

*М. М. Гвилюд<sup>1</sup>, д-р техн. наук, професор, В.-П. О. Пархоменко<sup>2</sup>, Р. В. Пархоменко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент, М. В. Котів<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент (Національний університет "Львівська політехніка", Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### ХАРАКТЕР ЗМІНИ МІЦІСНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕТОНУ НА ОСНОВІ КОМПЗИЦІЙНОГО ЦЕМЕНТУ В УМОВАХ НАГРІВАННЯ

Вивчено вплив цеолітмісного композиційного цементу на процесі тверднення бетону та зміну його складу і структури при нагріванні. Встановлено, що присутність доменного гранульованого шлаку та цеоліту у композиційному цементі призводить до підвищення міцнісних показників бетону при нагріванні його понад від 780°C завдяки синтезу легкоплавких евтектик, які заповнюють утворені під час дегідратації клінкерних складових пори зв'язуючи між собою окремі фрагменти бетону. Методами фізико-хімічного аналізу доведено підвищення залишкової міцності бетону на 64-69%, порівняно з бетоном, виготовленим на основі поргланцементу.

*Ключові слова:* композиційний цемент, цеоліт, тверднення бетону, структура та фазовий склад бетону, залишкова міцність.

*М. М. Гвилюд, В.-П. О. Пархоменко, Р. В. Пархоменко, М. В. Котів*  
**ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕТОНА НА ОСНОВЕ КОМПЗИЦИОННОГО ЦЕМЕНТА В УСЛОВИЯХ НАГРЕВАНИЯ**

Изучено влияние цеолитсодержащего композиционного цемента на процессы твердения бетона и изменение его состава и структуры при нагревании. Установлено, что наличие доменного гранулированного шлака и цеолита у композиционном цементе приводит к повышению прочностных показателей бетона при нагревании его выше 780°C вследствие синтеза легкоплавких эвтектик, заполняющих образованные во время дегидратации клинкерных составляющих поры тем самым связывая отдельные фрагменты бетона. Методами физико-химического анализа доказано повышение остаточной прочности на 64-69%, по сравнению с бетоном, изготовленным на основе поргланцемент.

*Ключевые слова:* композиционный цемент, цеолит, твердение цемента, структура и фазовый состав бетона, остаточная прочность.

*М. М. Гвилюд, В.-П. О. Пархоменко, Р. В. Пархоменко, М. В. Котів*  
**CHARACTER CHANGE OF CONCRETE STRENGTH PARAMETERS THAT ARE BASED ON COMPOSITE CEMENT UNDER HEATING**

The influence of zeolite-containing composite cement on the concrete hardening processes and its composition changes under heating has been studied. The presence of blast furnace granulated slag and zeolite composite in cement increases the strength characteristics under heating to temperatures above 780°C. This phenomenon occurs due to synthesis of fusible eutectics that fill the interstices, formed during clinker dehydration. As the result, the individual concrete pieces are being tied. Physical and chemical analysis of the composite cement based concrete has shown that its residual strength is 64-69% higher than the residual strength of portland cement based concrete.

*Key words:* composite cement, zeolite, hardening of concrete, structure and phase composition of concrete, residual strength.

Постановка проблеми. Відповідно до сучасних світових тенденцій все більшого значення набувають композиційні цементи, які можна розглядати як альтернативу поргланцементу. Виробництво композиційних в'язучих дає можливість економити енергію, збільшувати масу отриманого цементу, вихід бетону на його основі та вирішити проблеми охорони довкілля.

Слід зазначити, що введення до складу композиційного цементу разом з доменним гранульованим шлаком традиційних пуцоланічних добавок (олока, трелея, цеоліт) призводить до зростання водопоглинання в'язучого, словильнення набору міцності та погіршення експлуатаційних властивостей.

Згідно з ДБН 2.7.11 – 2002, будівельні конструкції на основі бетону повинні мати визначену межу вогнестійкості.

Наявність у складі композиційного цементу гідралічних та пуцоланічних добавок і утворення при його твердінні нових водовмісних сполук має значний вплив на поведінку бетонних конструкцій в умовах пожежі, що пов'язане з фізико-хімічними процесами, які проходять в цементному камені при нагріванні. При цьому необхідно враховувати вплив на міцнісні характеристики бетону не тільки кількості водовмісних цементних кристалогідратів, а і градієнта температур.

У зв'язку з цим визначення впливу композиційного в'язучого бетонних будівельних конструкцій на їх вогнестійкість є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Цементна промисловість багатьох розвинених країн останніми роками зацікавлена поргланцементами з підвищеним вмістом мінеральних добавок, оскільки це дає змогу знизити частку найдорожчого компонента – клінкера, без погіршення будівельно-технічних властивостей в'язучого і отримуюваного на його основі бетону [1,2]. Наявність у композиційному цементі доменного гранульованого шлаку та цеолітуможуть взаємінювати структуру бетону у процесі нагрівання, що являється важливим фактором впливу на його міцнісні показники [3,4]. При цьому необхідно враховувати процеси дегідратації клінкерних складових цементного каменю, в результаті чого утворюється значна частка пор та розривів у структурі бетону, і як наслідок зниження міцності, що може призвести до руйнування бетонної конструкції [5]. Особливо це важливо у випадку визначення залишкової несучої здатності будівель після пожежі, або будівель, які підлягають реконструкції.

Окрім того, в бетоні при нагріванні через значну різницю термічних коефіцієнтів лінійного поширення (ТКЛП) окремих складових виникають значні термонапруження, які підсилюють процес надіння міцності бетону. Згідно з теорією Гріффітса-Орлована-Рейндера, руйнування твердого тіла починається в місцях виникнення дефектів. Локальна концентрація напружень біля цих дефектів внаслідок зовнішніх механічних впливів викликає утворення зародкових мікротріщин, які розростаються, перекриваючи одна одну і зумовлюючи поступове зниження міцності матеріалу [6].

Мета роботи полягає у вивченні впливу композиційного в'язучого на міцнісні характеристики бетону в умовах високих температур пожежі.

Методи досліджень та матеріали. Механічні властивості бетону визначали на зразках розміром 100x100x100 мм, виготовлених на основі композиційного в'язучого з вмістом 10 мас.% цеоліту КЦ V/A (ДСТУ Б.В.2.7-46:2010), кварцового піску Ясинецького родовища з модулем пружності 1,25 (ДСТУ Б.В.2.7 – 32 - 95) та щебеню Томашгородського родовища фракції 5-20 мм (ДСТУ Б.В.2.7-74-98). Клас бетону за міцністю С 25/30.

Нагрівання зразків до температури 500°C, 800°C та 1000°C проводили у муфельній печі СНОЛ 1,6.2. Фізико-хімічні дослідження виконували методом рентгенофазового, комплексного термічного та електромікроскопічного аналізів.

Результати досліджень. Процес тверднення бетону проходить внаслідок гідратації клінкерних складових цементу з утворенням водовмісних кристалогідратів, які вносять основний вплив на вогнестійкість бетонних конструкцій. Методом рентгенофазового аналізу (рис. 1) встановлено, що через 7 діб гідратації на дифрактограмах фіксуються лінії негідратованого цементу ( $d/n = 0,276; 0,259$  нм), кальцію гідроксиду ( $d/n = 0,490; 0,263$  нм), кальцію гідроксиду-фосфату ( $d/n = 0,970; 0,550$  нм) та кальцію гідрокарбонату ( $d/n = 0,760; 0,388$  нм).