

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ БЕТОНУ ПІСЛЯ ВПЛИВУ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

В статті дається аналіз основних нормативних документів щодо дотримання вимог пожежної безпеки для будівель і споруд та вогнестійкості будівельних конструкцій. Пропонується для визначення несучої здатності (вогнестійкості) бетонних конструкцій після пожежі та впродовж терміну експлуатації використати силові та енергетичні характеристики в'язкості руйнування бетону. Представлена методика дослідження тріщиностійкості цементного бетону після нагрівання зразків до високих температур

Ключові слова: тріщина, тріщиностійкість, несуча здатність, граничний стан, зразки-призми, бетонна суміш

Вступ. В Україні діє Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд [1], який визначає основні вимоги до будівельних виробів, будівель і споруд щодо забезпечення безпеки життя і здоров'я людини, безпеки експлуатації, механічного опору та стійкості, пожежної безпеки, економії енергії, захисту навколишнього природного середовища, а також процедури оцінки відповідності виробів установленим вимогам та порядок їх застосування. Однією із основних вимог до споруд є дотримання вимог пожежної безпеки, а саме: збереження несучої здатності конструкцій протягом визначеного часу; обмеження поширення вогню та диму в споруді, а також на сусідні споруди і прилеглі території; забезпечення евакуації людей із споруди або їх рятування в інший спосіб; забезпечення безпеки рятувальних команд.

В Технічному регламенті зазначено, що за умови належної експлуатації споруд основні вимоги до них повинні виконуватися протягом обґрунтованого строку служби споруд з урахуванням передбачуваних впливів.

У 2008 році в Україні набрали чинності ДБН В.1.2-7-2008 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека» [2]. Ці норми установлюють основні положення та вимоги до виробів, будівель і споруд щодо забезпечення пожежної безпеки, визначеної у "Технічному регламенті будівельних виробів, будівель і споруд". Основна вимога повинна виконуватись з прийнятною вірогідністю, протягом економічно обґрунтованого терміну експлуатації об'єкта. В роботі [3] авторами детально проаналізовано існуючу нормативно-технічну базу щодо забезпечення вогнестійкості будівель і споруд та окреслені шляхи її удосконалення.

Проблема. Разом з тим, в Україні щорічно виникають десятки тисяч пожеж в будівлях, так у 2010 році вогнем знищено і пошкоджено 22284 будівлі і споруди, у 2009 – 21840, у 2008 – 20984, у 2007 – 23108. Можливість експлуатації конструкцій після пожежі визначають за певними основними та додатковими параметрами, для оцінки технічного стану конструкцій використовують суб'єктивні та об'єктивні методи діагностики [4]. Існуюча система технічної діагностики не дає змоги здійснювати довгострокове прогнозування поведінки будівельних конструкцій після пожеж [5]. Та і існуюча нормативна база [1,2,6,7] не передбачає якихось досліджень конструкцій протягом всього терміну їх експлуатації.

Тому проблема дослідження будівельних конструкцій, які зазнали впливу високих температур, щодо можливостей подальшої їх експлуатації залишається досить актуальною.

В роботі [8] проведено огляд наукових публікацій останніх років щодо використання методів механіки руйнування для дослідження процесів зародження та поширення тріщин в бетонних конструкціях до критичного рівня, а також визначення оптимальних критеріїв трі-

щиностійкості для оцінки довговічності бетону. Запропоновано використати методи механіки руйнування для дослідження бетонних конструкцій після впливу на них високих температур, тому що вони схильні переважно до крихкого руйнування, тобто до руйнування через поширення дефектів типу тріщин.

Основна частина. Дослідження тріщиностійкості бетонів за стандартною методикою ГОСТ 29167 [9].

Для проведення досліджень тріщиностійкості бетонів використовувалась установка кафедри автомобільних шляхів Національного університету "Львівська політехніка", яка забезпечує контрольоване поширення тріщини. Випробування зразків проводилися за схемою триточкового згину за допомогою 200-тонного гідравлічного преса (рис.1).



Рис. 1. Загальний вигляд випробувальної установки

Згідно з вимогами ГОСТ 10180 [10], було виготовлено 20 дослідних зразків, з розрахунку – 4 зразки на кожне значення температури: 20°C, 200°C, 400°C, 600°C, 800°C.

Марка бетону для дослідних зразків визначалася розрахунковим методом і була прийнята В 30. З бетону цієї марки найчастіше виготовляють такі конструкційні елементи: багатопустотні плити перекриття, сходові площадки, прогони, колони, плити покриття, балкони.

Склад бетонної суміші марки В 30 на 1 м³: цемент (м. Миколаїв) – 375 кг (М_ц 400); пісок (Ясницький кар'єр, Львівська обл.) – 630 кг (М_{кр} – 1,3); щебінь (Томашгородський кар'єр, Рівненська обл.) – 1320 кг (фракція 5 – 20 мм); вода - 146 л (В/Ц співвідношення 0,4).

Співвідношення фракцій щебеню у замісах приймалося таким: 65 % - фракція 10-20 мм і 35 % - фракція 5-10 мм.

Для перевірки розрахункової марки бетону був проведений контрольний заміс і заформовано три куби з ребром 0,10 м. Через 7 діб при зберіганні зразків при $t = 20 \pm 5^\circ\text{C}$ та вологості 90-95 %, проведено їх випробування методом перевірки міцності кубів на стиск на гідравлічному пресі (рис. 2). Результат показав 70 % запроектованої міцності бетону (210 МПа), що є задовільним.



а)



б)

Рис. 2. Перевірка міцності на стиск контрольних зразків – кубів на гідравлічному пресі:
а – до випробувань; б – на момент руйнування зразка

Замість бетонної суміші проводився серіями на вісім зразків одночасно. Після зважування складових на один заміс використовувались електронні ваги (рис. 3) фірми AXIF марки V 15 IR (НГЗ = 15 кг, НмГЗ = 20 г, $d = 1$ г).

Перемішування суміші відбувалося в електричній бетономішалці.

Зразки-призми виготовлялися в повірених формах розмірами $0,10 \times 0,10 \times 0,40$ м, виготовлених відповідно до [9] (рис.4) у промислових умовах. Перед використанням форм, їх внутрішні поверхні були покриті тонким шаром (до 1 мм) машинного мастила.



Рис. 3. Ваги електронні лабораторні марки V 15 IR



Рис. 4. Одномісна форма для виготовлення зразків у вигляді призми ФП – 100

Після перемішування бетонної суміші, нею заповняли форми і штикували сталевим стрижнем із заокругленим кінцем; число натисків розраховувалося із умови, щоб один натиск приходився на 10 см^2 верхньої відкритої поверхні зразка. Штикування виконувалося рівномірно по спіралі, від краю форми до її середини.

Заповнена бетонною сумішшю форма закріплювалася на лабораторному вібростолі і додатково ущільнювалася.

Повне ущільнення характеризується припиненням осідання бетонної суміші, вирівнюванням поверхні та появою на ній тонкого шару цементного тіста (рис. 5).



а)



б)

Рис. 5. *Форми наповненні бетонною сумішшю:
а – заповнені вручну; б – після вібрування на вібростолі*

Після закінчення вкладання та ущільнення суміші у формі верхню поверхню було заглажено. Зразки зберігалися у формах за нормальних умов ($t = 20 \pm 5^\circ\text{C}$ та вологість 90-95%) покриті вологою тканиною, що виключало можливість випаровування з них вологи, згідно з [10].

Розпалублення зразків виконувалося через 24 години після їх формування, після чого вони поміщалися в камеру (рис. 6), яка забезпечує нормальні умови.



Рис. 6. *Камера для зберігання зразків-призм*

Призми розміщувалися в камері на підкладках таким чином, щоб відстань між зразками, а також між внутрішніми стінками камери була не меншою за 5 мм, а площа контакту зразка і підкладки не перевищувала 30 % площі опорної поверхні. Термін тверднення зразків – 28 діб.

Після того, як пройшов нормативний час тверднення зразків-призм, вони нагрівалися до температур: 200, 400, 600 та 800°C у електричній муфельній печі (рис. 7). Це випробування проводилося на базі лабораторій кафедри автомобільних шляхів та кафедри хімічної технології силікатів НУ «Львівська політехніка».



Рис. 7. Витримка зразків у електричній муфельній печі:
а) в робочому режимі; б) у момент завантаження зразків

Час витримки зразків при цих температурах приймали на основі аналітичних даних щодо оперативної роботи підрозділів Оперативно-рятувальної служби МНС за період з 2001 до 2009 року (рис.8), а саме середній час ліквідування пожеж з врахуванням часу слідування підрозділів на пожежі та часу розвитку пожежі до повідомлення, що становить 40 хв.

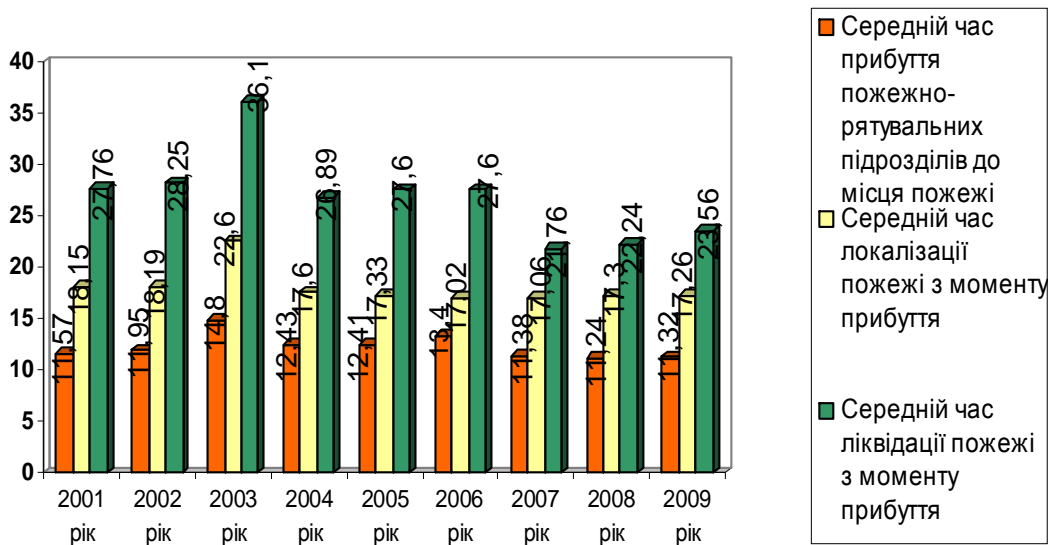


Рис. 8. Аналіз оперативних дій підрозділів оперативно-рятувальної служби МНС за 2001 – 2009 роки

Загальний час нагрівання зразків в електричній муфельній печі від 56 хв для другої серії (200°C) до 141 хв для п'ятої серії (800°C).

Вигляд зразків після нагрівання в електричній муфельній печі (рис. 9).

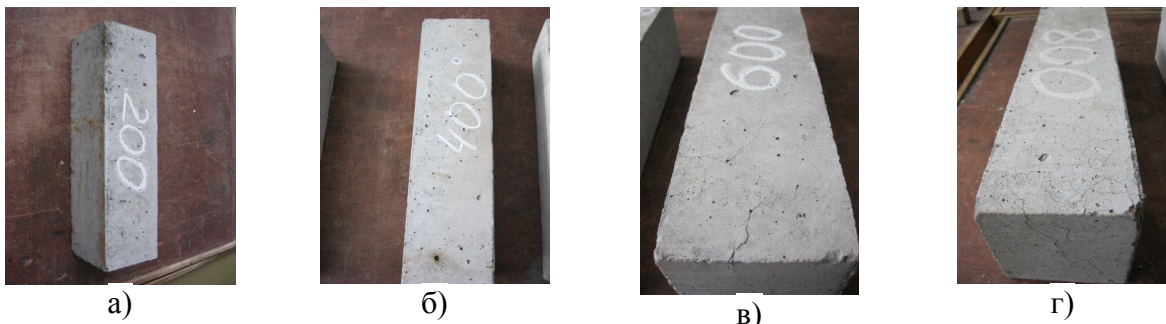
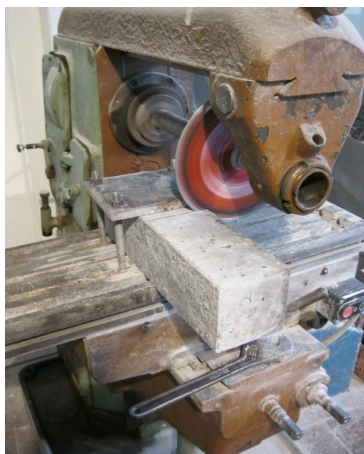


Рис. 9. Вигляд зразків після витримки у електричній муфельній печі при температурах: 200°C (а), 400°C (б), 600°C (в) і 800°C (г)

Для проведення досліджень тріщиностійкості, необхідно було на зразках зробити початковий надріз – ініціатор тріщини. Початковий надріз створювався завдовжки 0,04 м і за ширишки 0,002 м за допомогою ріжучого інструменту на фрезерному верстаті відповідно до [9] (рис. 10).



а)



б)

Рис. 10. Нарізання початкової тріщини:
а) робоче положення; б) готові до випробування зразки

Надалі призми після зберігання в нормальних умовах протягом 30 діб у повітряно-сухих умовах випробовували на тріщиностійкість (рис. 11) відповідно до [9], а половинки призм – на міцність при стиску (рис. 12).

Характеристики тріщиностійкості бетону визначаються при рівноважних механічних випробуваннях із записом повної діаграми навантаження - прогин ($F-V$).



Рис. 11. Випробування призми на тріщиностійкість



Рис. 12. Випробування половинки призми на міцність при стиску

Програмне забезпечення "p_sens" дає змогу записувати рівноважну діаграму деформування бетону з продуктивністю десять замірів значень навантаження (F) і відповідних йому значень прогину (V) за секунду. Отримана повна діаграма стану для розрахунку силових та енергетичних характеристик тріщиностійкості трансформується у розрахункові діаграми за допомогою здійснення додаткових розрахунків і побудов, згідно з [9] (рис. 13).

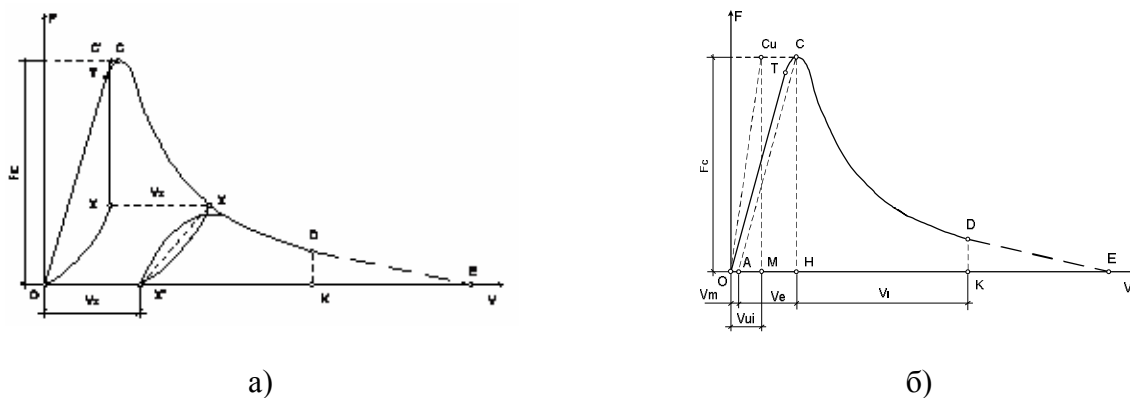


Рис. 13. Розрахункові діаграми стану бетону при рівноважних випробуваннях: а – без фіксації ліній розвантаження; б – з фіксацією ліній розвантаження

За допомогою розрахункових формул за площею окремих ділянок діаграми визначається величина роботи, яка йде на мікротріщиноутворення, пружне і локальне деформування, статичне руйнування.

Висновок. Таким чином, визначення енергетичних і силових характеристик в'язкості руйнування цементного бетону після впливу на зразки високих температур та порівняння їх з даними характеристиками зразків, що не зазнавали впливу високих температур, дасть змогу, в подальшому, досліджувати несучу здатність бетонних конструкцій, їх вогнестійкість, після пожеж з позиції механіки руйнування.

Список літератури:

1. **Технічний регламент** будівельних виробів, будівель і споруд / Затв. постановою Кабінету Міністрів України від 20.12.2006 р. № 1764.
2. **ДБН В. 1.2-7:2008.** Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.
3. **С.В.Новак, О.П. Якименко, Л.М. Нефедченко.** Шляхи удосконалення нормативно-технічної бази щодо забезпечення вогнестійкості будівель і споруд//Наук. вісник. – К.: УкрНДІПБ, 2010. – № 1(21). – С.173-178.
4. **Шналь Т.М., Хоржевський В.І., Павлюк Ю.Е., Пархоменко Р.В.** Технічна діагностика та подальша експлуатація залізобетонних конструкцій після пожежі // Вісник НУ «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. - №144. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка». – 2002. – С.184 – 189.
5. **Р.В. Пархоменко, В.В. Кошеленко.** Перколяційна теорія як інструмент прогнозування поведінки залізобетонних конструкцій під час пожеж // Зб. наук. пр. – Львів: ЛДУ БЖД, 2008. – №13. – С.160-165.
6. **ДБН В.1.1-7:2002.** Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
7. **ДСТУ Б В.1.1-4-98.** Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги.
8. **Пархоменко Р.В., Яковчук Р.С., Вировий В.М.** Зміна тріщиностійкості бетонних конструкцій після впливу високих температур//Вісник ОДАБА. – Вип. №39, частина 2. – Одеса, 2010. – С.141-145.
9. **ГОСТ 29167-91** Бетоны. Методы определения характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении.
10. **ГОСТ 10180-90** Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ БЕТОНА ПОСЛЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

В статье дан анализ основных нормативных документов касающихся требований к огнестойкости строительных конструкций, которые должны выполняться в течении всего срока эксплуатации. С целью решения данной предлагается для определения несущей способности (огнестойкости) бетонных конструкций после пожара и на протяжении срока эксплуатации использовать силовые и энергетические характеристики вязкости разрушения бетона. Представлена методика исследования трещиностойкости цементного бетона после нагрева образцов до высоких температур.

Ключевые слова: трещина, трещиностойкость, несущая способность, предельное состояние, образцы-призмы, бетонная смесь.

R. S. Yakovchuk

METHODS OF EVALUATION OF DESTRUCTION TENACITY OF CONCRETE BY THE INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURE

The article deals with the analysis of normative documents for the demands of fire-resistance of building constructions during the process of operation. It is proposed to establish suitability (fire-resistance) of cement constructions after the fires and during the operation for the usage of power and energetic characteristics of tenacity of cement destruction. The methods of investigation of crack resistance of cement constructions after the heating of samples to high temperatures.

Key words: crack, crack resistance, suitability, limit condition, prism-samples, cement mixture

