

УДК 614.841.12

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА УМОВ ПОЖЕЖІ

Харішин Д.В.  
Субота А.В.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Щодня в країні виникають десятки, сотні пожеж, матеріальні втрати під час яких в основному зумовлені руйнуванням конструкцій будівель і споруд. Розглянемо будівельні конструкції житлових та громадських будівель, які в основному виготовляються з бетону, залізобетону і та цегли. Основним руйнівним фактором, що діє на конструкцію за умов пожежі, є величина температури її градієнт.

При оцінці вогнестійкості конструкцій за умов пожежі необхідно враховувати термомеханічний стан конструкції зумовлений зміною температури, величиною температурного градієнта і часом нагріву. Аналітичні дослідження дають можливість за короткий час провести розрахунки і аналіз температурного поля, температурних напружень і переміщень в конструкціях різних геометричних розмірів з врахуванням теплофізичних і механічних властивостей матеріалів (бетон, цегла, метал і ін.).

Інтенсивність прогріву конструкцій і величина градієнта температури по її товщині залежать від багатьох факторів: величини температури полум'я, умов теплообміну між поверхнею конструкції і зовнішнім середовищем, теплофізичних характеристик матеріалів, з яких виготовлена конструкція, часу прогріву, форми конструкції та ін.

При пожежах в житлових, адміністративних та громадських будівлях температура в приміщенні сягає майже 1100 °С. Дослідимо температурне поле масивних конструкцій за умов пожежі, температура якої змінюється в часі за "стандартним температурним режимом" [1].

$$(1)$$

$$t(\tau) = 345 \cdot \lg(1 + 8 \cdot \tau) + t_0,$$

де  $t(\tau)$  – зміна температури середовища в часі, °С;  $\tau$  – тривалість пожежі, хв;  $t_0$  – початкова температура, °С.

Температура середовища змінюється за законом (1). Теплообмін між середовищем та конструкцією здійснюється за законом Ньютона-Ріхмана. Для знаходження закону зміни температурного поля по товщині і часу розв'язано диференціальне рівняння нестационарної теплопровідності [3]:

$$\frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \cdot \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau}, \quad (2)$$

де  $\tau$  – час, с,  $t_0$  – початкова температура, °С;  $a = \frac{\lambda}{c_v \cdot \rho}$  – коефіцієнт температуропровідності

ті,  $\frac{m^2}{c}$ ;  $c_v$  – теплоємність при сталому об'ємі, Дж/(кг · К);  $\rho$  – густина,  $\frac{kg}{m^3}$ ;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності,  $\frac{Wt}{m \cdot K}$ .

Вираз (2) є диференціальним рівнянням нестационарної теплопровідності другого порядку. Для знаходження розв'язку рівняння (2) необхідно задати одну початкову і дві граничні умови:

$$t(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} + \frac{\alpha}{\lambda} (f(\tau) - t(0, \tau)) = 0, \quad t(\infty, \tau) = 0 \quad (3)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт теплообміну,  $\frac{Wt}{m^2 \cdot K}$ .

Розв'язавши диференціальне рівняння теплопровідності (2) з крайовими умовами (3) та підставивши вираз (1) отримаємо розв'язок задачі у вигляді:

$$t(x, \tau) = 345 \cdot \int_0^{\tau} \lg(1 + \frac{8}{60} \cdot (\tau - \nu)) \cdot \exp\left(\frac{\alpha}{\lambda} \cdot x + a \cdot \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right)^2 \cdot \nu\right) \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a \cdot \nu}} + \frac{\alpha}{\lambda} \cdot \sqrt{a \cdot \nu}\right) \cdot d\nu. \quad (4)$$

За формулою (4) проведені дослідження зміни температурного поля цегляної стінки залежно від координати  $x$  і тривалості пожежі  $\tau$ . Результати представлені графічно на рис. 1.

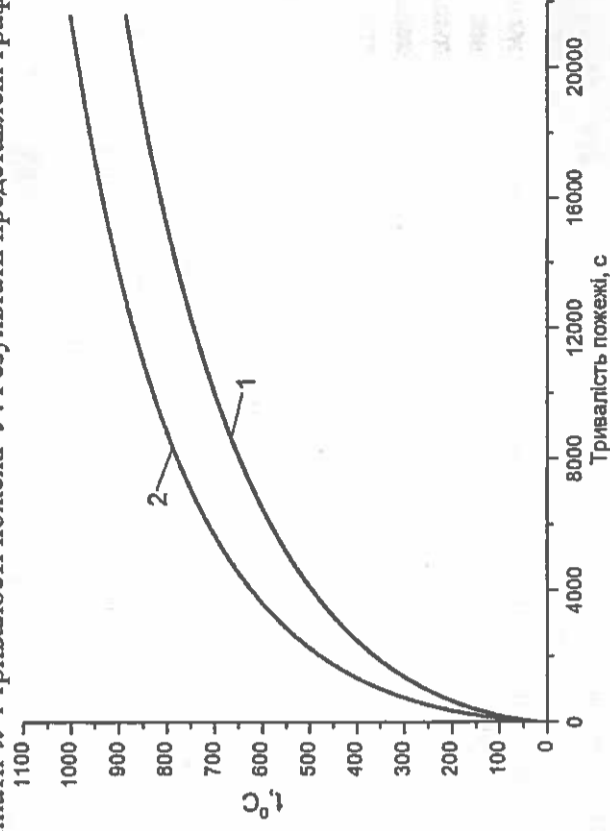


Рис. 1. Зміна температури в стінці в залежності від тривалості пожежі та коефіцієнту теплообміну крива (1) –  $\alpha = 15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ; крива (2) –  $\alpha = 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

#### Література:

1. ДСТУ Б В 1.1-4-98 Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги. Київ: Держбуд України, 1999. – 21с.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа 1967. – 600с.