це пов'язано насамперед із зростанням з кожним роком вартості енергоносіїв і тому важливим завданням сьогодення є їх збереження та раціональне використання.

Для економії енергії на обігрів будівель застосовуються і впроваджуються ефективні та економічно обґрунтовані архітектурно-планувальні рішення. Завдяки теплоізоляції, яка відповідає сучасним вимогам, суттєво зменшуються витрати на опалення під час експлуатації споруд. Дослідження показують, що близько 30-40% тепла втрачається через стіни житлових будинків.

Чим більший опір теплопередачі зовнішньої огороджувальної конструкції, тим менші тепловтрати. Для збільшення опору теплопередачі краще застосовувати зовнішнє або внутрішнє утеплення стін. На сучасному етапі розвитку будівництва при зведенні огороджувальних стінових конструкцій набули широкого застосування так звані – сендвіч-панелі (СП). СП виготовляються із сталевих листів з цинковим та лакофарбовим покриттям з наповнювачем з мінеральної вати (МВ) або пінополістиролу (ППС), склеєних клейкою композицією на основі поліуретану. Сьогодні СП – це універсальний матеріал, який можна застосовувати у будівництві торгових, виробничих, адміністративних, складських приміщень, спортивних комплексів, утеплення будинків і споруд. Але їх поведінка в умовах пожежі при високій температурі є маловивченою і потребує експериментальних досліджень.

Поряд із високими теплоізоляційними властивостями, пінополістирол який використовується у СП, має суттєві недоліки, а саме: низьку межу вогнестійкості, високу токсичність продуктів згорання тощо. Тому СП наповнювачем в яких є ППС, можуть бути застосовані у будівлях та спорудах в яких не нормується межа вогнестійкості. Аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що більшість ППС, незалежно від способу виробництва та густини, належать до групи горючості Г1 (низької горючості) [2].

Враховуючи вищенаведене, можна стверджувати, що на сьогодні наукове обґрунтування умов застосування багат шарових стінових конструкцій з використанням пінополістиролу та мінеральної вати в будівлях з урахуванням їх вогнестійкості є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого дасть змогу забезпечити сучасні вимоги

пожежної безпеки та енергозбереження під час проектування і експлуатації будівель різного призначення.

**Методика дослідження:** Методика полягає у визначенні проміжку часу від початку випробування до настання граничного стану за ознакою втрати теплоізолявальної здатності або цілісності з вогнестійкості в умовах, що регламентуються ДСТУ Б В.1.1-4-98\* Будівельні конструкції, методи випробування на вогнестійкість.[4]

У відповідності до стандартного температурного режиму пожежі, температура в печі через 1 год повинна досягнути 900-1000 °С. Для контролю температури в печі та на дослідних зразках було підготовлено два комплекти датчиків температури. Ці комплекти склалися з хромель-алюмелевих термопар  $\varnothing$  0,7 мм та  $\varnothing$  1,5 мм з ізоляцією із керамічного намиста.

Термопари в печі та у дослідному зразку під'єднували до двох термоперетворювачів марки ПВІ-0298 [3], кожен з яких міг приймати інформацію з 7-ми термопар і працював під керуванням персонального комп'ютера. Термоперетворювачі були призначені для фіксування показів термопар з наступною передачею інформації на персональні комп'ютери.

Діапазон вимірювання температур термопарами був від 10°C до 1200°C. Вимірювання термоселектрорушійної сили і обчислення температури всіх термопар здійснювали через кожні п'ять секунд та фіксували на ПК. Загальна похибка вимірювання визначалася: стабільністю джерела струму, стабільністю опору, похибкою градування термопар. Це давало можливість оперативного контролю за поведінкою термопар в процесі пожежі.

**Експериментальне дослідження.** Конструкції дослідних зразків:

- СП 1: 2-а листи з оцинкованої сталі, наповнювач ППС марки ПСВ-35, габаритні розміри 1200x1050x100; (рис. 2 а).
- СП 2: 2-а листи з оцинкованої сталі, наповнювач пресована мінеральна вата габаритні розміри 1200x1050x100. (рис. 2 б).

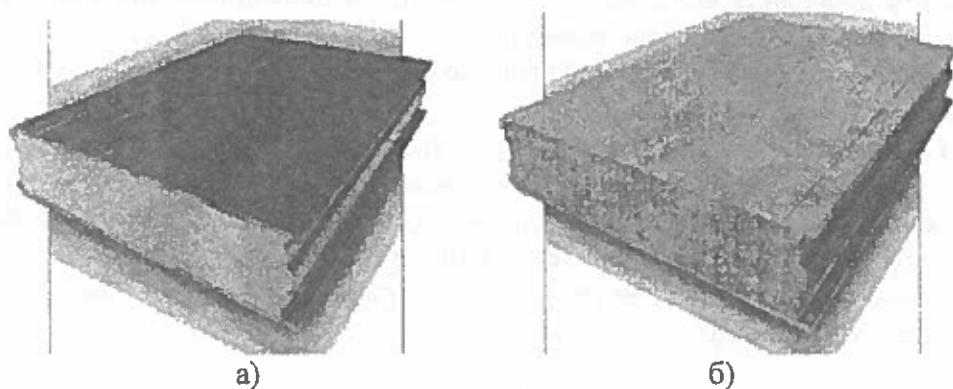


Рис. 2. а) СП 1, б) СП 2

У відповідності до ДСТУ Б В.1.1-4-98\*[1] сутність методів випробування на вогнестійкість полягає у визначенні проміжку часу від початку вогневого випробування до настання одного з нормованих граничних станів з вогнестійкості в умовах, що регламентуються стандартами.

Дослідний зразок було встановлено в піч, отвори навколо нього замуровано. По контуру фрагмента огорожувальної конструкції зроблено термоізоляцію мінеральною ватою.

Випробування зразків проводилось за вищевказаною методикою у спеціальній вогневій камері-печі. В процесі досліджень визначали межу вогнестійкості за теплоізолявальною здатністю, яку контролювали за допомогою встановлених у дослідні зразки хромель-алюмелевих термопар за схемами, наведеними на рис. 3.

Нагрів зразків проводили за стандартним температурним режимом [1], що створювався в камері-печі.

Був вибраний комплект термопар, що складався з хромель-аломелевих термопар  $\varnothing$  0,7 мм для дослідного зразка довжиною 2 м та  $\varnothing$  1,5 мм для печі довжиною 2,5-3,0 м з ізоляцією із керамічного намиста. Всього у комплекті використовували 6 термопар  $\varnothing$  0,7мм та 2 термопари  $\varnothing$  1,5мм. Термопари через перетворювачі ПВІ-0298 подавали інформацію про температуру на персональні комп'ютери.

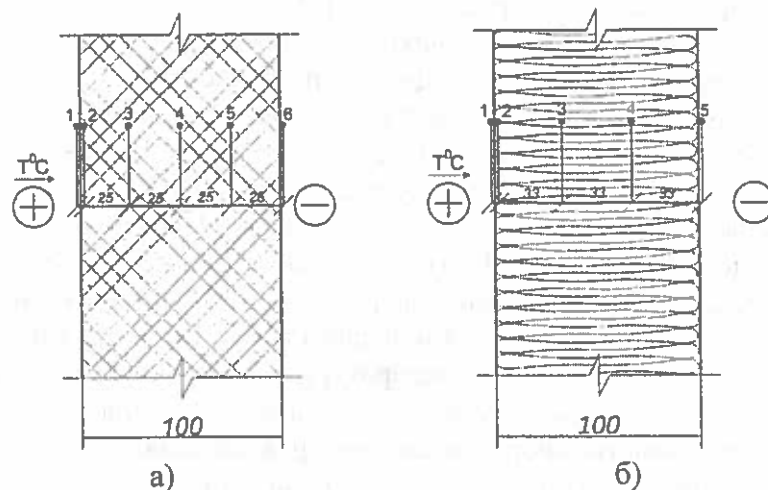


Рис. 3. Схема розташування термопар  
а) зразок СП-1, б) зразок СП-2

На початку вогневого експерименту робилися записи нульових (початкових) показів, а по завершенню вогневої дії фіксували кінцеві покази приладів після чого їх виключали. В ході експерименту проводили візуальне спостереження за поведінкою дослідних зразків зовнішніми та звуковими ефектами, вівся відеозапис.

Під час експерименту були передбачені заходи безпеки відповідно до діючих нормативних документів.

Виклад матеріалів дослідження. Прогрів дослідних зразків представлено на рис. 4, 5. Враховуючи те, що під час випробування зразка марки СП-2 реальна температура у вогневій камері була з деяким відхиленням від стандартної, було приведено реальну температуру печі до стандартної. Для цього використано метод співставлення площ, що знаходяться під кривою пожежі та обмежених ординатою температури, при якій досягнуто один з критеріїв вогнестійкості, та віссю абсцис.[3]

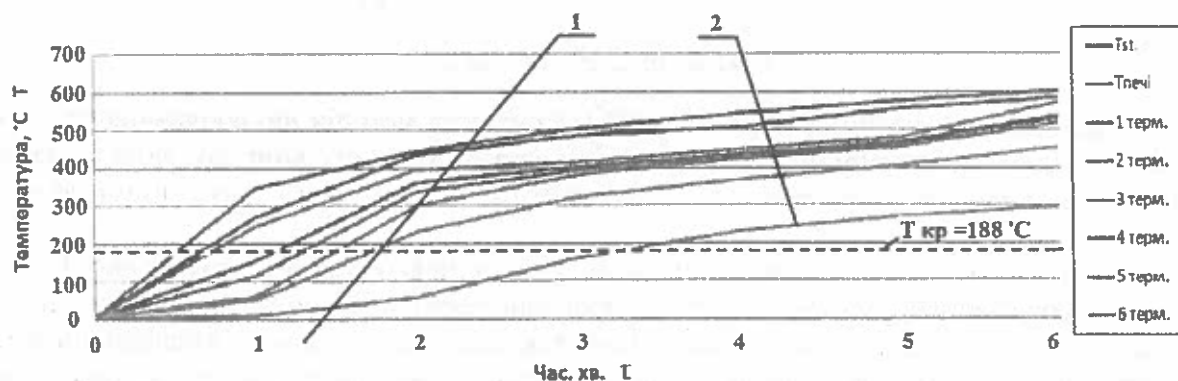
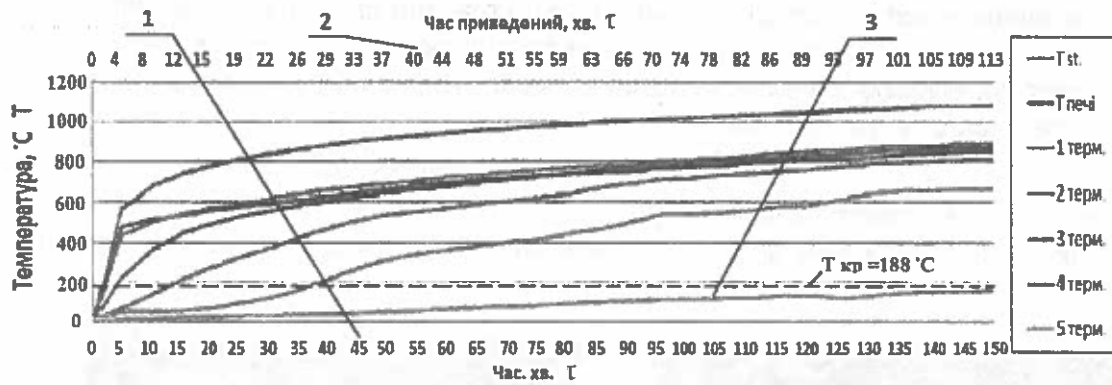


Рис. 4. Графік розподілу температур по товщині у зразку СП-1:  
1 – час проведення вогневого випробування; 2 – термопара на необігріваній поверхні



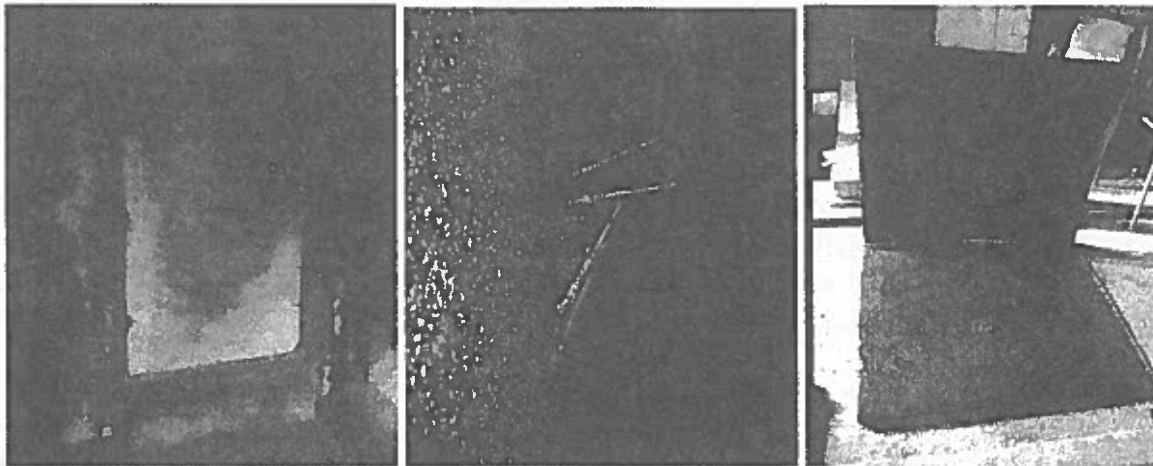
**Рис. 5.** Графік розподілу температур по товщині у зразку СП-2:

1 – час проведення вогневого випробування; 2 – приведений час проведення вогневого випробування;  
3 – термопара на необігріваній поверхні

Зробивши аналіз отриманих результатів випробування дослідного зразка СП-1, відзначаємо таке:

- температурна крива в універсальній вогневій камері була практично ідентична стандартній. Розбіжність становить не більше 2 %, що є нижчим від допустимого значення встановленого нормативними документами[1];
- дослідний зразок піддавався вогневому впливу 6 хв;
- як видно з графіка розподілу температур по товщині зразка СП-1, втрата теплоізолювальної здатності відбулася на 3-й хв 20 секунд, коли температура на не обігріваній поверхні становила 190 °C .
- вигорання ППС всередині зразка відбулося повністю.

Після охолодження печі зразок було демонтовано і проведено його візуальний огляд (рис. 6).



**Рис. 6.** Вигляд зразка СП-1 після випробування

Зробивши аналіз отриманих результатів випробування дослідного зразка СП-2, відзначаємо таке:

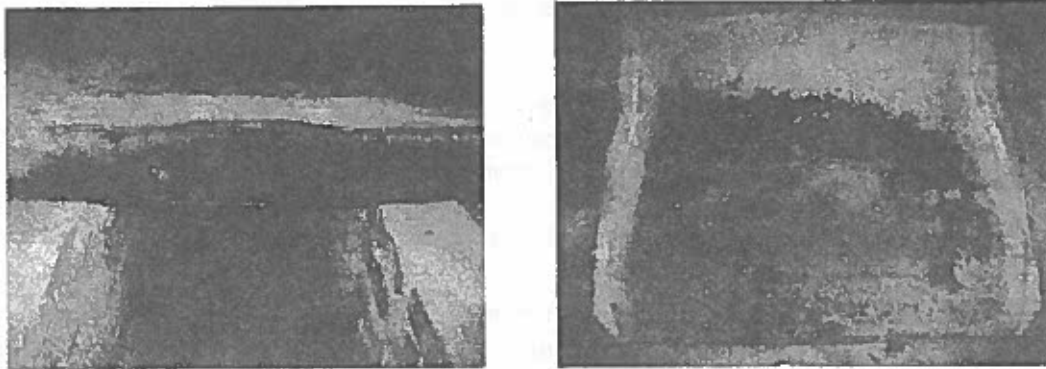
- температурна крива в універсальній вогневій камері була з деяким відхиленням від стандартної, тому її було приведено до стандартної методом співставлення площ;
- дослідний зразок піддавався вогневому впливу 113 хв;

- як видно з графіка розподілу температур по товщині зразка СП-2, граничного стану за ознакою втрати теплоізоляційної здатності через 113 хв стандартної пожежі не досягнуто, оскільки на не обігріваній поверхні (термопара №5) не досягнуто  $T_{кр}$ , яке становило для зразка СП-2:

$$T_{кр} = T_o + 180 = 8 + 180 = 188 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де  $T_o = 8 \text{ } ^\circ\text{C}$  – температура в лабораторії,

Після охолодження печі, зразок було демонтовано і проведено його візуальний огляд (рис. 7).



*Рис. 7. Вигляд зразка СП-2 після випробування*

**Висновки.** Враховуючи вищенаведене можна відзначити таке:

*Результати досліджень зразка марки СП-1:*

1. Межа вогнестійкості дослідного зразка огорожувальної конструкції стіни за ознакою втрати теплоізоляційної здатності становила менше 5 хв.
2. ППС, котрий був наповнювачем даного дослідного зразка, вигорів.
3. Можна стверджувати, що даний тип огорожувальної конструкції придатний для застосування у будівлях та спорудах, до конструкцій яких не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню.
4. Використання такого типу огорожувальної конструкції у будівлях IV та IVa ступеня вогнестійкості можливе тільки з додатковим її вогнезахистом.

*Результати досліджень зразка марки СП-2:*

1. Межа вогнестійкості дослідного зразка огорожувальної конструкції стіни за ознакою втрати теплоізоляційної здатності становила не менше 75 хв, тобто І75.
2. Візуально не було зафіксовано наскрізних прогорань та деформацій, отже можна констатувати, що межа вогнестійкості за ознакою втрати цілісності становить також не менше 75 хв, тобто Е75.

Можна стверджувати, що цей тип СП за ознакою втрати теплоізолюючої здатності дає можливість застосовувати такі стіни, як: самонесучі – у будівлях I-V ступеня вогнестійкості; зовнішні не несучі – у будівлях I-V ступеня вогнестійкості; внутрішні не несучі – у будівлях I-V ступеня вогнестійкості. За ознакою втрати цілісності такі стіни можна застосовувати, як: самонесучі – у будівлях I-V ступеня вогнестійкості; зовнішні не несучі – у будівлях I-V ступеня вогнестійкості; внутрішніх не несучі – у будівлях I-V ступеня вогнестійкості..

#### **Список літератури:**

1. **Захист від пожежі.** Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги : ДСТУ Б.В.1.1-4-98\* – Київ : Держбуд України, 2005. – 22 с

2. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» – Київ : Держбуд України, 2003. – 42 с.

3. Перетворювач вимірвальний інтелектуальний ПВІ-0298. Настанова з експлуатації. БАУИ. 405179.004 РЭ.

4. Половко А.П. Вогнестійкість енергоефективних стінових огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель: канд. дисерт. / А.П. Половко. – Львів, 2009. С.193.

5. Демчина Б.Г. Вогнестійкість одно- і багатошарових просторових конструкцій житлових та громадських будівель : докт. дисерт. / Б.Г. Демчина. – Харків, 2003. С.84-85.

*А.П. Половко, Р.Б. Веселивский, О.О. Василенко, Ю.Е. Шелюх*

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье рассмотрены опытные образцы ограждающих конструкций изготовленных из пенополистирола и минеральной ваты, проведены экспериментальные исследования этих конструкций на огнестойкость по признаку потери теплоизолирующей способности и целостности в универсальной огневой камере для экспериментальных исследований. Обоснованы условия применения многослойных, ограждающих стеновых конструкций с использованием пенополистирола и минеральной ваты в зданиях с учетом их степени огнестойкости

*Ключевые слова:* огнестойкость, конструкция, минеральная вата, пенополистирол, универсальная огневая камера.

*A.P. Polovko, R.B. Veselivskiy, O.O. Vasylenko, Yu.Ye. Shelyukh*

### EXPERIMENTAL STUDY OF FIRE RESISTANCE OF MULTILAYER ENCLOSING WALL STRUCTURES

The article considers samples of walling made of polystyrene and mineral wool. The experimental study of these structures examines their fire resistance on the grounds of heat-insulating ability loss and integrity of universal fire chamber for experimental researches. The conditions for the use of multilayer enclosing wall structures containing polystyrene and mineral wool in buildings are proved according to their degree of fire resistance.

*Key words:* fire resistance, construction, mineral wool, polystyrene, universal fire chamber.

