

*О.В. Миргород, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

## **ПІДВИЩЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ МОЖЛИВОСТІ ЇХ ПОДАЛЬШОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІСЛЯ ПОЖЕЖІ**

(представлено д-ром техн. наук Куценком Л.М.)

В статті наведена основна оцінка стану залізобетонних конструкцій після високотемпературного впливу при пожежі та запропоновані шляхи підвищення фізико-механічних властивостей конструкцій для їх подальшої експлуатації.

**Ключові слова:** вогнетривкий бетон, барієвий шпінельвмісний цемент, міцність, високотемпературні випробування, прогорання, пожежна ситуація.

**Постановка проблеми.** Вогнестійкість залізобетонних конструкцій можливо оцінити за допомогою випробувань, які є досить трудомісткими і коштовними. Тому важливо знати методи вирішення цього актуального питання розрахунковим шляхом і проектування конструкцій з вогнестійкістю, яка задовольняє вимогам.

Цілеспрямоване застосування в будівництві бетонних і залізобетонних конструкцій з різною термостійкістю та засобів її підвищення ще на стадії проектування має велике значення, оскільки забезпечує підвищення ефективності капітального будівництва, економію матеріалів і витрат праці, скорочення втрат від пожежі.

Під час пожежі бетонні та залізобетонні конструкції піддаються високотемпературному нагріву різної інтенсивності та тривалості, в результаті чого знижується їх несуча спроможність [1]. Поведінка залізобетону як композиційного матеріалу насамперед визначається поведінкою бетону, оскільки саме в ньому при нагріві протікають складні теплофізичні та механічні процеси [1-2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В умовах сьогодення широкий розвиток отримало виробництво вогнетривких бетонів та залізобетонів, які можуть бути використані для звукоізоляції міжкімнатних перегородок і міжповерхових перекриттів, комплексного утеплення будинків різноманітного призначення (підлоги, стіни, горища та ін.).

Обстеження будівель і споруд, що постраждали від пожежі, підтверджує економічну доцільність експлуатації конструкцій після відбудови [2-4]. При цьому враховують зміни експлуатаційних характеристик конструкцій, кількісна оцінка яких потребує знань про зміну фізико-механічних властивостей бетону і арматури, особливостях їх сумісної роботи в умовах високотемпературного нагріву.

Відомо, що сумісна робота бетону і сталеві арматури в залізобетонних конструкціях визначається появою сил зчеплення, що забезпечують деформаційні, фізико-механічні і реологічні властивості матеріалів в залізобетонних елементах під навантаженням.

Найбільш розповсюдженими вогнетривкими матеріалами є глиноземистий та високоглиноземистий цемент, які, однак, не відповідають високим потребам, що висуваються до матеріалів за вогнетривкістю [5].

**Постановка завдання та його вирішення.** Кількісна оцінка міцності і деформативності зчеплення арматури з бетоном і їх вплив на граничні стани конструкцій в умовах нагріву, включаючи пряму вогневу дію, визначає можливість подальшої експлуатації залізобетонних конструкцій після пожежі.

У зв'язку з вищевикладеним, метою даної роботи є розробка нових складів бетонів з використанням цементів на основі алюмінатів барію та магнезійної шпінелі, що відрізняються високою міцністю, вогнетривкістю та корозійною стійкістю.

В якості вихідних сировинних матеріалів для отримання шпінельовмісного цементу використовувались вуглекислий барій технічний, глинозем марки Г00 та природний магнезит.

За результатами фізико-механічних випробувань отриманого цементу встановлено, що він має наступні властивості: водоцементне співвідношення 0,16; терміни тужавіння: початок 3 години 25 хвилин; кінець 6 годин 20 хвилин; межа міцності при стиску у віці 1 доби – 14 МПа, 3 доби – 47 МПа, 7 діб – 62 МПа, 28 діб – 68 МПа.

За результатами розрахунку температура плавлення обраного складу дорівнює 1850 °С. Визначена за методом падіння конусу вогнетривкість визначається температурою 2040 °С. Отриманий цемент є високоміцним, швидкоотужавіючим, швидкоотверднучим в'язучим повітряного твердіння і може бути використаний для розробки вогнетривкого бетону.

У якості заповнювача для вогнетривких бетонів може бути використаний широкий спектр матеріалів, нами було обрано електроплавлений корунд через матричну спорідненість до складу цементу.

Для отримання бетону зразки готували методом напівсухого пресування із бетонної суміші з вологістю 7 % . Пресовий тиск складав 100 МПа. Співвідношення цемент : заповнювач обране 1 : 3.

Основні фізико-механічні властивості отриманого бетону наступні: пористість – 11,4 %, межа міцності при стиску у віці 1 доби – 9 МПа, 3 доби – 40,2 МПа, 7 діб – 52,4 МПа, 28 діб – 56,5 МПа.

Аналіз отриманих результатів дозволив встановити, що отриманий бетон є високоміцним, щільним матеріалом, придатним для реконструкції будівель та створення монолітних конструкцій.

Встановлено, що найбільший ступінь розміцнення спостерігається до 800 °С, що відповідає видаленню вологи із гідратованого цементу. Понад 1000 °С починається спікання матеріалу з отриманням щіль-

ної керамічної структури.

Під час проведення випробувань зразка середня температура у печі  $T_{s3}$  має змінюватись відповідно до температурного режиму пожежі, яка повільно розвивається, що визначається залежністю:

- для проміжку часу  $t$  (хв.) випробувань  $0 < t < 21$

$$T_{s3} = 154t^{-0,25t} + 20; \quad (1)$$

- для проміжку часу випробувань  $t > 21$

$$T_{s3} = 345_{\log_{10}}[8(t - 20) + 1] + 20, \quad (2)$$

де  $t$  – час, що відраховується від початку випробування, хв.;  $T_{s3}$  – температура, яка відповідає часу  $t$ , °C.

Значення температури  $T_{s3}$ , що розраховані за формулами (1) і (2), наведені у табл. 1.

**Табл. 1. Значення температури  $T_{s3}$**

Час $t$ , хв	Температура $T_{s3}$ , °C
0	20
5	250
10	294
15	323
30	678
45	815
60	885
90	968
120	1022
150	1061
180	1092
240	1140
300	1850
360	2040

Середня температура в печі  $T_f$  визначається як середнє арифметичне показників термопар, що розміщені в печі.

Зміна деформативних властивостей сталі обумовлюється особливостями взаємодії з бетоном при високотемпературному нагріві. Розвиток пластичних деформацій веде до зменшення площі перерізу розтягнутої арматури і послабленню її контакту з бетоном.

**Висновки.** Встановлена можливість підвищення вогнетривких та фізико-механічних властивостей бетонних та залізобетонних конструкцій за рахунок введення алюмінатів барію та магнезійної шпінелі,

що є придатними для використання в якості додатків або реставрації бетонних і залізобетонних конструкцій після пожежі, що допоможе знизити на 10 % прогорання під час високотемпературних впливів і, як наслідок, – виникнення пожежної ситуації.

Для визначення несучої здатності, вигинів і тріщеностістійкості залізобетонних конструкцій необхідно враховувати зміну властивостей і умов сумісної роботи бетону і арматури після пожежі. Їх визначають методом кінцевих елементів або пошаровим розрахунком, приймаючи механічні властивості бетону і арматури кожного шару або елемента з урахуванням температури його нагріву при пожежі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Некрасов К.Д. Рекомендации по защите бетонных и железобетонных конструкций от хрупкого разрушения при пожаре. / К.Д. Некрасов, В.В. Жуков, В. Ф. Гуляева – М.: Стройиздат, 2003. – 21 с. – (Труды / Стройиздат, вып. 1).

2. ДБН В.1.1 – 7 – 2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України [Затверджені наказом Держбуду України від 03.12.2002 року № 88 та введені в дію з 01.05.2003 року, на заміну СНиП 2.01.02-85\*] – Державні будівельні норми України. – К.: 2003. – 45 с.

3. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1998.

4. Методические рекомендации по классификации дефектов и повреждений в несущих железобетонных конструкциях промышленных зданий. – Промстрой – НИИпрект, НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1999.

5. Мельник М.Т. Огнеупорные цементы / Мельник М.Т., Илюха Н.Г., Шаповалова Н.Н. – К.: Вища школа, 1984. – 121 с.

О.В. Миргород

**Повышение огнеупорных свойств железобетонных конструкций для возможности их дальнейшей эксплуатации после пожара**

В статье приведена основная оценка состояния железобетонных конструкций после высокотемпературного воздействия при пожаре и предложены пути повышения физико-механических свойств конструкций для их дальнейшей эксплуатации.

**Ключевые слова:** огнеупорный бетон, бариевый шпинельсодержащий цемент, прочность, высокотемпературные испытания, прогорание, пожарная ситуация.

O.V. Mirgorod

**Increasing the refractory properties of reinforced concrete structures for the possibility of their further exploitation after fire**

The article describes the basic assessment of reinforced concrete structures after high temperature exposure in a fire and the ways of improving the physical and mechanical properties of structures for their further exploitation.

**Keywords:** refractory concrete, barium spinel-containing cement, strength, high-temperature unit, burn-out facing, a fire situation.