

УДК 614.842

*С.Д. Щінець***МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ У ПЕРЕРІЗАХ НЕСУЧИХ СТІН
ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ЇХ ВИПРОБУВАНЬ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ**

В статті наведені основні положення розробленого методу інтерполяції температурних полів у перерізах несучих стін за результатами вимірювань температури при використанні стандартних методик вогневих випробувань для розрахункової інтерпретації отриманих даних при оцінці їх вогнестійкості.

Ключові слова: вогнестійкість, несучі стіни, випробування, температурний розподіл.

*S. Shchipets***METHOD FOR DETERMINING THE TEMPERATURE PATTERN IN THE CROSS
SECTION OF THE LOAD-BEARING WALL AS A RESULT OF THEIR FIRE TEST**

The article presents the main points of the method of interpolation of temperature patterns in the cross sections of load-bearing walls following the results of temperature measurements using standard methods of fire tests for computational interpretation of data upon assessment of their fire resistance.

Keywords: fire resistance, load-bearing walls, fire test, temperature pattern.

Випробування несучих стін на вогнестійкість відбувається у відповідності до чинних стандартів України [1, 2]. Згідно із цими стандартами фрагмент несучої стіни повинен бути підданий вогневій дії в умовах механічного навантаження, що має повністю відповідати діючому навантаженню у стіні згідно із розрахунковою схемою конструкції будівлі. Такі чинники створюються відповідними вузлами випробувальних установок, які поєднують вогневу піч із опорно-навантажувальною рамою, де встановлені гідравлічні домкрати. Вогнева піч має вогнетривке огороження, конфігурацію, що забезпечує рівномірний обігрів поверхні стіни з одного боку, де імовірний розвиток пожежі, а також паливно-форсункову систему на рідкому паливі, що забезпечує стандартний температурний режим пожежі. Наявні в Україні установки мають суттєве обмеження на величину механічного навантаження, яке має бути прикладене під час експерименту, – може бути забезпечений тиск не більше за 200 т/м². Це значення може бути суттєво меншим за величину навантаження, які потрібно прикласти у відповідності до діючих навантажень. Тому випробування проводяться в умовах коли прикладаються суттєво менші навантаження, або взагалі не прикладається. Стандартами, чинними в Україні при випробуванні несучих стін на вогнестійкість [2] не забороняються випробування з прикладанням значно менших навантажень або без їх прикладання, але в той же час означений стандарт не дає будь-яким чином обґрунтованої методики визначення межі вогнестійкості несучих стін на основі таких випробувань.

Аналіз публікацій щодо розрахункових методів проектування несучих стін за умовою їх пожежної безпеки [1 – 4] показує що означені методи дають змогу комплексно врахувати всі перелічені особливості, якщо використати результати вимірювань при реалізації стандартних методик випробувань на вогнестійкість у якості початкових даних для розрахунку. Такими вихідними даними можуть бути розподілення температур у внутрішніх шарах несучих стін при їх нагріванні за стандартним температурним режимом пожежі, визначених за допомогою інтерполяції дискретних даних щодо температури, виміряних у відповідних контрольних точках.

У зв'язку з цим сформульована мета дослідження.

Постановка задачі та її розв’язання. Мета роботи полягає у обґрунтуванні методу інтерполяції температурних розподілів у перерізі несучих стін, за результатами вимірювань температури у контрольних точках, отриманих під час проведення стандартних випробувань на вогнестійкість, для подальшого використання в якості початкових даних розрахункової оцінки вогнестійкості шляхом вирішення міцнісної задачі.

Нами запропонований метод [4] визначення фактичної межі (ФМВ) вогнестійкості несучих будівельних конструкцій, що базується на вирішенні міцнісної задачі з використанням результатів вимірювання температури і деформацій під час їх вогневих випробувань без прикладання механічного навантаження. На рис. 1. подана схема реалізації даного методу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачу визначення температурного розподілення у перерізі стінового фрагменту-зразку, підданого випробуванням на вогнестійкість, за результатами локального вимірювання температури у контрольних точках поверхонь та внутрішніх шарів.

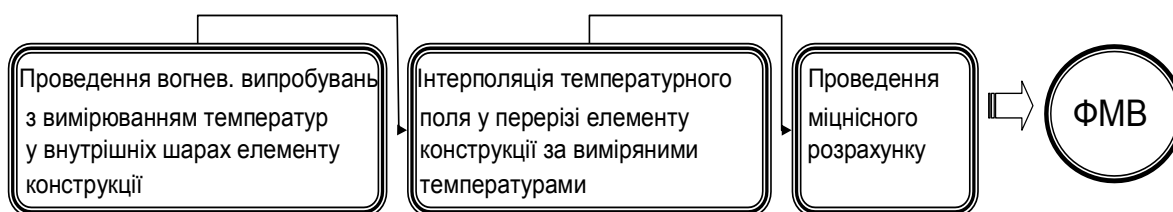


Рисунок 1 – Схема здійснення оцінки вогнестійкості несучих стін що базується на вирішенні міцнісної задачі з використанням результатів вимірювання температури і деформацій під час їх вогневих випробувань.

При розробці методу інтерполяції була розглянута серійна залізобетонна стіна, що є поширеною для зведення ліфтових та вентиляційних шахт, тамбур-шлюзів. Для досягнення необхідної точності результатів інтерполяції розроблена схема вимірювання, яка подана на рис. 2.

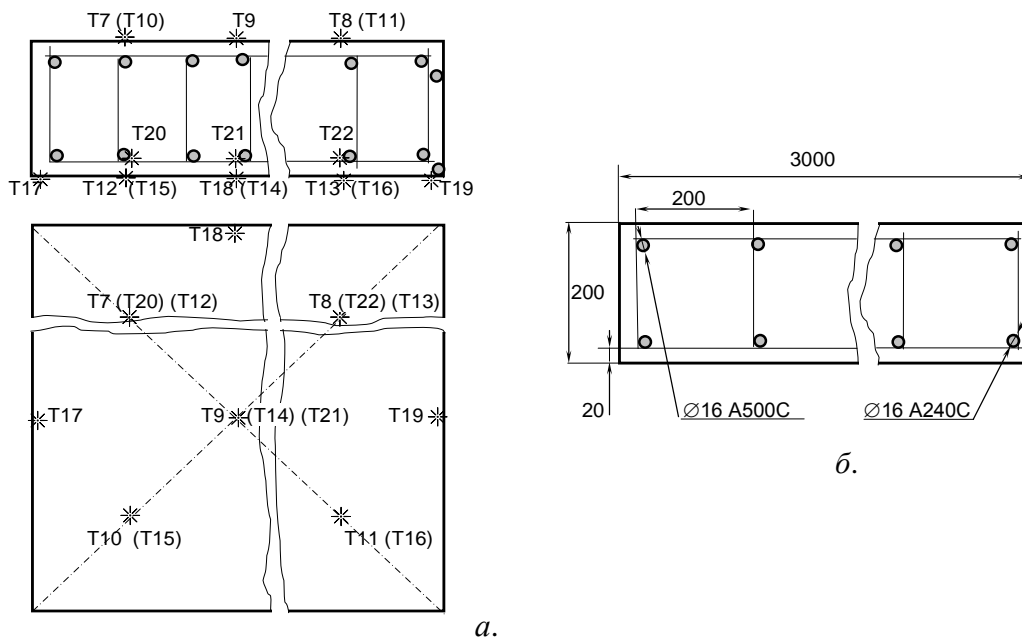


Рисунок 2 – Положення термодатчиків при випробуваннях залізобетонної стіни для реалізації розробленого методу оцінки вогнестійкості (а) та схема армування стіни (б).

На рис. 2 подані позначення термодатчиків у проекційному зв’язку (термодатчики, що є невидимі у напрямку променя, що напрямлений зверху вниз позначаються у дужках). Для

відпрацювання процедур методів оцінки вогнестійкості за допомогою інтерпретації результатів вогневих випробувань були проведені вогневі випробування з використанням випробувальної установки, схема якої наведена на рис. 3.

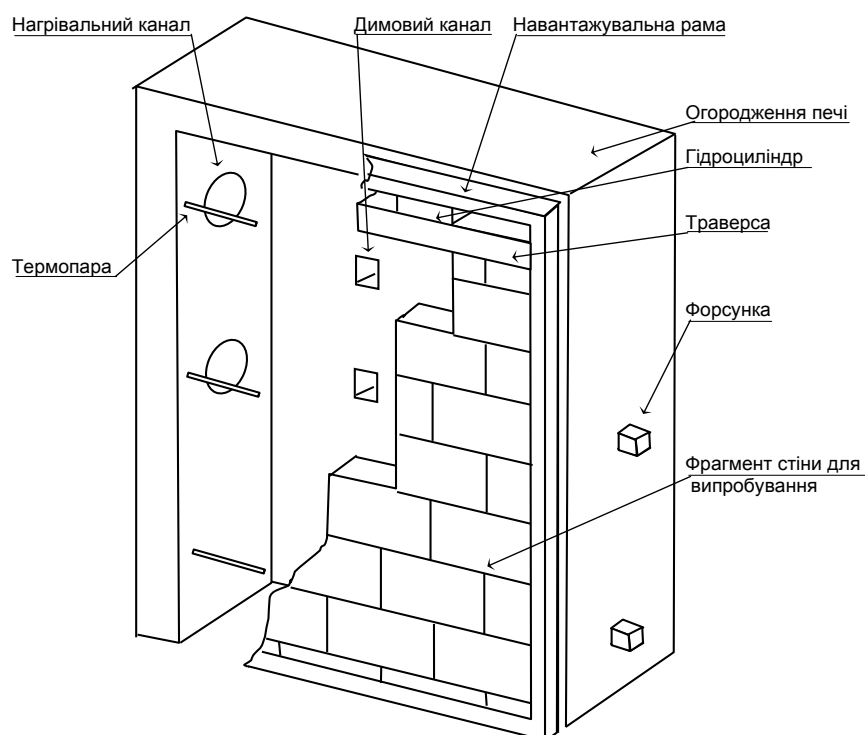


Рисунок 3 – Схема випробувальної установки.

Випробуванням були піддані два зразки-фрагменти залізобетонної стіни, що мали розміри 3200×3000×200 мм. Характеристики зразків подані у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні параметри залізобетонних стін-зразків для випробувань

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця виміру
Геометричні розміри			
• ширина	s	0,2	м
• ширина захисного шару	w	0,02	
• довжина стіни	l	3,2	
• висота стіни	h	3	
Тип бетону	Важкий на гранітному заповнювачі	Клас С 30/35 (В30)	
Густина бетону	ρ_B	2300	кг/м ³
Водоцементне відношення	В/Ц	0,36	
Вологість бетону	u	< 3	%
Робоча арматура внутрішня:		Клас А500С	
• діаметр	d_1	0,016	м
Робоча арматура зовнішня:		Клас А240С	
• діаметр	d_2	0,016	м
Каркасна арматура:		Клас А240С	
• діаметр	d_3	0,008	м

На рис. 4 подані результати вимірювань температури на обігрівній та необігрівній поверхнях фрагменту стіни, підданого вогневим випробуванням.

Для інтерполяції температур у перерізі зразків була використана формула:

$$T_{k,i} = T_{w2k} + (T_{w1k} - T_{w2k}) \chi^{a_h \exp(b_h \cdot (k_{max} - k) + c_h)}, \quad (1)$$

де T_{w1k} , T_{w2k} – відповідно середні температури обігрівної та необігрівної поверхонь стіни, підданій випробуванню, у k -тий момент часу експонування;

a_h , b_h , c_h – коефіцієнти регресії, відповідні певній товщині для стіни із даного матеріалу, які визначаються з табл. 2;

k , k_{max} – поточний та максимальний дискретний час випробування, що визначаються через інтервал 1 хв;

χ - узагальнена координат вузлової точки у перерізі стінового фрагменту.

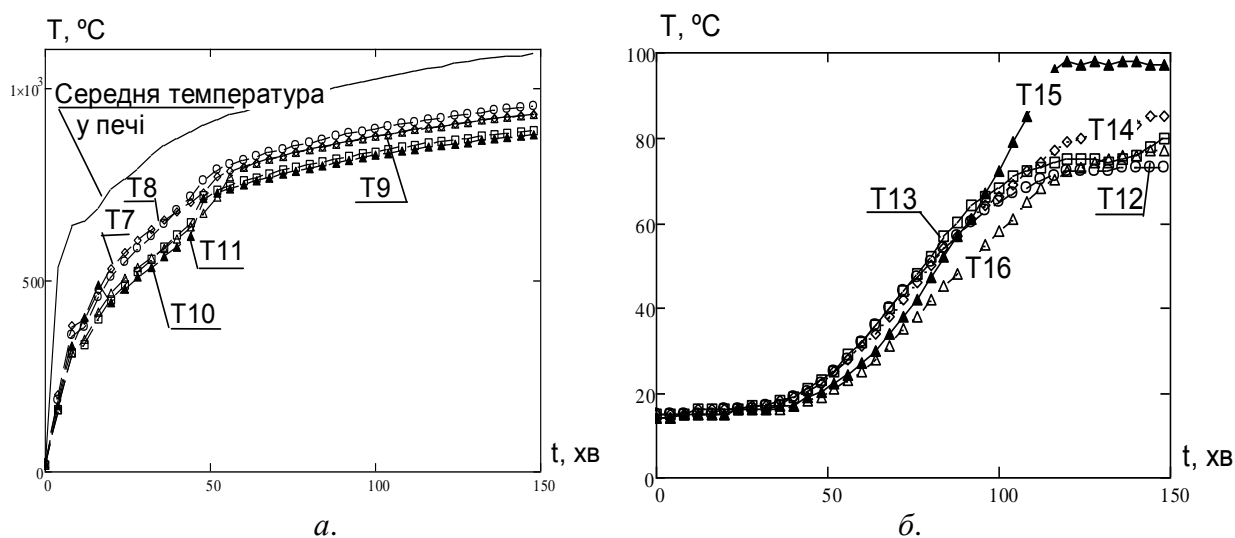


Рисунок 4 – Результати вимірювань температур у стіновому фрагменті-зразку: на обігрівній поверхні (а) та на необігрівній поверхні (б).

Таблиця 2 – Значення параметрів апроксимуючого поліному для стін із залізобетону

Товщина стіни, мм	Параметр a , $\times 10^{-5}$	Параметр b	Параметр c
70	0,0056	0,124	1,9
90	0,0021	0,135	2,381
100	0,0089	0,125	3,378
140	2,97	0,087	2,850
170	0,57	0,1	3,456
190	4,22	0,087	3,741
200	9,25	0,082	3,880
240	11,91	0,082	4,814
300	91,51	0,007	5,850
365	470,51	0,059	6,829

У результаті інтерполяції було отримані розподілення температури у перерізі залізобетонної стіни, підданій випробуванню, які наведені на рис. 5.

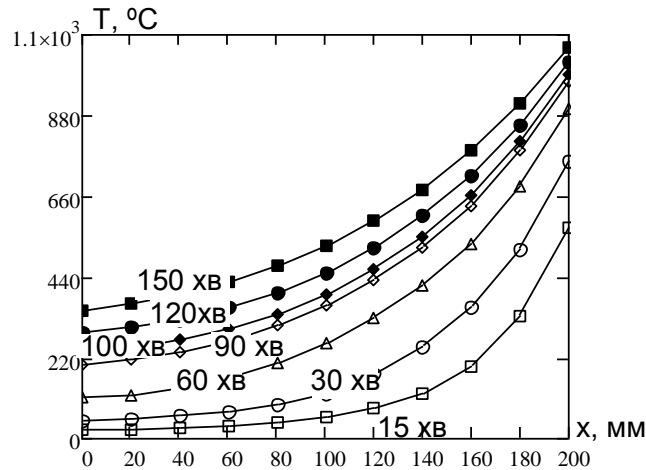


Рисунок 5 – Результати інтерполяції температурних розподілів у стіновому фрагменті-зразку, підданому випробуванням на вогнестійкість.

Отримані результати були досліджені на адекватність за допомогою порівняння температури, отриманої для шару розташування арматурних стержнів і результатами вимірювання у контрольних точках термодатчиків T20 – T22 (див рис. 2). Результати проведеного аналізу подані у табл. .

Таблиця 3 – Дані аналізу адекватності результатів інтерполяції

Параметри стіни	Максимальне середнє відносне відхилення, %	Максимальне середньоквадратичне відхилення, °C	Максимальне значення F-критерію	
			обчислене	табличне
Матеріал: залізобетон (товщина 200 мм)	14	25	0,88	1,01

Дані табл. 3 свідчать про те, що результати інтерполяції є адекватними. Розроблений метод інтерполяції можна використовувати для проведення наближення температурних розподілів за дискретними вимірюваннями температур у контрольних точках де встановлюються термодатчики при випробуваннях стінових фрагментів-зразків на вогнестійкість.

На рис 6 показані графіки середньоквадратичного відхилення та середньої похибки для стін різної товщини. Для стін товщини 100 мм і 300 мм в якості початкових даних для проведення інтерполяції використані результати розв'язку одномірної задачі теплопровідності.

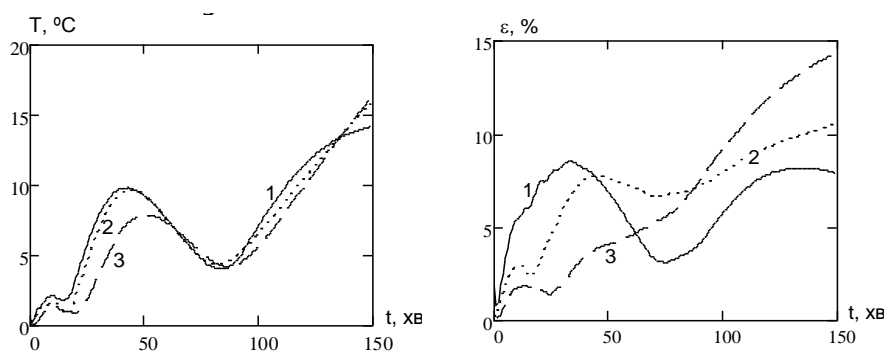


Рисунок 6 – Графіки середньоквадратичного відхилення (а) та середнього відносного відхилення (б) результатів інтерполяції для стін з бетону на гранітному заповнювачі із

різною товщиною: 1 – стіна товщиною 100 мм; 2 – стіна товщиною 200 мм; 3 – стіна товщиною 300 мм.

Висновки. З огляду на проведені дослідження можна зробити такі висновки:

1. Знайдено коефіцієнти регресії функціоналу для інтерполяції температурних розподілів у перерізі залізобетонних стін різної товщини.

2. Проведено випробування залізобетонних стінових фрагментів зразків і знайдені температурні розподіли у його внутрішніх шарах у будь-який час випробування за допомогою розробленого метода інтерполяції.

3. Показана адекватність і висока точність результатів інтерполяції температурного розподілення у перерізі залізобетонної стіни, підданої випробуванням.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
2. ДСТУ Б В.1.1-19: 2007. Захист від пожежі. Несучі стіни. Метод випробування на вогнестійкість. – К.: Укрархбудінформ, 2008.
3. ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. – К.: Укрархбудінформ, 2005.
4. Поздеев С.В. Експериментально-розрахунковий метод оцінки вогнестійкості залізобетонних стін на основі їх вогневих випробувань / С.В. Поздеев, С.Д. Щіпець, В.К. Словінський, О.В. Некора // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. – Черкаси: АПБ, 2013. – С. 224–226.

