УДК 539.3, 622.692.4

В.В. Артеменко, к.т.н., доцент каф., ЛДУБЖД

ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПРОГРІВУ БЕТОНУ ТА АРМАТУРИ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОЛОНИ

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Е.Ю.)

Розроблена модель теплопровідності сталезалізобетонної колони з врахуванням зміни теплотехнічних характеристик (теплопровідності, теплоємності) бетону за стандартним температурним режимом у випадку чотирьохстороннього обігріву та запропоновано метод розв'язку.

Ключові слова: сталезалізобетон, температура, колона, теплопровідність.

Постановка проблеми. В наш час сталезалізобетонні конструкції широко розповсюджені в цілому світі. Використання цих конструкцій в будівлях та спорудах обумовлюється їх економічною доцільністю та особливостями архітектурно-планувальних рішень. Особливо доцільним є використання сталезалізобетонних колон під дією великих навантажень. В умовах дії високих температур та пожежі несуча здатність різко зменшується, що негативно впливає на їх експлуатаційні характеристики, тому актуальною задачею є забезпечення необхідною межі вогнестійкості таких конструкцій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням несучої здатності сталезалізобетонних конструкцій без впливу дії високих температур та в умовах пожежі в різні роки проводилися такими вченими, як Воронков Р.В., Клименко Ф.Є., Стороженко Л.І., Єфіменко В.І., Семко О.В. та інші [1]. Однак визначенням температур прогріву таких колон згідно ДСТУ-Н-П Б В.2.6-159:2010 (EN 1994-1-2:2005, MOD) в літературних джерелах висвітлено недостатньо.

Постановка завдання та його вирішення. В загальному випадку для розрахунку межі вогнестійкості бетонних та залізобетонних конструкцій необхідно:

- провести теплотехнічний розрахунок температур прогріву перерізів бетонних та залізобетонних конструкцій при стандартному температурному режимі;
- виконати розрахунок за несучою здатністю бетонних та залізобетонних конструкцій при стандартному температурному режимі.

Тому визначення температур прогріву бетону та арматури в колонах середнього ряду є актуальним завданням для подальшого визначення їх вогнестійкості [2].

При цьому найгіршим випадком буде чотирьохстороннє обігрівання її поверхні (рис. 1). Розглядається двохмірне рівняння теплопро-

відності з граничними умовами на всіх обігріваних поверхнях.

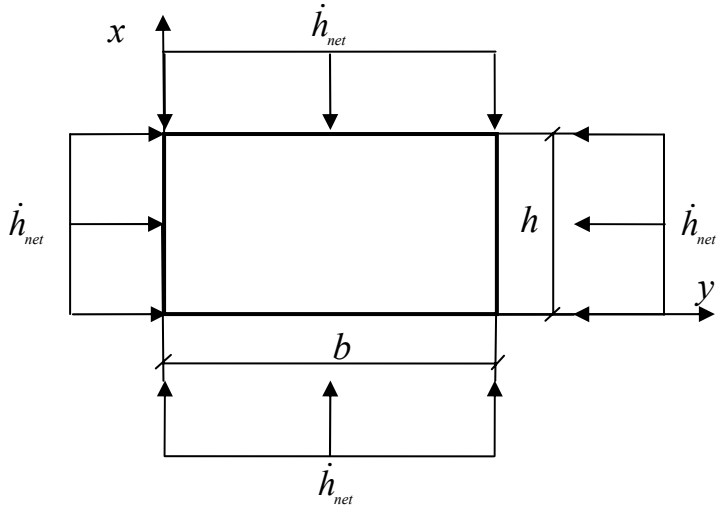

Рис. 1. Схема чотиристороннього обігрівання конструкції

Нелінійне рівняння теплопровідності записується так

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} \cdot \rho(\Theta) \cdot c_p(\Theta) = \lambda_c(\Theta) \cdot \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Theta}{\partial y^2} \right); \quad (1)$$

де t- час впливу пожежі, в хв.; Θ - температура, яка діє на конструкцію в момент часу t, $\lambda_c(\theta)$ - коефіцієнт теплопровідності, [Вт/(м·°С)], $c_p(\theta)$- коефіцієнт питомої теплопровідності,[кДж/(кг·°С)], $\rho(\theta)$-густина бетону, [кг/м^3]) залежно від температури прогріву матеріалу.

Коефіцієнт теплопровідності $\lambda_c(\theta)$ бетону визначається за формулою

$$\lambda_c = 2 - 0{,}2451(\theta/100) + 0{,}0107(\theta/100)^2, \text{ Вт/(м·°С)}; \quad (2)$$

де θ – температура бетону, °С.

Питому теплоємність бетону:

$$c_p(\theta) = 1100 \text{ Дж/(кг·}^0\text{С)} \qquad 400\ ^0\text{С} < \theta \le 1200\ ^0\text{С} \quad (3)$$

Початкові умови при t=0

$$\theta(x, y, 0) = \theta_0; \quad (4)$$

граничні умови на обігрівній поверхні при $y = 0;\ 0 \le x \le h$

$$-\lambda_c(\theta) \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial y} = \alpha_c \cdot \left(\Theta_g - \Theta_m \right) + \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot \left((\Theta_g + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right); \quad (5)$$

де Φ – кутовий коефіцієнт; ε_m – ступінь чорноти поверхні конструкції; ε_f – випромінювальна здатність полум'я; σ – стала Стефана Больцмана (=5,67·10^{-8} Вт/м^{2}К^4); Θ_r – ефективна температура випромінювання вогневого середовища, °С; Θ_m – температура поверхні конструкції, °С; α_c – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт/м^2·°С. У випадку, коли колона зазнає вогневого впливу з усіх сторін, температура випромінювання Θ_r може бути представлена температурою газового середовища Θ_g навколо конструкції

граничні умови на обігрівній поверхні при $y = b;\ 0 \le x \le h$:

$$-\lambda_c(\theta)\cdot\frac{\partial\Theta}{\partial y} = \alpha_c\cdot\left(\Theta_g - \Theta_m\right) + \Phi\cdot\varepsilon_m\cdot\varepsilon_f\cdot\sigma\cdot\left((\Theta_g+273)^4 - (\Theta_m+273)^4\right); \quad (6)$$

граничні умови на обігрівній поверхні при $x = 0;\ \ 0 \le y \le b$:

$$-\lambda_c(\theta)\cdot\frac{\partial\Theta}{\partial x} = \alpha_c\cdot\left(\Theta_g - \Theta_m\right) + \Phi\cdot\varepsilon_m\cdot\varepsilon_f\cdot\sigma\cdot\left((\Theta_g+273)^4 - (\Theta_m+273)^4\right); \quad (7)$$

граничні умови на обігрівній поверхні при $x = h;\ 0 \le y \le b$:

$$-\lambda_c(\theta)\cdot\frac{\partial\Theta}{\partial x} = \alpha_c\cdot\left(\Theta_g - \Theta_m\right) + \Phi\cdot\varepsilon_m\cdot\varepsilon_f\cdot\sigma\cdot\left((\Theta_g+273)^4 - (\Theta_m+273)^4\right). \quad (8)$$

Розв'язок рівняння виконується за явною схемою з використанням методу кінцевих різниць. Тому диференціальні оператори в рівнянні теплопровідності та граничних умовах замінюються на кінцево-різнецеві оператори [3].

Для випадку, коли обігрівання відбувається з чотирьох сторін, явна схема наведена на рис. 2.

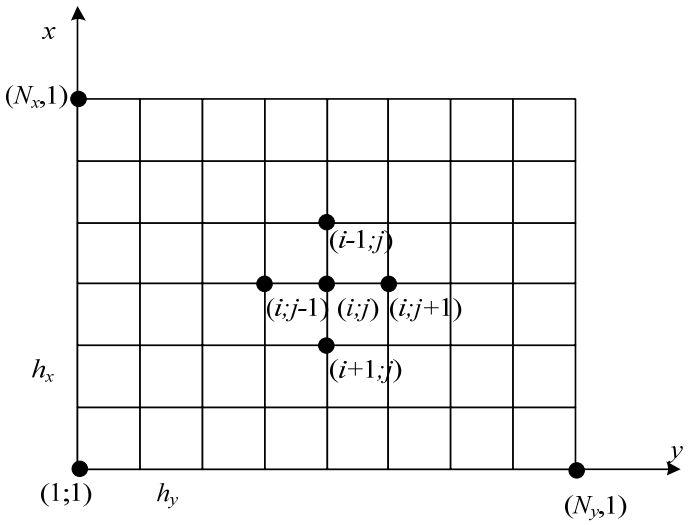

Рис. 2. Явна кінцево-різнецева схема, де h_x – крок по координаті x, h_y – крок по координаті y

Розрахунок проводиться з використанням прикладних програм MathCad та Microsoft Excel.

Висновки. Розроблена модель теплопровідності сталезалізобетонної колони з врахуванням зміни теплотехнічних характеристик бетону за стандартним температурним режимом та запропоновано метод розв'язку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стороженко Л.І. Проблеми дослідження, проектування й будівництва сталезалізобетонних конструкцій / Л.І. Стороженко // Серія: галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. пр. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – Вип. 4(39). Т.1. – С. 236-241.

2. Мареев В.В. Основы методов конечных разностей / В.В. Мареев, Е.Н. Станкова // – СПб: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2012. – 64 с.

3. Конструкції будинків і споруд. Проектування сталезалізобетонних конструкцій. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1994-1-2:2005, MOD). ДСТУ-Н-П Б В.2.6-159:2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – Ч. 1-2. – 110 с.

В.В. Артеменко

К определению температуры прогрева бетона и арматуры сталежелезобетонных колонн

Разработанная модель теплопроводности сталежелезобетонных колонн с учетом изменения теплотехнических характеристик (теплопроводности, теплоемкости) бетона по стандартному температурному режиму в случае четырехстороннего обогрева и предложен метод решения.

Ключевые слова: сталежелезобетон, температура, колонна, теплопроводность.

V.V. Artemenko

To the definition of concrete and composite columns reinforcement heating temperature

It is developed the model of the thermal conductivity for composite columns with account of changes in thermal characteristics (thermal conductivity, heat capacity) of concrete on a standard temperature regime in the case of four-sided heating and the method of its solution is provided.

Keywords: reinforced concrete, temperature, column, thermal conductivity.