

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ПОШКОДЖЕННЯМИ ТРУБИ-ОБОЛОНКИ

Воскобійник О.П., Пархоменко І.О., Дмитренко Є.В.

Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка
м. Полтава, Україна

АНОТАЦІЯ: За результатами попередніх досліджень визначено тип найбільш небезпечних дефектів та експлуатаційних пошкоджень труобетонних стійок. Запропоновано методику експериментальних досліджень впливу параметрів типу пошкоджень, що розглядаються, на несучу здатність, характер роботи та напружено-деформований стан труобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації.

АННОТАЦІЯ: По результатам предыдущих исследований определен тип наиболее опасных дефектов и эксплуатационных повреждений труобетонных стоек. Предложена методика экспериментальных исследований влияния параметров рассматриваемого типа повреждений на несущую способность, характер работы и напряженно-деформированное состояние труобетонных конструкций, находящихся в эксплуатации.

ABSTRACT: According to the results of previous researches the most dangerous types of defects and exploitation damage of concrete filled racks are defined. Article propose the method of experimental researches of the influence of parameters of the examined type of damage on the carrying ability, nature of work and the stress-strain state of exploited concrete filled tubes.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: труобетон, дефекти, експлуатаційні пошкодження, експериментальні дослідження.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Визначення остаточного ресурсу та контроль технічного стану несучих будівельних конструкцій при обстеженні будівель та споруд на сьогодні набуває все більшого значення, особливо зі збільшенням

зношення основних фондів підприємств, що були збудовані у 60...70 роки ХХ сторіччя – у період масового будівництва. Статистика аварій в будівельній галузі свідчить, що на перший план забезпечення конструктивної безпеки будівель та споруд виходять задачі вияву потенційно небезпечних ситуацій, що можуть призвести до аварійного руйнування. Відповідно, помилки експертів (експертних організацій) при оцінюванні технічного стану об'єктів, а також відсутність своєчасного втручання в процес експлуатації шляхом проведення заходів щодо підвищення експлуатаційних якостей деградуючих будівельних конструкцій, які зазнають фізичного зношення, має одне з вирішальних значень при вирішенні питань безпеки будівель та споруд.

Конструктивні форми в наш час розвиваються швидше, ніж методи їх розрахунку, особливо це стосується сталезалізобетону, адже не зважаючи на широке впровадження в практику сучасного будівництва, в Україні вітчизняні стандарти та норми з розрахунку й проектування сталезалізобетонних конструкцій були вперше введені в дію лише у вересні 2011 р. [2], а рекомендації щодо оцінювання технічного стану таких конструктивних елементів взагалі відсутні [3, 4]. Крім того, [3] містить лише загальні принципи проектування та розрахунку сталезалізобетонних конструкцій, що не може в повній мірі задовольнити потреби інженерів-проектувальників. Отже, впровадження нових норм [2] не зняло всіх питань щодо особливостей проектування, будівництва та експлуатації комплексних сталезалізобетонних конструкцій.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

Аналіз останніх досліджень [1] та публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми [5, 6, 7], свідчить, що дефекти та пошкодження експлуатованих будівельних конструкцій приводять не лише до зниження їх несучої здатності та надійності, а подекуди й до якісної зміни параметрів напружено-деформованого та характеру роботи під навантаженням. Сталезалізобетонні конструкції з цієї точки зору – не виняток. Якщо закономірності утворення дефектів виготовлення й експлуатаційних пошкоджень залізобетонних та металевих конструкцій, а також їх вплив на фактичні показники експлуатаційної придатності (міцності, деформативності, довговічності тощо) в роботі [5] вивчені досить детально, то аналогічні дослідження стосовно сталезалізобетону на сьогодні в Україні практично відсутні.

Отже, розробка комплексних методів розрахунку, визначення та нормування технічних станів сталезалізобетонних конструкцій (зокрема трубобетонних елементів) на основі експериментальних досліджень особливостей їх роботи та напружено-деформованого стану є **невирішеною частиною загальної проблеми, котрій присвячена стаття.**

Основною метою роботи є аналіз видів дефектів, що найбільше впливають на несучу здатність та напружено-деформований стан трубобетонних елементів та розроблені методики експериментальних досліджень такого типу конструктивних елементів, яка дозволить отримати дані щодо особливостей їх роботи та напружено-деформованого стану.

АНАЛІЗ ТИПОВИХ ДЕФЕКТІВ, ЩО НАЙБІЛЬШЕ ВПЛИВАЮТЬ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ТА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Основним критерієм відповідності вимогам експлуатаційної придатності будівельних конструкції при їх візуальному обстеженні є, насамперед, аналіз наявних дефектів та пошкоджень. Згідно з [3, 4, 5] дефектами прийнято називати відхилення від проектних розмірів, форми і якості вище встановлених меж (допусків). Виникаючі в процесі експлуатації відхилення від початкових проектних параметрів в літературі [3, 4, 5] прийнято називати пошкодженнями. При цьому потенційно небезпечними місцями виникнення експлуатаційних пошкоджень досить часто стають дефекти виготовлення та монтажу. Характерною особливістю комплексних сталезалізобетонних конструкцій, зокрема трубобетонних, є те, що з точки зору надійності вони являють собою комбіновані системи, для яких відмова хоча б одного з елементів не приводить до відмови всієї системи в цілому. Такі системи зазвичай називають системами з паралельним з'єднанням складових елементів. При цьому окремим компонентам системи «трубобетон» – трубі-оболонці та бетонному ядру притаманні різні види типових дефектів та пошкоджень, що в свою чергу по-різному впливають на несучу здатність, характер роботи та напружено-деформований стан елемента в цілому.

Для оболонки трубобетонних елементів, зазвичай, характерні дефекти та пошкодження, притаманні й іншим типам сталевих конструкцій, виготовлених із прокатного металу, перш за все, це наявність різноманітних послаблень поперечного перерізу, що можуть носити локальний, поверхневий чи суцільний характер. На відміну від конструкційно захищеного бетонного ядра, сталева оболонка трубобетону розташована зовні елемента, внаслідок чого, першою зазнає агресивного впливу зовнішнього середовища. Тому найбільш поширеним типом експлуатаційних пошкоджень трубобетону є корозія металу труби-оболонки (рис. 3). Окрім того, незахищена зовні поверхня металу під час експлуатації може зазнавати механічних пошкоджень, наприклад, внаслідок ударів під час руху транспортних та вантажопідійомних

механізмів, що призводить до утворення вм'ятин, погибів, розривів, наскрізних (розрізів, отворів) та поверхневих (надрізів) послаблень елементів. Такого роду механічні пошкодження внаслідок своєї природи мають доволі різноманітний за своєю формою та геометрією (круглі, овальні, прямокутні у вигляді тріщин, подряпин, що можуть бути вертикально, горизонтально чи похило орієнтовані відносно поздовжньої вісі конструктивного елемента) характер та здебільшого локалізовані в опорних зонах конструкцій (поблизу баз колон, в місцях спирання підкранових або кран-балок). При цьому непоодинокими є випадки утворення локальних механічних пошкоджень сталеві оболонки трубобетону під час зведення каркасу, наприклад, при виконанні зварювальних робіт (на стадії монтажу, рис. 1, *a*). Відомі також випадки пошкодження оболонки трубобетонних стійок під час заповнення їх бетоном на будівельному майданчику, коли через необізнаність виконавців робіт для контролю якості укладання бетонної суміші в трубі навмисно влаштовуються отвори, через які потім витікає цементне молоко, тим самим послаблюючи не лише сталеву частину перерізу, а й бетонне осердя (рис. 1, *б*). Окрім того, досить часто в практиці будівництва в якості труби-оболонки трубобетонних стійок повторно використовують сталеві труби бувші у вжитку (наприклад, труби інженерних мереж, нафтопроводів, тощо, рис. 2), що мають суттєво нижчу собівартість ніж «новий» прокат.

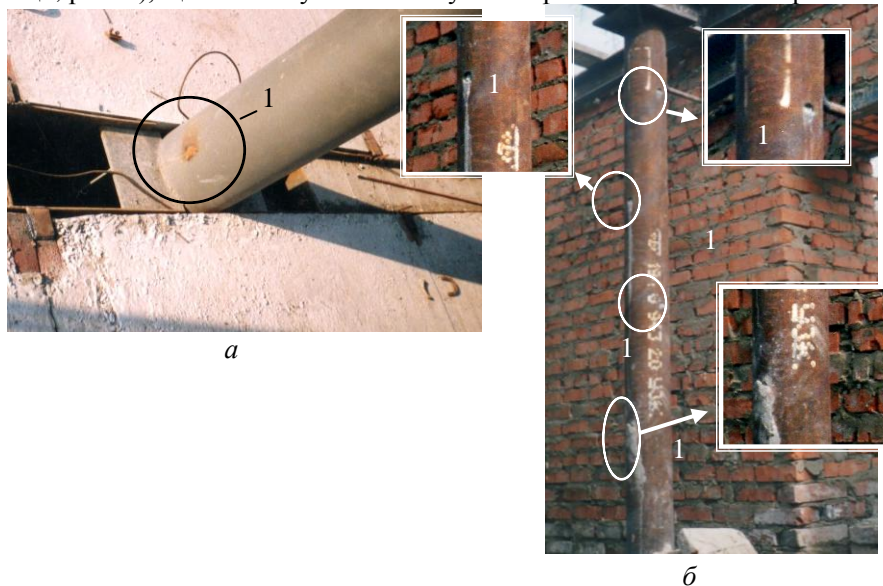


Рис. 1. Пошкодження труби-оболочки трубобетонних стійок під час зведення каркасу: 1 – круглі отвори в трубі-оболочці



Рис. 2. Повторне використання сталевих труб, бувших у вжитку, у якості оболочкі трубобетонних стійок при новому будівництві:

1 – пошкодження труби-оболочки



Рис. 3. Корозійні та механічні пошкодження трубобетонних опор споруди пірсу

З метою отримання даних щодо впливу типу та параметрів пошкоджень трубобетону у вигляді послаблень оболочкі авторами було проведено серію випробувань [8] трубобетонних стиснутих елементів, зокрема зі штучно створеними пошкодженнями труби-оболочки: наскрізними круглими отворами, наскрізними поздовжніми пропилами

(шліцями) та надрізами (рисками). Проведені авторами експериментальні дослідження свідчать, що наявність в трубі-оболонці дефекту у вигляді наскрізного отвору призводить до зниження несучої здатності трубобетонного елемента до 10%, шліцу (наскрізного пропилу) – від 10 до 45%, rischi (надрізу) – до 20%, а також встановлені мінімальні параметри пошкоджень, наявність яких практично не впливає на ефективність роботи трубобетону.

Задачі та програма подальших експериментальних досліджень трубобетонних елементів з дефектами та експлуатаційними пошкодженнями труби-оболонки. Основною метою експериментальних досліджень є отримання даних про роботу та напружено-деформований стан (НДС) трубобетону з дефектами та експлуатаційними пошкодженнями, що за результатами попередніх досліджень, проведених авторами, є найбільш небезпечними з точки зору оцінювання технічного стану трубобетонних конструкцій (різноманітних наскрізних поздовжніх та поперечних тонких пропилів – шліців, що мають різну орієнтацією відносно поздовжньої вісі елемента та локалізацію – поодинокі, групові), а також потоншень перерізу (виникнення яких зумовлено дефектами прокатування труб чи пошкодженнями у вигляді рівномірної суцільної поверхневої корозії металу).

Таблиця 1

Конструкція дослідних зразків та рівні варіювання параметрів пошкоджень труби-оболонки

Шифр		Параметри		Конструкція зразків
підсерія	дослідний зразок	тип	рівні варіювання	
1	2	3	4	
Діаметр труби-оболонки $\varnothing = 102\text{ мм}$				
ТБп2-1 тип «1»	ТБп2 – 1.1	наскрізний поздовжній проріз довжиною $l = 100\text{ мм}$ та шириною a	$a = 3\text{ мм}$	
	ТБп2 – 1.2		$a = 6\text{ мм}$,	
	ТБп2 – 1.3			
	ТБп2 – 1.4			
	ТБп2 – 1.5			
	ТБп2 – 1.6			

1	2	3	4	5
Діаметр труби-оболонки $\varnothing = 108\text{мм}$				
ТБп2-2 тип «2»	ТБп2-2.1	наскрізний поздовжній проріз шириною a , довжиною l та	$a=6\text{мм}$ $l=70\text{мм}$	
	ТБп2-2.2		$a=6\text{мм}$ $l=120\text{мм}$	
	ТБп2-2.3		$a=3\text{мм}$ $l=70\text{мм}$	
ТБп2-3 тип «3»	ТБп2-3.1	наскрізний поздовжній проріз шириною a , довжиною $l=120\text{мм}$ та відстань між дефектами по колу	$a=6\text{мм}$ $\pi D/8$	
	ТБп2-3.2		$a=6\text{мм}$ $\pi D/4$	
	ТБп2-3.3		$a=3\text{мм}$ $\pi D/4$	
	ТБп2-3.4		$a=6\text{мм}$ $\pi D/2$	

1	2	3	4	5
ТБп2-4 тип «4»	ТБп2-4.1	наскрізний поперечний проріз довжиною $l = 50$ мм та шириною a	$a = 6$ мм	
	ТБп2-4.2		$a = 3$ мм,	
ТБп2-5 тип «5»	ТБп2-5.1	місцеве потоншення стінки на 50% товщини шириною a та висотою b	$a = 40$ мм, $b = 440$ мм	
	ТБп2-5.2		$a = 40$ мм, $b = 160$ мм	
	ТБп2-5.3		$a = 70$ мм, $b = 40$ мм	

Таким чином, прийнята програма експериментальних досліджень передбачає випробування коротких трубобетонних стійок з чотирма типами пошкоджень труби-оболонки:

- тип 1 (серія ТБп2-1): одиночний наскрізний поздовжній проріз довжиною $l=100$ мм з різною шириною a ;
- тип 2 (серія ТБп2-2): групові наскрізні поздовжні прорізи з різною довжиною l , шириною a та відстанню між пошкодженнями;
- тип 3 (серія ТБп2-3): групові наскрізні поздовжні прорізи довжиною l з різною шириною a та відстанню між пошкодженнями по колу;
- тип 4 (серія ТБп2-4): групові наскрізні поперечні прорізи довжиною $l=50$ мм з різною шириною a та відстанню між пошкодженнями по висоті зразка $h=100$ мм;
- тип 5 (серія ТБп2-5): місцеві суцільні та локальні потоншення стінки (на 50% товщини) різної площі.

Для виключення впливу додаткових факторів (ексцентриситету прикладання навантаження, гнучкості та геометричної нелінійності стиснутих стержнів) в рамках експериментальних досліджень нами розглядається робота коротких центрально стиснутих елементів зі співвідношенням розмірів $l=4D$. Прийнята конструкція дослідних зразків та рівні варіювання параметрів пошкоджень труби-оболонки наведені в табл. 1.

Отже, прийнята програма експерименту дозволяє проранжувати за ступенем небезпеки види дефектів та пошкоджень, що найбільше впливає на несучу здатність та напружено-деформований стан трубобетонних елементів, а також порівняти отримані результати досліджень з численними даними інших авторів щодо роботи аналогічних трубобетонних елементів без пошкоджень.

ВИСНОВКИ

За результатами попередніх досліджень визначено тип найбільш небезпечних дефектів та експлуатаційних пошкоджень трубобетонних стійок. Запропоновано методику експериментальних досліджень впливу параметрів типу пошкоджень, що розглядаються, на несучу здатність, характер роботи та напружено-деформований стан трубобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Семко О.В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / О.В. Семко. – К. : Сталь, 2004. – 316 с.
2. Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]: ДБН В.2.6-160:2010: [Чинний від 2011–09-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 55 с.
3. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації [Текст]: ДБН 362-92: [Чинний від 1992 – 07- 01]. – К. : Держбуд України, 1992. – 45 с.
4. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд [Текст] / Державний комітет будівництва архітектури та житлової політики України та Держнаглядохоронпраці Україна – К.: 1997.
5. Мальганов А.И. Восстановление и усиление строительных конструкций аварийных и реконструируемых зданий : атлас схем и чертежей [Текст] /А.И. Мальганов, В.С. Плевков, А.И. Полищук. – Томск : Том. ун-т, 1990. – 456 с.

6. Воскобійник О.П. Деякі аспекти надійності стиснутих трубобетонних елементів [Текст] / О.П. Воскобійник // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – К. : НДІБК, 2006. – Вип. 65. – С. 152–159.
7. Семко О.В. Керування ризиками при проектуванні та експлуатації сталезалізобетонних конструкцій [Текст] : монографія / О.В. Семко, О.П. Воскобійник. – Полтава : ПолтНТУ, 2012. – 514 с.
8. Воскобійник О.П. Експериментальні дослідження трубобетонних елементів з локальними пошкодженнями труби-оболонки [Текст] / О.П. Воскобійник, А.В. Гасенко, І.О. Пархоменко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Вип. №25. – 2013 – Рівне, НУВГП.

Стаття надійшла до редакції 05.03.2013 р.