

УДК 614.841.415

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2024.8.2.167.180>

¹**Вадим ЯНІШЕВСЬКИЙ** (ORCID ID: 0009-0006-2514-6593),

²**Аліна ПЕРЕГІН**, доктор філософії з пожежної безпеки
(ORCID ID: 0000-0003-2062-5537),

¹Третій спеціальний центр швидкого реагування ДСНС України,

²Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

АЛГОРИТМ ЗАСТОСУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВОГО МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ НЕСУЧИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СТІН

Метою даної роботи є обґрунтування алгоритму застосування удосконаленої експериментально-розрахункової методики оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін, яка дозволяє ефективніше в порівнянні з існуючими встановлювати межу вогнестійкості несучих залізобетонних стін із застосуванням малогабаритної вогневої установки для дослідження теплового впливу пожежі на залізобетонні конструкції та врахуванням особливостей матеріалів конструкції і механічних навантажень, що діють на неї під час експлуатації.

У даній роботі пояснено та обґрунтовано спрощену покрокову схему проведення удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих стін. Визначено та описано вимоги щодо малогабаритної вогневої установки для дослідження теплового впливу пожежі на несучі залізобетонні стіни. Розроблено алгоритм виконання експериментального дослідження з нагрівання несучої залізобетонної стіни за стандартним температурним режимом пожежі. Визначено основні дані, які необхідно отримати експериментальним шляхом для подальшого виконання розрахунку міцності несучих залізобетонних стін. Проведено розрахунок міцності несучої залізобетонної стіни та визначено, що межа вогнестійкості стіни висотою 4 м з розподіленним навантаженням 300 т за 60 хв по втраті несучої здатності не настає, а ресурс несучої здатності становить 31%.

Розроблено алгоритм застосування удосконаленої методики проведення оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін експериментально-розрахунковим методом.

Ключові слова: вогнестійкість, стіна, температура, випробування, установка, експеримент, розрахунок, метод, залізобетон, будівельна конструкція, пожежа.

Постановка проблеми. Сучасні методики оцінювання вогнестійкості часто не враховують всі можливі фактори, що впливають на поведінку матеріалів під час пожежі, як-от специфічні властивості залізобетону, типи механічних навантажень, умови експлуатації та вплив високих температур. Відповідно вони мають як переваги, так і недоліки, які обмежують їхню ефективність, а саме: багато існуючих методів не розглядають всі особливості матеріалів та конструкцій, що може призводити до неточних результатів; типові методи не охоплюють всі реальні механічні навантаження, які діють на конструкцію під час її експлуатації; більшість методів не враховують одночасний вплив температури та механічних навантажень, що знижує їхню ефективність. Це призводить до

похибок у визначенні межі вогнестійкості, що, у свою чергу, може спричинити небезпеку для будівель.

З огляду на ці проблеми, необхідно розробити та обґрунтувати алгоритм застосування удосконаленої методики, яка дозволить більш точно оцінювати вогнестійкість несучих залізобетонних стін. Така методика повинна включати: врахування специфічних властивостей матеріалів, зокрема типів бетону та арматури, їхні фізико-механічні характеристики; інтеграцію даних про реальні механічні навантаження, які діють на конструкцію під час експлуатації; використання комплексного підходу, що поєднує експериментальні та розрахункові методи, для підвищення точності оцінювання.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Існують вимоги щодо процесу оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін [1-3], які дозволяють проводити випробування без навантаження на досліджувані зразки будівельних конструкцій. Стандарти зазначають, що можна досліджувати як фрагменти конструкцій, так і конструкції проектних розмірів. Проте випробування нестандартизованих та великогабаритних конструкцій є проблематичним через значні фінансові витрати та витрати праці, а також через те, що випробувальні печі можуть бути меншими за розмірами, ніж досліджувані конструкції.

У попередніх дослідженнях [4-7] було визначено параметри конфігурації малогабаритної вогневої установки для проведення дослідження теплового впливу пожежі на фрагмент несучої залізобетонної стіни, виготовлено фрагмент досліджуваної конструкції та проведено експеримент з нагрівання малогабаритного фрагмента несучої залізобетонної стіни у малогабаритній вогневій установці. Експеримент полягає у впливі стандартного температурного режиму пожежі без механічного навантаження за умови нагрівання елемента залізобетонної стіни з однієї сторони. Розроблено алгоритм проведення розрахунку оцінки межі вогнестійкості несучої залізобетонної стіни на основі отриманих експериментальних даних за результатами вогневих випробувань без механічного навантаження, що лягає в основу загальної методики. Відповідно до отриманих результатів існує можливість розробити покрокову схему проведення удосконаленого методу оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін, який об'єднує експериментальний та розрахунковий підхід.

Постановка задачі та її розв'язання. Для досягнення поставленої мети, а саме: обґрунтування алгоритму застосування удосконаленої експериментально-розрахункової методики оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін, яка дозволяє ефективніше в порівнянні з існуючими встановлювати межу вогнестійкості несучих залізобетонних стін із застосуванням малогабаритної вогневої установки для дослідження теплового впливу пожежі на залізобетонні конструкції та врахуванням особливостей матеріалів конструкції і механічних навантажень, що діють на неї під час експлуатації, поставлено та вирішено наступні завдання:

- описати спрощену покрокову схему проведення удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих стін;
- описати та обґрунтувати загальні вимоги щодо малогабаритної вогневої установки для дослідження теплового впливу пожежі на несучі залізобетонні стіни;
- розробити алгоритм виконання експериментального дослідження з нагрівання несучої залізобетонної стіни за стандартним температурним режимом пожежі;

- провести розрахунок міцності несучої залізобетонної стіни;
- обґрунтувати алгоритм застосування удосконаленої методики оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін експериментально-розрахунковим методом.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів.

Відповідно до схеми на рис. 1. за допомогою удосконаленого експериментально-розрахункового методу можливо провести оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін спрощеним алгоритмом, який передбачає :

1. Схематичне зображення розмірів досліджуваного фрагмента, який заздалегідь виготовляється для нагрівання в камері малогабаритної вогневої установки.
2. Підготовка фрагмента до випробувань, включаючи встановлення датчиків контролю температури у камері вогневої установки та у досліджуваному фрагменті.
3. Проведення експериментального випробування шляхом нагрівання досліджуваного фрагмента у камері малогабаритної вогневої установки.
4. Визначення розподілу температури у перерізі несучої залізобетонної стіни кожної хвилини випробування на основі точкових замірів температури під час нагрівання у камері вогневої установки.
5. Розрахункова оцінка межі вогнестійкості.

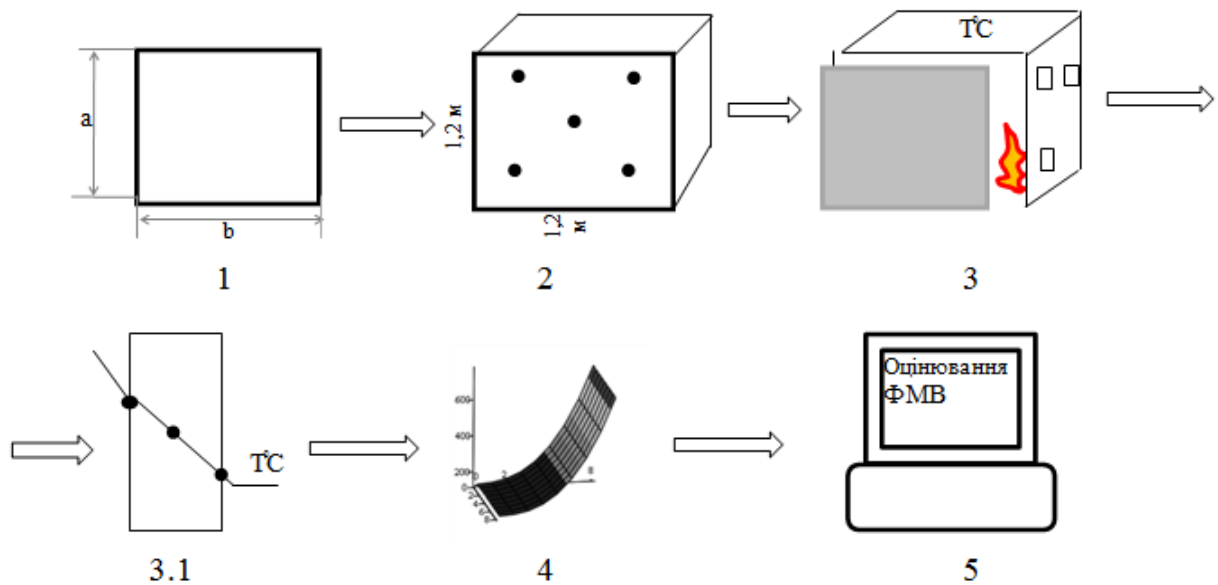


Рисунок 1 - Спрощена покрокова схема удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін

Для проведення експериментальної частини з нагрівання фрагмента несучої залізобетонної стіни варто використовувати вогневу установку, яка відповідатиме основним вимогам [1]:

1. Забезпечення рівномірного прогрівання камери вогневої печі та обігрівної поверхні досліджуваного фрагмента. Для цього рекомендовано використовувати вогневу установку з мінімально можливим розміром камери, яка

забезпечити необхідну відстань від факела полум'я. Висота установки має гарантувати мінімальний об'єм для циркуляції продуктів горіння, що дозволяє відтворити стандартний температурний режим пожежі у камері.

2. Розміщення пальників. Вони повинні бути розташовані так, щоб забезпечити мінімально необхідну відстань від факела полум'я, уникнути непрямих впливів вогню на стіни та забезпечити рівномірне поширення теплового потоку. Рекомендується дотримуватися встановлених стандартів щодо мінімальної відстані між пальниками та стінами.

3. Отвір для відведення продуктів горіння. Рекомендується розташовувати отвір для відведення продуктів горіння внизу на задній стінці камери вогневої печі з можливістю регулювання його розміру.

На основі прикладу діючої установки, описаної у [8], слід дотримуватися наступного алгоритму дій щодо створення малогабаритної вогневої установки:

1. Камеру вогневої установки слід створювати у П-подібній формі, яка дозволить випробовувати основні типи залізобетонних конструкцій (стіна, плита, балка, колона) завдяки двом знімним панелям. Правильно розмістити чотири отвори для встановлення пальників з можливістю змінювати їхнє положення залежно від типу досліджуваного елемента конструкції, що забезпечить рівномірний тепловий потік. Знімні панелі виготовляти з металевого каркасу, який наповнено мінеральною ватою, яка витримуватиме температуру в 1000 °C, та листа із нержавіючої сталі.

2. Отвір для відведення продуктів горіння рекомендується розташовувати у нижній частині стіни малогабаритної вогневої установки по центру.

3. Для створення необхідного температурного режиму у камері малогабаритної вогневої установки рекомендується використовувати газ, оскільки це екологічно чистіше паливо, що містить значно менше шкідливих речовин, ніж дизельне паливо, зокрема CO₂ (майже вдвічі менше). Для рівномірного прогрівання камери малогабаритної вогневої установки газ слід подавати за допомогою двох газових балонів з редукторами, які потрібно розташувати на безпечній відстані від малогабаритної вогневої установки.

4. Для контролю температурного режиму у камері малогабаритної вогневої установки та у досліджуваному фрагменті необхідно встановити датчики контролю температури, кількість яких визначається залежно від виду досліджуваного фрагмента.

5. Для зняття цифрових значень температури рекомендовано використовувати спеціальний технічний вимірювальний засіб, який враховує температуру холодних спаїв й автоматично вносить поправки у значення вимірювання температури та дозволяє вимірювати її з чутливістю в 0,25°C і одночасно транслює температуру у камері малогабаритної вогневої установки та у досліджуваному фрагменті на засоби комп'ютерної техніки (ноутбук).

На рис. 2 зображено рекомендовані мінімальні геометричні параметри малогабаритної вогневої установки для дослідження теплового впливу пожежі на несучі залізобетонні стіни.

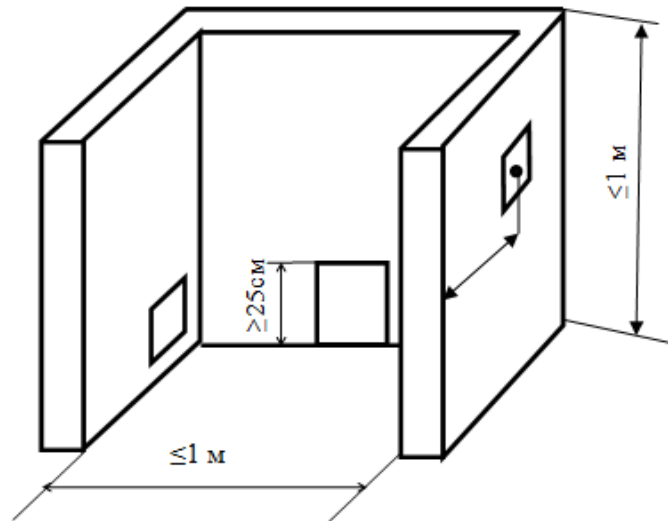


Рисунок 2 - Рекомендовані оптимальні геометричні розміри малогабаритної вогневої установки для дослідження впливу пожежі на теплову стійкість несучих залізобетонних стін

Відповідно, для проведення експериментального дослідження необхідно виготовити щонайменше три фрагменти залізобетонних несучих стін, щоб перевірити відтворюваність отриманих температурних даних.

Вимоги щодо виготовлення фрагменту несучої залізобетонної стіни для проведення дослідження з її нагрівання детально описано в роботі [8].

Згідно з [1], на обігрівній поверхні досліджуваної конструкції необхідно встановити щонайменше одну термопару на кожен квадратний метр, але не менше п'яти термопар загалом.

Основні вимоги, які слід враховувати при розташуванні датчиків контролю температури у несучій залізобетонній стіні:

1. Для отримання повної інформації про температурний режим у досліджуваному фрагменті рекомендується розміщувати датчики на різних глибинах, а саме: на рівні арматури, ближче до поверхні та в середині перерізу стіни.

2. Датчики слід розташовувати рівномірно по всій площі стіни, щоб забезпечити репрезентативне вимірювання температури. Це дозволяє виявляти нерівномірні температурні розподіли та ідентифікувати гарячі або холодні зони.

3. Розташування датчиків має бути таким, щоб зменшити вплив на міцність і структурну цілісність стіни.

Вимоги до розташування датчиків контролю температури в будівельній конструкції можуть змінюватися в залежності від типу конструкції та відповідних стандартів і вимог.

До початку експерименту потрібно зафіксувати дату проведення, температуру і вологість повітря, а також виміряти габаритні розміри фрагмента та його товщину і виконати наступні дії:

1. Установити фрагмент для дослідження в П-подібне огороження печі, розмістивши його в передній частині установки, а верхню частину закрити знімною панеллю.

2. Помістити ущільнювач між стінками камери малогабаритної вогневої установки та знімною панеллю.

3. Для забезпечення необхідного температурного режиму використовувати два пальники, розміщуючи їх зверху і знизу дальньої частини установки так, щоб факели полум'я не контактували один з одним і перебували на відстані 80 см від випробувального фрагмента. Для запобігання вивітрюванню пічних газів через неактивні отвори закрити їх мінеральною ватою.

4. Встановити датчики контролю температури у заздалегідь підготовлені отвори досліджуваного фрагмента. Приклад конфігурації камери установки та розміщення датчиків наведено вище. Якщо конфігурацію установки буде змінено, необхідно провести додаткові розрахунки за допомогою комп'ютерного моделювання і розмістити датчики згідно з отриманими результатами.

5. Запалити пальники, розміщені в отворах, і подати газ з газового балону, щоб створити заданий температурний режим всередині камери малогабаритної вогневої установки. В нижній частині камери розташовано отвір для відведення продуктів горіння. Контроль температури фрагмента проводиться за допомогою спеціальних технічних засобів, а результати вогневих експериментів обробляються відповідно до чинних стандартів. Отримані експериментальні дані лягатимуть в основу розрахункової методики, що дозволить визначити фактичну межу вогнестійкості.

Загалом дотримання описаного алгоритму дозволяє провести експериментальне дослідження теплового впливу пожежі на несучу залізобетонну стіну та отримати дані для подальшого оцінювання межі вогнестійкості конструкції розрахунковим шляхом, що сприятиме вдосконаленню конструкцій і нормативно-технічної бази.

Під час виконання експериментального дослідження з нагрівання фрагмента несучої залізобетонної стіни температура у камері печі повинна відповідати вимогам, які регламентовані стандартом [1]. Час виконання експерименту визначають відповідно до конструкції, яку досліджують, та властивої для неї межі вогнестійкості. Якщо це, наприклад, конструкція, якій достатньо 180 хв, тоді і експериментальні дані потрібно зафіксувати на кожній хвилині експерименту протягом зазначеного часу.

Після проведення експериментального дослідження з нагрівання несучої залізобетонної стіни для подальшого розрахунку межі вогнестійкості необхідно отримати та зафіксувати такі дані:

1. Візуально перевірити, чи не втратила цілісність, теплоізоляційні та несучі властивості несуча залізобетонна стіна.

2. Залежність температури в різних точках залізобетонної стіни від часу протягом експерименту. Отримані дані представити у вигляді графіка, де час відкладається по горизонтальній осі, а температура — по вертикальній.

3. Переконатися, що прогрівання конструкції відбувається рівномірно на всіх рівнях, відповідно до розміщення термопар.

4. Визначити клас бетону та арматури з обігрівної і необігрівної сторін, їхній діаметр та крок.

5. Заміряти довжину, товщину залізобетонної несучої стіни та товщину захисного шару.

6. Вказати проєктне навантаження на конструкцію.

Ці результати експериментального дослідження будуть використані для подальших розрахунків та оцінювання межі вогнестійкості залізобетонних несучих стін.

Методику відновлення температурних полів застосовують для визначення межі вогнестійкості елементів будівельних конструкцій, зокрема тих, що зазнають впливу теплового потоку при односторонньому нагріванні.

На основі результатів експериментального дослідження слід ввести в Microsoft Excel основні вищеописані дані, а потім перенести їх в Mathcad (рис. 3, 4).

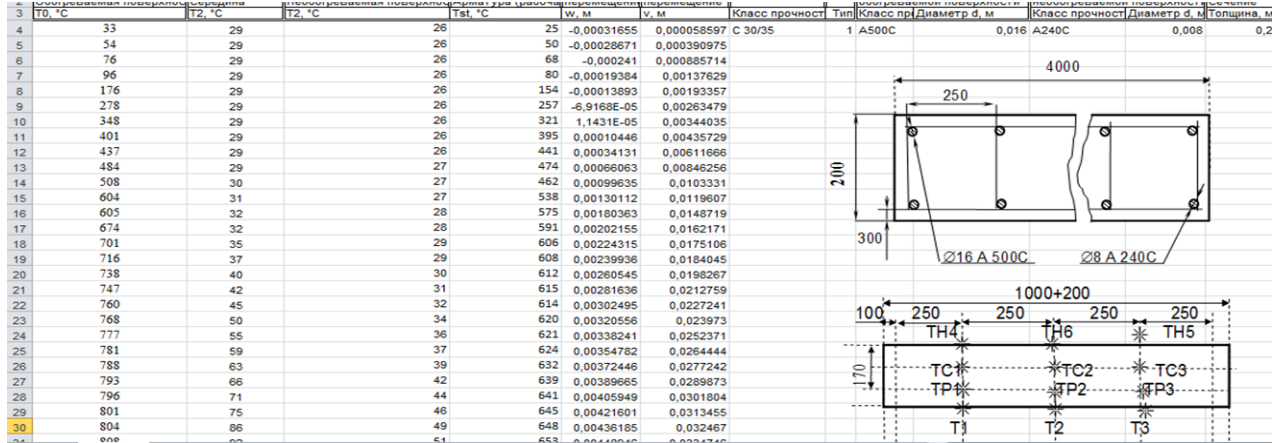


Рисунок 3 - Сторінка введення початкових даних в Microsoft Excel для оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін

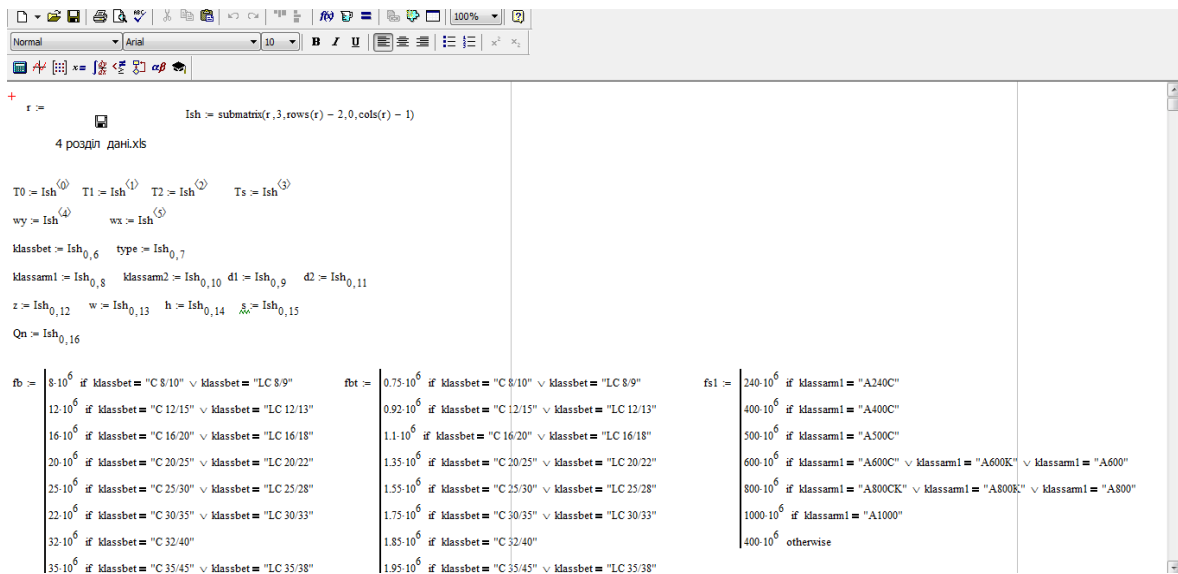


Рисунок 4 - Лістинг першої сторінки Mathcad для оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін

Під час розрахунку ми отримуємо візуальне відображення інтерполяції даних (рис. 5), засноване на інформації, введеній на сторінці (рис. 3). При зміні вихідних даних інтерполяція температур буде коригуватися відповідно до нових значень.

Для проведення інтерполяції температур були використані результати розрахунку теплової задачі для перерізу несучої залізобетонної стіни.

Для вирішення задачі міцності застосовується зонний метод, який передбачає поділ перерізу стіни на зони: одну, що витримує механічне

навантаження на рівні ненагрітого бетону, та ушкоджену зону, яка вже не здатна протистояти силовій дії навантаження. Для цього слід виконати такі кроки:

1. Характеристики залізобетону використовувати з рекомендацій [9], що залежать від температури його нагрівання.
2. Розділити половину товщини перерізу на n паралельних зон однакової товщини, де $n \geq 3$.
3. Визначити середню температуру для кожної з цих зон.
4. Використовувати діаграму зниження міцності бетону в залежності від температури, щоб визначити коефіцієнт зниження опору на стиск $k_c(\theta_i)$ для кожної зони.
5. Визначити коефіцієнт $(1 - 0,2/n)$, який використовується для розрахунку зміни температури кожної зони за формулою (1) та середнього коефіцієнта зниження опору на стиск для перерізу елемента.
6. Далі розрахувати ширину пошкодженої зони перерізу для стін під стискальними навантаженнями за формулою (2).

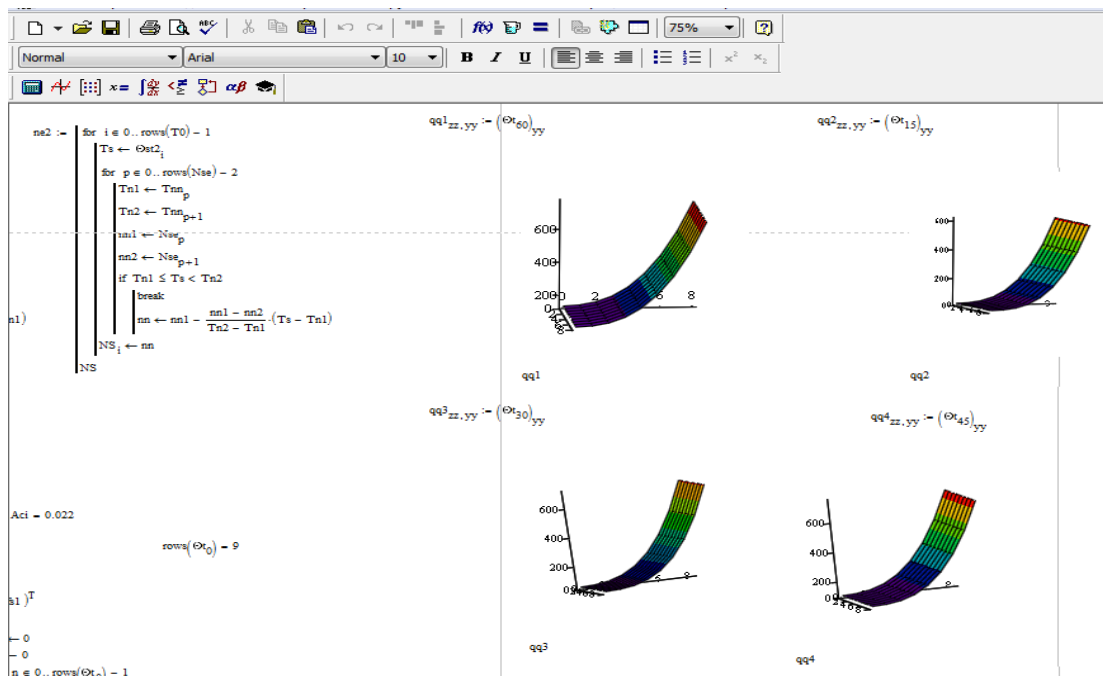


Рисунок 5 - Приклад результату виконаної інтерполяції за значеннями термопар визначених місць перерізу несучої стіни

На основі отриманих значень максимальних моментів будуватиметься графік зниження несучої здатності залізобетонної стіни з відповідними характеристиками, як показано на рис. 6.

$$T_{k,i} = T_{0k} + (T_{\max k} - T_{0k}) \left[\frac{i}{n} \right]^{T_k}, \quad (1)$$

де $T_{k,i}$ – температура у k -тий момент часу i -тої точки перерізу стіни;

T_{0k} , $T_{\max k}$ – температура у k -тий момент часу першої та останньої точок;

n – кількість інтервалів між контрольними точками;

T_k – у k -тий момент часу показник ступеня параболи

$$k_{c,m} = \frac{(1 - 0,2/n) \sum_{i=1}^n k_c(\theta_i)}{n}, \quad (2)$$

де n – кількість в ширині паралельних зон w ;
 w – половина повної ширини;
 m – кількість зон.

На рис. 6. показано отримані результати. Стіни відповідали характеристикам досліджуваного фрагмента і температурам прогрівання її шарів під час експерименту.

Результати розрахунку показали, що межа вогнестійкості стіни висотою 4 м при розподіленому навантаженні 300 т протягом 60 хвилин не досягає втрати несучої здатності; ресурс несучої здатності становить 31%.

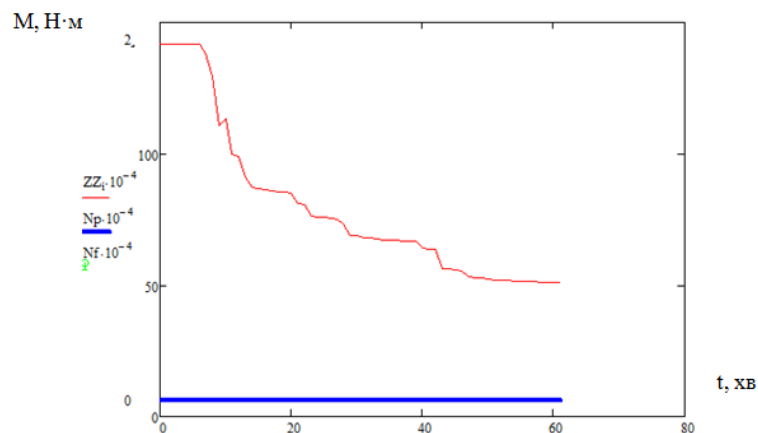


Рисунок 6 - Приклад графіку зниження несучої здатності стіни з розподіленим навантаженням 300 т на основі отриманих результатів

Для оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін удосконаленим експериментально-розрахунковим методом необхідно виконати наступні дії:

1. Підготувати фрагмент залізобетонної несучої стіни для встановлення в камеру вогневої печі:

1.1. Виготовити фрагмент відповідно до вимог замовника, враховуючи товщину залізобетонної несучої стіни та товщину захисного шару, висоту конструкції, тип та клас бетону, густину, а також діаметри основної і допоміжної арматури;

1.2. Врахувати мінімальні розміри фрагментів, що регламентовані стандартами випробувань на вогнестійкість конструкцій конкретних типів;

1.3. Підготувати фрагмент до випробування: встановити його в малогабаритну вогневу установку, розмістити датчики контролю температури в камері вогневої печі та у досліджуваному фрагменті.

2. Створити удосконалену малогабаритну вогневу установку:

2.1. Врахувати вимоги до конструкції установки, мінімальні необхідні габарити, П-подібну форму печі та створення двох знімних панелей для дослідження основних типів залізобетонних конструкцій;

2.2. Забезпечити засоби для створення відповідного температурного режиму, розмістивши пальники у визначені отвори, відповідно до досліджуваної конструкції;

2.3. Налаштувати систему подавання палива, під'єднавши до пальників два газові балони з регулювальним апаратом та розмістивши їх на безпечній відстані.

3. Виконати експеримент з нагрівання фрагмента несучої залізобетонної стіни:

3.1. Встановити термопари та терморезистори в камері вогневої печі та досліджуваному фрагменті відповідно до схеми розташування датчиків;

3.2. Отримати експериментальні дані, визначити покази датчиків контролю температури та встановити візуально, чи відбулась втрата цілісності, теплоізоляційної чи несучої здатності фрагмента;

3.3. Підготувати параметри матеріалів, габаритні розміри стін та дані щодо замірів температури для подальшої обробки.

4. Виконати інтерполяцію температур на основі отриманих даних:

4.1. Ввести основні дані в таблицю Microsoft Excel, такі як висота, товщина залізобетонної несучої стіни та товщина захисного шару, клас міцності арматури та бетону, діаметри арматури, тип крупного заповнювача бетону, розташування та кількість стержнів, дані щодо геометричних розмірів перерізу стіни, розрахункова довжина стіни та розподілене навантаження, а потім перенести ці дані в Mathcad;

4.2. Обрати математичну модель для інтерполяції температур та розрахувати розподіл температур у перерізі стіни на кожній хвилині випробування.

5. Виконати розрахунок міцності фрагмента стіни на основі отриманих теплових значень:

5.1. Обрати математичну модель для розрахунку напружено-деформованого стану стіни за умови сумісної дії теплового та механічного навантаження з урахуванням габаритів реальної конструкції.

6. Оцінити межу вогнестійкості фрагмента стіни:

6.1. Встановити запас міцності у разі недосягнення межі вогнестійкості;

6.2. Підготувати звіт про результати межі вогнестійкості стіни на основі виконаного удосконаленого експериментально-розрахункового методу.

Відповідно до вищеописаного удосконаленого алгоритму оцінювання межі вогнестійкості експериментально-розрахунковим шляхом можливо встановити фактичну межу вогнестійкості несучих залізобетонних стін.

Висновки. У даній роботі описано та обґрунтовано алгоритм застосування удосконаленої експериментально-розрахункової методики оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін. Запропонована методика дозволяє ефективніше визначати межу вогнестійкості залізобетонних стін порівняно з існуючими, враховуючи як особливості матеріалів конструкції, так і механічні навантаження, прикладені до неї в процесі експлуатації. Це дозволило сформулювати приведені нижче висновки:

1. Описано спрощену покрокову схему проведення удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання межі вогнестійкості несучих стін, який передбачає створення та нагрівання у спеціальній малогабаритній установці фрагменту несучої залізобетонної стіни та проведення подальшого розрахунку міцності.

2. Обґрунтовано, що для забезпечення герметичності доцільно вибрати розміри досліджуваного фрагмента відповідно до конструкції малогабаритної вогневої установки. Розміри повинні бути на 20 мм більшими з кожного боку для забезпечення щільного прилягання фрагмента до камери печі.

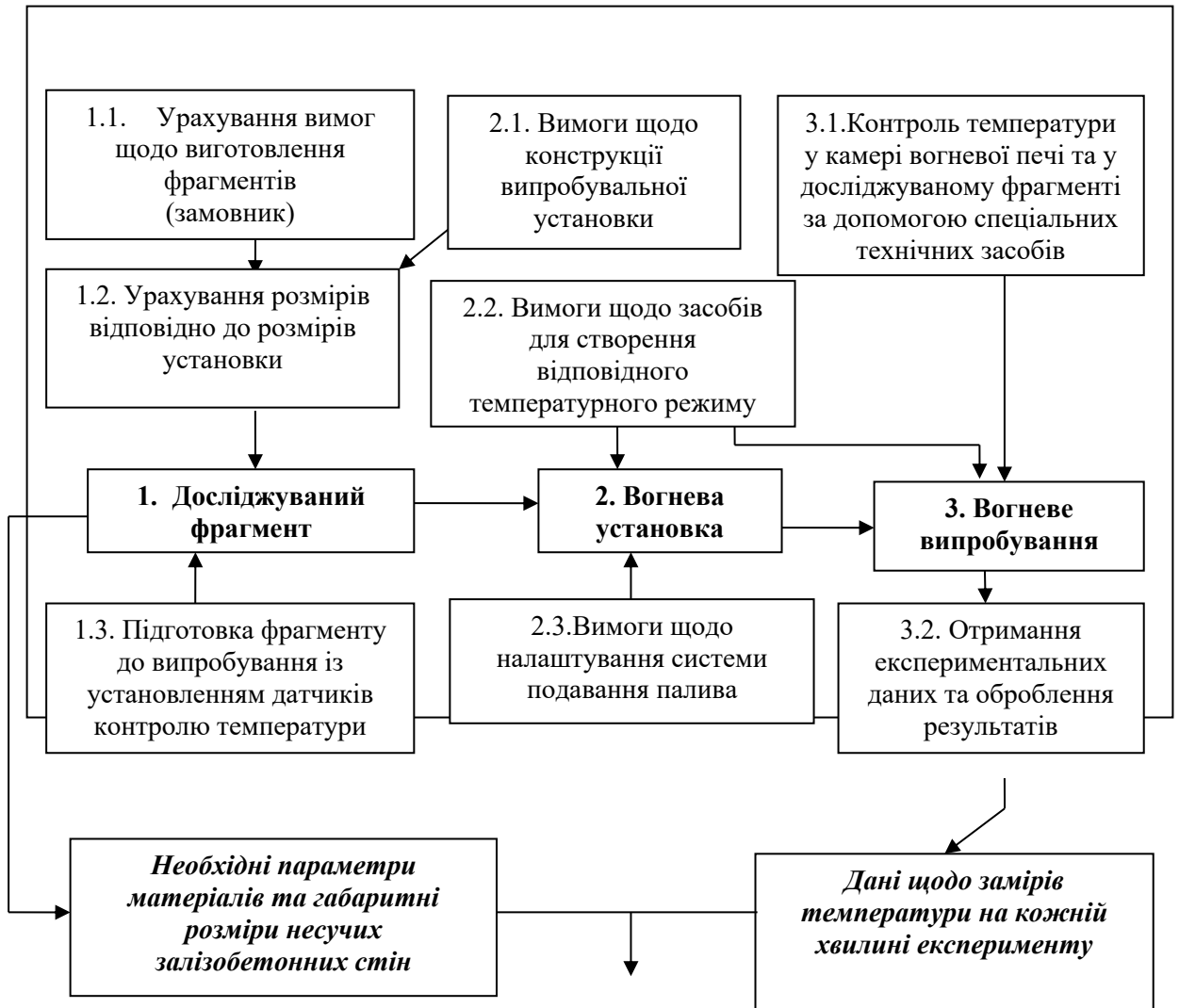
3. Описано, що можливо створювати як спеціалізовані під несучі залізобетонні стіни конфігурації, так і універсальні установки. Універсальність

забезпечується П-подібною формою камери вогневої печі з можливістю використання однієї або двох знімних панелей. Для випробування несучих стін достатньо використання двох пальників, відстань до яких має бути від 0,8 до 1 м. Обґрунтовано місця їхнього розташування.

4. Визначено основні необхідні дані, отримані експериментальним шляхом: температура на обігрівній і необігрівній поверхні, температура арматури та в середині перерізу стіни; висота, товщина залізобетонної несучої стіни, товщина захисного шару, клас міцності арматури та бетону, діаметри арматури, тип крупного заповнювача бетону, кількість і розташування стержнів. Ці дані є вхідними для виконання розрахунку міцності несучих залізобетонних стін.

5. Розроблено алгоритм у вигляді блок-схеми застосування удосконаленої методики проведення оцінювання межі вогнестійкості несучих залізобетонних стін експериментально-розрахунковим методом, який складається з 6 основних блоків для застосування яких використано 13 додаткових.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА



РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

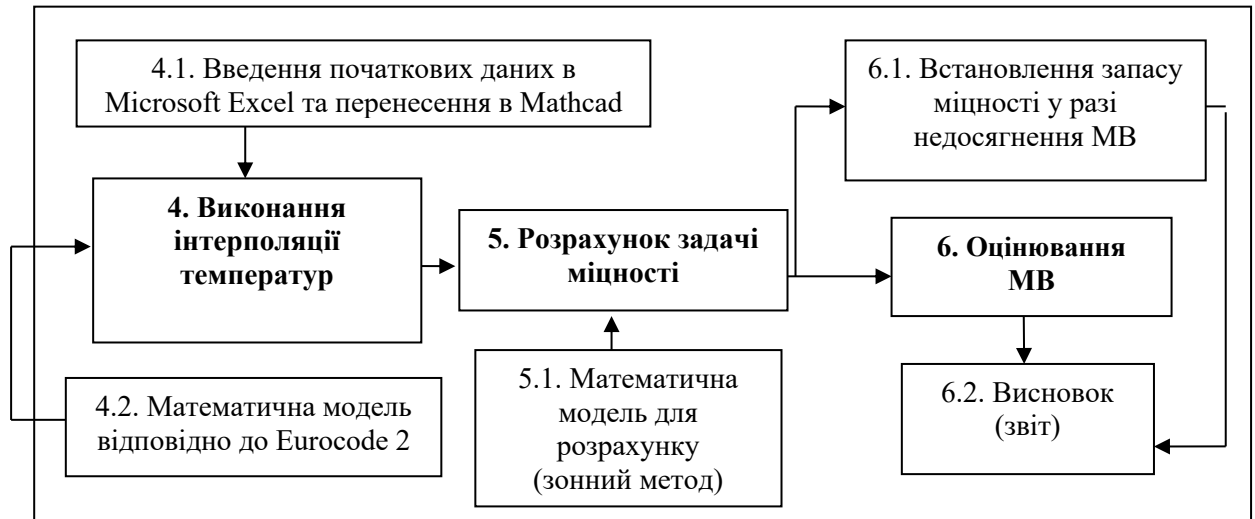


Рисунок 7. Блок-схема проведення удосконаленого експериментально-розрахункового методу оцінювання вогнестійкості несучих залізобетонних стін.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ EN 1363-1:2023 Випробування на вогнестійкість. Частина 1. Загальні вимоги (EN 1363-1:2020, IDT).
2. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
3. ДСТУ Б В.1.1-20:2007 Захист від пожежі. Перекриття та покриття. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-2:1999, NEQ).
4. Нуянзін О. М., Перегін А. В., Кришталь М. А., Заїка П. І. Комп'ютерне моделювання процесу тепломасообміну у камерах вогневих печей установок для випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. Черкаси, 2020. № 4(1). С. 71-79.
5. Нуянзін О.М., Перегін А. В. Етапи створення прототипу вогневої установки для визначення температурних розподілів малогабаритних фрагментів залізобетонних конструкцій. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. Черкаси, 2021. № 5(2). С. 75-82..
6. Поздєєв, С.В. (2010). Дослідження адекватності результатів математичного моделювання тепломасообміну у вогневій печі при випробуваннях залізобетонної плити на вогнестійкість. В *Черкаси: Збірник наукових праць. Пожежна безпека: теорія і практика*. Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля, Випуск № 6/1, 60–65.
7. Перегін А. В. Дослідження впливу конфігурації та параметрів вогневих печей на умови нагрівання несучих стін за стандартним температурним режимом пожежі. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. Черкаси, 2022. № 6 (1). С. 85-94.
8. Нуянзін О. М. Розвиток наукових основ оцінювання вогнестійкості залізобетонних будівельних конструкцій з використанням малогабаритних модульних вогневих печей. *Дис. ... д-р. техн. наук : 21.06.02*, Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2023, 418 с.

9. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2: Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.

REFERENCES

1. DSTU EN 1363-1:2023 Vyprobuvannya na vohnestiykist'. Chastyna 1. Zahal'ni vymohy (EN 1363-1:2020, IDT).
2. DBN V.1.1-7-2016 «Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva. Zahalni vymohy».
3. DSTU B V.1.1-19-2007. Zakhyst vid pozhezhi. Nesuchi stiny. Metod vyprobuvannya na vohnestiikist.
4. Nuianzin O. M., Perehin A. V., Kryshstal M. A., Zaika P. I. Kompiuterne modeliuвання protsesu teplomasoobminu u kamerakh vohnevnykh pechei ustanovok dlia vyprobuvan na vohnestiikist budivelnykh konstruktsii. Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia. Cherkasy, 2020. № 4(1). S. 71-79.
5. Nuianzin O.M., Perehin A. V. Etapy stvorennia prototypu vohnevoi ustanovky dlia vyznachennia temperaturnykh rozpodiliv malohabarytnykh frahmentiv zalizobetonnykh konstruktsii. Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia. Cherkasy, 2021. № 5(2). S. 75-82..
6. Pozdieiev, S.V. (2010). Doslidzhennia adekvatnosti rezultativ matematychnoho modeliuвання teplomasoobminu u vohnevii pechi pry vyprobuvanniakh zalizobetonnoi plyty na vohnestiikist. V Cherkasy: Zbirnyk naukovykh prats. Pozhezhna bezpeka: teoriia i praktyka. Akademiia pozheznoi bezpeky imeni Heroiv Chornobyliya, Vypusk № 6/1, 60–65.
7. Perehin A. V. Doslidzhennia vplyvu konfihuratsii ta parametriv vohnevnykh pechei na umovy nahrivannia nesuchykh stin za standartnym temperaturnym rezhymom pozhezhi. Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia . Cherkasy, 2022. № 6 (1). S. 85-94.
8. Nuianzin O. M. Rozvytok naukovykh osnov otsynyuvannya vohnestiykosti zalizobetonnykh budivel'nykh konstruktsiy z vykorystannyam malohabarytnykh modul'nykh vohnevnykh pechey. Dys. ... d-r. tekhn. nauk : 21.06.02, L'viv: L'vivs'kyi derzhavnyi universytet bezpeky zhyttyediyal'nosti, 2023, 418 s.
9. DSTU-N B EN 1992-1-2:2012 Yevrokod 2. Proektuvannya zalizobetonnykh konstruktsii. Chastyna 1-2. Zahalni polozhennia. Rozrakhunok konstruktsii na vohnestiikist (EN 1992-1-2:2004, IDT).

¹*Vadym YANISHEVSKYI (ORCID ID: 0009-0006-2514-6593),*

²*Alina PEREHIN, Doctor of Philosophy in Fire Safety
(ORCID ID: 0000-0003-2062-5537),*

¹*The third special rapid response center of the State Emergency Service of Ukraine*

²*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes of the National
University of Civil Protection of Ukraine*

ALGORITHM FOR APPLICATION OF IMPROVED EXPERIMENTAL AND CALCULATION METHOD FOR ASSESSING FIRE RESISTANCE LIMITS OF LOAD-BEARING REINFORCED CONCRETE WALLS

The purpose of this work is to substantiate the algorithm for the application of an improved experimental and calculation method for assessing the fire resistance limit of load-bearing reinforced concrete walls, which allows to more effectively set the fire

resistance limit of load-bearing reinforced concrete walls with the use of a small-sized fire installation for the study of the thermal effect of fire on reinforced concrete structures and taking into account the characteristics of the construction materials and mechanical loads acting on it during operation.

This work explains and substantiates a simplified step-by-step scheme for conducting an improved experimental and calculation method for estimating the fire resistance limit of load-bearing walls. The requirements for a small-sized fire installation for the study of the thermal effect of fire on load-bearing reinforced concrete walls are defined and described. An algorithm for conducting an experimental study on heating a load-bearing reinforced concrete wall according to the standard fire temperature regime has been developed. The main data, which must be obtained experimentally for further calculation of the strength of load-bearing reinforced concrete walls, have been determined. The strength of a load-bearing reinforced concrete wall was calculated and it was determined that the limit of fire resistance of a wall 4 m high with a distributed load of 300 t in 60 min does not occur after the loss of load-bearing capacity, and the resource of the load-bearing capacity is 31%.

An algorithm for the application of the improved methodology for evaluating the fire resistance limit of load-bearing reinforced concrete walls by the experimental and calculation method has been developed.

Key words: *fire resistance, wall, temperature, test, installation, experiment, calculation, method, reinforced concrete, building structure, fire.*