

УДК 693.54:624.016

**РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ПОРУШЕНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ БЕТОНУВАННЯ ОСЕРДЯ**

Д-р техн. наук О.В. Семко,  
канд. техн. наук А.В. Гасенко,  
асп. О.М. Гукасян

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С НАРУШЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ БЕТОНИРОВАНИЯ ЯДРА**

Д-р техн. наук А.В. Семко,  
канд. техн. наук А.В. Гасенко,  
асп. О.М. Гукасян

**RESULTS OF TESTING THE CONCRETE FILLED STEEL TUBES MEMBERS WITH VIOLATIONS OF CONCRETING CORE TECHNOLOGY**

Doct. of techn. sciences A.V. Semko,  
Cand. of techn. sciences A.V. Gasenko,  
Postgraduate student O.M. Gukasian

*Викладено результати досліджень трубобетонних елементів, виготовлених з порушеннями технології бетонування сталеві електрозварної холоднодеформованої труби важким бетоном середньої кубкової міцності 40, 35 та 15 МПа. Наведено статистичні дані про мінливість фізико-механічних характеристик трубобетонних елементів з різними видами послаблень бетонних ядер по висоті та характер їх руйнування.*

**Ключові слова:** бетон, трубобетонні конструкції, дефект бетонування.

*Выложено результаты исследований трубобетонных элементов, изготовленных с нарушениями технологии бетонирования стальной электросварной холоднодеформированной трубы тяжёлым бетоном средней прочности 40, 35 и 15 МПа. Наведены статистические данные о изменчивости физико-механических характеристик трубобетонных элементов с разными видами ослаблений бетонных ядер по всей высоте и характер их разрушения.*

**Ключевие слова:** бетон, трубобетонные конструкции, дефект бетонирования.

*The article deals with the influence of the conditions of produion composite structures on physical and mechanical properties of the core, bearing capacity, strength and deformability of tube confined concrete elements. The article is devoted the results of research the concrete filled steel tubes members made with violations of technology of concreting the steel electrical- welded cold-deformed pipe by heavy concrete with average strength 40, 35 and 15 MPa. Are imposed statistical data about the variability of the physical and mechanical characteristics of the concrete filled steel tubes members with different types of concrete cores attenuation over the entire height and nature of their destruction.*

*It is proved that with the hardening of concrete its swelling, but not slump is observed in the tube confined concrete the strength of the concrete increaing up to 10 ... 15 %. Concrete creep, located in the tube confined concrete element is less than that in ordinary reinforced concrete structures and has less significant impact on the variability of concrete deformation modulus with time. Also on the basis of experimental studies it is found that depending on the strength of concrete under the influence of loading the tube confined concrete elements are destroyed in different ways.*

**Keywords:** concrete, concrete pipes construction, defect concreting.

**Постановка проблеми.** Протягом останніх років в Україні трубобетонні конструкції

набули широкого розповсюдження, а відповідно активно проводяться його

дослідження [7, 8]. Проте практично відсутні дослідження впливу технології бетонування осердя трубобетонних елементів на загальну несучу здатність конструкції. Також не досліджений розрахунок трубобетонних елементів з осердям, що має різні фізико-механічні властивості по довжині [5]. Зважаючи на це, доцільно розглянути дослідження впливу технології бетонування трубобетонних елементів з ослабленим осердям [4].

### **Формулювання цілі роботи.**

Експериментальні дослідження впливу відхилень умов виготовлення трубобетонних конструкцій та зміни фізико-механічних характеристик бетону в осерді на їх несучу здатність, міцність та деформативність.

**Аналіз останніх досліджень.** Міцність бетону залежить від багатьох технологічних факторів таких як: водоцементне відношення (В/Ц), марка цементу, умов і терміну твердіння. До інших факторів, що також (хоча і не так виразно) впливають на міцність бетону, відносяться вид цементу, якість заповнювачів, умови приготування бетонної суміші (підготовки матеріалів, дозування та змішування), її транспортування і укладання [4, 6]. На сучасних заводах цемент, воду і добавки дозують з точністю  $\pm 1\%$ , а заповнювачі  $\pm 2\%$ . Але, на практиці трапляються більші відхилення. В роботах [7] встановлено, що тривале перемішування бетонної суміші в певних оптимальних межах збільшує міцність бетону.

Попередньо проведений аналіз мінливості фізико-механічних властивостей матеріалів, з яких складаються сталезалізобетонні конструкції [8, 9, 10], свідчить, що серед інших складових найбільшу неоднорідність властивостей має бетон. Поряд із цим внаслідок притаманних особливостей твердіння та напружено-деформованого стану, що створюється в бетоні сталезалізобетонних конструкцій, його міцність та деформативність можуть суттєво змінюватись. Виявлення та врахування цих закономірностей потребує особливої уваги.

Численними дослідженнями [1, 2, 4, 6] встановлено, що ізоляція від зовнішнього середовища бетонної суміші в трубі сприятливо впливає на міцність бетону. Замість очікуваної усадки відбувається набухання бетону та його розширення, при цьому міцність бетону

підвищується на 10...15%, яке зберігається протягом багатьох років і створює сприятливі умови для роботи під навантаженням. Повзучість бетону, що знаходиться в трубобетонному елементі, менша, ніж у звичайних залізобетонних конструкціях і не настільки суттєво впливає на мінливість модуля деформацій бетону залежно від часу. Поміж тим, ускладнені умови бетонування (укладання бетонної суміші в обмежений простір – об'єму, що характерно саме для трубобетонних конструкцій), суттєво впливають на загальну несучу здатність таких конструкцій. Всі ці фактори зумовлюють виникнення можливої неоднорідності бетонного ядра трубобетонних елементів по об'єму конструктивного елемента, що на сьогодні є недостатньо дослідженим.

**Виявлення не розв'язаних раніше частин проблеми.** Основною задачею експериментальних досліджень є порівняння даних отриманих в результаті проведення ряду експериментальних досліджень впливу технології бетонування трубобетонних елементів з різними типами, найбільш поширених дефектів таких як: неоднорідність міцності бетону по висоті зразка та наявність порожнин заповнених заповнювачем.

**Виклад основного матеріалу.** Програма експерименту дозволить класифікувати можливі дефекти бетонного осердя за ступенем їх впливу на несучу здатність та деформативність трубобетонних конструкцій, а також слугувати основою для подальшого розроблення методики розрахунку та оцінювання технічного стану такого типу конструктивних елементів, а також надати рекомендації щодо оптимізації технології виготовлення трубобетону.

Прийнята програма експериментальних досліджень передбачала випробування на стиск двох серій коротких трубобетонних елементів (зі співвідношенням розмірів  $l = 4D$ ), що виготовлені із сталеві електрозварної холоднодеформованої труби (ГОСТ 10707-80) зовнішнім діаметром  $D = 108$  мм, товщиною стінки  $t = 3,5$  мм, що мають різноманітні послаблення бетонних осердь по висоті зразка. Зразки замарковані наступним чином: ТБк (з неоднорідною маркою бетону по всій висоті) та ТБс (з частково заповненими по висоті дрібним та крупним заповнювачем). Під час проведення експерименту варійованими параметрами

служували склад бетону (на трьох рівнях:  $f_{cm,cube} = 15, 35$  та  $40$  МПа) та наявність штучно створених послаблень (дефектів бетонування) бетонного ядра у вигляді дрібного заповнювача – кварцового піску модулем крупності  $M_k = 1,03$  і крупного заповнювача – щебеню фракції від  $5$  до  $10$  мм.

Таким чином, для вирішення поставленої задачі – отримання даних щодо впливу технології бетонування – було випробувано  $22$  експериментальних зразки, з яких у  $16$  зразках досліджувалися неоднорідності міцності осердя. Характеристики зразків занесені до табл. 1, а саме:

**серія 1:** труботонні зразки, загальною кількістю  $4$  шт., що виготовлялися бетонуванням труб-оболонок по всій висоті одним класом бетону (зразки ТБк-1, ТБк-2, ТБс-1 і ТБс-2);

**серія 2:** труботонні зразки, загальною кількістю  $6$  шт., з них  $2$  шт. серії ТБк (ТБк-5 і ТБк-6) забетоновані різними бетонами різної міцності на  $2/4l$  по середині та з торців на  $1/2l$  та  $4$  шт. серії ТБс (ТБс-3, ТБс-4, ТБс-7 і ТБс-8) що виготовлялися із відрізків сталевих труб заповнених щебенем та піском на  $2/4l$  в середині зразка та бетоном з торців;

**серія 3:** труботонні зразки, загальною кількістю  $6$  шт., з яких  $4$  шт. (ТБк-7, ТБк-8, ТБк-9 і ТБк-10), що виготовлялися бетонуванням труб-оболонок бетоном різної міцності на  $1/3l$  висоти зразка та  $4$  шт. (ТБс-5, ТБс-6, ТБс-9 і ТБс-10) на  $1/3l$  заповнених крупним та дрібним заповнювачем по середині та бетоном із торців на  $1/3l$  висоти;

**серія 4:** труботонні елементи, загальною кількістю  $2$  шт. (ТБк-3 і ТБк-4), що виготовлялися бетонуванням труб-оболонок бетоном різної міцності на половину висоти зразка;

**серія 5:** зразки, загальною кількістю  $2$  шт. (ТБк-11 і ТБс-11), що виготовлялися із відрізків сталевих труб без заповнення внутрішнього простору для визначення фізико-механічних характеристик сталевих оболонок.

Під час проведення випробувань дослідних зразків фіксувалися два характерних стани:

– межа текучості – досягнення в металі труби-оболонки напружень текучості, які відповідають навантаженню при границі текучості  $N_y$ . Цей стан характеризується зростанням відносних деформацій більше, ніж на  $(130...150) \times 10^{-5}$  одиниць та появою характерних ліній Людерса-Чернова на поверхні металу зразка;

– межа міцності (руйнування) зразка. Характеризується значними деформаціями та втратою місцевої стійкості сталевих оболонок зразка, що відповідає максимальному навантаженню при повній втраті несучої здатності  $N_u$ . Значення зусиль  $N_y$ ,  $N_u$ , фотографії зразків після випробувань та характер руйнування дослідних зразків наведені в табл. 2.

В результаті проведення випробувань було встановлено ступінь та тип пошкоджень осердя труботонних зразків, що впливає на характер їх руйнування. Так, зразки зі змінною міцністю бетону по висоті мали більш пластичний характер руйнування внаслідок втрати загальної та місцевої стійкості.

Аналізуючи отримані дані (див. табл. 2), бачимо, що максимальні значення несучої здатності  $N_u$  на  $22...34\%$  перевищували значення навантажень при границі текучості  $N_y$ . Несуча здатність труботонних зразків без ослаблення бетонного осердя більша за зразки з ослабленням на  $35...45\%$ .

**Висновки.** У статті наведені результати експериментальних досліджень труботонних елементів з штучно невитриманою технологією бетонування ядра. Проаналізовано вплив типу та параметрів технологічних дефектів на характер роботи труботонних зразків, а також визначені мінімальні параметри пошкоджень, наявність яких практично не впливає на характер роботи та несучу здатність труботонного елемента в цілому. Наявність в середній частині зразка бетону нижчої міцності чи сипучого заповнювача на  $10 - 35\%$  знижує несучу здатність зразка у порівнянні із зразком без послаблення.









### Список використаних джерел

1. Ильясевич, С.А. Стальные конструкции из труб. Экспериментально-теоретические исследования [Текст] / С.А. Ильясевич. – М.: Стройиздат, 1973. – 191 с.
2. Назаров, О.В. Напряжено-деформованный стан трубобетонных элементов при местных силовых воздействиях [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук. – К., 2004. – 20 с.
3. Кикин, А.И. Конструкции из стальных труб заполненных бетоном [Текст] / А.И. Кикин, Р.С. Санжаровский, В.А. Труль. – М.: Стройиздат, 1974. – 145 с.
4. Комар, А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий [Текст] / А.Г. Комар. – М.: Стройиздат, 1984. – 267 с.
5. Семко, О.В. Випробування трубобетонних елементів із ослабленим осердям [Текст] / О.В. Семко, А.В. Гасенко, О.Є. Куценко // Дороги і мости: зб. наук. праць. – К.: ДерждорНДІ, 2007. – Вип. 7, в 2-х т., 2 т. – С. 162–168.
6. Семко, О.В. Вплив технології бетонування осердя трубобетону на його міцність [Текст] / О.В. Семко, О.М. Гукасян, О.П. Воскобійник // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Рівне, 2013. – Вип. 26. – С. 200-207.
7. Семко, О.В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст]: монографія / О.В. Семко. – К.: Сталь, 2004. – 316 с.
8. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції [Текст]: навч. посібник / Л.І. Стороженко, О.В.Семко. – Полтава: Полт. НТУ імені Ю. Кондратюка, 2001. – 43 с.
9. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції [Текст]: навч. посібник / Л.І. Стороженко, О.В.Семко, В.Ф. Пенц. – Полтава: Полт. НТУ імені Ю. Кондратюка, 2005. – 181 с.
10. Стороженко, Л.І. Загальні відомості про трубобетон [Текст] / Л.І. Стороженко // Сталезалізобетон: зб. наук. праць; за ред. д.т.н., проф. Стороженка Л.І. – Полтава: Полт. НТУ імені Ю. Кондратюка, 2006. – С. 11-15.

---

Семко Олександр Володимирович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри архітектури та міського будівництва, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки за 2012 рік, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

Гасенко Антон Васильович, канд. техн. наук, доцент, кафедра залізобетонних і кам'яних конструкцій та опору матеріалів, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

Гукасян Ольга Мгерівна, аспірант кафедри архітектури та міського будівництва, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

Semko Alexander, doctor of technical science, professor, head of Department Architecture and Urban Construction, Laureate of 2012 State prize of Ukraine in science and engineering, Poltava national technical Yuri Kondratyuk university.

Gasenko Anton, candidate of technical science, associate professor, department of reinforced concrete and stone constructions and strength of materials, Poltava national technical Yuri Kondratyuk university.

Gukasian Olga, postgraduate of department architecture and urban construction, Poltava national technical Yuri Kondratyuk university.