

*А.П. Половко, канд. техн. наук, Т.Є. Рак, канд. техн. наук, доцент,  
О.О. Василенко (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ З ВОГНЕЗАХИСТОМ ІЗ МАГНЕЗИТОВИХ ПЛИТ

У статті здійснено аналіз застосування в сучасному будівництві огорожувальних конструкцій типу «сендвіч-панель» з наповнювачем із пінополістиролу та обґрунтовано необхідність їх вогнезахисту. Розглянуто конструкцію запропонованих дослідних зразків та описано проведені експериментальні дослідження їх межі вогнестійкості, де в якості вогнезахисту застосовуються магнетитові плити. Наведено результати проведених випробувань та обґрунтовано область можливого застосування даного типу огорожувальних конструкцій відповідно до їх класу вогнестійкості.

**Ключові слова:** межа вогнестійкості, огорожувальні конструкції, сендвіч-панелі, магнетитові плити.

**Постановка проблеми.** Стрімкий розвиток будівництва в Україні характеризується застосуванням нових технологій та використанням сучасних будівельних матеріалів. Зокрема, спостерігається активний розвиток каркасного будівництва, яке дає можливість швидкого зведення будівель та споруд різного призначення (торгових комплексів, адміністративних будівель, автозаправних станцій, спортивних споруд тощо). Метод каркасного будівництва полягає у зведенні каркасу із монолітного залізобетону або металевих конструкцій з наступним монтажем легких огорожувальних конструкцій. Такий вид будівництва потребує мінімальних затрат часу та будівельних матеріалів. В ролі огорожувальних конструкцій найчастіше використовують сендвіч-панелі (СП), що є конструкціями із металевих профільованих листів між якими вмонтований теплоізоляційний шар. В якості теплоізоляційного матеріалу найчастіше застосовують пінополістирол (ППС) через його меншу вартість порівняно з іншими матеріалами такого типу. До основних переваг ППС слід віднести: хорошу теплоізоляцію (0,035 – 0,041 Вт/м·К), стійкість до атмосферних впливів, довговічність, хімічну та біологічну нейтральність, широкий асортимент та доступність на ринку.

Однак ППС є нестійким до дії високих температур та вогню, якими супроводжується пожежа. Він втрачає свої первинні фізичні та конструктивні параметри через 3 – 5 хвилин після початку впливу високої температури чи полум'я, що підтверджено вогневими випробуваннями [4, 6], та створює умови для розповсюдження полум'я. З розвитком горіння можливе наскрізне прогорання стін в зонах стикових з'єднань панелей, а також їх зміщення і руйнування в результаті пошкодження металевих деталей кріплення [4]. Використання теплоізоляційних матеріалів з низькими показниками пожежної небезпеки знижує межу вогнестійкості огорожувальної конструкції за ознакою втрати цілісності та теплоізолювальної здатності. Враховуючи наведене, забезпечення нормованої межі вогнестійкості сендвіч-панелей з ППС за допомогою вогнезахисних матеріалів є актуальною проблемою.

Дослідженнями в області вогнестійкості та вогнезахисту будівельних конструкцій протягом останнього десятиліття займалися Демчина Б.Г., Качкар Є.В., Гивлюд М.М., Шмуклер В.С., Довбиш А.В., Новак С.В., Фомін С.Л. та ін.

**Метою роботи** є обґрунтування можливої області застосування огорожувальних конструкцій типу «сендвіч-панель» нового конструктивного виконання на основі результатів експериментальних досліджень їх межі вогнестійкості.

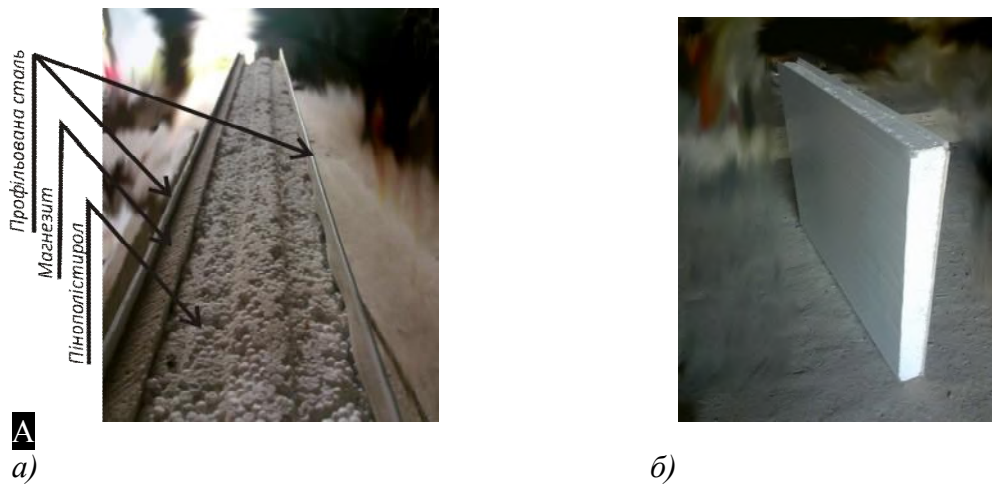
**Методика дослідження.** Для випробування використана методика експериментальних досліджень, яка відповідає вимогам діючих норм в Україні [1]. Суть випробування полягає у визначенні проміжку часу від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції, за ознакою втрати теплоізолювальної здатності або цілісності в умовах, що регламентуються ДСТУ Б В.1.1-4-98 [1].

Випробування проводились згідно зі стандартним температурним режимом [1]. Контроль температури в печі та на дослідних зразках забезпечувався за допомогою комплексу да-

вачів температури з шести хромель-алюмелевих термопар  $\varnothing$  0,7 мм та двох  $\varnothing$  1,5 мм довжиною 2,5-3,0 м з ізоляцією із керамічного намиста.

У дослідних зразках термопари встановлювались на зовнішніх сторонах та на стиках шарів конструкцій. Встановлені термопари в печі та у дослідних зразках були під'єднані до вимірювально-інтелектуального термоперетворювача марки ПВІ-0298 [3], який працює під керуванням персонального комп'ютера та зчитує покази температури кожні 5 секунд. Діапазон вимірювання термопар становить від  $10^{\circ}\text{C}$  до  $1020^{\circ}\text{C}$  з точністю, яка відповідає вимогам п. 5.3 [1]. Всі значення вимірювань термоперетворювача відображались на екрані персонального комп'ютера.

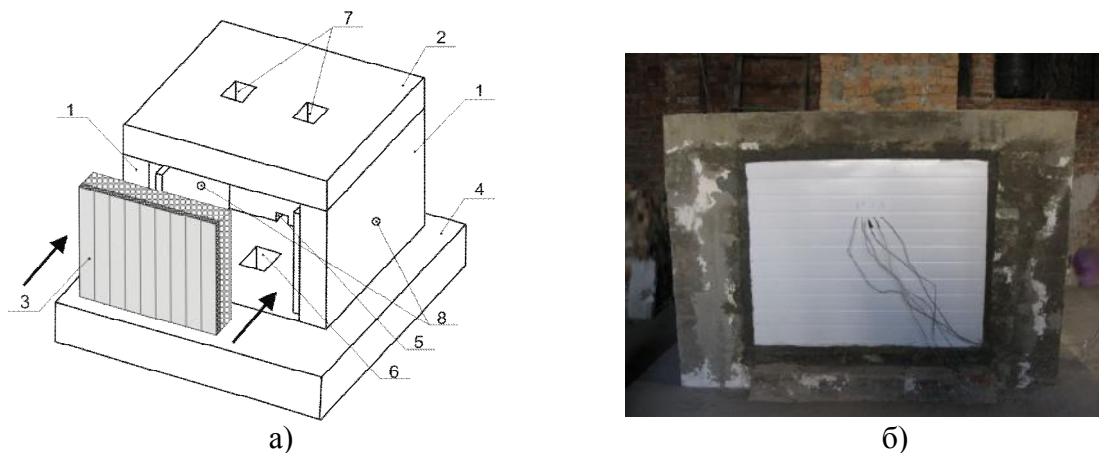
**Експериментальні дослідження.** Для проведення першого етапу експериментальних досліджень було виготовлено 2 дослідних зразки сендвіч-панелей типу СППМ-6 (сендвіч-панель пінополістирольна з магnezитом товщиною 6 мм) розмірами  $1200 \times 1050 \times 107$  мм (рис. 1а) та 2 зразки СППМ-8 (сендвіч-панель пінополістирольна з магnezитом товщиною 8 мм) розмірами  $1200 \times 1050 \times 109$  мм (рис. 1б). У всіх експериментальних зразках в якості теплоізолювального наповнювача використовувався пінополістирол марки ПСВ-35.



**Рис. 1.** Загальний вигляд експериментальних зразків СППМ  
а) зразок марки СППМ-6, б) зразок марки СППМ-8

Випробування проводились в печі для теплофізичних випробувань малогабаритних фрагментів будівель та окремих вузлів їх стикових з'єднань (патент України на корисну модель № 17160 від 15.09. 2006 року) за вищеописаною методикою [4, 6]. Під час випробування визначалась межа вогнестійкості дослідного зразка за ознакою втрати теплоізолювальної здатності та цілісності.

Експериментальний зразок був вмонтований у піч так, як відображено на рис. 2 а, б.

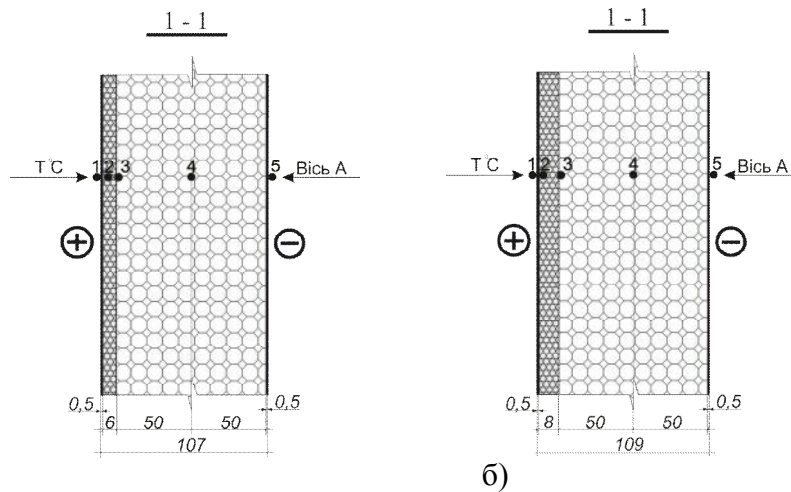


**Рис. 2.** Схема монтування дослідного зразка у випробувальну піч  
а) принципова схема монтажу: 1 – корпус, 2 – кришка, 3 – дослідний зразок, 4 – силова підлога, 5 – канал форсунки, 6 – димовий канал, 7 – оглядові отвори, 8 – отвори для термопар; б) загальний вигляд

Згідно з методикою [1] перед початком вогневого випробування в кожен зразок були вмонтовані термопари у площині поперечного перерізу по умовній лінії, яка знаходилась нижче від верхнього краю дослідного зразка на третину його висоти (рис. 3а, б).

Для герметизації середовища камери з навколишнім середовищем усі вільні прорізи в місцях дотикання дослідних зразків були ущільнені мінеральною ватою та цементним розчином. Устаткування для зчитування показів термопар було ввімкнене з моменту запуску випробувальної печі до моменту настання критичної температури прогріву зовнішньої стінки кожного дослідного зразка. Під час проведення експериментів здійснювалось візуальне спостереження за поведінкою експериментальних фрагментів сендвіч-панелей та проводилась фотозйомка експериментів.

Усі експерименти проводилися з дотриманням правил безпеки праці та вимог нормативних документів [1, 7].

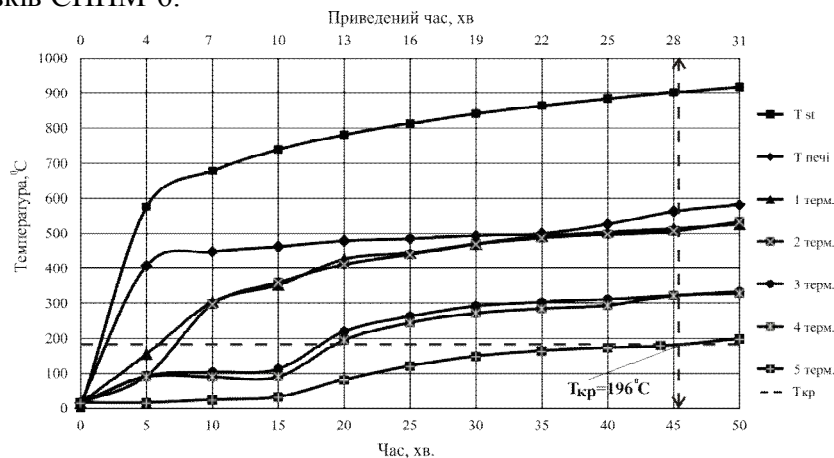


**Рис. 3.** Схема розміщення термопар в дослідних зразках  
а) зразок СППМ-6, б) зразок СППМ-8

Примітка:  $\ominus$  – необігрівана сторона;  $\oplus$  – обігрівана сторона.

**Виклад матеріалів дослідження.** За отриманими даними показів термопар зразків та печі було побудовано графіки зміни температур у місцях їх встановлення (рис. 4, 5). На рисунках відображені усереднені значення розподілу температур для двох випробувань кожного типу зразків. Оскільки при проведенні експерименту відбулось деяке відхилення від стандартного режиму, було здійснено приведення реальної температури печі до стандартної. Приведення здійснювалось за методом співставлення площ між кривими, обмежених ординатами температур, при яких досягнуто один з граничних станів вогнестійкості, та осями абсцис [3].

На рис. 4 зображені температурні криві усередненого розподілу температур по товщинах двох зразків СППМ-6.



**Рис. 4.** Графік усередненого розподілу температур в зразках СППМ-6

Після випробування та охолодження печі дослідні зразки були демонтовані для проведення візуального огляду (рис. 5).

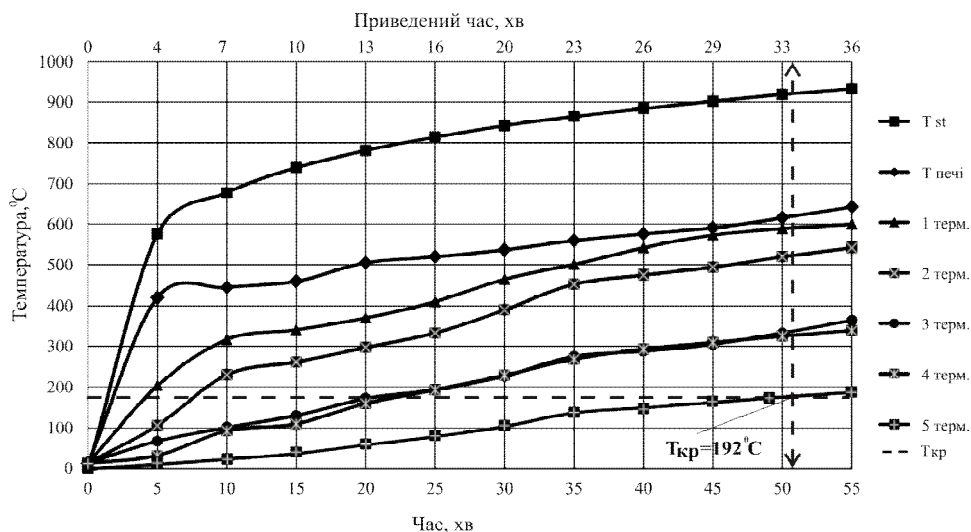


**Рис. 5.** Вигляд зразків СПІМ-6 після випробувань

Результати випробувань зразків СПІМ-6:

- дослідні зразки піддавалися вогневому впливу 50 хвилин;
- усереднене значення межі вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолювальної здатності дослідних зразків становить 28 хвилин 30 с;
- межі вогнестійкості за ознакою втрати цілісності дослідних зразків не було досягнуто;
- пінополістирол вигорів повністю та на магnezитових плитах залишилися краплеподібні частинки продуктів його згорання.

На рис. 6 зображені температурні криві усередненого розподілу температур по товщинах двох зразків СПІМ-8.



**Рис. 6.** Графік усередненого розподілу температур по товщині у зразках СПІМ-8

Після випробування, як і в попередньому випадку, зразки були демонтовані для проведення візуального огляду рис. 7.



*Рис. 7. Вигляд зразків СППМ-8 після випробувань*

Результати випробувань зразків СППМ-8:

- дослідні зразки піддавалися вогневному впливу 55 хвилин;
- усереднене значення межі вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолювальної здатності дослідних зразків становить 34 хв 20 с.
- межі вогнестійкості за ознакою втрати цілісності дослідних зразків не було досягнуто;
- на магnezитових плитах лишилися краплеподібні частинки продуктів згоряння пінополістиролу та утворилися тріщини в нижній частині (рис. 7).

**Висновки:**

1. Межа вогнестійкості експериментального зразка марки СППМ-6 становить 28 хв, що, згідно з нормативними вимогами, відповідає регламентованому класу вогнестійкості EI 15.
2. Межа вогнестійкості експериментального зразка марки СППМ-8 становить близько 34 хв, що, згідно з нормативними вимогами відповідає регламентованому класу вогнестійкості EI 30.
3. Втрати межі вогнестійкості за ознакою втрати цілісності дослідних зразків не було досягнуто.
4. Огороджувальні конструкції марки СППМ-6 можна використовувати в якості зовнішніх ненесучих стін в будівлях IIIа, IIIб, IV, VIа, V ступенів вогнестійкості, внутрішніх ненесучих (перегородки) II, III, IIIа, IIIб, IV, VIа, V ступенів вогнестійкості.
5. Огороджувальні конструкції марки СППМ-8 можна використовувати в якості зовнішніх ненесучих стін в будівлях III, IIIа, IIIб, IV, VIа, V ступенів вогнестійкості, внутрішніх ненесучих (перегородки) I, II, III, IIIа, IIIб, IV, VIа, V ступенів вогнестійкості.

**Список літератури:**

1. **Захист від пожежі.** Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги: ДСТУ Б.В.1.1-4-98\*. – [Чинний від 1999-03-01]. – К.: Держбуд України, 2005. – 22 с. – (Національний стандарт України).
2. **Захист від пожежі.** Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1-7-2002 – К.: Держбуд України, 2003. – 42 с. – (Нормативний документ Державного комітету України з будівництва та архітектури).
3. **Перетворювач вимірювальний інтелектуальний ПВІ-0298.** Настанова з експлуатації. БАУИ. 405179.004 РЭ.
4. **Половко А. П.** Вогнестійкість енергоефективних стінових огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель: дис. ... к-та техн. наук: 21.06.02 / Половко Андрій Петрович; Львів. держ. ун-т безп. життєдіял. – Львів, 2009. – 193 с.
5. **Демчина Б. Г.** Вогнестійкість одно- і багатошарових просторових конструкцій житлових та громадських будівель: докт. дисерт. / дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01 / Демчина Богдан Григорович; Харків. держ. техн. ун-т будів. та архітект. – Харків, 2003. – 367 с.

**6. Експериментальне дослідження** вогнестійкості багатошарових огорожувальних конструкцій / А. П. Половко, Р. Б. Веселівський, О. О. Василенко, Ю. Є Шелюх // Пожежна безпека: зб. наук. пр. – Львів, 2011. – № 19. – С. 118-123.

**7. Панелі металеві з утеплювачем з пінопласту.** Технічні умови: ДСТУ Б.В.2.6.-70:2008. – [Чинний від 2009-07-08] – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с. – (Національний стандарт України).

*А.П. Половко, Т. Е. Рак, А.А. Василенко*

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДЕЛА ОГНЕСТОЙКОСТИ СЕНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ С ОГНЕЗАЩИТОЙ ИЗ МАГНЕЗИТОВЫХ ПЛИТ**

В статье проведен анализ применения в современном строительстве ограждающих конструкций типа «сэндвич-панель» с наполнителем из пенополистирола и обоснована необходимость их огнезащиты. Рассмотрено конструкцию предложенных опытных образцов и описано проведенные экспериментальные исследования их предела огнестойкости где в качестве огнезащиты применяются магнезитовые плиты. Отражены результаты проведенных испытаний и обосновано область возможного применения данного типа ограждающих конструкций согласно их классу огнестойкости.

**Ключевые слова:** предел огнестойкости, ограждающие конструкции, сэндвич-панели, магнезитовые плиты.

*A.P. Polovko, T. Ye. Rak, O.O. Vasylenko*

### **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF FIRE ENDURANCE OF SANDWICH PANELS WITH FIRE PROTECTION OF MAGNESITE SLABS**

In the article an analysis of application of walling type "sandwich panel" filled with polystyrene in modern construction is conducted and the necessity of its fire protection is justified. The design of the proposed prototypes and conducted experimental studies of their fire resistance are described where magnesite slabs are applied as fire protection. The results of the tests are displayed and the area of possible application of this walling type according to its fire resistance class is justified.

**Key words:** fire endurance, walling, sandwich panels, magnesite slabs.

