

## ВИПРОБУВАННЯ БЕТОННИХ КУБІВ ТА ПРИЗМ З ТЕПЛОВІЗІЙНИМ СПОСТЕРЕЖЕННЯМ ЗРАЗКІВ ТА РЕЄСТРАЦІЄЮ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ ПРИ РУЙНУВАННІ

© Коваль П.М.<sup>1</sup>, Солодкий С.Й.<sup>2</sup>, Прохоренко С.В.<sup>3</sup>, Ковальчик Я.І.<sup>4</sup>, 2013

<sup>1</sup> Національна академія образотворчого мистецтва та архітектури, кафедра «Архітектурні конструкції»,  
вул. Смирнова-Ласточкіна, 20, Київ

<sup>2,3</sup> Національний університет „Львівська політехніка”, вул. С. Бандери, 12, Львів 79013,  
<sup>2</sup>кафедра «Автомобільні шляхи», <sup>3</sup>кафедра « Інформаційно-вимірювальні технології »,

<sup>4</sup> Національний транспортний університет, кафедра «Дорожно-будівельних матеріалів та хімії»  
вул. Суворова 1, Київ, 01010.

[koval\\_pm@meta.ua](mailto:koval_pm@meta.ua), [solodkyy@mail.ru](mailto:solodkyy@mail.ru), [siergiej.prokhorenko@gmail.com](mailto:siergiej.prokhorenko@gmail.com), [kovalchik\\_yaroslav@ukr.net](mailto:kovalchik_yaroslav@ukr.net)

*Розглянуто результати випробування бетонних кубів та призм на стиск з реєстрацією температури та сигналів тріщиноутворення акустичною емісією при руйнуванні зразків на пресі. Визначено можливість використання тепловізійного методу для технічної діагностики стану бетонних конструкцій.*

*Рассмотрены результаты испытания бетонных кубов и призм на сжатие с регистрацией температуры и сигналов трещинообразования акустической эмиссии при разрушении образцов на прессе. Определена возможность использования тепловизионного метода для технической диагностики состояния бетонных конструкций.*

*The results with registration temperature in the destruction of samples and crack acoustic emission signals of the test compression of concrete cubes and prisms presented on stand. The possibility of using thermal method for technical diagnostics of concrete structures shown.*

**Вступ.** У вітчизняній практиці при обстеженнях залізобетонних конструкцій споруд для виявлення та фіксації дефектів а також для візуального спостереження за їх утворенням і розвитком використовують візуальне спостереження, фотофіксацію та ін. [1]. Але використовуючи вищезгадані способи не завжди можна виявити дефекти бетону і арматури в поверхневому шарі конструкції.

Для їх виявлення можна використати тепловізійний метод (IR-діагностика). Цей метод

обстеження конструкцій є одним з сучасних методів оцінки стану конструкції споруди та визначення деяких її внутрішніх дефектів бетонування та армування, які важко виявити візуально [1]. Він полягає в аналізі тепловізійних зображень елементів конструкції з врахуванням різної температури матеріалу дослідної ділянки (Рис.1) [2].

Для реєстрації сигналів утворення та поширення мікротріщин в залізобетоні на різних етапах роботи конструкцій використовують акустичну емісію (АЕ) [3]. Прикладом застосування тепловізійного методу є дослідження поверхні попередньо напруженої плити прогонової будови моста[1].

На дослідній ділянці (рис.1) показано чітку різницю температури бетону та арматури, котра (з огляду на недотримання технології будівництва та робочої документації) опинилась назовні, без захисного шару бетону (зона-1). Також чітко спостерігається зона (зона-2) пошкодженого бетону з температурою, що відрізняється від температури нормального бетону.

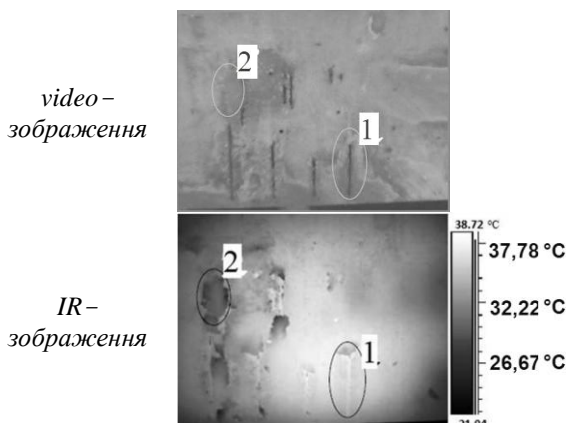


Рис. 1. Фото дослідної ділянки.

1,2, – різні зони дефектів [2].

Метою даного дослідження було визначення можливості реєстрації напружено-деформованого

стану бетонних конструкцій тепловізійним методом при їх руйнуванні,- зокрема нами було проведено

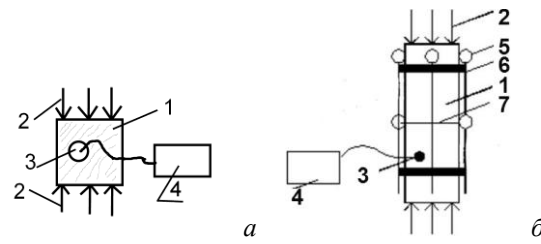


Рис. 2. Схема випробування на осьовий стиск а) бетонного куба: 1 – дослідний зразок, 2 – прикладене зусилля; 3 – приймач АЕ; 4 - програмно-технічний комплекс “АКЕМ”; б) бетонної призми: 1 – зразок марки ПР; 2 – прикладене зусилля; 3 – датчик АЕ; 4 – програмно-технічний комплекс “АКЕМ”; 5 – мікроіндикатори; 6 – металева рамка для виміру поздовжніх деформацій; 7 – база з мікроіндикаторами для вимірювання поперечних деформацій.

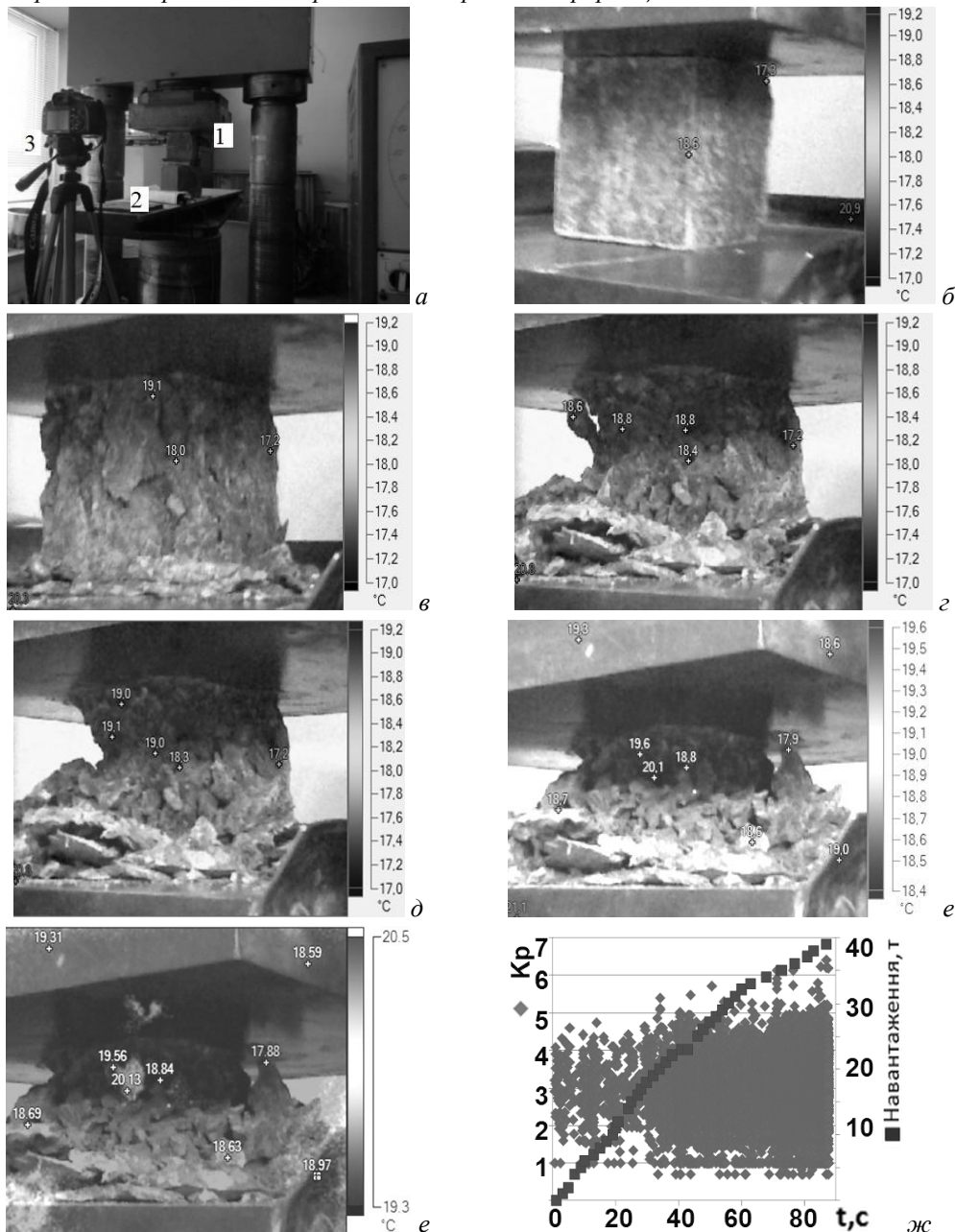


Рис.3. Випробування куба К-4: а – загальний вигляд випробування (1 – бетонний куб, 2 – блок підсилювача сигналу АЕ, 3 – тепловізор Fluke Ti25 з прикріпленою фотокамерою), б – куб до прикладання навантаження, в – куб при руйнуванні, з, д, е – куб при подальшому роздавлюванні на пресі, ж - Кр в часі при випробуванні К-4.

практичну перевірку якості реєстрації тепловізійним методом процесів утворення та розвитку тріщин в залізобетонних конструкціях. Перспективним завданням було оцінювання доцільності використання IR-методики аналізу для здійснення технічної діагностики стану бетонних конструкцій при їх роботі під навантаженням.

Проводилась фіксація температури зразка тепловізійною камерою Fluke Ti25 (теплова чутливість (NETD) – 0.1°C при 30°C, інфрачервоний спектральний діапазон від 7.5 мкм до 14 мкм).

Дослідження з використанням методу тепловізії та акустичної емісії (АЕ) проводились при руйнівному випробуванні (осьове навантаження) стандартних залізобетонних зразків без їхнього попереднього нагріву. Визначалось збільшення температури бетону при його руйнуванні.

Було виготовлено 7 бетонних кубів розмірами 100×100×100мм та 3 призми 100×100×400мм з важкого бетону класу В30.

Випробування бетонних кубів та призм відбувалося на пресі МС-2000 згідно норм [4, 5] за схемами вказаними на рис. 2а,б. Рівень навантаження контролювали за шкалою пресу (рис.4.4)

Процес реєстрації сигналів АЕ в часі

здійснювався притиснутим до вигладженої поверхні досліджуваного зрізця широкопасмовим (0,5-1,5МГц) акустичним сенсором. Дотримання вимог збереження акустичного контакту забезпечувалось стабільністю сили притиску та встановленням сенсорної головки на акустично-прозору пасту. Підсилення сигналу АЕ здійснювалось попереднім підсилювачем з чутливістю на вході 10 мкВ, частотним діапазоном 100-2000кГц, коефіцієнтом підсилення 70÷90 дБ і з динамічним діапазоном 40÷65 дБ. Полоса зрізу фронту низьких частот 9 кГц. Попередньо нормований аналоговий сигнал поступав на встановлену плату DAQ L-154 для подальшої обробки за допомогою програмно-технічного комплексу «АКЕМ». Ця схема експерименту дозволила синхронізувати процес реєстрації АЕ з динамікою зміни навантаження на досліджуваний зразок. Запис АЕ відбувався в один етап. У якості характеристичного параметра представлено часову залежність параметра катастрофічності процесу ( $Kp$ ).

Міцність кубів на стиск вказана в табл.1. При руйнуванні бетонного куба К-4 виділення температури складало 2,64°C (рис.3). До випробування куба температура складала 17,44°C (рис.3,б), після – 20,13°C (рис.3,є). Найбільше



Рис. 4. Випробування призми П-2. а – загальний вигляд випробування (1 – прес з призмою, 2 – тепловізор з реєстратором відео, 3 – ПК «АКЕМ», 4-шкала пресу), б – відеозапис тепловізора, в – вигляд призми з мікроіндикаторами (5) та датчиком АЕ (6), г – вигляд розподілу температурного поля в момент перед руйнуванням, д – момент руйнування призми.

виділення температури фіксувалось на частинках щебеню.

Таблиця 1

Куб	Міцність на стиск, т
К-1	41,7
К-2	39,8
К-3	43,1
К-4	39,6
К-5	38,8
К-6	40,9
К-7	42,8
Кубикова міцність бетону, МПа	38,9

При руйнуванні призми П-2 зареєстроване поверхнєве пікове виділення температури склало 1,5°C (рис.4г). Після руйнування найбільша температура зафіксована також на частинках щебеню. На рис. 4 показано реєстрацію сигналів Кр при останньому привантаженні призми П-2 до її руйнування. Процеси тріщиноутворення ( $K_p > 6$ ) активно проходили після навантаження в 35 т.

**Висновки.** Зафіксовано виділення температури при руйнуванні бетонних кубів та призм класу В30. Показано можливість поєднання енергетичних критеріїв АЕ руйнування зразків з виділенням температури при руйнуванні. Для остаточного поєднання необхідна достатньо напрацьована база

випробування аналогічних зразків. Проведені дослідження свідчать про можливість використання тепловізійного методу після його доопрацювання при діагностиці технічного стану бетонних конструкцій.

1. Лучко Й.Й. Методи дослідження та випробування будівельних матеріалів та конструкцій/ Й.Й. Лучко, П.М. Коваль, М.Л. Дем'ян. – Львів, Каменяр, 2001.-436с.

2. Research Report/Project DTFH61-05-C-00008, Task No. 8 /Detection of voids in prestressed concrete bridges using thermal imaging and ground-penetrating radar. David G. Pollock, Kenneth J. Dupuis, Benjamin Lacour, Karl R. Olsen ,Washington State Transportation Center (TRAC),Washington State University, Department of Civil & Environmental Engineering, Pullman, WA 99164-2910, 2008.

3. Скальський В.Р. Акустична емісія під час руйнування матеріалів, виробів і конструкцій/ В.Р. Скальський, П.М. Коваль – Львів, СПОЛОМ, 2005.-396с.

4. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій., Київ, Мінрегіонбуд України 2010.

5. ДСТУ Б В.2.7-217:2009 Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона, Київ, Мінрегіонбуд України 2010.