



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **158681** (13) **U**
(51) МПК (2025.01)
G01N 33/38 (2006.01)
G01N 25/00
G01N 3/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2024 04017</p> <p>(22) Дата подання заявки: 09.08.2024</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 06.03.2025</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 05.03.2025, Бюл.№ 10</p>	<p>(72) Винахідник(и):</p> <p>(73) Володілець (володільці): Федченко Світлана Миколаївна, вул. Тараскова, 4, кв. 56, м. Черкаси, Соснівський р-н, Черкаська обл., 18029 (UA)</p>
---	---

(54) СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ МЕЖІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РИГЕЛІВ РОЗРАХУНКОВИМ ШЛЯХОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ БЕТОНУ, УТОЧНЕНИХ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ

(57) Реферат:

Спосіб оцінювання межі вогнестійкості залізобетонних ригелів розрахунковим шляхом із використанням характеристик міцності бетону, уточнених за результатами вогневих випробувань, де для розрахункового оцінювання межі вогнестійкості використовують значення міцності бетону при різних температурах, які визначають за результатами вимірювань температури та максимального прогину залізобетонного ригеля реальних габаритних розмірів, які одержують в процесі стандартних вогневих випробувань.

UA 158681 U

Корисна модель належить до галузі дослідження вогнестійкості залізобетонних ригелів в умовах пожежі.

Вогневі випробування зігнутих елементів, до яких належать залізобетонні ригелі, виконують відповідно до стандартів: ДСТУ EN 1363-1:2023 Випробування на вогнестійкість. Частина 1. Загальні вимоги (EN 1363-1:2020, IDT) [Чинний від 2024-03-01] та ДСТУ EN 1365-3:2023 Випробування несучих будівельних конструкцій на вогнестійкість. Частина 3. Балки. (EN 1365-3:1999, IDT) [Чинний від 2024-05-01.]. Згідно із цими стандартами залізобетонні ригелі повинні бути піддані тепловій дії в умовах механічного навантаження. Прикладання навантаження відбувається за умови створення напружень у розрахункових перерізах зразків, відповідно проектним значенням від постійних і тимчасових тривалих навантажень в їхніх нормативних значеннях. Умови кріплення та спирання зразків, розподілення навантаження мають відповідати схемам розрахунку, що вказані у технічній документації на ці конструкції. При випробуванні, яке проводиться із навантаженням, довжина частини досліджуваного зразка повинна бути не менше 4 метрів або повинна мати розміри, які відповідають проектним розмірам цих будівельних конструкцій.

Відповідно до зазначених нормативних документів вогневі випробування для ригелів необхідно проводити на двох однакових зразках. Схема проведення стандартних випробувань на вогнестійкість наведена на фіг. 1.

Найбільш відомі аналоги способу визначення межі вогнестійкості залізобетону в умовах пожежі ґрунтуються на використанні показників міцності для визначення механічних властивостей бетону відповідно до рекомендацій ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT): ДСТУ (Держ. Стандарт України).

Недоліком є те, що міцнісні характеристики залізобетону не визначаються, а використовуються їхні універсальні значення, відповідно до даного стандарту, що є причиною появи значних похибок.

Значення коефіцієнтів зниження міцності бетону залежно від часу вогневого впливу, що наведені в Єврокод 2, отримані шляхом лабораторних випробувань малих зразків-кубів, і тому не відтворюють роботу бетону у повно розмірних будівельних конструкціях при впливі високих температур.

Задачею, яка поставлена в основу корисної моделі, є визначення фактичної межі вогнестійкості залізобетонних ригелів шляхом ідентифікації міцнісних характеристик бетону за результатами вогневих випробувань великогабаритних конструкцій.

Вирішення поставленої задачі досягається шляхом визначення початкових даних для ідентифікації коефіцієнта зниження міцності бетону в залежності від часу вогневого впливу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі оцінювання межі вогнестійкості залізобетонних ригелів розрахунковим шляхом із використанням характеристик міцності бетону, уточнених за результатами вогневих випробувань, згідно з корисною моделлю, для розрахункового оцінювання межі вогнестійкості використовують значення міцності бетону при різних температурах, які визначають за результатами вимірювань температури та максимального прогину залізобетонного ригеля реальних габаритних розмірів, які одержують в процесі стандартних вогневих випробувань.

Суть способу оцінювання межі вогнестійкості залізобетонних ригелів розрахунковим шляхом із використанням характеристик міцності бетону, уточнених за результатами вогневих випробувань, полягає у виконанні таких етапів:

1. Виконання вогневих випробувань за методиками, рекомендованими стандартами.
2. Визначення температурних розподілень за точковими вимірюваннями температури у внутрішніх шарах залізобетонних ригелів в процесі вогневих випробувань.
3. Визначення максимальних прогинів залізобетонних ригелів при їх випробуваннях.
4. Використовуючи експериментальні криві максимального прогину залізобетонних ригелів, отримані розподіли температури по перерізу та геометричні розміри залізобетонних ригелів, складають системи лінійних алгебраїчних рівнянь рівноваги внутрішніх шарів.
5. За результатами розв'язання отриманої системи лінійних алгебраїчних рівнянь ідентифікуються коефіцієнти зниження міцності бетону для різних температур нагрівання бетону.
6. З використанням отриманих коефіцієнтів зниження міцності бетону визначається його міцність при різних температурах і проводиться розрахункова оцінка межі вогнестійкості залізобетонного ригеля з використанням рекомендацій ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT): ДСТУ (Держ. Стандарт України).

Основними результатами, що підлягають розрахунковій інтерпретації, є криві залежностей максимального прогину досліджуваних залізобетонних ригелів від часу випробування. На фіг. 2. показана крива залежності значення середнього найбільшого прогину досліджуваних зразків залізобетонних ригелів із обчисленими відхиленнями.

5 Для описання напружено-деформованого стану у перерізі залізобетонного ригеля в умовах впливу високих температур застосовано деформаційну модель, що заснована на використанні систем рівноваги внутрішніх шарів у перерізі. Система рівнянь рівноваги має такий вигляд:

$$\begin{cases} \sum_i \sigma_{ci} A_{ci} y_{ci} + \sum_j \sigma_{sj} A_{sj} y_{sj} = M_{Ed} \\ \sum_i \sigma_{ci} A_{ci} + \sum_j \sigma_{sj} A_{sj} = 0 \end{cases}, (1)$$

де: M_{Ed} - діючий момент у залізобетонному елементі;

10 $A_{ci}, y_{ci}, \sigma_{ci}$ - площа, координати центру тяжіння і-го прямокутного шару бетону і напруження у центрі тяжіння відповідно;

$A_{sj}, y_{sj}, \sigma_{sj}$ - площа, координати центру тяжіння перерізу j-го арматурного стрижня і напруження у ньому.

15 Напруження у внутрішніх шарах бетону і арматурної сталі обчислюються з використанням діаграм деформування як функції та кривизни залізобетонних ригелів та їх крайових деформацій за виразами:

$$\sigma_{ci} = f_1(\epsilon_{ci}), \sigma_{si} = f_2(\epsilon_{si}), \epsilon_{ci} = \epsilon_0 + y_{ci} \chi_t, \epsilon_{si} = y_{si} \chi_t, (2)$$

де: ϵ_0 - відносна деформація верхньої точки перерізу у поперечному напрямку;

χ_t - кривизна залізобетонного ригеля в певний момент часу.

20 Відносну деформацію верхньої точки та кривизну перерізу обчислюють з використанням гіпотези плоских перерізів за формулами:

$$\epsilon_0 = \frac{h^2 \chi_t}{2h - z_0}, \quad \chi_t = \frac{48 w_t}{5L^2}, (3)$$

де: L - довжина прольоту залізобетонного ригеля;

w_t - максимальний прогин залізобетонного ригеля у певний момент часу;

25 z_0 - осьова відстань від крайньої арматури до нижнього краю перерізу залізобетонного ригеля.

Формули (2) та (3) дозволяють переписати систему (1) як систему лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Невідомими цієї системи є відповідні значення коефіцієнтів зниження міцності бетону залізобетонного ригеля. Записана таким чином СЛАР набуває вигляду:

30 $[F]\{k\} + \{S\} = M_{Ed}, (4)$

де $\{k\} = (k_{c1} \dots k_{cm})^T$ - набір величин коефіцієнтів зниження міцності бетону відповідних табличним значенням температур $\{\theta_m\} = (0 \dots 100 \dots 200 \dots \theta_m)^T$, які є невідомими записаної СЛАР;

$[F]$ - матриця коефіцієнтів СЛАР, що має такий вигляд:

$$[F] = \begin{pmatrix} Z_{11} & \dots & Z_{1j} & \dots & Z_{1m} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z_{i1} & & Z_{ij} & & Z_{im} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ Z_{m1} & \dots & Z_{mj} & \dots & Z_{mm} \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \end{pmatrix}, (5)$$

35 де параметри матриці коефіцієнтів обчислюємо за виразами:

$$Z_{i1} = \sum_n [1 - 0.01(\theta_{ni} - \theta_1)] F_n(\epsilon, \theta_{ni}) A_c y_n$$

$$Z_{im} = \sum_n 0.01(\theta_{ni} - \theta_{m-1}) F_n(\epsilon, \theta_{ni}) A_c y_n$$

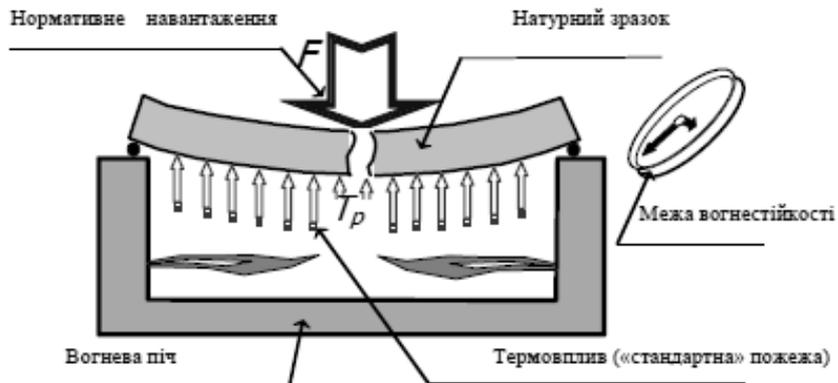
$$Z_{ij} = \sum_n [1 - 0.01(\theta_{ni} - \theta_j)] F_n(\epsilon, \theta_{ni}) A_c y_n + \sum_n 0.01(\theta_{ni} - \theta_{j-1}) F_n(\epsilon, \theta_{ni}) A_c y_n (6).$$

Величина $m = [\theta_{\max} \cdot 0.01]$ - це кількість рівнянь та перемінних у СЛАР (4), що обчислюють за максимальною температурою нагрівання залізобетонного ригеля під час вогневих випробувань.

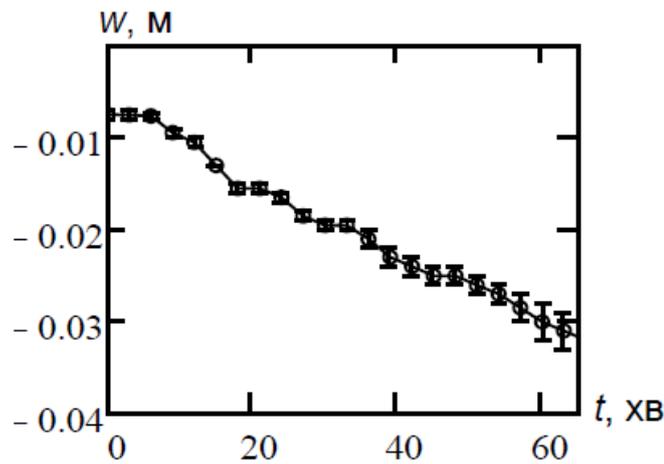
Таким чином, з використанням результатів вимірювань температури та максимального прогину залізобетонних ригелів, одержаних в процесі вогневих випробувань, отримують ідентифіковані значення коефіцієнта зниження міцності бетону залізобетонних ригелів за результатами вогневого випробування, що дозволить підвищити точність розрахункового оцінювання межі вогнестійкості для даних елементів конструкцій.

10 **ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ**

Спосіб оцінювання межі вогнестійкості залізобетонних ригелів розрахунковим шляхом із використанням характеристик міцності бетону, уточнених за результатами вогневих випробувань, який **відрізняється** тим, що для розрахункового оцінювання межі вогнестійкості використовують значення міцності бетону при різних температурах, які визначають за результатами вимірювань температури та максимального прогину залізобетонного ригеля реальних габаритних розмірів, які одержують в процесі стандартних вогневих випробувань.



Фіг. 1



Фіг. 2