

УДК 624.014.27-625
UDC624.014.27-625

DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.2-197-208

**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПОШКОДЖЕНИХ ТРУБ МЕТОДОМ ЗАСТОСУВАННЯ
МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ УДОСКОНАЛЕННЯМ МЕТОДИКИ
ОЦІНКИ ГІДРАВЛІЧНИХ ОПОРІВ ТА ВИТРАТ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**INCREASING THE DURABILITY OF DAMAGED PIPES BY THE METHOD OF USING METAL
CORRUGATED STRUCTURES WITH THE IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR
EVALUATING HYDRAULIC RESISTANCES AND COSTS OF CORRUGATED STRUCTURES**



Карнаков Ігор Анатолійович, аспірант кафедри «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, Україна, 01010, e-mail: ihor.karnakov@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-8751-9934>

Анотація. Стаття присвячена проведенню досліджень, які направлені на підвищення довговічності пошкоджених залізобетонних труб методом гільзування, із використанням металевих гофрованих конструкцій. А також удосконаленню методики оцінки гідравлічних опорів та витрат при підсиленні пошкоджених залізобетонних труб металевими гофрованими конструкціями.

Метою роботи є удосконалення технології підвищення довговічності пошкоджених залізобетонних труб та методики оцінки гідравлічних опорів і витрат відновлених труб металевими гофрованими конструкціями. Це дозволить забезпечити надійну та довговічну роботу пошкоджених та дефектних залізобетонних труб в експлуатаційних умовах.

Об'єктом досліджень є пошкоджена залізобетонна труба відновлена металевими гофрованими конструкціями.

Наведено технологію виконання підсилення дефектних, або пошкоджених залізобетонних труб в умовах експлуатації із використанням металевих гофрованих конструкцій.

Встановлено, що технологія методу гільзування дозволяє проводити відновлення несучої здатності та підвищувати довговічність пошкоджених труб без перекриття руху транспортних засобів.

Наведено методику оцінки гідравлічного опору та витрат металевих гофрованих труб у залежності від середньої швидкості руху води в трубах.

Встановлено, що для вибору оптимального діаметру дорожньої водопропускної труби потрібно знайти його значення для різних можливих значень витрат і вибрати максимальне, яке найближче підходить визначеному експериментальному значенню, або встановлено на основі статистичних даних.

Ключові слова: пошкоджена залізобетонна труба, металеві гофровані конструкції, метод гільзування, гідравлічний опір, витрата.

Вступ. Враховуючи незадовільний технічний стан інфраструктури автомобільного та залізничного транспорту, значну кількість пошкоджених та зруйнованих споруд в умовах бойових дій та протермінованих ремонтів споруд [1, 2], актуальними залишаються задачі розробки та застосування прогресивних технологій їх ремонту та відновлення несучої здатності та довговічності.

Для відновлення несучої здатності та підвищення довговічності залізобетонних труб в умовах експлуатації перспективним напрямом є застосування методу гільзування [2]. Для його успішного застосування, доволі, технічно виправданим рішенням є застосування металевих гофрованих конструкцій [3]. Воно полягає у протягуванні в існуючу дефектну трубу металевої гофрованої труби із заповненням міжтрубного простору ремонтним матеріалом. Методика такого ремонту наведена у ВБН В.2.3-218-198:2007 [4].

Приклади відновлених дефектних залізобетонних споруд в експлуатаційних умовах, із використанням металевих гофрованих конструкцій та металевих гофрованих труб наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Підсилені пошкоджені споруди методом гільзування із використанням металевих гофрованих конструкцій та труб

Figure 1 – Reinforced damaged structures by the sleeve method using metal corrugated structures and pipes

Як бачимо в умовах експлуатації для ремонту пошкоджених залізобетонних споруд використовуються, як металеві гофровані конструкції так і металеві гофровані труби. У випадку застосування металевих гофрованих конструкцій, ремонтні роботи можна виконувати безпосередньо у середині старої споруди і при цьому отримати довільну форму поперечного перетину відремонтованої споруди. При застосуванні металевих гофрованих труб, ремонт відбувається методом протягування нової труби у середину існуючої.

Слід зазначити, що технологія гільзування дозволяє підвищити довговічність пошкоджених труб, зменшити витрати коштів на їх реконструкцію та подальшу експлуатацію. Найголовніше дана технологія дозволяє проводити ремонтні роботи без перекриття руху транспортних засобів, що є дуже актуальним. Причому, актуальність таких досліджень, у зв'язку із недостатнім фінансуванням на відновлення транспортної інфраструктури та проведенням бойових дій на території України, все більше зростає.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. При ремонті водопропускних труб, які експлуатуються на автомобільних дорогах необхідно користуватися нормативними документами ВБН В.2.3-218-198:2007 [4], П-Г.1-218-113 [5] та ДБН В.2.3-22 [6]. У праці [4] зазначено, що найефективнішим методом ремонту пошкоджених залізобетонних труб є методом гільзування. Його доцільно застосовувати при умові, що зменшення отвору не вплине на вхідний потік води. Також рекомендується застосовувати даний метод при пошкодженні гідроізоляції старої труби, геометричному зміщенні ланок труби, більш як на 3,0 % від діаметра труби, або у випадку, коли поточний ремонт пошкодженої труби не призводить до підвищення довговічності та несучої здатності пошкодженої труби.

Для ремонту дефектних труб найчастіше використовуються полімерні гофровані труби [7], або металеві гофровані конструкції [8–12]. Приклад монтажу металевої гофрованої труби у середину дефектної залізобетонної споруди (м. Вілмінгтоні, США) наведено на рис. 2.

У праці [7] зазначено, що за один рік департаментом транспорту штату Оклахома (США) було відновлено 40 водопропускних труб.

У працях [1, 10] зазначено, що металеві гофровані конструкції найчастіше, використовуються для підсилення пошкоджених залізобетонних труб методом монтажу труби, довжина якої відповідає довжині ремонтної труби, або послідовним монтажем ланок труб у середині існуючої труби. Другий метод застосовується при підсиленні труб великого поперечного перерізу.

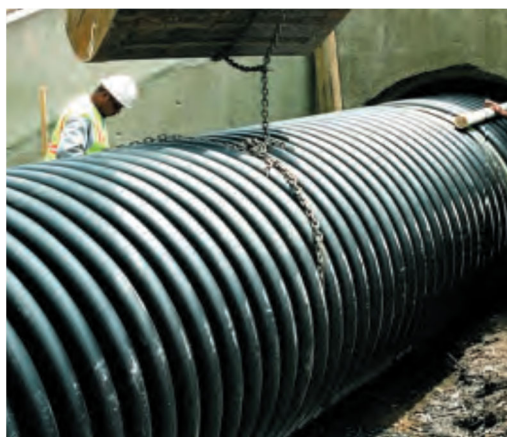


Рисунок 2 – Монтаж металевої гофрованої труби у пошкоджену залізобетонну споруду
Figure 2 – Installation of a metal corrugated pipe in a damaged reinforced concrete structure

У працях [9, 10] авторами проведені розрахунки напружено-деформованого стану відремонтованої труби методом гільзування, із використанням методу скінченних елементів. У результаті розрахунків встановлено, що між новою металевою трубою та існуючою (старою) виникає стрибок температурних напружень. Це пов'язано із різними фізико-механічними параметрами нової та старої конструкцій труб.

У праці [13] зазначено, що найбільш наглядних та достовірних розрахунків напружено-деформованого стану споруд із металевих гофрованих конструкцій можна досягти із використанням методу скінченних елементів.

Аналіз науково-дослідних робіт [1–13] показав, що у більшості робіт наведені технології влаштування та монтажу металевих гофрованих конструкцій під час підсилення пошкоджених споруд. Також значна кількість робіт присвячена методам розрахунку напружено-деформованого стану відремонтованих пошкоджених споруд із використанням металевих гофрованих конструкцій. Невирішеними залишаються задачі розробки методики оцінки гідравлічного опору металевих гофрованих конструкцій (труб) та оцінки витрат при зменшенні поперечного перетину відремонтованої споруди. Ці задачі є важливими для подальшої розробки рекомендацій із застосування металевих гофрованих конструкцій при ремонті пошкоджених залізобетонних споруд. Що підкреслює актуальність та практичну цінність даної наукової праці.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є удосконалення технології підвищення довговічності пошкоджених залізобетонних труб та методики оцінки гідравлічних опорів і витрат відновлених труб металевими гофрованими конструкціями. Це дозволить забезпечити надійну та довговічну роботу пошкоджених та дефектних залізобетонних труб в експлуатаційних умовах.

Для досягнення зазначеної мети необхідно виконати наступні завдання:

- удосконалити технологію ремонту дефектних залізобетонних споруд із використанням металевих гофрованих конструкцій;
- удосконалити методику оцінки гідравлічних опорів металевих гофрованих конструкцій та методику оцінки витрат води при зменшенні поперечного перетину відремонтованої залізобетонної труби методом гільзування.

Матеріали та методика досліджень. Для відновлення несучої здатності пошкоджених залізобетонних труб використовуються конструкції типу Multiplate, Supercor, або гофровані труби типу Helcor. Ремонт споруд виконується методом гільзування. Така технологія передбачає виконання першого етапу – проектування ремонту та другого етапу – будівництва (монтаж гільзи).

Етап проектування ремонту відновлення несучої здатності та довговічності пошкоджених залізобетонних труб передбачає виконання ряду робіт та розрахунків (рис. 3).



Рисунок 3 – Схема етапу проектування ремонту пошкодженої залізобетонної споруди методом гільзування

Figure 3 – Scheme of the design stage of the repair of a damaged reinforced concrete structure by the sleeve method

У першу чергу на етапі проектування необхідно провести вишукувальні роботи. Далі визначити поперечний переріз труби. Тут дуже важливо забезпечити достатній поперечний переріз відремонтованої споруди, з точки зору забезпечення гідравлічних параметрів. Оскільки ремонт методом гільзування призводить до зменшення поперечного перетину труби. І тільки після того необхідно провести оцінку напружено-деформованого стану запроєктованого рішення. Для цього необхідно оцінити величини сил, які будуть діяти від транспортних засобів (автомобільних, рухомого складу залізниць тощо). Також важливо отримати результати розрахунків при впливі температури навколишнього середовища. Оскільки при значному перепаді температур між існуючою (старою) трубою і новою металевою гофрованою конструкцією можуть виникати значні температурні напруження, які є небезпечними що призводять до зародження тріщин тощо [10].

При отриманні задовільних розрахунків можна переходити до етапу будування (монтажу нової металевої гофрованої труби у середину пошкодженої) (рис. 4).



Рисунок 4 – Етап будування при підсиленні пошкодженої залізобетонної труби
Figure 4 – Stage of construction when a damaged reinforced concrete pipe is reinforced

На початковому етапі ремонту пошкодженої споруди важливим є виконання підготовчих робіт, які включають очищення існуючої труби від бруду та вирівнювання дна труби, влаштування ізоляції та створення простору для безперешкодного протягування ланок нової труби.

Монтаж нової металевої гофрованої труби у середину пошкодженої виконується у певній технологічній послідовності. Однією із трудомістких операцій на етапі будування є монтаж гільзи (металевої гофрованої труби) у середину пошкодженої. Після монтажу гільзи влаштовується опалубка із торців труби. Далі відбувається подача розчину у міжтрубний простір. І тільки після набору розчином проектної міцності, виконуються укріплюючі роботи.

Технологічна схема підсилення пошкодженої залізобетонної труби металевою гофрованою наведена на рис. 5.

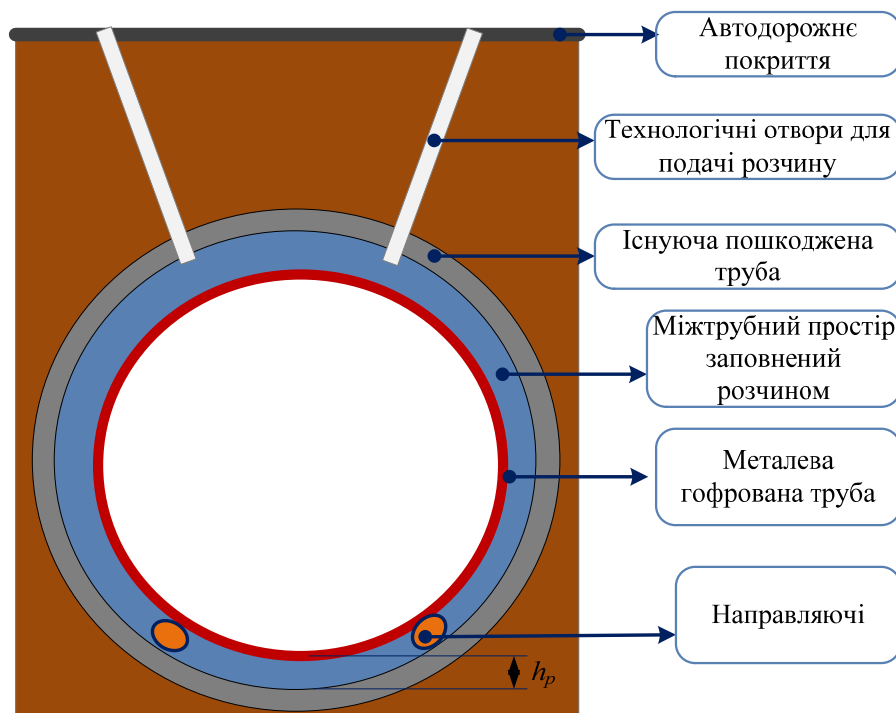


Рисунок 5 – Схема розташування металеві гофрованої труби в існуючій дефектній трубі
Figure 5 – Scheme of the location of a metal corrugated pipe in an existing defective pipe

Для правильного укладання гофрованої труби в існуючу необхідно вирівняти існуючу трубу, зробити її співвісною трубі, яку підсилюємо. Слід зазначити, що відстань від низу існуючої труби до низу металеві гофрованої повинна бути мінімальною 50–100 мм. Для цього можна застосувати напрямні із дерева тощо. При цьому їх необхідно закріпити до існуючої ремонтної труби таким чином, щоб забезпечити вільний прохід розчину у міжтрубному просторі. За необхідності можна застосувати антикорозійне покриття.

Простір між існуючою пошкодженою трубою та новою металеві гофрованою трубою потрібно заповнювати бетонним розчином під тиском [10]. При цьому розчин повинен мати достатню реологічність для заповнення нерівностей та тріщин в існуючій залізобетонній трубі.

Подачу розчину можна проводити як із торця ремонтної споруди так і через влаштовані технологічні отвори із верху труби. Основною вимогою такого ремонту є забезпечення проектної щільності розчину (ступінь ущільнення 0,98–1,0). Для цього слід застосовувати глибинні вібратори.

Методика оцінки гідравлічних показників відремонтованої труби із використанням металевих гофрованих конструкцій.

При застосування методу гільзування зменшується поперечний перетин відремонтованої труби. Це вимагає проведення оцінки гідравлічних параметрів із визначенням гідравлічного опору гофрованої труби. Процес дослідження гідравлічних характеристик металевих гофрованих труб у лабораторних умовах наведено на рис. 6.



Рисунок 6 – Процес дослідження гідравлічних характеристик металевих гофрованих труб
Figure 6 – The process of researching the hydraulic characteristics of metal corrugated pipes

Для визначення величини коефіцієнта опору металевих гофрованих труб, пропонується застосовувати методику, яка використовується для гофрованих поліетиленових гідравлічно гладких труб [14, 15]. За нею гідравлічний опір гофрованих труб визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{0,01344}{d_p \cdot 0,226 \cdot v \cdot 0,226} \quad (1)$$

де: λ – коефіцієнт гідравлічного тертя на довжині; d_p – розрахунковий діаметр труби, м; v – середня швидкість води в трубі, м/с.

Гідравлічний ухил визначається за формулою:

$$i = 0,000685 \frac{v^{1,774}}{d_p^{1,226}} \quad (2)$$

При відомій швидкості руху води у трубі, для розрахунку ухилу використовується формула (3):

$$1000i = 0,685 \frac{v^{1,774}}{d_p^{1,226}}, \quad (3)$$

У випадку відомої витрати слід застосовувати формулу (4):

$$1000i = 1,052 \frac{Q^{1,774}}{d_p^{4,774}} \quad (4)$$

З метою забезпечення проєктної витрати потрібно розрахувати діаметр труби за формулою:

$$d_{TP} = 1,01 \frac{Q^{0,372}}{(1000i)^{0,209}} \quad (5)$$

Згідно СОУ 45.2-00018112-045 [15] гідравлічний опір поліетиленових гофрованих труб слід визначати за формулою:

$$i_w = \frac{Q^2}{576d^{5,3333}} \quad (6)$$

де: Q – пропускна здатність, м³/с; d – діаметр труби, м.

Слід зазначити, що у наближених розрахунках, гідравлічний опір металевих гофрованих труб можна визначати також за формулою (6). Однак, для встановлення поправочного коефіцієнту необхідно методом експериментальних досліджень отримати уточнену формулу (6).

Пропускна здатність напірної труби, слід визначати за формулою, як для короткого трубопроводу, що має вигляд:

$$Q = \phi_m \omega_m \sqrt{2g(H - h_m)} \quad (7)$$

де: H – напір перед трубою, м; g – прискорення вільного падіння, м/с² та ω_m і h_m – площа перерізу і висота ділянки труби повного робочого перерізу. Для обтічного оголовка коефіцієнт швидкості становить $\phi_n = 0,95$.

Витрата для безнапірної «короткої» невідтопленої споруди із металевих гофрованих конструкцій визначається згідно посібника [4] за формулою:

$$Q = m \cdot B_K \sqrt{2gH^{\frac{3}{2}}}, \quad (8)$$

де m – коефіцієнт витрати; $B_K = \frac{W_K}{h_K}$ – середня ширина потоку в перерізі з критичною глибиною h_K ;

W_K – площа поперечного перерізу потоку при критичній глибині потоку h_K .

У випадку відомого типу вхідного оголовка, розрахункові витрати для круглих, еліптичних та овальних споруд слід визначати за параметром витрати, за формулою:

$$P_Q = \frac{Q}{D^2 \sqrt{gD}}. \quad (9)$$

Пропускню здатність «довгої» споруди визначають за формулою (10) із врахуванням коефіцієнт підтоплення σ_n , що визначається методом послідовного наближення. При цьому його значення є меншими за 1,0.

$$Q = m \cdot \sigma_n \cdot B_K \sqrt{2gH_0^{\frac{3}{2}}}, \quad (10)$$

Слід зазначити, що для проектування необхідного діаметру підсиленої дорожньої водопропускної труби, необхідно знайти його значення для різних можливих значень витрат Q . Слід вибирати максимальний можливий діаметр, що задовольняє даній споруді, з метою забезпечення гідравлічних показників роботи відремонтованої труби.

Висновки. Застосування методу гільзування для ремонту дефектних та пошкоджень залізобетонних труб, які перебувають в експлуатації є прогресивним методом, що дозволяє відновити несучу здатність та підвищити довговічність пошкоджених труб.

При підсиленні труб в умовах експлуатації зменшується поперечний перетин відремонтованої труби, що вимагає проведення гідравлічних розрахунків підсиленої труби.

Для вибору необхідного діаметру відремонтованої дорожньої водопропускної труби потрібно для різних можливих значень витрат вибрати максимальний можливий діаметр гофрованої труби.

Подальшим продовженням науково-дослідних робіт, у даному напрямі, є проведення оцінки реологічних властивостей розчинів, з метою встановлення найбільш ефективних із врахуванням водоцементного відношення, які будуть добре заповнювати міжтрубний простір.

Перелік посилань

1. Ковальчук В. В. Перспективи застосування металевих гофрованих конструкцій на залізничних та автомобільних дорогах України / Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – Київ, 2015. – №2 (111). – С. 32–37.
2. Luchko J. Degrading concrete and reinforced concrete building structures and long-term structures / J. Luchko, B. Nazarevich, V. Kovalchuk // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2022, no. 86, page 35-46.
3. Kovalchuk Vitalii. Investigation of the Bearing Capacity of Transport Constructions Made of Corrugated Metal Structures Reinforced with Transversal Stiffening Ribs / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Majid Movahedi Rad and Szabolcs Fischer // Infrastructures 2023, 8(9), 131.
4. Посібник до ВБН В.2.3-218-198:2007. Споруди транспорту. Проектування та будівництво споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. – К., 2007. – 122 с.
5. П-Г.1-218-113:2009. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. – К., 2009.
6. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 74 с.

7. Онищенко А. М. Аналіз перспективи застосування ремонту, методом гільзування, водопропускних труб, як різновиду гідротехнічних споруд транспортного будівництва / Онищенко А. М., Гаркуша М. В. // Збірник наукових праць видається за підсумками щорічної Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії» – Херсон: ХДАЕУ, 2021. – Вип. 3. С. 147 – 150.

8. Study of the Stress-Strain State in Defective Railway Reinforced-Concrete Pipes Restored with Corrugated Metal Structures / V. Kovalchuk, R. Markul, A. Pentsak [and others] // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – N 5 (1–89). – P. 37–44. – doi: 10.15587/1729-4061.2017.109611

9. Rybak R. Stress-strain state of reinforced concrete pipes under the influence of climatic temperature changes in the environment / R. Rybak, V. Kovalchuk, B. Parneta, O. Parneta, O. Bal, V. Boiarko // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2022, no. 86, page 54-61.

10. Ковальчук В. В. Напружено-деформований стан залізобетонних труб підсилених металевою гофрованою трубою при взаємодії із ґрунтовою засипкою / В. В. Ковальчук // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2015. – Випуск № 58. – С.176–185.

11. Rybak R. Investigation of Reinforced Concrete Pipe Deformability by Reinforcement Frame Under Static Loads / R. Rybak, V. Kovalchuk, B. Parneta, I. Karnakov // Lecture Notes in Civil Engineering, 2024, 438, pp. 351–361.

12. Kovalchuk V. V. Erweiterung der Verkehrsanlagen durch den Einsatz von Wellblechstrukturen auf Rai und Strassen Ukraine // Матеріали міжнародного технічного семінару «Перспективні технології ремонту земляного полотна та верхньої будови колії». – Львів, 2015. – С. 20–21.

13. Wysokowski A. Obliczenia przepustow Metodą Elementow Skończonych / A. Wysokowski, J. Howis. – MES, 2011. – № 3 (36). – S. 54–57.

14. Войтович І. В. Перспективи відновлення сталевих трубопроводів систем зрошення безтраншейним способом / І. В. Войтович, І. В. Ковтунович, Є. Г. Герасімов, О. Л. Пінчук // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – Рівне, 2012. – 4(60). – pp. 27–32.

15. СОУ 45.2-00018112-045:2010 Споруди транспорту. Проектування та будівництво споруд з пластикових труб на автомобільних дорогах загального користування. – К, 2010.

INCREASING THE DURABILITY OF DAMAGED PIPES BY THE METHOD OF USING METAL CORRUGATED STRUCTURES WITH THE IMPROVEMENT OF THE METHODOLOGY FOR EVALUATING HYDRAULIC RESISTANCES AND COSTS OF CORRUGATED STRUCTURES

Karnakov Ihor A., Postgraduate student, Department of Bridges and Tunnels National Transport University, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka str., 1, Kyiv, Ukraine, 01010, e-mail: ihor.karnakov@gmail.com, tel.: +380505235136, <http://orcid.org/0000-0002-8751-9934>

Summary. The article is devoted to conducting research aimed at increasing the durability of damaged reinforced concrete pipes by the sleeve method, using metal corrugated structures. As well as improving the methodology for estimating hydraulic resistances and costs when reinforced damaged reinforced concrete pipes with metal corrugated structures.

The purpose of the work is to improve the technology for increasing the durability of damaged reinforced concrete pipes and the methodology for assessing the hydraulic resistance and costs of restored structures with metal corrugated structures. This will ensure reliable and long-lasting operation of damaged and defective reinforced concrete structures in operational conditions.

The object of research is a damaged reinforced concrete pipe restored with metal corrugated structures.

The technology of strengthening defective or damaged reinforced concrete pipes in operating conditions using metal corrugated structures is given.

It was established that the technology of the "sanitation of pipes" method allows restoring the load-bearing capacity and increasing the durability of damaged pipes without blocking the movement of vehicles.

The methodology for estimating the hydraulic resistance and consumption of metal corrugated pipes depending on the average speed of water movement in road pipes is given.

It has been established that in order to choose the optimal diameter of the road culvert, it is necessary to find its value for various possible values of the flow and choose the maximum that is closest to the determined experimental value or determined on the basis of statistical data.

Key words: damaged reinforced concrete pipe, metal corrugated structures, casing method, hydraulic resistance, consumption.

References

1. Kovalchuk V. V. Perspektyvy zastosuvannya metalevykh hofrovanykh konstrukttsii na zaliznychnykh ta avtomobilnykh dorohakh Ukrainy / Naukovo-praktychnyi zhurnal «Zaliznychnyi transport Ukrainy». – Kyiv, 2015. – №2 (111). – S. 32–37.
2. Luchko J. Degrading concrete and reinforced concrete building structures and long-term structures / J. Luchko, B. Nazarevich, V. Kovalchuk // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2022, no. 86, page 35-46.
3. Kovalchuk Vitalii. Investigation of the Bearing Capacity of Transport Constructions Made of Corrugated Metal Structures Reinforced with Transversal Stiffening Ribs / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Majid Movahedi Rad and Szabolcs Fischer // Infrastructures 2023, 8(9), 131.
4. Posibnyk do VBN V.2.3-218-198:2007. Sporudy transportu. Proektuvannya ta budivnytstvo sporud iz metalevykh hofrovanykh konstrukttsii na avtomobilnykh dorohakh zahalnoho korystuvannya. – K., 2007. – 122 s.
5. P-H.1-218-113:2009. Tekhnichni pravyla remontu ta utrymannya avtomobilnykh dorih zahalnoho korystuvannya Ukrainy. – K., 2009.
6. DBN V.2.3-22:2009. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannya. – K.: Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 74 s.
7. Onyshchenko A. M. Analiz perspektyvy zastosuvannya remontu, metodom hilzuvannya, vodopropuskykh trub, yak riznovydu hidrotekhnichnykh sporud transportnoho budivnytstva / Onyshchenko A. M., Harkusha M. V. // Zbirnyk naukovykh prats vydaetsia za pidsumkamy shchorichnoi Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasni tekhnolohii ta dosiahnennia inzhenernykh nauk v haluzi hidrotekhnichnoho budivnytstva ta vodnoi inzhenerii» – Kherson: KhDAEU, 2021. – Vyp. 3. С. 147 – 150.
8. Study of the Stress-Strain State in Defective Railway Reinforced-Concrete Pipes Restored with Corrugated Metal Structures / V. Kovalchuk, R. Markul, A. Pentsak [and others] // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – N 5 (1–89). – P. 37–44. – doi: 10.15587/1729-4061.2017.109611
9. Rybak R. Stress-strain state of reinforced concrete pipes under the influence of climatic temperature changes in the environment / R. Rybak, V. Kovalchuk, B. Parneta, O. Parneta, O. Bal, V. Boiarko // Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2022, no. 86, page 54-61.

10. Kovalchuk V. V. Napruzhenno-deformovanyi stan zalizobetonnykh trub pidsylenykh metalevoiu hofrovanoiu truboiu pry vzaiemodii iz gruntovoiu zasypkoiu / V. V. Kovalchuk // Visnyk ODABA. – Odesa, 2015. – Vypusk № 58. – S.176–185.
11. Rybak R. Investigation of Reinforced Concrete Pipe Deformability by Reinforcement Frame Under Static Loads / R. Rybak, V. Kovalchuk, B. Parneta, I. Karnakov // Lecture Notes in Civil Engineering, 2024, 438, pp. 351–361.
12. Kovalchuk V. V. Erweiterung der Verkehrsanlagen durch den Einsatz von Wellblechstrukturen auf Rai und Strassen Ukraine // Матеріали міжнародного технічного семінару «Перспективні технології ремонту земляного полотна та верхньої будови колії». – Львів, 2015. – С. 20–21.
13. Wysokowski A. Obliczenia przepustow Metodą Elementow Skończonych / A. Wysokowski, J. Howis. – MES, 2011. – № 3 (36). – S. 54–57.
14. Voitovych I. V. Perspektyvy vidnovlennia stalevykh truboprovodiv system zroshennia beztransheynym sposobom / I. V. Voitovych, I. V. Kovtunovych, Ye. H.Herasimov, O. L. Pinchuk // Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. – Rivne, 2012. – 4(60). – pp. 27–32.
15. SOU 45.2-00018112-045:2010 Sporudy transportu. Proektuvannia ta budivnytstvo sporud z plastykovykh trub na avtomobilnykh dorohakh zahalnoho korystuvannia. – K, 2010.

Дата надходження до редакції 18.10.2024.