

УДК 624.012

В.М. Нуянзін, Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля,
С.В. Поздєєв, д.т.н., доц., ІДУЦЗ, А.В. Поздєєв, к.т.н., А.І. Ковальов, к.т.н., О.М. Нуянзін,
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОМИЛОК У ВИМІРЮВАННІ ТЕМПЕРАТУР НА ПОХИБКУ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНУ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОЛОНИ, ЯКА ЗАЗНАЛА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ

Досліджено вплив помилок при визначенні температур в зразках залізобетонної колони, яка зазнала впливу кліматичних факторів тривалістю 30 років, під час проведення експериментальних досліджень на точність визначення теплофізичних характеристик бетону (коефіцієнту теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності).

Ключові слова: межа вогнестійкості, залізобетонна колона, теплофізичні характеристики, похибка

Постановка проблеми. Для України, так як і для більшості країн пострадянського простору, актуальною є проблема «довгобудів», тобто житлових будівель будівництво яких призупинено на невизначений час. Залізобетонні конструкції, зокрема колони, таких об'єктів зазнають впливу кліматичних факторів (змінення температури, атмосферні опади, сонячна радіація тощо), що призводить до змінення їх властивостей. На теперішній час нормативними документами України не передбачено оцінювання вогнестійкості залізобетонних колон, які зазнали впливу кліматичних факторів, а будівлі, зведені з їх використанням, здаються як новобудови.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для дослідження залежності між значенням межі вогнестійкості залізобетонних колон та тривалістю впливу кліматичних факторів на них використали раніше розроблену методику [1], яка зокрема, передбачає розв'язання двох задач: теплотехнічної та статичної. Теплотехнічна задача розв'язується з використанням залежностей температур в перерізі зразків залізобетонної колони від часу температурного впливу. З використанням отриманих температурних залежностей розв'язується обернена задача теплопровідності та визначаються теплофізичні характеристики (ТФХ) (коефіцієнт теплопровідності та питома об'ємна теплоємність). Статична задача в свою чергу розв'язується з використанням даних про теплофізичні та міцнісні характеристики бетону залізобетонної колони, що досліджується.

Дослідження ТФХ бетону проводили на бетонних зразках (рис. 1 а) розміром 300мм×300мм×300 мм (рис. 1 а), які отримано з залізобетонної колони перерізом 0,3×0,3 м та довжиною 3,5 м, виготовленої з важкого бетону В30 та гранітного заповнювача, з повздовжньою арматурою, діаметром 20 мм зі сталі А400 та поперечною арматурою, діаметром 8 мм зі сталі А240 (густина бетону складає 2300 кг/м³), яка зазнала впливу кліматичних факторів тривалістю 30 років.

ТФХ бетону визначались із застосуванням методики, яка полягає в проведенні вогневих випробувань з подальшим розв'язанням ОЗТ за методикою, детально описаною в [2], на основі застосування методу Ньютона-Гауса. Для визначення ТФХ бетону використано установку, яка складається з теплоізолюваної камери та пальника (рис. 2).

Схема проведення експериментальних досліджень та місця установки термодар в зразках показано на рис. 1 (б, в). Для вимірювання температури в камері установки та зразках, було використано 5 хромель-алюмелевих термодар ТХА-VIII (Т1-Т5). Випробування проводились при температурі повітря 12 °С та вологості 65%.

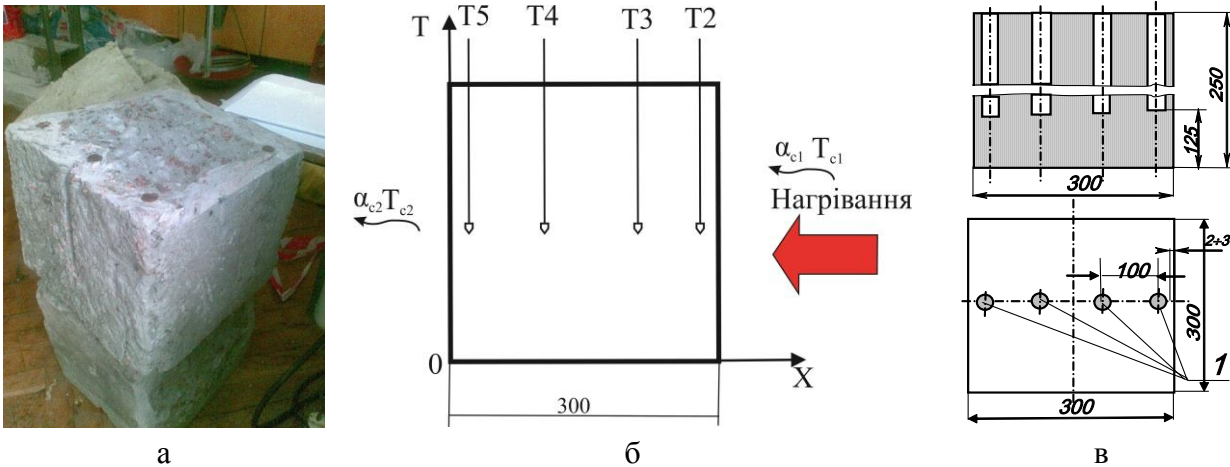


Рисунок 1 – Зразки (а) та схема їх зображення з місцями установки термопар (б (термопара Т1 розміщена в камері установки та контролює дотримання стандартного температурного режиму), в) для дослідження впливу кліматичних факторів на теплофізичні характеристики бетону (1 – місця установки термопар).



Рисунок 2 – Установка для визначення ТФХ бетону.

За результатами експериментальних досліджень зразків, які прогрівались за умов стандартного температурного режиму, отримано залежності температур від тривалості вогневого впливу в місцях установки термопар (рис. 3).

Розв’язання ОЗТ здійснювалось використовуючи екстремальний метод, згідно якого знаходилися такі значення параметрів P , для яких величина середньоквадратичного відхилення Φ розрахункових $T_{M,i}$ і експериментальних $T_{E,i}$ значень температур у місцях розташування термопар була мінімальною і обчислюється за формулою:

$$\phi = \sqrt{\sum_{i=1}^n [T_{M,i}(P) - T_{E,i}]^2}, \quad (1)$$

де n – кількість експериментальних значень температури в часі.

Використовуючи результати випробувань залізобетонної колони (температури в місці розташування термопарі Т3) було розв’язано ОЗТ та визначено значення ТФХ бетону залізобетонної колони, що досліджується. Проте не досліджено вплив помилок при проведенні експериментальних досліджень на точність визначення значень ТФХ. Тому метою даної роботи є визначення допустимого діапазону похибок вимірювального обладнання при яких отримуються прийнятні значення ТФХ бетону, які визначено за запропонованою методикою [1].

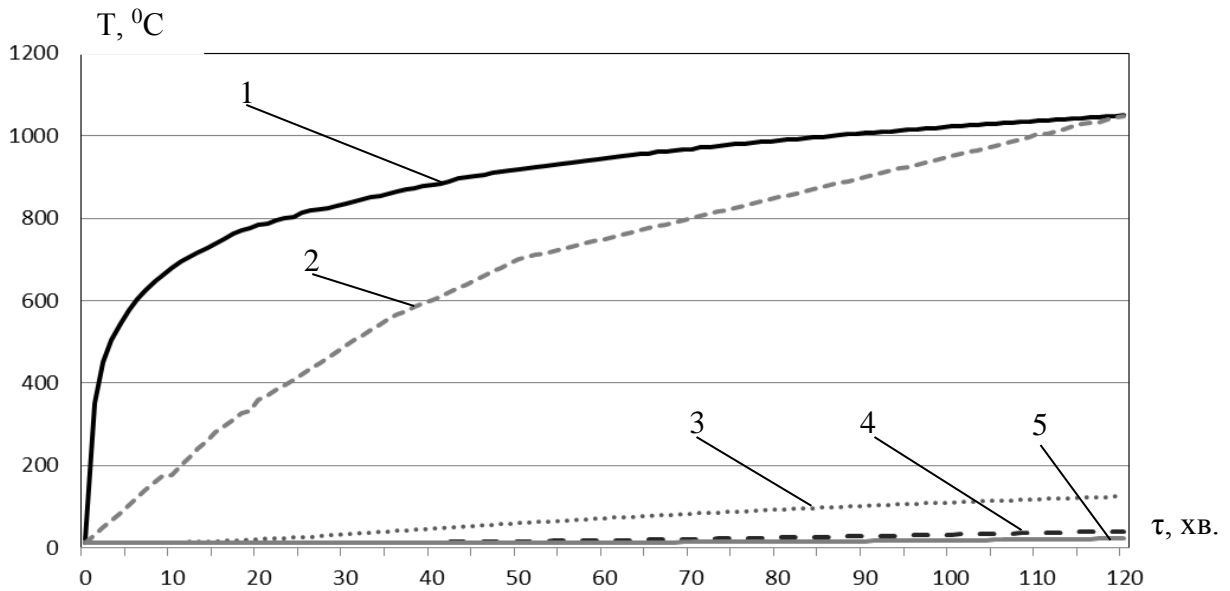


Рисунок 3 – Залежність температури прогріву зразка залізобетонної колони від тривалості вогневого впливу в місцях розташування термопар (1 – рівень термопарі Т1, 2 – рівень термопарі Т2, 3 – рівень термопарі Т3, 4 – рівень термопарі Т4, 5 – рівень термопарі Т5).

Постановка завдання та його вирішення. Врахувати всі можливі похибки при проведенні експериментальних досліджень для визначення ТФХ бетону дуже важко [3]. Тому пропонується імітувати помилки при визначенні експериментальних температур за допомогою генератора випадкових чисел.

Для цього проведено обчислювальний експеримент (ОЕ). Даний експеримент імітував проведення випробувань зразків залізобетонної колони, що досліджується, для визначення значень їх ТФХ. В результаті проведення ОЕ були отримані значення температур в тих самих місцях, де були розміщені термопарі при проведенні реального експерименту. Проведено дослідження впливу похибок при вимірюванні температур на точність визначення ТФХ бетону.

При розрахунку вводились випадкові похибки 10 та 20% при вимірюванні температури в місці розташування термопарі Т3 (рис. 1 б). Точні та збурені на 10, 20 % температури показано на рис. 4-5.

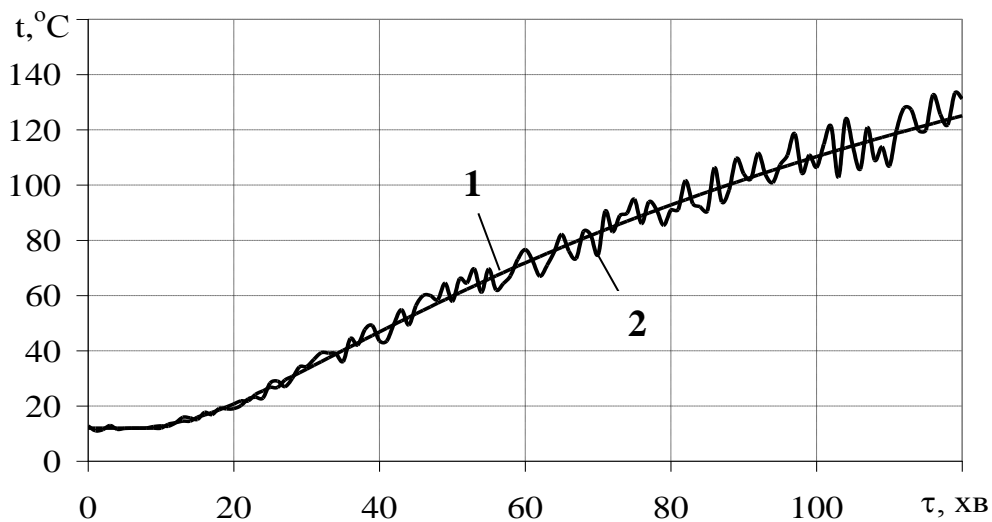


Рисунок 4 – Точні і збурені до 10% значення температур на відстані 100 мм від обігрівальної поверхні досліджуваного зразка, товщиною 300 мм, де:

- 1 – точна крива зміни температури, яка отримана експериментально;
- 2 – збурена на 10 % крива зміни температури.

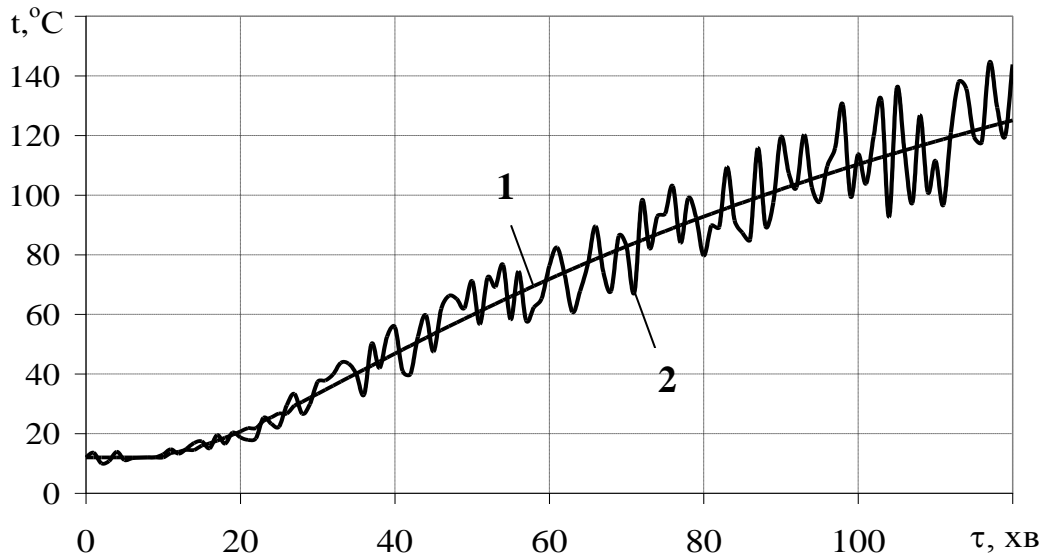


Рисунок 5 – Точні і збурені до 20% значення температур на відстані 100 мм від обігрівальної поверхні досліджуваного зразка, товщиною 300 мм, де:

- 1 – точна крива зміни температури, яка отримана експериментально;
- 2 – збурена на 10 % крива зміни температури.

З використанням збурених значень температур проведено розрахунок значень ТФХ бетону залізобетонної колони, що досліджується. Точні значення ТФХ та ТФХ, отримані розв’язанням ОЗТ по збуреним на 10, 20 % температурам, показані на рис. 6-7.

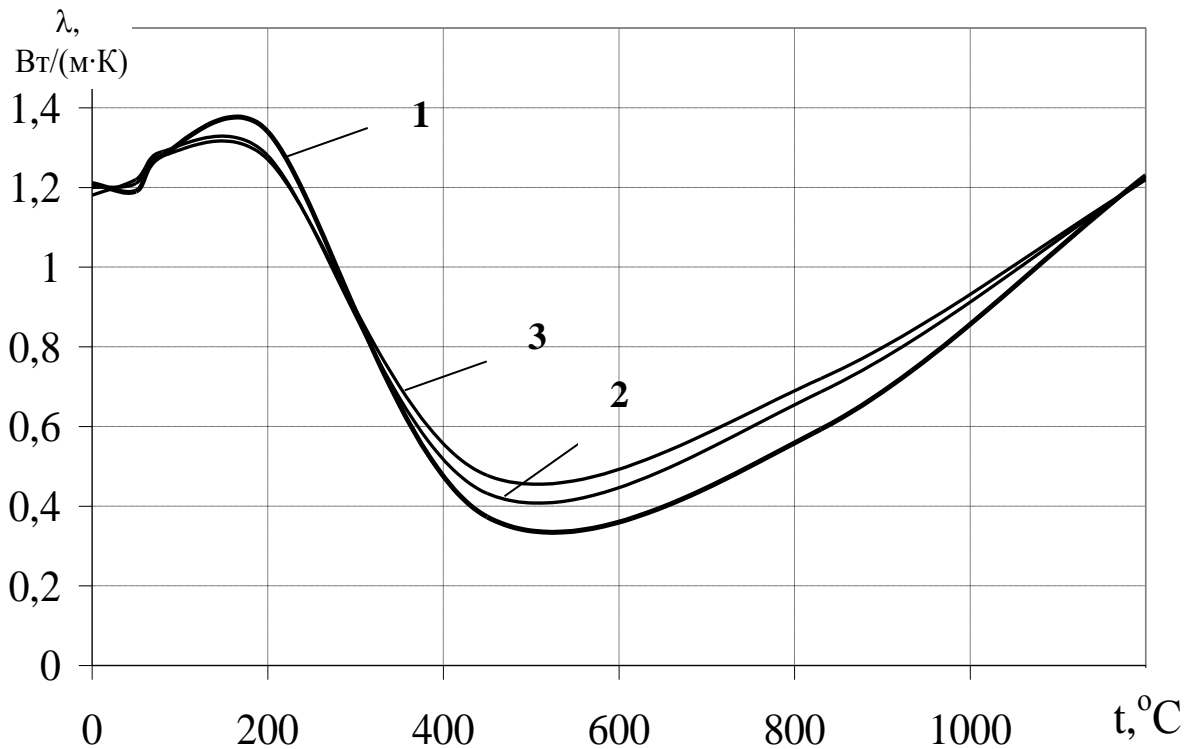


Рисунок 6 – Залежність коефіцієнтів теплопровідності бетону від температури, де:

- 1 – точні коефіцієнти;
- 2 – коефіцієнти, отримані розв’язанням ОЗТ при збурених температурах на 10 %;
- 3 – коефіцієнти, отримані розв’язанням ОЗТ при збурених температурах на 20 %.

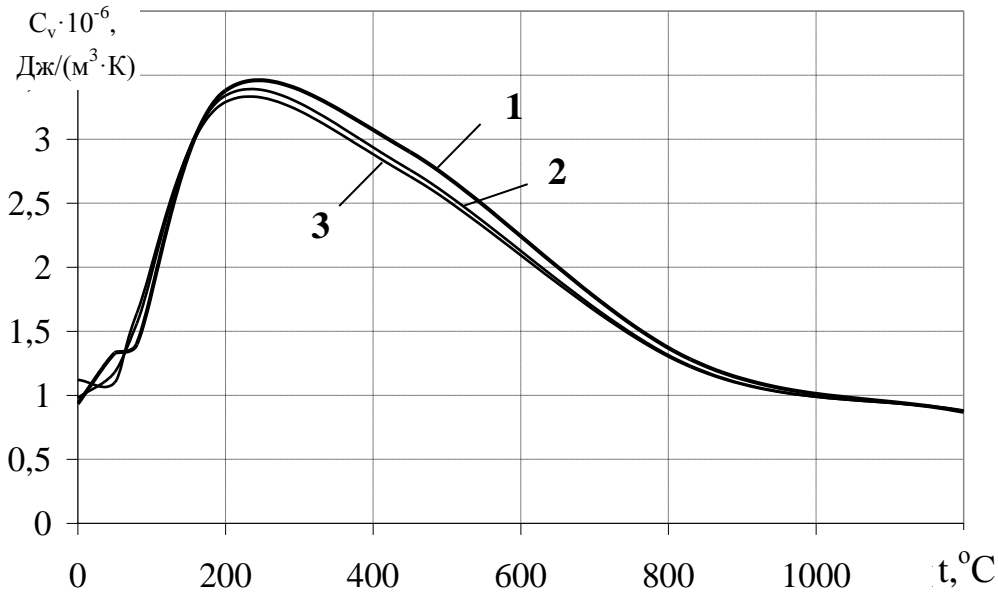


Рисунок 7 – Залежність питомої об'ємної теплоємності бетону від температури, де:

- 1 – точні коефіцієнти;
- 2 – коефіцієнти, отримані розв'язанням ОЗТ при збурених температурах на 10 %;
- 3 – коефіцієнти, отримані розв'язанням ОЗТ при збурених температурах на 20 %.

В результаті дослідження встановлено, що критерій середньоквадратичного відхилення (1) коефіцієнта теплопровідності та питомої об'ємної теплоємності бетону по збуреним на 10% температурам склав 4,366 °C, а по збуреним на 20% температурам – 8,876 °C.

При цьому, максимальне відхилення точних даних коефіцієнту теплопровідності бетону від даних температур, збурених на 10 %, складає 16 % при температурі 830 °C, а збурених на 20 % – 21,4 %. А максимальне відхилення точних даних питомої об'ємної теплоємності бетону від даних температур, збурених на 10 %, складає 11,4 % при температурі 80 °C, а збурених на 20 % – 17,14 %. Ці дані свідчать про сильний вплив випадкових похибок у вимірюванні температур в середині зразків, що досліджуються, на точність визначення ТФХ.

Можливо припустити, що такі відхилення зумовлені агресивним впливом кліматичних факторів в поєднанні з особливостями масопереносу вологи (природної та хімічно зв'язаної) при високотемпературному впливі.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що при похибці вимірювання температур у 10%, відхилення об'ємної теплоємності перевищує 11 %, а коефіцієнту теплопровідності – 16 % від їх точних значень. Тому, для отримання прийнятних значень ТФХ за допомогою запропонованої методики [1], необхідно особливо ретельно підходити до планування та проведення експериментальної частини дослідження. Засоби вимірювальної техніки повинні бути повірені та відповідати вимогам діючих норм. Експеримент може вважатись успішним в разі знаходження похибки в діапазоні від 0 до 10%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методика вивчення роботи стиснутих елементів залізобетонних конструкцій після тривалого кліматичного впливу при пожежі / С.В. Поздєєв, В.М. Нуязін, В.І. Осипенко, А.В. Поздєєв // Пожежна безпека. Збірник наукових праць. Львів: ЛДУБЖД. – 2009. - №14. – С. 56-62.
2. Круковский П. Г. Обратные задачи теплопереноса (общий инженерный подход) / Павел Григорьевич Круковский. – Киев : Институт технической теплофизики НАН Украины, 1998. – 218 с.
3. Качкар Е.В. Обоснование параметров трехслойных перегородок с минераловатными плитами для зданий и сооружений с учетом их огнестойкости : дис. ... кандидата техн. наук : 21.06.02 / Качкар Евгений Владимирович. – К., 2009. – 157 с.