

УДК 624.016

*Л.І. Стороженко, д.т.н., професор  
Д.А. Єрмоленко, д.т.н. доцент  
О.В. Демченко, аспірант  
Р.В. Халява, студент  
Т.В. Халява, студент*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **ВИСОКОЕФЕКТИВНІ БЕТОНИ ДЛЯ ЗАПОВНЕННЯ ТРУБОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МІСЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Підібрано та експериментально отримано склади високоміцних бетонів. Визначено їх фізико-механічні властивості. Розглянуто використання високоміцних бетонів у труобетонних елементах.*

**Ключові слова:** *труобетон, високоміцний бетон, міцність бетону.*

УДК 624.016

*Л.И. Стороженко, д.т.н., профессор  
Д.А. Ермоленко, д.т.н. доцент  
О.В. Демченко, аспирант  
Р.В. Халява, студент  
Т.В. Халява студент*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

## **ВИСОКОЕФЕКТИВНЫЕ БЕТОНЫ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Подобраны и экспериментально получены составы высокопрочных бетонов. Определены их физико-механические свойства. Рассмотрено использование высокопрочных бетонов в труобетонных элементах.*

**Ключевые слова:** *труобетон, высокопрочный бетон, прочность бетона.*

UDC 624.016

*L.I. Storozhenko, ScD, Professor  
D.A. Ermolenko, PhD, Associate Professor  
O.V. Demchenko, post-graduate  
R.S. Khaliava, student  
T.S. Khaliava, student*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

## **HIGH-STRENGTH CONCRETE FOR THE FILLING OF CONCRETE STEEL TUBE DESIGNS WITH USE LOCAL MATERIALS**

*In the given article high-strength concrete are compositions selected and experimentally obtained. The concrete are defined physical and mechanical properties. The group of authors examines the use of high-strength concrete in concrete filled steel tube elements.*

**Keywords:** *concrete filled steel tube, high-strength concrete, strength of concrete.*

**Вступ.** Сьогодні в Україні й за кордоном спостерігається різке збільшення будівництва висотних будівель. При будівництві таких складних об'єктів найвигідніше використовувати високоміцні бетони, які дозволили б істотно зменшити розміри перерізу несучих конструкцій відповідно матеріальні витрати на будівництво.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Конструкції з високоміцних бетонів при настанні граничного стану руйнуються майже миттєво, що істотно знижує їх надійність. Цей недолік виключається при використанні трубобетонних конструкцій. Сталева оболонка стримує крихке руйнування бетонного ядра, забезпечуючи пластичний характер руйнування конструкцій у випадку перевищення допустимих навантажень на конструкції, тоді як руйнування залізобетонних колон, особливо з високоміцного бетону, має найчастіше блискавичний вибухонебезпечний характер [1]. Однак основною перевагою є приріст несучої здатності до 35% і більше внаслідок зміцнення бетонного ядра, обтисненого оболонкою [2].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Високі показники якості та довговічності високоміцного бетону обумовлені значно більшою однорідністю структури матеріалу внаслідок виключення великого заповнювача, високим ступенем ущільнення за рахунок оптимізації гранулометричного складу частинок, гранично низьким вмістом води в бетоні внаслідок застосування ефективних суперпластифікаторів [3].

**Постановка завдання.** Метою досліджень є розроблення складів та визначення фізико-механічних властивостей високоміцних бетонів з максимально можливим використанням матеріалів місцевої будівельної бази для заповнення осердя трубобетонних елементів.

**Основний матеріал і результати.** Для розв'язання поставленої задачі з метою пошуку оптимальних складів високоміцного бетону для бетонування коротких трубобетонних елементів проведений розрахунок [7] п'яти складів бетону з різною міцністю та водоцементним відношенням В/Ц – 0,29; 0,25; 0,24; 0,23.

При підборі складу бетону велика увага приділялася якості заповнювачів, криві гранулометричного складу яких не виходили за межі сприятливої та допустимої області відповідно до норм DIN 1045-2 [6] і володіли низьким вмістом дрібнодисперсних частинок (<0,125 мм) і дрібнозернистого піску (від 0,125 до 0,25 мм), що рекомендовані для одержання бетонів з мінімальною витратою цементу і відповідно низькою усадкою [4, 5].

Для виготовлення бетонів використано портландцемент загальнобудівельного призначення ПЦ І-500 Н (Евроцемент) [9], м. Балаклея, Харківська обл., який має насипну густину  $\rho_n = 1300 \text{ кг/м}^3$  та істинну

густину  $\rho_a = 3,1 \text{ г/см}^3$ . Якості крупний заповнювач використано Тахтаївський гранітний щебінь (Полтавська обл.) фракції 5 – 10 мм, який відповідає вимогам стандарту [8] (пустотність щебеню 47 %, насипна густина  $\rho_n = 1350 \text{ кг/м}^3$ , істина густина  $\rho_a = 2,71 \text{ г/см}^3$ ). Як дрібний заповнювач для бетонів використовували Миколаївський пісок кварцовий з модулем крупності  $M_k = 2,34$  який відповідає вимогам [12] (насипна густина у сухому стані  $\rho_n = 1515 \text{ кг/м}^3$ , істина густина  $\rho_a = 2,61 \text{ г/см}^3$ ).

Як добавка до бетону застосовувався суперпластифікатор Glenium 51 на основі ефірів полікарбоксилату, що володіють додатковою перевагою структури макромолекул полімеру, які скупчуються на поверхні частинки і фактично беруть на себе функцію розпірок. Добавка вводилася в кількості 1% від маси цементу. Порівняно з іншими реагентами, навіть мінімальна доза продуктів на основі ефірів полікарбоксилату забезпечує розріджуючу дію та покращує легкоукладність бетонної суміші [3]. Така добавка забезпечує хорошу збереженість технологічних властивостей бетонних сумішей з дуже низьким водоцементним співвідношенням і дозволяє отримати довговічні бетони з високою ранньої та пізньої міцністю. Підібрані склади бетонів наведені в таблиці 1.

**Таблиця 1 – Склади бетонів**

№ складу	Проектний клас бетону за міцністю відповідно до ДСТУ Б В.2.7-176	Проектна міцність, МПа	В/Ц	Витрата матеріалів, кг/м <sup>3</sup>		
				цемент	пісок	щебінь
Склад 1	C20/25	32,2	0,6	308	660	1254
Склад 2	C32/40	51,4	0,29	493	600	1254
Склад 3	C40/50	64,3	0,25	510	586	1254
Склад 4	C50/60	77,1	0,24	529	571	1254
Склад 5	C60/75	90,0	0,23	592	517	1254

Для приготування бетонної суміші C20/25 використовувався бетонозмішувач гравітаційної дії, а для приготування бетонних сумішей C32/40, C40/50, C50/60, C60/75 використовувався бетонозмішувач примусової дії. Дозування матеріалів проводили за масою. Перемішування проводилося механічно протягом 5 хв, ущільнення бетонної суміші відбувалося вібруванням. Витримували зразки у формах, накритих вологою тканиною, протягом однієї доби, подальше зберігання - протягом 27 діб в приміщенні з температурою повітря  $t^\circ = 20 \pm 2^\circ\text{C}$  при відносній вологості повітря 95 – 97 %. Зразки-циліндри зберігалися у формах для збереження ідентичних умов набору міцності, що й трубобетонні зразки.

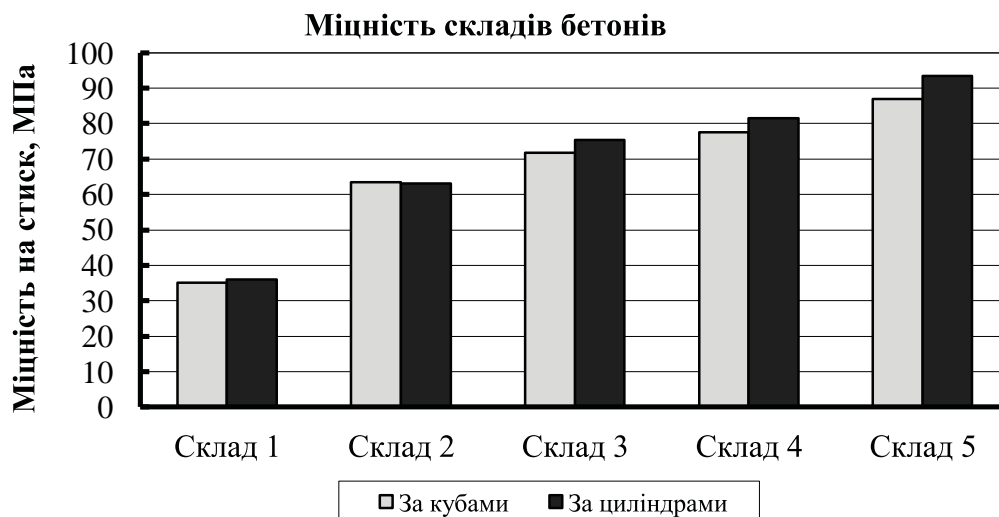
З кожного замісу виготовлені: серія трубобетонних зразків, п'ять зразків кубиків розмірами 100×100×100 мм, три циліндри діаметром 100 мм і висотою 400 мм кожного складу для контролю міцності бетону, які відповідають вимогам [10, 11].

Для визначення міцнісних характеристик бетону були проведені випробування контрольних зразків кубиків та циліндрів у віці 28 діб відповідно до вимог [10]. Міцність при стиску та модуль пружності складів бетонів наведена в таблиці 2 та на рисунку 1.

**Таблиця 2 – Міцність при стиску складів бетонів**

Номер складу бетону	Міцність, визначена на зразках-кубах $f_{ck.cube}$ , МПа	Міцність, визначена на зразках-циліндрах $f_{ck.cyl}$ , МПа	Модуль пружності $E_0 \times 10^5$ , МПа
1	35,08	36,03	0,265
2	63,50	63,04	0,323
3	71,86	75,37	0,367
4	77,56	81,49	0,393
5	86,92	93,36	0,401

За руйнуюче навантаження приймалося максимальне зусилля, яке було досягнуте в процесі випробування. Міцність бетону в серії з трьох зразків визначали як середнє арифметичне значення за двома найбільшими за міцністю зразкам.



**Рис. 1 – Міцність складів бетонів визначена на зразках-кубах та циліндрах**

Вища міцність бетону, що визначена на зразках-циліндрах, отримана за рахунок ізоляції від зовнішнього середовища бетонної суміші, тобто твердіння в об'ємі покращило міцнісні характеристики бетону.

**Висновки.** Проведені дослідження показали можливість отримання високоміцних бетонів при використанні цементів марки 500 та місцевих заповнювачів. Використання високоміцних бетонів як осердя трубобетонних елементів дозволяє поліпшити його експлуатаційні характеристики та підвищити несучу здатність конструктивного елемента в цілому не збільшуючи поперечного перерізу.

### Література

1. Стороженко Л.І. Труبوبетон [Текст] : монографія / Л.І. Стороженко, Д.А. Єрмоленко, О.І. Лапенко. – Полтава: ПолтНТУ, 2009. –306 с.
2. *Mechanical Properties of High Strength Concrete Filled Steel Tubular Columns* [Текст] / Ke Feng Tan, Lai Bao Liu// *Advanced Materials Research Vols. 472 – 475 (2012) – p. 1119 – 1125.*
3. Модифікатори нової генерації для бетонів [Текст] / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, У.Д. Маруцак, М.М. Чемерис та ін. // *Будівельні матеріали та виробн.* – 2006. – №1. – С. 5–7.
4. Берг О.Я. Высокопрочный бетон / О.Я. Берг, Е.Н. Щербаков, Г.Н. Писанко – М.: Стройиздат, 1971. – 208 с.
5. Schmidt M., *Ultra High Performance Concrete (UHPC) – Proceedings of the 1st International Symposium on Ultra High Performance Concrete; Schriftenreihe Baustoffe und Massivbau, Universitat Kassel, Heft 3, 2004.*
6. *DIN 1045-2 Norm, 2001-07. Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton-Teil 2: Beton; Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformitt; Anwendungsregeln zu DIN EN 206-1. Beuth Verlag, Berlin.*
7. ДСТУ Б В.2.7-215:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу [Текст] : чинний від 2009-12-22. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с.
8. ДСТУ Б.В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико механічних випробувань [Текст] : чинний від 2006-07-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 1996. – 13 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови [Текст] : чинний з 2011-09-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 29 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками [Текст] : чинний від 2009-12-22. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с.
11. ДСТУ Б В.2.7-176:2008. Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови. (EN 206-1:2000, NEQ) [Текст] : чинний від 2009-09-30. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 109 с.
12. ДСТУ Б.В.2.7-32-95. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови [Текст] : чинний від 1996-01-01. – К.: Держкоммістобудування України, 1996. – 13 с.

Надійшла до редакції 23.04.2014

©Л.І. Стороженко, Д.А. Єрмоленко, О.В. Демченко, Р.В. Халява, Т.В. Халява