

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ З
ДАНИМИ ОТРИМАНИМИ ПРИ НАТУРНОМУ ВИПРОБУВАННІ**

Проведено порівняльний аналіз даних прогріву перерізу, отриманих при натурних випробуваннях збірних залізобетонних конструкцій складного перерізу, з теплотехнічними розрахунками, наведеними у нормативних документах та науковій літературі. Показана розбіжність результатів отриманих за розрахунками, наведеними у нормативних документах та науковій літературі, та результатів отриманих при натурному випробуванні.

Ключові слова: прогрів перерізу, теплотехнічні розрахунки, натурні випробування.

The comparative data analysis of the section forewarm, taken at field testing of the precast reinforced concrete structures composite section, supported by thermal calculations given in normative documents and scientific literature is carried out. It is shown a divergence of the results taken by the calculations given in normative documents and scientific literature and the results received at field testing.

Keywords: section forewarm, thermal calculations, field tests.

Використання залізобетонних конструкцій при будівництві споруд громадського призначення, потребує їх достатньо високої вогнестійкості. Для визначення вогнестійкості конструкцій складного перерізу і форми використовують експериментальні методи визначення вогнестійкості [1].

До експериментальних методів відносять натурні випробування окремих конструкцій за стандартною кривою пожежі або за режимом реальних пожеж [1,2]. Великі фінансові витрати на випробування конструкцій призводять до необхідності розробки теоретичних методів проведення теплотехнічних розрахунків, та визначення вогнестійкості конструкцій в цілому.

Метою даної роботи є порівняльний аналіз даних прогріву перерізу, отриманих при натурних випробуваннях збірних залізобетонних складчастих складок [3], з теплотехнічними розрахунками наведеними у нормативних документах та науковій літературі [4, 5, 6].

Для випробування було виготовлено два зразки збірних залізобетонних конструкцій східчастих складок.

Характеристики зразків для випробування наведені у табл.1 [3].

Таблиця 1

Характеристики зразків для випробування

Характеристики зразків	Зразки	
	Зразок №1	Зразок №2
Довжина	$L_1=6114$ мм	$L_1=6347$ мм
Ширина	1780 мм	
Товщина	150 мм	
Вид бетону	Важкий	
Клас бетону за міцністю	B45	
Клас бетону за морозостійкістю	F150	
Клас бетону за водонепроникністю	W8	
Щільність бетону	$\rho=2450$ кг/м ³	
Відпускна міцність бетону	58 МПа	
Вологість зразків	5,2%	

Розташування зразків на печі та схема навантаження зразків наведені на рис.1, [3].

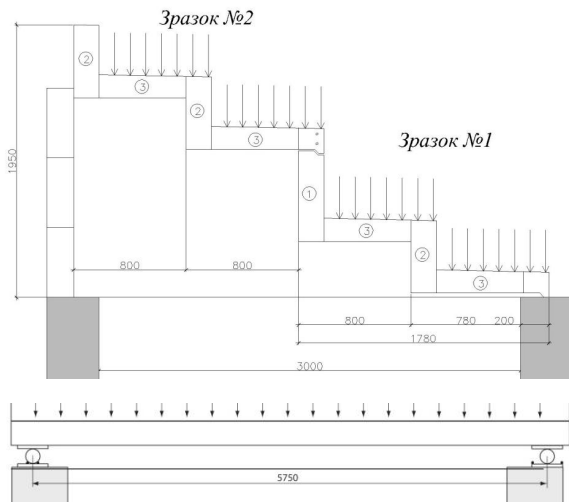


Рис. 1. Схема розташування та навантаження зразків на печі

При проведенні натурних випробувань встановлювали термопару у печі, та на обігрівній та не обігрівній поверхнях зразка, а також на стержні робочої арматури, схема розташування термопар по тілу зразків наведена на рис.2, [3].

Місця розміщення термопар описані у табл. 2 [3].

Таблиця 2.

Місця розміщення термопар

Номер термопар	Місце встановлення
T1-T6	У внутрішньому просторі печі
T7-T11	Необігрівальна поверхня зразка №2
T13	Робоча арматура зразка №1
T14	Робоча арматура зразка №2
T15-T19	Необігрівальна поверхня зразка №1

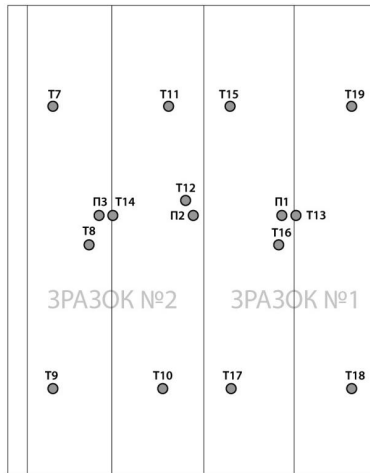


Рис.2. Схема розташування термопар на зразках [3].

Аналіз прогріву перерізу прийнято виконувати для зразків №1 та №2 на ділянці 2, яка являє собою балку (рис.1).

За вихідні дані використовували температуру арматурного стержня під номером 1, на якому встановлена термопара (рис.3). Найменша глибина

розміщення стержнів робочої арматури становить 55 і 75 мм [3], прогрів даної ділянки зразка можна приймати як двосторонній.

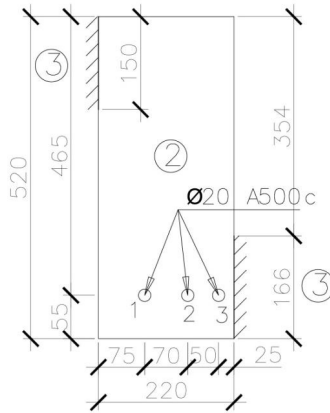


Рис. 3. Розміщення арматурних стержнів по перерізу ділянки №2

Для проведення порівняльного розрахунку за [4](додатку А), використані стандартні температурні криві.

Температурні криві ґрунтовані на наступних значеннях [4]:

- теплоємність бетону з вологістю 1,5 %. Температурні номограми визначені для вологості більше 1,5 %;
- теплопровідність визначена за нижньою межею для бетону;
- ступінь чорноти поверхні бетону 0,7;
- коефіцієнт конвекції 25.

За температурними кривими визначали значення температури прогріву перерізу на відстані встановлення робочої арматури у зразках. Значення температури визначали для тривалості пожежі від 30 до 90 хв., з кроком в 30 хв. Отримані значення наведені у порівняльній таблиці (табл. 3).

Для проведення порівняльного розрахунку за [5], використані стандартні температурні криві, наведені у Додатку Б. Температурні криві ґрунтовані на наступних значеннях [5]:

- теплоємність бетону з вологістю 2-3 %. Температурні номограми визначені для вологості більше 2 %;

- теплоємність бетону густиною $\rho = 2000 - 2400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Температуру у важкому бетоні слід визначати з коефіцієнтом 0,9 по значенню температури наведеної у номограмах [5].

За температурними кривими визначали значення температури прогріву перерізу, на відстані встановлення робочої арматури у зразках. Значення температури визначали для тривалості пожежі від 30 до 90 хв., з кроком в 30 хв. Визначені значення наведені у порівняльній таблиці (табл. 3).

Для проведення порівняльного розрахунку за [6], використаний теплотехнічний розрахунок перерізу. Модель впливу пожежі на даний переріз відповідає розрахунковому випадку при двох взаємно перпендикулярних обігрівних поверхнях (рис.4).

Таблиця 3

Таблиця порівняння результатів проведення теплотехнічних розрахунків

Метод визначення температури на робочій арматурі	Температура на робочій арматурі зразка, °С						
	Час у хв.						
	30	40	50	60	70	80	90
1	2	3	4	5	6	7	8
Натурне випробування зразок №1	125	209	232	238	287	316	363
Натурне випробування зразок №2	134	175	228	289	332	384	425
Визначення за ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:201X, [4]	150	-	-	310	-	-	450
Визначення за СТО 36554501-006-2006, [5]	120	-	-	270	-	-	405
Визначення за В.М. Ройтман "Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий"	67	136	223	304	376	439	493

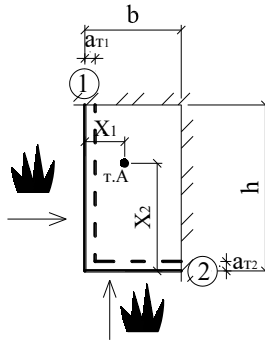


Рис.4. Розрахунковий переріз

Бетон конструкції на гранітному щебені густиною $\rho = 2450 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, вологістю $w = 5,2\%$, з наступними характеристиками:

- теплопровідність ($\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$): $\lambda(T) = A - B \cdot T$ за формулою (5.2, [6]);

- теплоємність ($\text{к Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$): $c(T) = C + D \cdot T$ за формулою (5.3, [6]);

Значення коефіцієнтів А,В,С,D, приймали за табл. 9.3.2, розд. 9.3, [6];

- коефіцієнт температуропровідності:

$$\alpha_{red} = \frac{3.6 \cdot \lambda}{(c + 0.05w) \cdot \rho}, \text{ за формулою (5.4, [6]).}$$

Розраховували температуру прогріву для точки 1 (т.А) (рис.3, рис.4):

т.1 – на поверхні першого арматурного стержня ($X_1 = 5.5\text{см}$ см від поверхні «1» до арматури, $X_2 = 7.5\text{см}$ від поверхні «2»);

Температуру в т. А (рис. 3) визначали за формулою (5.6, [6]):

$$T_A = 1220 - 1200 \cdot [1 - (1 - r_1)^2] \cdot [1 - (1 - r_2)^2]$$

- прогрів з і-ї площини

$$r_i = \frac{X_i^*}{l} \leq 1, \text{ за формулою (5.10, [6]);}$$

де l - товщина слою бетону, що почав прогріватися, м.

$$l = \sqrt{0.2 \cdot \alpha_{red} \cdot t}, \text{ за формулою (5.11, [6]);}$$

X_i^* - параметр, який визначали за формулою (5.12, [6]);

$$X_1^* = x_i + \varphi_1 \cdot \sqrt{\alpha_{red} \cdot t},$$

де φ_1 - коефіцієнт, який залежить від густини бетону (табл. 9.3.3, розділ 9.3, [6]),

x_i - відстань від розглядуваної точки до i -ї обігрівної поверхні, м.

За теплотехнічним розрахунком визначали значення температури прогріву перерізу, на відстані встановлення робочої арматури у зразках. Значення температури визначали для тривалості пожежі від 30 до 90 хв. з кроком в 10 хв.

Визначені значення наведені у порівняльній таблиці (табл. 3).

Для зручності аналізу даних, результати занесені у таблицю 3, наведені у вигляді графіку (рис.5).

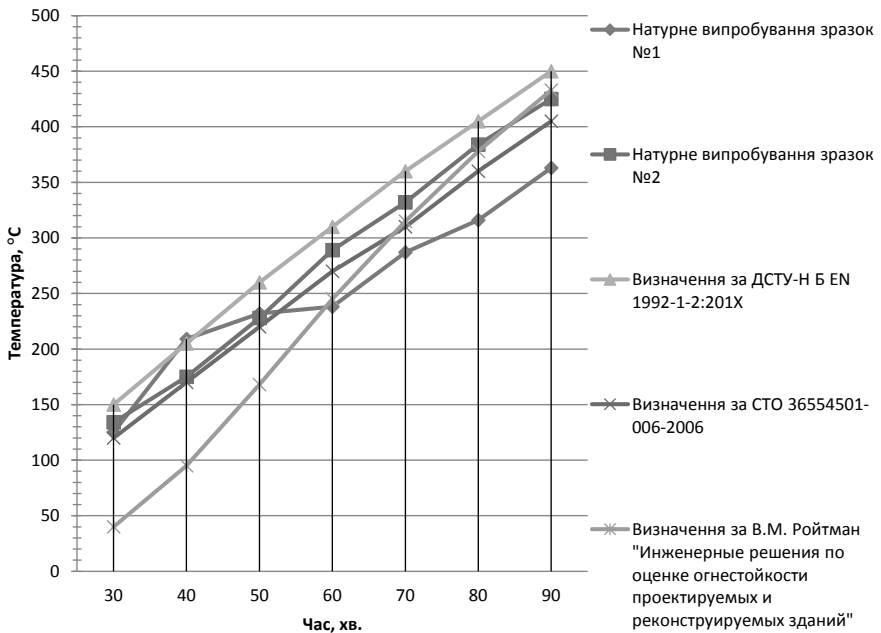


Рис. 5. Графік зміни температури в залежності від способу її визначення

З отриманих даних видно, що спосіб визначення температури у елементі за допомогою [4] та [5] дає схожий характер кривої та наближені до натурних випробувань данні температури прогріву перерізу елемента з розбіжністю в межах 15%.

В свою чергу, спосіб визначення температури за допомогою теплотехнічного розрахунку за [6] на стадії до 50 хв. показує, заниженні данні близько 50% розбіжності, в середній стадії 50...90 хв. схожий характер кривої та наближені до натурних випробувань данні температури прогріву перерізу з розбіжністю в межах 15%.

ВИСНОВКИ

З проведеного аналізу можна зробити висновок, що визначення температури у перерізі теоретичними методами, дає схожий характер кривої та наближені до натурних випробувань данні температури прогріву перерізу з розбіжністю в межах 15%. Така розбіжність вказує на достатньо точне визначення температури прогріву перерізу за допомогою ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:201X [4] та СТО 36554501-006-2006 [5].

Теплотехнічний розрахунок за В.М. Ройтманом [6], показав суттєву похибку близько 50% до 30-ї хв. пожежі. До 50-ї хв. похибка зменшилася до 5%, подальший розрахунок дає схожий характер кривої, та наближені до натурних випробувань данні температури прогріву перерізу елемента з розбіжністю в межах 15%.

Аналіз отриманих даних дозволяє, зробити висновок про достатню точність теоретичних методів визначення температури прогріву перерізу елемента, та доцільність їх використання у розрахунках на визначення межі вогнестійкості залізобетонних конструкцій.

Література

1. ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. -К.: Держбуд України, 1999. -20 с.

2. ДБН В.1.1.7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва. -К.: Держбуд України, 2003. - 87 с.
3. Ковалишин В.В. «Експериментальні визначення межі вогнестійкості збірних залізобетонних східчастих складок» / Ковалишин В.В., Юзьків Т.Б, Гуцуляк Ю.В., Артеменко В.В., // Науковий вісник УкрНДІПБ, 2013. -Вип. 2(28). С.82-88.
4. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:201X. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. -К.: Мінрегіон України, 201X. -117 с.
5. СТО 36554501-006-2006. Правила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкции. -М.: ФГУП «НИЦ Строительство», 2006. - 81 с.
6. В.М. Ройтман. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий/ В.М. Ройтман. -М.: Ассоциация "Пожарная безопасность и наука", 2001. - 382 с.