

**РОЗРАХУНКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ
ТЕМПЕРАТУРИ В ПЕРЕРІЗІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОНСТРУКЦІЇ
СХІДЧАСТИХ СКЛАДОК**

**SETTLEMENT AND THEORETICAL STUDIES OF THE TEMPERATURE
DISTRIBUTION IN THE CROSS SECTION OF CONCRETE STAIRCASE
FOLDS**

**Колякова В.М., к.т.н., доц., Божинський М.О., асп. (Київський
національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)**

**Koliakova V., candidate of technical sciences, associate professor,
Bozhynskiy M., postgraduate (Kiev national university of Construction and
Architecture, Kyiv)**

В статті наведено розрахунок залізобетонної конструкції за допомогою програмного комплексу ANSYS 16.0, з визначенням температурного розподілу по перерізу елемента. Проведено порівняльний аналіз даних прогріву перерізу, отриманих при натурних випробуваннях збірних залізобетонних конструкцій складного перерізу з даними отриманими при моделюванні

In this article the calculation of a reinforced concrete structures by means of the software package “ANSYS 16.0” with determination of temperature distribution on composite section is given. The comparative data analysis of the section forewarm, taken at field testing of the precast reinforced concrete structures composite section with data analysis of modeling

Ключові слова: розподіл температури, ANSYS, температурна задача
Keywords: temperature distribution, ANSYS, temperature task

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].

Складні перерізи та нестандартні конструктивні рішення потребують більш детального аналізу полів прогріву по перерізу та у вузлах примикання конструкцій. Такі труднощі при визначенні температурних полів вказують на необхідність виконання температурних розрахунків за допомогою програмних комплексів [3].

Метою даної роботи є порівняльний аналіз даних прогріву перерізу, отриманих при натурних випробуваннях збірних залізобетонних східчастих складок [4], з теплотехнічними розрахунками виконаними за допомогою програмного комплексу ANSYS 16.0.

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

Характеристики зразків для випробування наведені у табл.1 [4].

Таблиця 1

Характеристики зразків для випробування

Характеристики зразків	Зразки	
	Зразок №1	Зразок №2
Довжина	L1=6114 мм	L1=6347мм
Ширина	1780 мм	
Товщина	150 мм	
Вид бетону	Важкий	
Клас бетону за міцністю	В45	
Клас бетону за морозостійкістю	F150	
Клас бетону за водонепроникністю	W8	
Щільність бетону	$\rho=2450 \text{ кг/м}^3$	
Відпускна міцність бетону	58 МПа	
Вологість зразків	5,2%	

Розташування зразків на печі та схема навантаження зразків наведені на рис.1, [4].

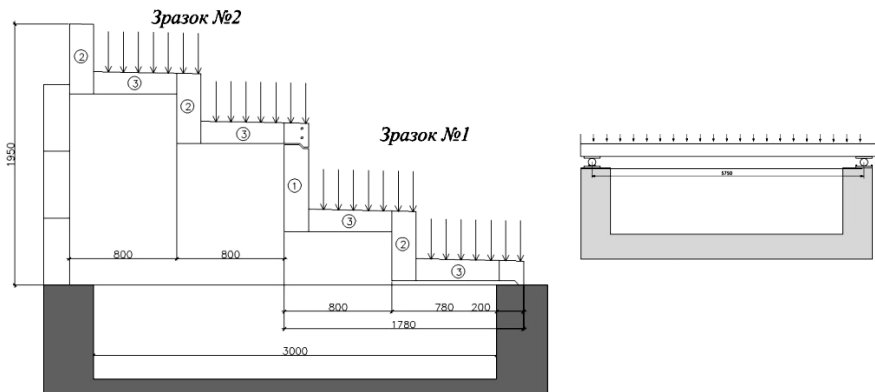


Рис. 1. Схема розташування та навантаження зразків на печі [4]

При проведенні натурних випробувань встановлювали термопар 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, [4].

Місця розміщення термопар описані у табл. 2 [4].

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

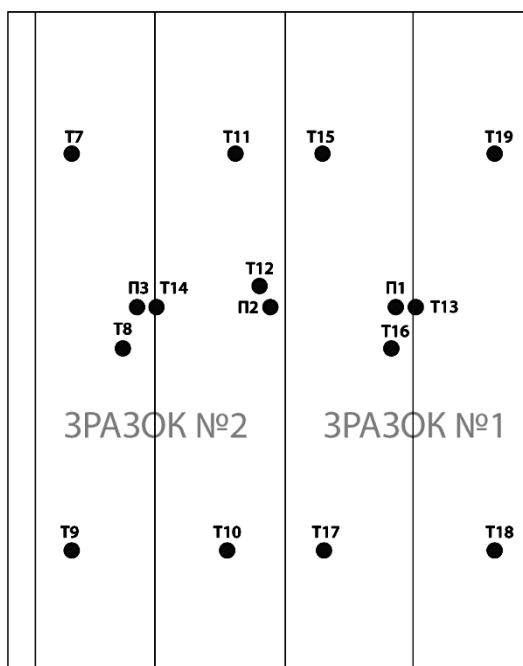


Рис.2. Схема розташування термопар на зразках [4]

Порівняльний графік зміни середньої температури в печі з графіком стандартної кривої пожежі наведено на рис. 3.

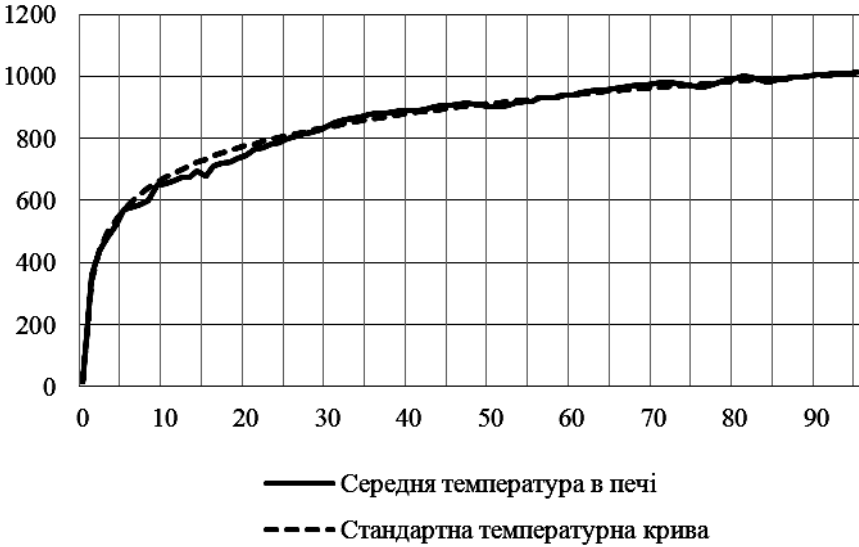


Рис. 3. Порівняльний графік зміни середньої температури в печі з графіком стандартної кривої пожежі

Для моделювання задачі розподілу температури в перерізі залізобетонних східчастих складок у програмному комплексі ANSYS 16.0, необхідно визначити вихідні данні:

- 1) Залізобетонні східчасті складки (рис.4).

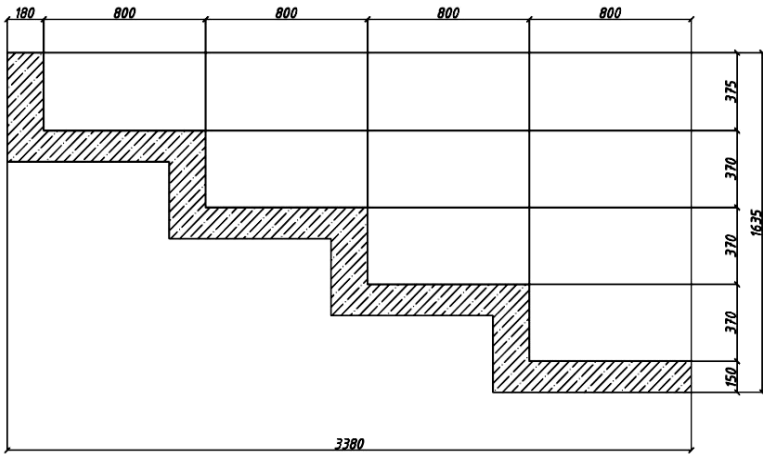


Рис. 4. Геометричні розміри моделі східчастих складок

- 2) Значення теплопровідності залізобетонних конструкцій залежно від прикладеної температури, визначають за формулою 1, згідно з [5].

$$\lambda_c = 2 - 0,245 \left(\frac{\Theta}{100} \right) + 0,0107 \left(\frac{\Theta}{100} \right)^2 \quad (1)$$

де Θ – температура бетону в $^{\circ}\text{C}$.

- 3) Значення теплоємності (Дж/(кг· $^{\circ}\text{C}$)) залізобетонних конструкцій залежно від прикладеної температури, визначають за формулами 2, 3, 4, 5 згідно з [5].

$$C_p(\Theta) = 900 \text{ для } 20^{\circ}\text{C} \leq \Theta \leq 100^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

$$C_p(\Theta) = 900 + (\Theta - 100) \text{ для } 100^{\circ}\text{C} \leq \Theta \leq 200^{\circ}\text{C} \quad (3)$$

$$C_p(\Theta) = \left(1000 + \frac{\Theta - 200}{2} \right) \text{ для } 200^{\circ}\text{C} \leq \Theta \leq 400^{\circ}\text{C} \quad (4)$$

$$C_p(\Theta) = 1100 \text{ для } 400^{\circ}\text{C} \leq \Theta \leq 1200^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

- 4) Густина бетону $\rho = 2300$ (кг/м 3).
- 5) Значення коефіцієнту чорноти поверхні, приймаємо згідно з [5] додатку А. Для бетону приймаємо значення 0,7.
- 6) Рівняння стандартної температурної кривої наведено в [5]

$$t = t_0 + 345 \lg(8\tau + 1) \quad (6)$$

де t - температура пожежі, $^{\circ}\text{C}$; t_0 - початкова температура пожежі, $^{\circ}\text{C}$; τ - час пожежі, хв.

Створення скінченно-елементної моделі залізобетонних східчастих складок за прийнятими розмірами (рис. 5). У властивостях елементів задають всі необхідні вихідні дані (густина бетону, теплопровідність, теплоємність, тощо).

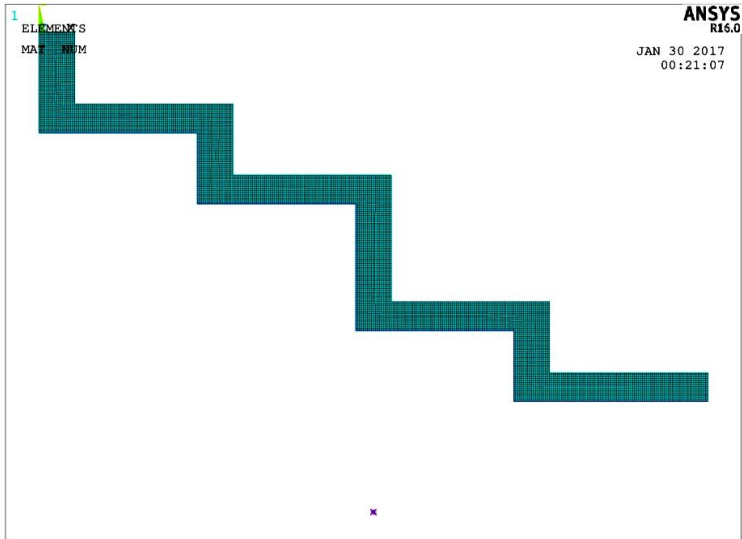


Рис. 5. Скінченно-елементна модель конструкції східчастих складок

Температурне навантаження до скінченно-елементної моделі східчастих складок прикладаємо виходячи з рівняння (6).

Після виконання розрахунків, з використанням необхідних параметрів, отримуємо розподіл температури по перерізу конструкції. Результати розрахунків температурних полів, для тривалості пожежі в 10, 30, 60 та 95 хв. наведені на рис. 6-9.

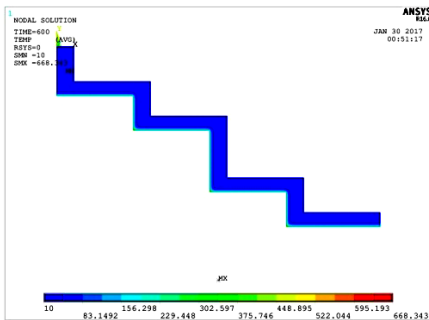


Рис. 6. Розподіл температури по перерізу конструкції при тривалості пожежі в 10 хв.

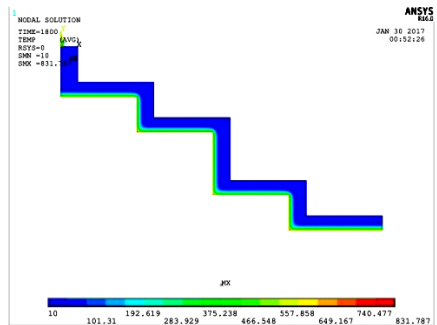


Рис. 7. Розподіл температури по перерізу конструкції при тривалості пожежі в 30 хв.

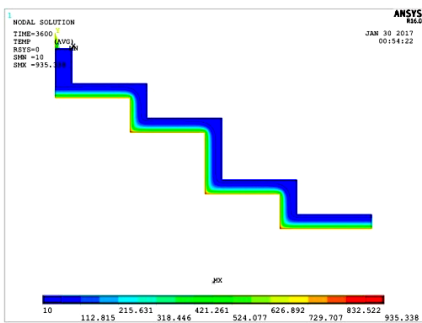


Рис. 8. Розподіл температури по перерізу конструкції при тривалості пожежі в 60 хв.

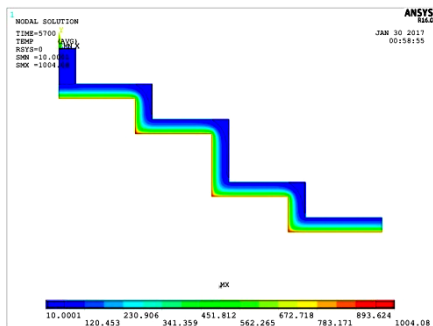


Рис. 9. Розподіл температури по перерізу конструкції при тривалості пожежі в 95 хв.

Отримуємо графіки зміни температури у часі для вузла, до якого прикладене температурне навантаження (рис. 10).

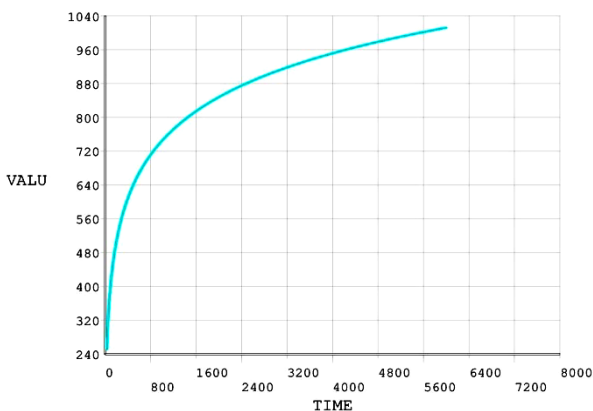


Рис. 10. Графік зміни температури у часі для вузла, до якого прикладене температурне навантаження

В якості порівняльного аналізу отриманих результатів наведено графік зміни температури на поверхні що обігрівається при натурному випробуванні та при моделюванні конструкції у програмному комплексі (рис. 11). Також наведено графік зміни температури на поверхні що не обігрівається в точці встановлення терпари T10 при натурному випробуванні та в аналогічній точці при моделюванні конструкції у програмному комплексі (рис. 12).

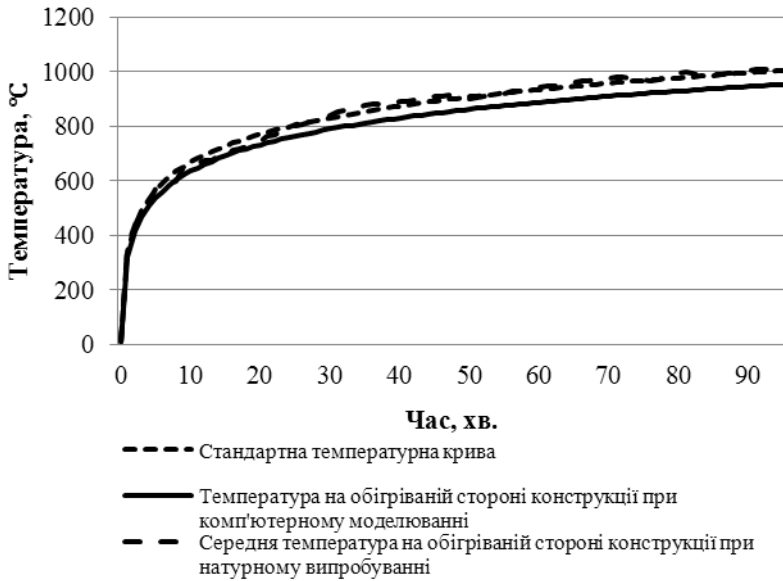


Рис. 11. Графік зміни температури у часі для вузла на поверхні плити, яку обігрівають при натурному випробуванні та при комп'ютерному моделюванні

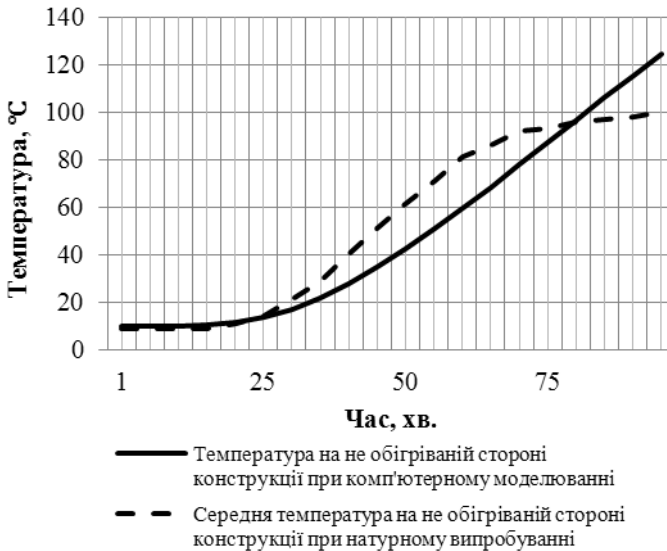


Рис. 12. Графік зміни температури у часі для вузла на поверхні плити, яку не обігрівають при натурному випробуванні та при комп'ютерному моделюванні

Висновки

З проведеного моделювання розподілу температур по перерізу залізобетонної конструкції східчастих складок можна зробити висновки:

- використання програмного комплексу ANSYS 16.0 дозволяє значно прискорити визначення розподілу температур по перерізу складних залізобетонних конструкцій;
- отримані значення температур на обігрівній поверхні при моделюванні за допомогою програмного комплексу мають занижені данні відносно отриманих даних при проведенні натурального випробування, але в межах 15%;
- отримані значення температур на не обігрівній поверхні при моделюванні за допомогою програмного комплексу мають більш лінійний характер, що пов'язано з більш ідеалізованими вихідними даними і умовами моделювання, відносно отриманих даних при проведенні натурального випробування;
- результати розрахунку вказують на можливість використання програмних комплексів для попередніх розрахунків на вогнестійкість з метою покращення характеристик зразка для випробування та зменшення кількості натурних випробувань.

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. Колякова В.М. «Розподіл температури в перерізі залізобетонної плити» / Колякова В.М., Божинський М.О., Фесенко О.А., // Сучасні технології та методи розрахунку в будівництві, 2016. -Вип. 5. С. 232-239. 4. 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. 5. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість. - К.: Мінрегіон України, 2012. - 117 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. 7. Шалумов А.С. Введение в ANSYS: прочностной и тепловой анализ: Учебное пособие/ Шалумов А.С., Ваченко А.С., Фадеев О.А., Багаев Д.В. – Ковров: КГТА, 2002. 33 с.