

УДК 693.54:624.016

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ МІЦНОСТІ ПО ВИСОТІ БЕТОННОГО
ОСЕРДЯ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ РІЗНОЇ ДОВЖИНИ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПО ВЫСОТЕ
БЕТОННОГО ЯДРА ТРУБОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАЗНОЙ
ДЛИННЫ**

**STUDY OF STRENGTH CHANGES OF HEIGHT CONCRETE CORE
CONCRETE FILLED STEEL TUBES ELEMENTS OF DIFFERENT
LENGTH**

Гукасян О.М., аспірант (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

Гукасян О.М., аспирант (Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава)

O.M. Gukasyan, postgraduate student, (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava)

Проведено дослідження зміни міцності по висоті бетонного осердя труобетонних стійок, виявлено найбільш вразливі ділянки, дефекти бетонування та причини їх утворення.

Проведено исследование изменения прочности по высоте бетонного сердечника труобетонных элементов, выявлены наиболее уязвимые участки для локализации дефектов бетонирования, и причины их образования.

Study of strength changes of height of concrete filled steel tubes elements. The most vulnerable areas for localization of concrete defects and reasons for their formation are revealed.

Ключові слова:

Труобетон, технологія бетонування, фізико-механічні характеристики бетону, дефекти бетонування.

Труобетон, технология бетонирования, физико-механические характеристики бетона, дефекты бетонирования.

Concrete filled steel tubes members, concrete technology, physical and mechanical properties of concrete, defects concreting.

Постановка проблеми.

Серед визначальних факторів, що зумовлюють міцність та надійність конструктивних елементів, що містять бетон (залізобетонних та сталезалізобетонних конструкцій), слід виділити технологічні. Останні з перелічених є особливо важливими для конструктивних елементів, в яких бетон вкладається у замкнений об'єм, тобто для стійок, що мають порівняно невеликі розміри поперечного перерізу та суттєву довжину. Характерним прикладом таких конструкцій є труобетонні стійки, якість виготовлення яких, з технологічної точки зору, перш за все, зумовлюється заповненням труби-оболонки бетоном та пов'язаним із цим можливим утворенням технологічних дефектів бетонування: утворення раковин, порожнин, ділянок із різною міцністю тощо [6 – 9].

Огляд останніх джерел, досліджень і публікацій та виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.

Таким чином, особливою групою дефектів виготовлення конструктивних елементів, які містять бетон в замкненому об'ємі, є аномалії бетонування, що в розробленій типології дефектів та пошкоджень труобетонних конструкцій [4, 5] віднесені за характером виникнення до групи технологічних дефектів, а за локалізацією – до внутрішніх.

Виникнення дефектів або аномалій бетонування зумовлене певними технологічними ускладненнями, пов'язаними з особливостями укладання та ущільнення бетонної суміші в замкнений об'єм труби-оболонки. З цих же причин безпосередньо на виробництві майже не можливо здійснити контроль якості бетону [8, 9].

До дефектів бетонування труобетонних стійок слід віднести розшарування бетонної суміші, утворення порожнин та раковин на поверхні контакту ядра та оболонки, неоднорідність структури та фізико-механічних властивостей бетону по висоті елемента тощо. Проте численні дослідження Стороженка Л.І., Семка О.В., Воскобійник О.П. та ін. [1, 2, 3] свідчать про відсутність розшарування бетонної суміші навіть при падінні зі значної (10...15 м) висоти та однорідність макроструктури бетонного ядра при його вертикальному бетонуванні. Навпаки, при похилому бетонуванні труб на заводах ЗБВ на вібромайданчиках з плавною подачею бетонної суміші трапляються випадки утворення не заповнених бетоном сегментних порожнин [8, 9]. Дослідження впливу умов бетонування та пов'язаних із цим дефектів бетонного ядра на несучу здатність та напружено-деформований стан труобетону [5, 6] свідчать про суттєве зниження несучої здатності труобетонних стійок зі штучно створеними порожнинами або недостатньою міцністю бетону, що моделює дефекти бетонування.

Внутрішні дефекти (аномалії бетонування) більш суттєво впливають на роботу стійок, для яких більш важливою є роль стиснутої зони бетону. Тому, розглядаючи з цієї точки зору труобетонні конструкції, перш за все, слід

звернути увагу на технологічні особливості виготовлення бетону осердя [6, 7].

Внаслідок цього, **мета роботи** даного циклу експериментальних досліджень, полягає в дослідженні зміни (неоднорідність) міцності бетону осердя по висоті бетонних та трубобетонних елементів (стійок) залежно від технологічних факторів бетонування (фізико-механічних властивостей бетонної суміші, способів її укладання в трубу-оболонку, способів ущільнення та умов твердіння бетону тощо) та довжини елемента та її вплив на результуючу міцність зразка.

Слід зауважити, що в попередніх дослідженнях [10], проводились випробування «класичних» трубобетонних елементів – зі сталеву трубою-оболонкою діаметром 102...108 мм з доволі суттєвою товщиною стінки 3...3,5 мм (тобто із досить значним відсотком армування). Для таких елементів основна частка зусилля, що сприймається під час завантаження, припадає на сталеву частину перерізу. Тому досить складно у відсотковому співвідношенні дослідити вплив типу та параметрів (розмірів, локалізації) наявних дефектів осердя на зниження загальної несучої здатності дослідного зразка. З метою усунення цих недоліків було проведено цикл експериментальних трубобетонних елементів, в якості труби-оболонки яких застосовано полівінілхлоридні труби. Такий підхід дає змогу мінімізувати вплив оболонки та дослідити технологічні особливості бетонування осердя на міцність трубобетонних елементів.

Задачі та програма експериментальних досліджень трубобетонних елементів з дефектами осердя. Для дослідження впливу ущільнення виготовлена серія зразків згідно 15-точкового плану 3-х факторного експерименту [7]. В таблиці 1 наведено варійовані фактори експерименту (висота зразків, легкоукладальність та спосіб ущільнення). Висота зразків варіювалася на трьох рівнях 400 мм, 1200 мм та 2000 мм (відповідно $l = 4d$, $l = 12d$, $l = 20d$), також змінювався час та спосіб ущільнення. Випробування зразків на міцність проведено поетапно: виготовлені зразки, які безпосередньо перед випробуванням були розрізані на короткі елементи висотою 200 мм ($l = 2d$) та досліджені як самостійний зразок. Для отримання менш жорсткої суміші використано добавка-пластифікатор полікарбоксилат BASF GLENIUM 51 для всіх складів бетону. Розрахунковий клас міцності на стиск для серії трубобетонних елементів (ТБП) С 20/25.

Таким чином, для вирішення поставленої задачі було виготовлено 15 експериментальних зразків, бетонування яких виконувалось за різними схемами (табл. 1, рис.1). Всі дослідні зразки мали однакові умови твердіння та безпосередньо перед випробуванням розрізані на рівні за висотою елементи ($l=2d$). Таким чином, з кожного досліджуваного довгого зразка було отримано мінімум два коротких, чого достатньо для визначення середнього значення міцності. Таким чином, було отримано серію дослідних зразків загальною кількістю 90 штук.

Таблиця 1

Фактори експерименту для дисперсійного аналізу по плану ПФЕ 3³

№ п/п	Фактори	Рівні варіювання		
		верхній +1	середній 0	нижній -1
1	Висота труобетонних зразків	труобетонні зразки висотою 20d	труобетонні зразки висотою 12d	труобетонні зразки висотою 4d
2	Час ущільнення бетонної суміші, хв.	ущільнення бетонної суміші вібруванням 4 хв.	ущільнення бетонної суміші вібруванням 2 хв.	ущільнення бетонної суміші штикуванням
3	Марка бетонної суміші	Марка бетонної суміші за Вебе V ₄	Марка бетонної суміші за осадкою конуса S ₁	Марка бетонної суміші за осадкою конуса S ₂

Результати досліджень. Нижче наведено результати випробувань п'яти найдовших зразків (висотою 20 d = 2000 мм, (рис. 1, а)) із такими характеристиками:

- ТБП-4 (забетонований маркою консистенції бетонної суміші за Вебе V₄, ущільнений за допомогою штикування) середня густина бетону 2120,68 кг/м³, зразок розрізаний на десять зразків, висота яких коливалась від 176 мм до 202 мм.;

- ТБП-5 (забетонований маркою консистенції бетонної суміші за Вебе V₄, ущільнений вібруванням протягом 4 хв.) середня густина бетону 2132,13 кг/м³, зразок розрізаний на десять зразків, висота яких коливалась від 176 до 202 мм;

- ТБП-10 (забетонований маркою консистенції бетонної суміші за осіданням конуса S₁, ущільнений вібруванням протягом 2 хв.) середня густина бетону зразка 2378,63 кг/м³ зразок розрізаний на десять зразків, висота яких коливалась від 189 до 198 мм;

- ТБП-14 (забетонований маркою консистенції бетонної суміші за осіданням конуса S₂, ущільнений штикуванням) середня густина бетону 2331,93 кг/м³, зразок розрізаний на десять частин, висота яких коливалась від 187 мм до 203 мм;

- ТБП-15 (забетонований маркою консистенції бетонної суміші за осіданням конуса S₂, ущільнений вібруванням протягом 4 хв.) середня густина бетону 2355,05 кг/м³, зразок розрізаний на десять частин, їх висота коливалась від 186 мм до 196 мм.

Перед випробуванням дослідні зразки були розрізані на десять рівних частин (висотою 176...203 мм), рис. 1, б.

Кожний дослідний зразок обміряний, зважений та випробуваний на міцність двома методами (неруйнівним та руйнівним), значення міцності бетону для кожного зразка наведено на рисунку 2.

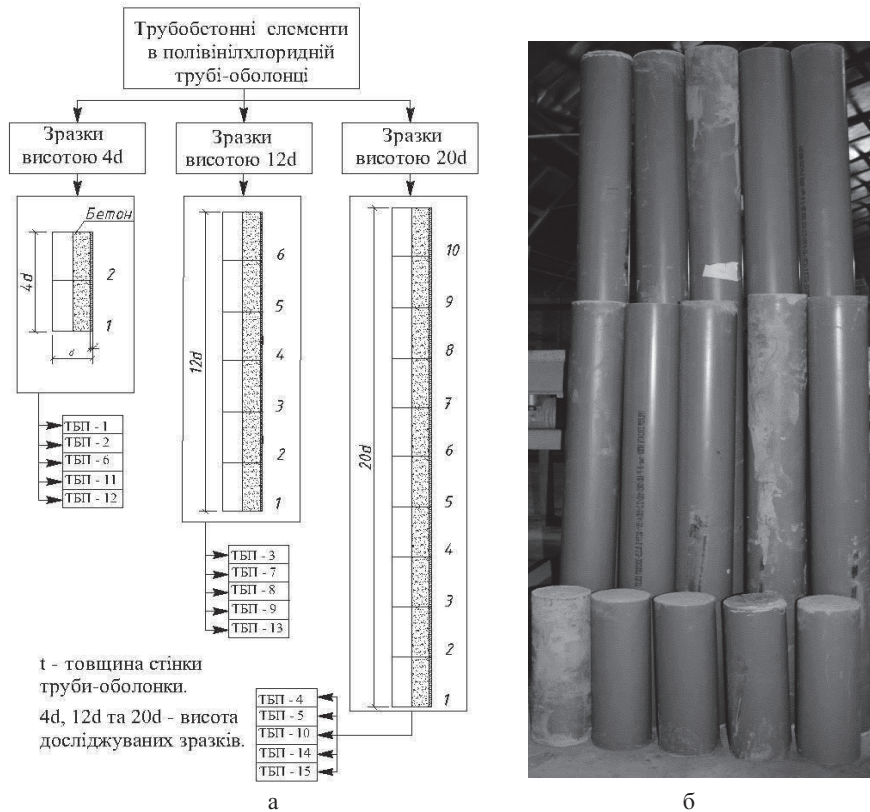


Рис.1. Дослідження впливу технології бетонування на зміну міцності по висоті зразка :

- а – схема планування експериментальних досліджень;
б – загальний вигляд дослідних зразків

Для кожного довгого зразка визначалось середнє значення міцності $f_{cm,cul}$, як середньоарифметичне за результатами випробування десяти частин одного цілого зразка.

Зразок трубобетонний ТБП-4 (рис. 2, а). Міцність f_{cul} бетонного осердя зразків коливається в межах від 11,41 МПа до 21,66 МПа, тобто майже в два рази. При цьому середня густина бетону зразків коливалась від 1967,13 kg/m^3 до 2274,76 kg/m^3 , тобто до 15 %. Так, найменшу міцність за результатами випробування мають зразки ТБП-4.4, ТБП-4.5 та ТБП-4.6 (значення f_{cul}

зменшились на 9 – 26 % у порівнянні з середнім). Міцність зразків знизу доверху зменшувалась, але верхній зразок (ТБП-4.10) має значення міцності, яке вище на 40 % від середнього та є найвищим з усіх десяти зразків. Не руйнівні методи показали таку ж динаміку зміни міцності, але значення відрізняються від розглянутого методу.

Зразок трубобетонний ТБП-5 (рис. 2 б), ущільнений глибинним вібратором, який жорстко закріплений до стінки труби протягом 4 хв. Міцність зразків f_{cul} коливається від 8,00 МПа до 41,02 МПа, середня густина зразків від 1759,98 кг/м³ до 2397,56 кг/м³ (зменшення середньої густини зразків спостерігається в зонах ослаблення міцності, критично низьке значення в зразках ТБП-5.7 та ТБП-5.8). Найгірші результати за міцністю показали зразки з ТБП-5.7 по ТБП-5.10, тобто у верхній частині трубобетонної стійки. Для даного зразка характерне найбільш не рівномірне розподілення міцності по висоті трубобетонного елемента, різниця міцності між найменшим та найбільшим значенням становить близько 31,02 МПа (більше ніж у 3 рази). В місці прикріплення вібратора (ТБП-5.2, ТБП-5.3 та ТБП-5.4) міцність зразка вища від ТБП-5.1 на 68 – 105 % (майже в 2 рази). Також зразки верхньої частини трубобетонної стійки (табл. 3) мали структуру наповнену порожнинами, тому методи дослідження неруйнівним методом та ультразвуковим мають значення відмінні від руйнівного та не спостерігається чіткої залежності, притаманній даному зразку.

Для двох попередньо розглянутих випадків, яким притаманне бетонування жорсткою бетонно сумішшю, не дивлячись на це, порівняно кращий результат спостерігається при дослідженні зразка ТБП-4 (відсутні різкі перепади міцності по висоті зразка), але наявність аномалій бетонування не можливо виключити, навіть для даного способу виготовлення трубобетонних стійок. Міцність з торців зразка вища ніж в середині. Зразок ТБП-5 не однорідний за будовою бетону і за його властивостями (занадто великі перепади значення міцності, середньої густини та наявність великої концентрації порожнин та раковин), такий метод не може застосовуватися при бетонуванні трубобетонних стійок. Даний метод дослідження дав змогу виділити найбільш небезпечні ділянки для несучої здатності даного (подібного) конструктивного елемента.

Зразок трубобетонний ТБП-10 (рис. 2 в), ущільнений глибинним вібратором протягом 2 хв, який був жорстко прикріплений до стінки труби. Міцність зразків f_{cul} коливається від 22,52 МПа до 43,30 МПа, середня густина зразків від 2192,40 кг/м³ до 2413,35 кг/м³ (найменші значення притаманні зразкам ТБП-10.9 та ТБП-10.10). Найвищі результати за міцністю (по відношенню до середнього значення міцності $f_{cm>cul} = 28,71$ МПа) показали зразки ТБП-10.2 та ТБП-10.3 (збільшення значення на 50% та 17 % відповідно). Міцність зразків знизу доверху знижується, ТБП-10.6, ТБП-10.7 та ТБП-10.8 показали найбільше зниження міцності (від 14,63% до 21,57%).

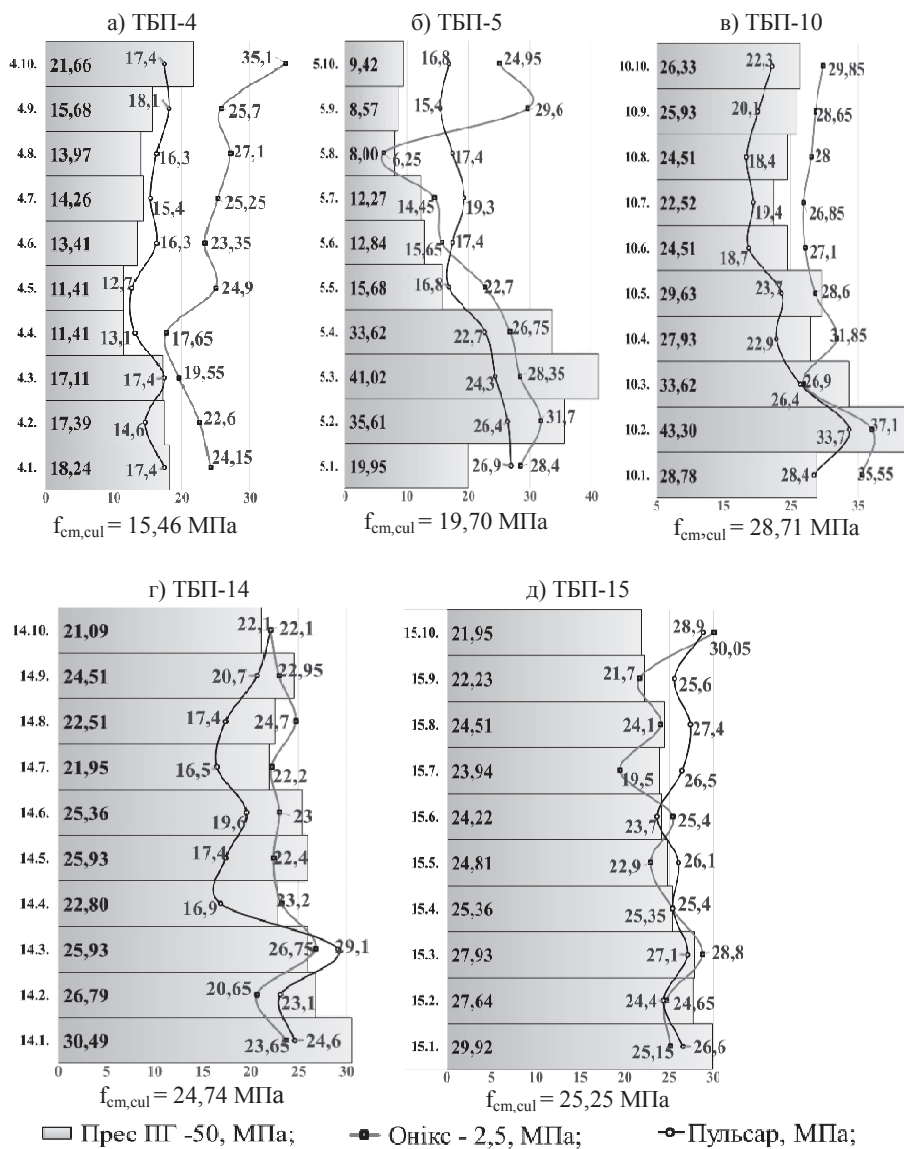


Рис. 2. Зміна міцності бетону по висоті трубобетонного зразка висотою 2000 мм

Отже, міцність зразків коливається від втрати міцності на 21,57 % до її збільшення на 50,82 % по відношенню до середнього значення міцності. Неруйнівні методи показали таку ж динаміку зміни міцності, але значення для не руйнівного методу завищені, а для ультразвукового занижені.

Тенденцію коливання міцності по висоті можна прив'язати до способу ущільнення.

Дослідний зразок ТБП-10, забетонований більш рухливою бетонною сумішшю, ніж попередні два трубобетонні елементи. Вдалося уникнути розповсюдженого утворення порожнин та раковин. При розрізанні трубобетонної стійки на дослідні зразки виявлено порожнини, лише в двох зразках ТБП-10.9 та ТБП-10.10 (характер походження даних аномалій бетонування – наслідки штикування, та недоущільнення).

Найбільш виразні приклади утворення дефектів бетонування (порожнин, раковин при контакті бетону та стінки труби оболонки) наведено у таблиці 3.

Зразок трубобетонний ТБП-14 (рис. 2 г), ущільнений штикуванням. Міцність зразків f_{cul} коливається від 21,09 МПа до 30,49 МПа, середня густина зразків від 2244,20 кг/м³ до 2341,64 кг/м³ (в межах норми для важких бетонів). Не дивлячись на відсутність ущільнення вібральною установкою, міцність зразків знизу до верху зменшується поступово.

Кращі результати дослідних зразків трубобетонного елемента ТБП-14 за міцністю (по відношенню до середньоарифметичного значення $f_{cm,cul} = 24,74$ МПа) показав зразок ТБП-14.1 (збільшення значення на 23,24%). Даний випадок притаманний для умов тверднення (замкнутий об'єм), який призводить до самоущільнення та самообтискання. Міцність зразків знизу до верху знижується, але не рівномірно. Найменшу міцність мають зразки ТБП-14.3, ТБП-14.7, ТБП-14.8, ТБП-14.9 та ТБП-14.10 (зниження міцності коливається від 0,93 % до 14,74%), оскільки випробування проводилися на випробувальній машині ПГ-100, йому притаманна похибка в межах 10%. То критичним є значення, для якого зменшення міцності найбільше, ТБП-14.10 – 14,74 %. Отже міцність зразків коливається від втрати міцності на 14,74 % до збільшення на 23,24 % (для кожного випадку це поодинокі випадки, але для зразка ТБП-14, кожний випадок це 10 %).

Зразок трубобетонний ТБП-15 (рис. 2 д), ущільнений глибинним вібратором протягом 4 хв., який жорстко закріплений до стінки труби. Міцність зразків f_{cul} коливається від 21,95 МПа до 29,92 МПа, середня густина зразків від 2236,03 кг/м³ до 2404,05 кг/м³. Втрати міцності зразків притаманні для зразків від ТБП-15.5 до ТБП-15.10 поступово від 4 % до 13,1%. А для зразків ТБП-15.1, ТБП-15.2 та ТБП-15.3 значення міцності вище від середньоарифметичного (від 9,47 % до 18,49). Для зразка ТБП-15 зберігається та ж сама тенденція зміни міцності, що і для зразка ТБП-14 (перший досліджуваний елемент, ТБП-15.1 має найвищу міцність, а останній по висоті ТБП-15.10 – найнижчу). Також міцність зразків коливається від втрати міцності на 13,1 % до збільшення на 18,49 %. Відхилення від середнього значення більше ніж на десять відсотків, в більшу та меншу сторону, характерне для 20 % від загальної кількості досліджуваних зразків.

Для зразків ТБП-14 та ТБП-15 характерні однакові тенденції зміни міцності, та межі коливання результатів випробування. Навіть середне


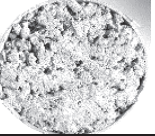
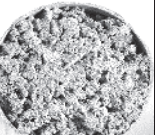
значення міцності різне в межах 2%. А різниця лише в способі ущільнення, з чого можна зробити висновок, що рухлива суміш (ОК 50...90 мм) заповнює повністю, навіть невеликий об'єм, і не впливає на міцність при ретельно підібраній бетонній суміші. Порожнин та раковин при розрізанні трубобетонних зразків ТБП-14 та ТБП-15 критичних розмірів не виявлено.

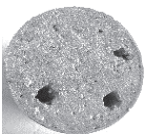
Неруйнівні методи показали таку ж динаміку зміни міцності, але значення для неруйнівного методу завищені, а для ультразвукового занижені. Для зразка ТБП-14.10 розбіжність між значеннями міцності (визначеною двома приладами та на випробувальній машині) 0,01 МПа. Такі випадки поодинокі, з 50 дослідних зразків така рівність результатів спостерігається двічі (другий випадок ТБП-15.4 – похибка для якого становить 0,04 МПа). Значення не руйнівним методом взято з 4 результатів випробування, ультразвуковим методом середнє з 3 значень міцності.

Для обґрунтування результатів випробувань зразків, на міцність є характеристики бетонного осердя та дефекти, які виявлені при розрізанні зразків. Найбільш виразні аномалії бетонування, в якості прикладу, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Характеристики бетонного осердя в середині трубобетонних стійок

Шифр та номер зразка	Фотографія зразків після розрізання	Характеристика поверхні після розрізання зразка на частини
1	2	3
ТБП-4 (забетонований бетоном жорсткістю V_4 , ущільнений за допомогою штикування) та розрізаний на десять частин		
4.9 4.7 4.5		Біля стінки труби утворюються раковини довжиною 64 мм максимальною глибиною 9 мм, в середині пори та пустоти.
4.3 4.1		Поверхня пориста пори діаметром від 19 мм до 14 мм, глибиною 11 мм та 7 мм. Біля стінки труби утворюються раковини довжиною 57 мм, 14 мм та 9 мм.
ТБП-5 (забетонований бетоном жорсткістю V_4 , ущільнений вібруванням протягом 4 хв.) та розрізаний на десять частин		
5.9 5.8 5.7		Переріз зразків пористий, пори довжиною 33 мм, 34 мм глибиною відповідно 9 мм та 8 мм. Також раковини при контакті бетонного осердя та стінки труби оболонки довжиною 39 мм та 18 мм.
ТБП-10 (заповнений бетоном рухливістю S_1 , ущільнений вібруванням протягом 2 хв.) та розрізаний на десять частин		

		продовження таблиці 2
10.10 10.9		В перерізі є порожнини що утворилися від ущільнення штикуванням. Пустоти діаметром 13 мм, 17 мм та 11 мм, глибиною відповідно 32 мм, 22,5 мм та 11 мм. Також помітні пори діаметром до 3 мм. Такі аномалії бетонування притаманні двом верхнім зразкам.

Загалом, за результатами проведених випробувань можна зробити висновок, що довгі трубобетонні елементи умовно можна поділити на декілька ділянок по висоті, з низу до верху, залежності від особливостей бетонування:

– трубобетонні зразки заповнені слабо рухливою бетонною сумішшю – на чотири зони з низу в верх: 1 – від 0 мм до 600 мм; 2 – від 601 мм до 1200 мм; 3 – від 1201 мм до 1600 мм; 4 – від 1601 мм до 2000 мм;

– трубобетонні зразки заповнені більш рухливою бетонною сумішшю аналогічно на 4 ділянки (по 200 мм), але в окремих випадках, при чітко вираженій відмінності значення міцності – 5 ділянок;

– трубобетонні зразки заповнені рухливою бетонною сумішшю аналогічно на 3 ділянки, але в окремих випадках, при чітко вираженій відмінності значення міцності – 4 ділянок (по 200 мм).

Характеристики умовної класифікації ділянок міцності по висоті трубобетонних зразків:

1. Перша частина зразка, має характерно виражену відмінність значення міцності серед досліджуваних зразків. Тобто для зразків заповнених слабо рухливою бетонною сумішшю це – найнижче значення, а для зразків заповнених рухливою бетонною сумішшю – найвище. Це пояснюється недостатнім ущільненням в першому випадку, та ущільненням під власною масою – у другому випадку, для якої, як правило, характерне найбільше значення міцності бетону. Це зумовлено, тим, що укладання бетонної суміші у верхню частину довгих стійок є набагато технологічно простішим, у порівнянні із заповненням ділянок, розташованих нижче. Перша ділянка, для більшості випадків, налічує одне значення, яке чітко виділяється (або найвище, або значно менше на фоні наступних).

2. Друга ділянка має чітко виражене або зростання міцності (для елементів заповнених бетоном жорсткої консистенції, при використанні додаткового ущільнення), або поступове зниження міцності, але не нижче середньоарифметичного значення міцності.

3. Третя частина зразка, здебільшого характеризується найменшою міцністю (результат зменшується на 1...40 %), що особливо проявляється для елементів, заповнених жорсткою сумішшю (ТБП-5.8 – ТБП-5.9), при застосуванні віброущільнення. Очевидно, що для елементів із більш рухливою сумішшю ця тенденція не є характерною. А прийняті умови бетонування дали змогу рівномірно укласти бетону суміш, без утворення раковин та порожнин (рис. 2 г, 2 д).

4. Для більшості випадків, значення міцності нижче (або найнижче) ніж в третій ділянці, це зумовлено умовами ущільнення та усадки бетонної суміші. Але в окремих випадках найвище, тому що верхня ділянка не є характерною з точки зору визначення міцності бетону осердя довгої трубобетонної стійки, у зв'язку з специфікою бетонування.

Висновки: Проведено експериментальні дослідження розподілу міцності трубобетонних елементів по висоті:

1. Розроблена методика експериментальних досліджень, яка дала змогу дослідити місця локалізації та причини утворення аномалій бетонного осердя довгих трубобетонних елементів.

2. На прикладі результатів дослідження серії ТБП, визначена динаміка зменшення міцності по висоті зразка (в деяких випадка до 40%).

3. За результатами випробувань зразків двома методами, спостерігається динаміка зміни міцності, така ж як притаманна результатам випробувань на випробувальній машині, але середнє значення для приладів «Онiкс-2,5» та «Пульсар» коливається від зниження міцності на 21 % до збільшення на 15%.

1. Воскобійник О.П. Методика експериментальних досліджень трубобетонних елементів з пошкодженнями труби-оболонки / О.П. Воскобійник, І.О. Пархоменко, С.В. Дмитренко // Будівельні конструкції : зб. наук. праць : в 2-х кн. – К. : ДП. НДІБК, 2013. – Кн. 1. вип. 78. – С. 203–212. 2. Воскобійник О.П. Методика експериментальних досліджень трубобетонних елементів з дефектами та експлуатаційними пошкодженнями [Текст] / О.П. Воскобійник, І.О. Пархоменко, О.О. Бурцайло // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2012. – Вип. 23. – С. 133–140. 57. 3. Воскобійник О.П. Типологічна класифікація дефектів та пошкоджень сталезалізобетонних конструкцій [Текст] / О.П. Воскобійник // Строительство. Материаловедение. Машиностроение : сб. науч. тр. – Дн-ск : ПГАСА, 2011. – Вып. 61. – С. 98–108. 4. Кикин А.И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном [Текст] / А. И. Кикин, Р.С. Санжаровский, В.А. Труль. □М. : Стройиздат, 1974. □145 с. 253. 5. Санжаровский Р.С. К технологии заполнения и твердения бетона в стальных трубах [Текст] / Р.С. Санжаровский, С.Г. Кусябалиев // Строительные материалы. Строительное производство. Технология строительных изделий : докл. к XXIV научной конференции ЛИСИ. – 1971. – С. 45–48. 6. Семко О.В. Вплив технології бетонування осердя на його міцність / О.В. Семко, О.П. Воскобійник, О.М. Гукасян // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2013. – Вип. 27. – С. 200–207. 7. Семко О.В. Типологічна класифікація дефектів виготовлення бетонного осердя трубобетонних конструкцій [Текст] / О.В. Семко, О.М. Гукасян // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: сб. науч. тр. – Дн-ск: ПГАСА, 2016. – Вып. 87. – С. 112–118. 8. Семко О.В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст]: монографія / О.В. Семко. – К. : Сталь, 2004. – 316 с. 9. Семко О.В. Експериментальні дослідження трубобетонних елементів із використанням корозійно пошкоджених труб [Текст] / О.В. Семко, М.В. Будзько // Галузеве машинобудування, будівництво : зб. наук. праць. – Полтава : ПНТУ, 2002. – Вип. 8. – С. 58–62. 10. Семко О.В. Результати випробувань трубобетонних елементів з порушеною технологією бетонування осердя.// О.В. Семко, А.В. Гасенко, О.М., Гукасян. «Нові технології, обладнання, матеріали в будівництві і на транспорті». Збірник наукових праць. – Харків, 2014.