/

УДК 624.016:69.059 DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.151.2015.68923

ПРО ПІДСИЛЕННЯ ТРУБОБЕТОННИХ СТІЙОК ІЗ ПОШКОДЖЕННЯМИ ТРУБИ-ОБОЛОНКИ

Д-ри техн. наук О.В. Семко, О.П. Воскобійник, аспір. І.О. Пархоменко

ОБ УСИЛЕНИИ ТРУБОБЕТОННЫХ СТОЕК С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ТРУБЫ-ОБОЛОЧКИ

Д-ры техн. наук А.В. Семко, Е.П. Воскобойник, аспир. И.О. Пархоменко

ON REIN FORCEMENT OF STEEL TUBE OF CONCRETEFILLEDS TEEL TUBES

Dr. of Sc., Prof. O.V. Semko, O.P. Voskobiynyk, graduate student I.O. Parhomenko

Розроблені рекомендації щодо підсилення трубобетонних стійок, що мають локальні механічні пошкодженнями труби-оболонки, за допомогою додаткових сталевих елементів. Ефективної такого способу підсилення підтверджена результатами експериментальних досліджень.

Ключові слова: *трубобетонні стійки, експлуатація, пошкодження труби-оболонки, підсилення, ефект обойми.*

Разработаны рекомендации по усилению трубобетонных стоек, имеющих локальные механические повреждения трубы-оболочки, с помощью дополнительных стальных элементов. Эффективность такого способа усиления подтверждена результатами экспериментальных исследований.

Ключевые слова: *трубобетонные стойки, эксплуатация, повреждения трубы-оболочки, усиление, эффект обоймы.*

A method of amplifying of pipeconcrete rack with local mechanical damage pipe shell using more steel elements is suggested. The recommendations for the establishment of economic, efficient and reliable construction reinforcement bars pipeconcrete with local mechanical damage to the pipe shell are worked out. The essence of the proposed method is to use as elements of reinforcement bars pipeconcrete reinforcing rods installed in the presence of local places easing cross-section of the pipe shell. This approach allows you to restore the operating properties (technical condition) pipeconcrete racks with local mechanical damage to the pipe shells, which are oriented along its longitudinal axis at weakening size not exceeding two thicknesses of pipe shell. The feature of this method of amplification of pipeconcrete rack with local mechanical damage pipe shell using additional steel elements is that as

elements of reinforcement used preheated reinforcing rods, allowing additional cooling after "pull" the pipe wall shell pipeconcrete item. The proposed methods of strengthening of pipeconcrete rack with local mechanical damage pipe shells to restore the operating properties (technical condition) pipeconcrete racks with local mechanical damage to the pipe shells, which are oriented along its longitudinal axis in amounts of damage, not exceeding two pipe shell thickness .

Keywords: *Concrete filled steel tubes,exploitation, damages of steel tube, reinforcement, effect of a ferrule.*

Вступ. Раціональними галузями застосування трубобетонних колон [7] є багатоповерхові будівлі зі значними (більше 10 кПа) навантаженнями, наприклад каркаси промислових будівель (цехи кондитерських, тютюнових, харчових виробництв); або зі збільшеними прольотами та підвищеними чи нестандартними кроками колон (9 – 15 м) громадських багатоповерхових будівель (торговельно-розважальні комплекси, супермаркети тощо), фундаменти підземної частини будівель (під час будівництва метро, підземних стоянок), опори мостів, шляхопроводів, естакад тощо.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. Експлуатаційні пошкодження трубобетонних елементів зазвичай пов’язані із пошкодженнями незахищених поверхонь сталевої труби-оболонки. Насамперед, це вплив агресивного зовнішнього середовища (як наслідок – корозійні пошкодження труби-оболонки); культури виготовлення та монтажу (дефекти прокату: раковини, тріщини, окалини) конструкцій та умов експлуатації (місцеві вигини, вирізи, тріщини внаслідок корозійної втоми та інші види різноманітних послаблень поперечного перерізу) [1, 2]. Наявність локальних пошкоджень труби-оболонки трубобетонних конструкцій під час експлуатації можуть доволі суттєво впливати на особливості їх роботи, несучу здатність та інші показники експлуатаційної придатності такого типу конструктивних елементів. [1, 2]

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання дослідження підсилення залізобетонних і металевих конструкцій розглянуті в роботах Мальганова А.І. [3], Онуфрієва Н.М. [4], Бондаренка С.В. [6] та інших. Проте на сьогодні в Україні майже відсутні аналогічні рекомендації та методики щодо сталезалізобетонних, зокрема трубобетонних конструкцій.

Визначення мети та задачі дослідження. Зважаючи на це, актуальною **задачею** на сьогодні є розроблення рекомендацій щодо підсилення сталезалізобетонних конструкцій, зокрема труби-оболонки трубобетонних елементів.

Таким чином, **метою** дослідження єрозроблення економічної, ефективної та надійної конструкції підсилення трубобетонних стійок, що мають локальні механічні пошкодження труби-оболонки.

Основна частина дослідження. Головна перевага трубобетонних конструкцій – це спільна робота бетону і труби-оболонки, в наслідок чого має місце ефект обойми. За результатами попередніх досліджень [1, 2, 8] встановлено, що наявність дефектів або пошкоджень у таких конструктивних елементів суттєво зменшує або практично «зводять на нуль», це ще до кінця невивчений ефект. Отже, основною задачею підсилення трубобетонних елементів є відновлення спільної роботи усіх складових даної конструкції.

На основі проведеного аналізу різних способів підсилення для залізобетонних [4, 7] і металевих конструкцій [5], було запропоновано декілька аналогічних способів підсилення для трубобетонних елементів з механічними пошкодженнями труби-оболонки, зокрема одиночний повздовжній наскрізний пропил глибиною 0,7t, довжиною 1/4L – 1/4,4L, шириною t і 2t; групові повздовжні наскрізні прорізи довжиною 1/3,7L – 1/6,3L та шириною t і 2t з відстанню між пошкодженнями 1/0,07L – 1/0,18L; групові повздовжні наскрізні прорізи довжиною 1/3,7L – 1/6,3L, шириною t і 2t з відстанню між пошкодженнями по колу 0,4D –

1,6D; групові наскрізні поперечні прорізи довжиною 1/8,8L з шириною t і 2t та відстанню між пошкодженнями по висоті зразка 1/4,4L, круглі отворами діаметром d=3,3t – d=10t; місцеві суцільні та локальні потоншення стінки (на 50% товщини) шириною 13,3t – 23,3t та довжиною 1/11L – L висота зразка [9].

Із метою встановлення ступеня впливу способів підсилення на несучу здатність, зміну характеру роботи під навантаженням та параметри напружено-деформованого стану трубобетонних елементів авторами були проведені експериментальні дослідження трубобетонних елементів (що мали пошкодження труби-оболонки) із різними способами підсилення труби-оболонки [10]: за допомогою арматурних стержнів (1 шт); за допомогою металевої накладки (100×50мм); за допомогою металевого хомута; за допомогою арматурних стержнів (2 шт).

Загальний вигляд дослідних елементів наведено на рис.1. Результати експериментальних свідчать, що елементи підсилення включається в спільну роботу з дослідним зразком тим самим відновлюючи ефект обойми.

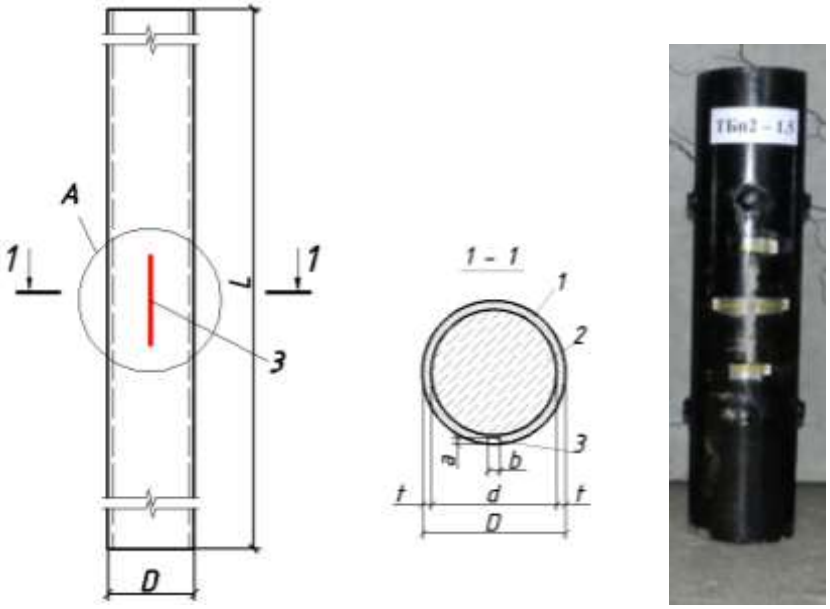
Таким чином, суть запропонованого способу полягає в застосуванні як елементів підсилення трубобетонних стійок арматурних стержнів, що встановлюються в місцях наявності локальних послаблень поперечного перерізу труби-оболонки (рис 1, *а, б*).

Рис. 1. Експериментальні зразки способів підсилення пошкоджень труби-оболонки трубобетонних елементів: *а* – за допомогою арматурних стержнів (1 шт), шифр зразка ТБпп-1; *б* – за допомогою металевої накладки (100×50мм), шифр зразка ТБпп-2; *в* – за допомогою металевого хомута, шифр зразка ТБпп-3; *г*– за допомогою арматурних стержнів (2 шт), шифр зразка ТБпп-4.

Такий підхід дозволяє відновити експлуатаційні властивості (технічний стан) трубобетонних стійок, що мають локальні механічні пошкодження труби-оболонки, котрі орієнтовані вздовж її поздовжньої осі при розмірах послаблення, які не перевищують двох товщин труби-оболонки.

На рис. 2, *а* і 2, *б* зображено трубобетонну стійку, що має локальне механічне пошкодження 3 труби-оболонки 1, ширина *b* якого менша або дорівнює двом товщинам стінки *t* труби-оболонки 1. На рис. 3 зображено способи підсилення сталевої труби-оболонки шляхом приварювання в місці наявності локальних пошкоджень 3 арматурних стержнів підсилення 4. Для створення додаткового обтиску арматурні стержні підсилення 4 перед приварюванням нагріваються. Кількість та спосіб розміщення арматурних стержнів підсилення 4 залежить від параметрів наявних пошкоджень 3 труби-оболонки 1. При ширині пошкодження *b* і довжині пошкодження $l_{пошк}$, що більше ніж три ширини *b* та менше або дорівнює діаметру *D* труби-оболонки 1, приварюється один арматурний стержень, що розташовується

перпендикулярно до більшої сторони пошкодження 3 (спосіб 1, рис. 3, *а*). При довжині пошкодження $l_{пошк}$ більшій ніж діаметр *D* труби-оболонки 1 приварюються два та більше арматурних стержнів 4 (спосіб 2 (рис. 3, *б*) або 3 (рис.3, *в*)).



а б в

Рис. 2. Трубобетонна стійка з пошкодженням труби-оболонки у виді вертикалного вертикального прорізу: а, б – креслення трубобетонної стійки; в – фото дослідного зразка трубобетонного елемента

При застосуванні способу 2 арматурні стержні розміщуються перпендикулярно до більшої сторони пошкодження $l_{пошк}$ з кроком *c*, що менше половини діаметра *D* труби-оболонки 1 (рис. 3, *б*). При застосуванні способу 3 арматурні стержні розміщуються під кутом 45° до пошкодження 3 та навхрест відносно один одного, так щоб непідсилена довжина *d* пошкодження 3 була менша половини діаметра *D* труби-оболонки 1 (рис. 3, *в*).

При застосуванні будь-якого із запропонованих способів діаметр арматурних стержнів підсилення 4 залежить від товщини стінки сталевої труби-оболонки 1, тобто дорівнює двом товщинам стінки *t* труби-оболонки 1, довжина *l* не повинна бути меншою зовнішнього діаметра труби.

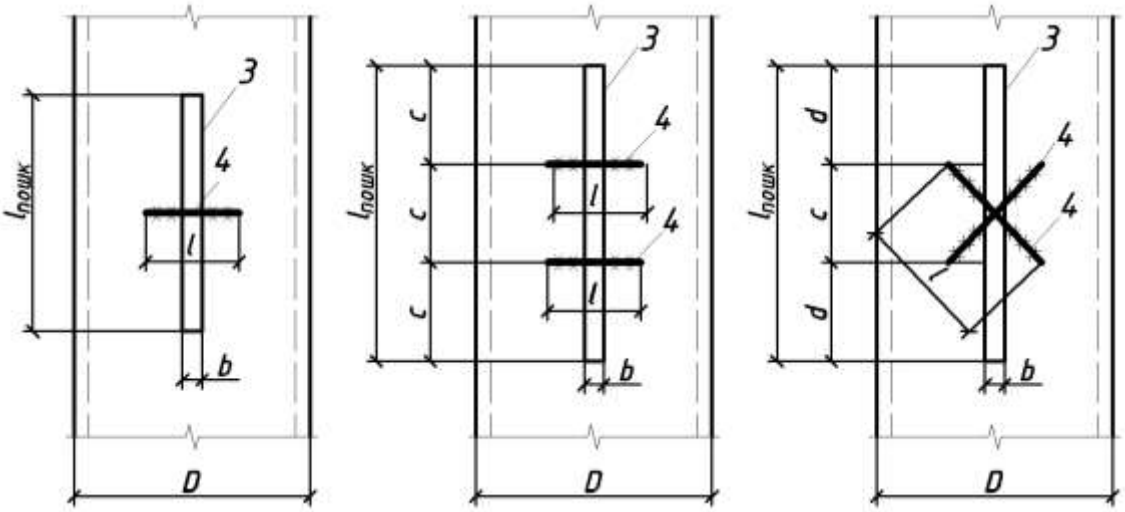
Аналогом даних рекомендацій є спосіб підсилення сталевих стійок шляхом заварювання локальних послаблень поперечного перерізу металевими листовими накладками в місцях утворення такого типу пошкоджень [5] або підсилення залізобетонних стійок за допомогою сталевих обойм на планках, що з метою створення додаткового обтиску нагріваються перед приварюванням [3]. Проте ці способи є доволі трудомісткими та матеріалозатратними.

Особливістю даного способу підсилення трубобетонної стійки з локальними механічними пошкодженнями труби-оболонки із застосуванням додаткових сталевих елементів є те, що як елементи підсилення використовуються попередньо нагріті арматурні стержні, що дозволяє після охолодження додатково обтиснути стінки труби-оболонки трубобетонного елемента.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Запропоновані способи підсилення трубобетонної стійки з локальними механічними пошкодженнями труби-оболонки дозволяють відновити експлуатаційні властивості (технічний стан) трубобетонних стійок, що мають локальні механічні пошкодження труби-оболонки, котрі орієнтовані вздовж її поздовжньої осі при

розмірах пошкодження, які не перевищують двох товщин труби-оболонки.

Таким чином, рекомендовані способи підсилення можуть бути використані як складова комплексу заходів з відновлення експлуатаційних властивостей (технічного стану) несучих трубобетонних стійок під час поточного та капітального ремонту будівель та споруд різного призначення.



а б в

Рис. 3. Способи підсилення сталевої труби-оболонки шляхом приварювання в місці наявності локальних пошкоджень арматурних стержнів підсилення

Список використаних джерел

1. Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции. – К.: Будівельник, 1978. – 82 с.
2. Стороженко Л.И. Сталежелезобетонные конструкции [Текст] / Л. И. Стороженко, О.В. Семко, В.И. Ефименко. – К. : Четверта хвиля, 1997. – 160 с.
3. 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.
4. Онуфриев, Н.М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений [Текст] / Н.М. Онуфриев. – Минск: Выш. шк., 1986. – 200 с.
5. Конструктивные решения по усилению строительных конструкций промышленных зданий [Текст] / Н.Г.Стыпенко, Б.А. Аблиязов, А.Н. Марахтанов, В.М. Томилов. – Волгоград : Госстрой СССР, 1985. - 402 с.
6. Усиление железобетонных конструкций при реконструкции зданий [Текст] / С.В. Бондаренко, Р.С. Санжаровский . - М. : Стройиздат, 1990 . - 352с.
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. Сталезалізобетон: надійність, технічні стани, ризики : монографія / О. П. Воскобійник. – Донецьк : Донбас, 2014. – 394 с.
9. Семко О. В. Особливості роботи трубобетонних конструкцій з локальними пошкодженнями труби-оболонки [Текст] / О. В. Семко, О. П. Воскобійник, І. О. Пархоменко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2013. – Вип. 27. – С. 207–214.

10. Семко О. В. Експериментальні дослідження способів підсилення трубобетонних конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями [Текст] / О.В. Семко, О.П. Воскобійник, І. О. Пархоменко // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. трудов. Вып.№75. - Дн-вск., ПГАСА, 2011.- С.222-227

Семко Олександр Володимирович доктор технічних наук, професор, кафедра архітектури та міського будівництва Полтавський національний технічний університет імені Юрія, тел.: 050 305 09 70. E-mail: a.semko@mail.ru

Воскобійник Олена Павлівна доктор технічних наук, старший науковий співробітник, кафедра організації й технології будівництва та охорони праці Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, тел.: 050 304 40 23. E-mail: lvosko@mail.ru

Пархоменко Інна Олегівна аспірантка кафедри конструкцій з металу, дерева і пластмас Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. тел.: 0956633080. E-mail: i-parhomenko@mail.ru

Semko Alexander Vladimirovich Dr. of Sc., Prof., Architecture and Urban Construction Department Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, Poltava, tel .: 050 305 09 70. E-mail:a.semko@mail.ru

Voskobiynyk Elena Pavlovna Dr. of Sc., senior scientific researcher, Department of organization and technology of building and health safety Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, tel .: 050 304 40 23. E-mail: lvosko@mail.ru

Parkhomenko Inna Olegivna graduate student of department of structures from metal, wood and plasticssafety poltava national technical university named after yuri kondratyuk tel .: 0956633080. E-mail: i-parhomenko@mail.ru