



**МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ
ТА ПОЛЬСЬКОЮ
МОВАМИ**

МАТЕРІАЛИ

*Міжнародної науково-
практичної конференції*

ПОЖЕЖНА ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ТЕОРІЯ, ПРАКТИКА, ІННОВАЦІЇ

Львів – 2016

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

д-р техн. наук **Рак Т.Є.** – головний редактор
канд. техн. наук **Лин А.С.** – заступник головного редактора

dr. J. Telak

dr. O. Galarowicz

д-р техн. наук **Гащук П.М.**

д-р техн. наук **Гудим В.І.**

д-р техн. наук **Гуліда Е.М.**

д-р техн. наук **Ковалишин В.В.**

д-р психол. наук **Кривопишина О.А.**

д-р с.-г. наук **Кузик А.Д.**

д-р хім. наук **Михалічко Б.М.**

д-р техн. наук **Семерак М.М.**

канд. техн. наук **Башинський О.І.**

канд. техн. наук **Кравець І.П.**

канд. техн. наук **Луц В.І.**

канд. техн. наук **Маладика І.Г.**

канд. техн. наук **Пархоменко Р.В.**

канд. екон. наук **Повстин О.В.**

канд. техн. наук **Ренкас А.Г.**

канд. техн. наук **Удянський М.М.**

УДК 614.841.12:539.377

*Р.М. Тацій, д-р фіз.-мат. наук, професор, О.Ю. Пазен, канд. техн. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ, ЗАХИЩЕНИХ ВОГНЕЗАХИСНИМ ПОКРИТТЯМ

Постановка проблеми. Під дією високих температур знижується міцність залізобетонних конструкцій, що може призвести до їх руйнування. Тому забезпечення відповідної межі вогнестійкості є однією з важливих задач. Одним з поширених методів захисту елементів будівельних конструкцій є нанесення вогнезахисних систем на основі покриттів, що вспучуються.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження впливу теплофізичних та геометричних (товщина сухого шару) характеристик вогнезахисного покриття «Poly-lack-A» на вогнестійкість залізобетонної конструкції визначимо розподіл нестационарного температурного поля по її товщині (на глибині 20 мм – очікуване місце знаходження несучої арматури). Для цього змодельємо дану конструкцію у вигляді двошарової плоскої стінки з товщинами нанесеного вогнезахисного покриття 1 мм, 1,5 мм та 2 мм. Температура зі сторони експонованої поверхні конструкції змінюється по стандартному температурному режимі пожежі

$$t_{\text{пож.}}(\tau) = 345 \lg \left(1 + \frac{8\tau}{60} \right) + 25. \quad (1)$$

Зі сторони неекспонованої поверхні конструкції температура стала ($t_{\text{сер.}}(\tau) = 25^{\circ}\text{C}$).

Для дослідження температурного поля по товщині двошарової конструкції маємо диференціальне рівняння теплопровідності [1]

$$c\rho \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (\tau > 0), \quad (2)$$

умови теплообміну між пожежею та поверхнею конструкції, що змінюються за законом Ньютона-Ріхмана

$$\begin{cases} \alpha_0 t(0, \tau) - \lambda \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = \alpha_0 t_{\text{пож.}}(\tau), \\ \alpha_n t(x_n, \tau) - \lambda \frac{\partial t(x_n, \tau)}{\partial x} = \alpha_n t_{\text{сер.}}(\tau), \end{cases} \quad (3)$$

при початковій умові

$$t(x, 0) = t_0 = \text{const}. \quad (4)$$

Тут позначено, c – питома теплоємність, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$; ρ – густина, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; λ – коефіцієнт теплопровідності, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; α_0, α_n – коефіцієнти теплообміну, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; $t_{\text{пож.}}(\tau), t_{\text{сер.}}(\tau)$ – закони зміни температур на поверхнях конструкції.

Застосувавши прямий метод розрахунку нестационарного температурного поля одержимо рішення поставленої задачі у вигляді [2]

$$t(x, \tau) = \frac{\alpha_0 \alpha_n}{\Delta} \left(\psi_0(\tau) \sigma_n + \frac{\psi_n(\tau)}{\alpha_0} + \frac{\psi_0(\tau)}{\alpha_n} + (\psi_n(\tau) - \psi_0(\tau)) \left(\frac{x - x_i}{\lambda_i} + \sigma_i \right) \right) + \sum_{k=1}^{\infty} \left[f_k \cdot e^{-\omega_k \tau} - \int_0^{\tau} e^{-\omega_k(\tau-s)} u_k(s) ds \right] \cdot X_k(x, \omega_k). \quad (5)$$

Одержаний вираз дає можливість дослідити вогнестійкість залізобетонної конструкції, захищеної вогнезахисним покриттям та оцінити ефективність вогнезахисної фарби «Polylack-A».

Відомо, що при інтенсивному нагріванні вогнезахисне покриття спучується в інтервалі 250...500 °С внаслідок чого його теплофізичні характеристики і геометричні розміри змінюються [3]. Зокрема, товщина покриття під час спучення збільшується в 10-15 разів, а теплопровідність і густина зменшуються. Це призводить до зменшення інтенсивності нагрівання конструкції.

Розглянемо дві стадії процесу нагріву залізобетонної конструкції з вогнезахистом: до спучення і після спучення вогнезахисного покриття.

Стадія до спучення. Для дослідження розподілу нестационарного температурного поля по товщині залізобетонної конструкції використаємо запропонований прямий метод. Провівши відповідні розрахунки в програмному забезпеченні Maple 13 встановлено, що час спучення вогнезахисного покриття «Polylack-A» становить 8 хв.

Стадія після спучення. Під час другої стадії теплофізичні характеристики і геометричні розміри покриття приймаються сталими. Провівши відповідні дослідження, отримуємо графік зміни температури в залізобетонній конструкції в залежності від часу нагрівання, на глибині 20 мм (рис. 1) від експонованої поверхні.

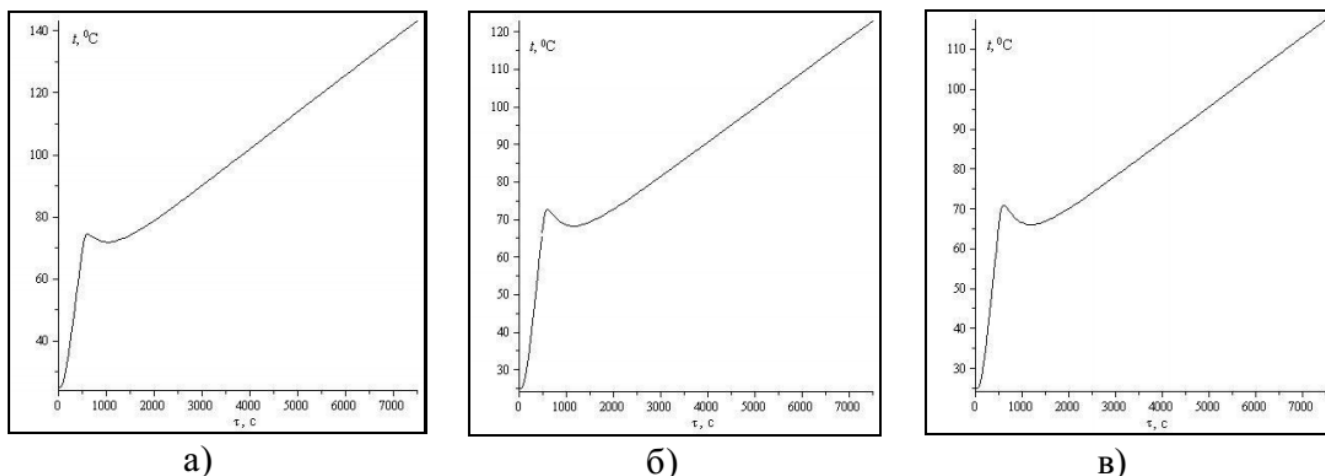


Рисунок 1 – Графік зміни температури залізобетонної конструкції на глибині 20 мм в залежності від часу, з нанесенням вогнезахисним покриттям «Polylack-A» товщиною: а) – 1 мм; б) – 1,5 мм; в) – 2 мм

Аналіз графічних залежностей, що представлена на рис. 1 показує, що за 125 хв. залізобетонна конструкція прогрівається, при товщині вогнезахисного покриття 1 мм «Polylask-A» до 141°C ; 1,5 мм «Polylask-A» до 121°C , 2 мм «Polylask-A» до 115°C , що не перевищує критичної температури (для сталі – 500°C).

Висновки. У роботі досліджено процес нагрівання залізобетонних конструкцій, покритих вогнезахисним покриттям «Polylask-A» різної товщини. Аналіз цих даних показує чітку зміну температури по товщині конструкцій зі зміною часу, що дає можливість визначити межу їх вогнестійкості за умов пожежі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Величко Л. Д. Термодинаміка та теплопередача в пожежній справі / Л. Д. Величко, Р. Я. Лозинський, М. М. Семерак. – Л: "Сполом", 2011. – 497 с.
2. Пазен О. Ю. Математичне моделювання процесів теплопереносу в багатошарових плоских конструкціях за умов пожежі : дис. канд. техн. наук : 21.06.02 / Пазен Олег Юрійович – Львів, 2016. – 168 с.
3. Цвіркун С. В. Удосконалення методу визначення вогнезахисної здатності покриттів металевих конструкцій : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.02 «Пожежна безпека» / С. В. Цвіркун. – К., 2006. – 20 с.