

УДК 625.745.1

Гаркуша М. В., канд. техн. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0002-5388-0561>*Національний транспортний університет (НТУ), м. Київ, Україна*

**РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВІДНОВЛЕННЯ ВОДОПРОПУСКАЛЬНИХ ТРУБ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ*****Анотація***

Вступ. На надійність та довговічність водопропускальних труб впливають статичні та динамічні навантаження від транспортних засобів і температурних кліматичних впливів, руйнівна сила водяного потоку, абразивне руйнування, корозія матеріалу, недоліки вибору конструкцій та незадовільне проектування, все це спричиняє передчасне руйнування споруди.

На сьогоднішній день широко застосовують водопропускальні споруди з металевих гофрованих конструкцій (далі — МГК). Загальновідомими перевагами, які виправдовують вибір такого рішення, є в основному короткий строк і відносно низька вартість будівництва, будівництво за умови дотримання відповідного технологічного режиму не викликає особливих проблем. Тому, виникає необхідність в розробленні рекомендації з відновлення водопропускальних труб із застосуванням металевих гофрованих конструкцій.

Проблематика. Встановлено, що існує необхідність відновлення водопропускальних труб без зупинки руху транспортних засобів.

Мета. Полягає в запропонуванні підходів з відновлення водопропускальних труб із застосуванням металевих гофрованих конструкцій.

Результати. Запропоновано рекомендації з відновлення водопропускальних труб із застосуванням металевих гофрованих конструкцій з наведенням рекомендацій до вибору матеріалів та виконання організації і технології виконання робіт з відновлення водопропускальних труб.

Висновки. Сьогодні велика кількість водопропускальних труб знаходиться в незадовільному стані, не відслуживши свій розрахунковий строк експлуатації. Маючи пошкодження та дефекти спричинені корозією, що впливає на перенесення ґрунту та вимиванню порожнин і осідання водопропускальної труби з часом. Розмивання ґрунту спричиняє втрату стійкості водопропускальної труби, що є причиною руйнування автомобільної дороги.

Застосування методу «гільзування» дозволяє використовувати безтраншейний метод ремонту труби. Безтраншейний ремонт доречний, коли водопропускальна труба втрачає свою структурну цілісність, але не повністю вийшла з ладу або зруйнувалася. Стандартним методом оцінки вартості / вигоди цього методу ремонту є проведення аналізу витрат протягом життєвого циклу, щоб визначити, як авансові витрати окупаються з часом.

Після визначення непрацездатного технічного стану водопропускальної труби необхідно прийняти рішення щодо повної її заміни чи виконати відновлення із застосуванням металевих гофрованих конструкцій. Чинники, що впливають на це рішення, включають ступінь пошкодження, яких зазнала водопропускальна труба; умови ділянки; вплив руху транспортних засобів; відносні витрати будь-якого підходу; наявність фінансування; питання безпеки, що застосовуються до кожного типу споруди та оцінку залишкового строку служби існуючої водопропускальної труби, незалежно від того, проведено ремонт чи ні.

У роботі запропонуванні підходи з відновлення водопропускальних труб із застосуванням металевих гофрованих конструкцій.

Ключові слова: автомобільна дорога, будівництво, відновлення, водопропускальна труба, металева гофрована конструкція.

Актуальність роботи

Заміна зношених водопропускальних труб під автомобільною дорогою з інтенсивним рухом або глибоким заляганням може бути дорогим і об'ємним видом робіт. Об'їзд транспорту, необхідний для традиційного ремонту, може спричинити значні витрати і незручності. Застосування методу «гільзування» є ефективним способом заміни пошкоджених труб [1].

На вибір відповідної методології відновлення водопропускальної труби впливає багато різних факторів, включаючи поточний стан несправної водопропускальної труби та обмеження, пов'язані з будівництвом.

У виборі методу відновлення є важливим врахування таких чинників:

- екологічних, включаючи вологість і перепади температури;
- гідравлічних; матеріалознавчих; геометричних, доступ до відновлюваної водопропускальної труби;
- вплив на рух автомобілів;
- здатність виконувати роботу без зупинки транспорту;
- розрахунковий строк експлуатації та витрати протягом життєвого циклу [2].

З 1940-х років у США для усунення витоків або відновлення структурної цілісності каналізаційних і водопропускальних труб використовують «метод гільзування» [3].

У наслідок чого у США металеві гофровані конструкції були включені в стандарти та специфікації: Канадська асоціація стандартів (Canadian Standards Association — CSA), Американська асоціація державних доріг і транспорту (American Association of State Highway and Transportation Officials — AASHTO), Американського товариства випробувань і матеріалів (American Society for Testing and Materials — ASTM), Федеральне управління автомобільних доріг (Federal Highway Administration — FHWA), Американська асоціація залізничних інженерів та технічного обслуговування шляхів (American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association — AREMA), Корпус інженерів, федеральний управління авіації (Corps of Engineers, the Federal Aviation Administration — FAA), Лісова служба США, Служба охорони природних ресурсів (Natural Resources Conservation Service — NRCS), а також провінційні, окружні, селищні та муніципальні відділів та визнаних інженерів-консультантів [4].

Відновлення водопропускальних труб з металевих гофрованих конструкцій виконують відповідно до проекту, вимог технологічних регламентів та нормативних документів для забезпечення довготривалого захисту земляного полотна від негативного впливу витрат води, що пропускаються через водопропускальну трубу. Ремонтуння методом гільзування піддаються труби, звуження отвору яких не вплине на пропуск потрібного водного потоку, що не втратили несної здатності і мають такі дефекти:

- порушення гідроізоляції;
- відхилення геометричного положення елементів труби більше ніж на 3 % від її діаметра.

Мінімальний отвір відремонтованої водопропускальної труби повинен бути не менше ніж 1 м, а за певних умов може бути меншого діаметра.

Метод ремонту гільзуванням дозволяє:

- проводити ремонтувальні роботи без зупинки руху транспортних засобів автомобільною дорогою (без влаштування тимчасових об'їздів);
- вирішити задачу ремонтування водопропускних труб у стиснених умовах;
- зменшити строку ремонтування (до двох робочих днів);
- зменшити вартість ремонтування;
- збільшити міцнісні та експлуатаційні характеристики дефектної труби;
- гарантувати розрахунковий строк експлуатації до 50 років згідно з ВБН В.2.3-218-198 [5];
- усунути протікання труби;
- відновити водопропускну здатність дефектної труби.

Під час вибору діаметра секцій МГК потрібно забезпечити мінімальне звуження внутрішнього аварійного діаметру споруди.

В умовах воєнного та післявоєнного часу застосування прогресивних підходів з ремонту дорожніх водопропускальних труб є необхідним, беручи до уваги значну кількість пошкоджених штучних споруд, внаслідок бойових дій, виникає необхідність їхнього швидкого та якісного відновлення без затримки транспортного потоку.

Рекомендації до вибору матеріалів

Рекомендації до вибору гофрованих конструкцій

Конструкції із металевих гофрованих елементів повинні відповідати вимогам ВБН В.2.3-218-198 [5], комплекту проєктної документації на виготовлення, комплекту робочих креслень та технологічному регламенту заводу-виготовлювача на об'єкт, де вони використовуються.

Механічні властивості та хімічний склад деяких сталей для МГК вказано в Посібнику до ВБН В.2.3-218-198 [6].

Секції та бандажні з'єднання рекомендується застосовувати з вуглецевої та низьковуглецевої гарячеоцинкованої сталі з класом покриття не нижче ніж Z600 та класом за міцністю не нижче ніж 245 згідно з ДСТУ EN 10025-1 [7], а також з аналогічного прокату з додатковим полімерним покриттям HDPE, нанесеним поверх шару цинку, товщиною не менше ніж 300 мкм згідно з ДСТУ EN 10169 [8].

Рекомендації до вибору бандажів

У США вимоги до матеріалів для систем з'єднання (бандажів) викладені у декількох специфікаціях ASTM і AASHTO. Двома найбільш часто використовуваними специфікаціями для визначення з'єднувальних систем є розділ 26 Специфікацій будівництва мостів AASHTO LRFD та ASTM A760, Стандартна специфікація для гофрованої сталевих труби з металевим покриттям для каналізації та водостоків [4].

У найпоширенішому з'єднанні використовують металеву смугу навколо з'єднання труби (**рис. 1**). Смугу натягують та закріплюють на трубі за допомогою з'єднувальних пристроїв.

Типи з'єднань наведено на **рис. 2**, а стандартні роз'єми на **рис. 3** [4].

Усі системи з'єднання включають один зі з'єднувальних хомутів, зображених у **табл. 1** [9], і можуть вимагати плоскої або кільцевої прокладки.

Секції МГК стикують одну з одною за допомогою бандажних з'єднань, що виступають за зовнішній діаметр труби не більше ніж на 200 мм.

Бандажі можуть бути виготовлені з гофрованого металу зі спіральним чи кільцевим розташуванням гофр.

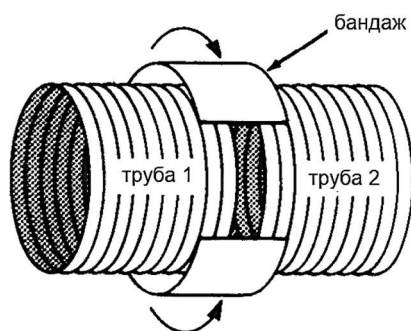
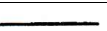


Рисунок 1 — Типове стрічкове з'єднання

Таблиця 1

Найпоширеніші з'єднувальні системи

Тип з'єднання	Поперечний переріз	Кути	Планка, болт і ремінь	Прокладки			Тип труби		
				Ущільнювальне кільце	Рукав або смужка	Мастика	Кільце-подібні	Гвинтоподібний	
								Рівний	Реформований
Універсальний		+	+		+	+	+	+	+
Гофрований		+	+		+	+	+		+
Напівгофрований		+	+	+		+	+		+
Плоский		+	+	+	+	+	+	+	+

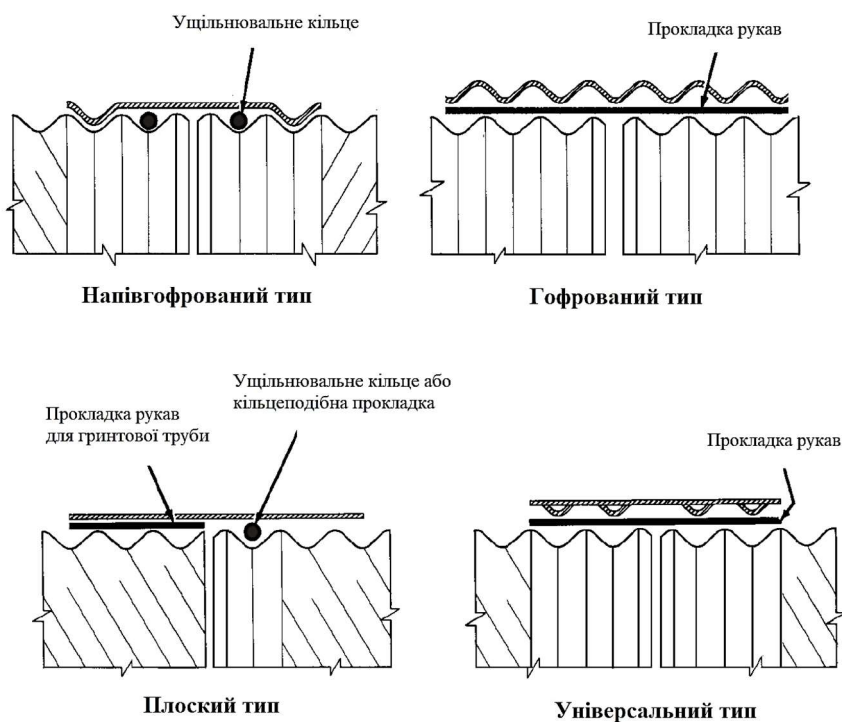


Рисунок 2 — Типи з'єднань



Рисунок 3 — Стандартні роз'єми

Рекомендації до вибору в'язучих матеріалів для цементобетону

Для виготовлення цементобетонів використовують цементы з нормованим мінералогічним складом: бездомішкові портландцементи на основі клінкеру з нормованим мінералогічним складом з вмістом трикальцієвого алюмінату С3А в кількості не більше ніж 5 % за масою згідно з

ДСТУ Б В.2.7-46 [10]. Співвідношення полягає в тому, що чим менша кількість трикальцієвого алюмінату (С3А) у гідратованому цементі, тим нижча вразливість до сульфатної атаки.

Тужавлення цементного розчину, який застосовується, повинне починатися не раніше ніж через 2 год після його зачинення. У випадку початку тужавлення раніше 2 год, в суміш потрібно вводити хімічні добавки, що сповільнюють тужавлення згідно з ДСТУ EN 934-2 [11].

Рекомендації до вибору заповнювачів для цементобетону

В якості крупного заповнювача для цементобетону використовують щебінь з природного каменю, щебінь з гравію згідно ДСТУ Б В.2.7-75 [12]. Застосування великих наповнювачів з осадових гірських порід не дозволено.

Найбільша фракція щебеню не повинна перевищувати 10 мм.

Як дрібний заповнювач для цементобетонів використовують пісок щільний природний, пісок з відсівів подрібнення та збагачений пісок з відсівів подрібнення згідно з ДСТУ Б В.2.7-32 [13] та ДСТУ Б В.2.7-210 [14].

Не дозволено застосовувати як дрібний заповнювач тільки дроблений пісок (пісок з відсівів дроблення) без змішування його з природним піском.

Потрібно використовувати пісок з модулем крупності (Мк) від 1,5 до 3,25. Вміст у піску пилоподібних, мулистих і глинистих частинок не повинен перевищувати 0,5 %.

Зерновий склад піску повинен відповідати ДСТУ Б В.2.7-32 [13].

Рекомендації до вибору хімічних добавок для цементобетону

Для приготування цементобетонної суміші для заповнення пазах потрібно застосовувати пластифікуючі, розширюючі, підвищуючі морозостійкість цементобетону добавки, які повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 934-2 [11], ДСТУ-Н Б В.2.7-175 [15]. Технічні характеристики цементобетонів і розчинів, що містять суперпластифікуючі добавки повітровтягувальні або газоутворювальні добавки, повинні відповідати вимогам проектної технічної документації. Вид і кількість хімічних добавок визначають залежно від призначення і умов роботи цементобетону.

Для зменшення водопотреби сумішей цементобетонних, підвищення фізико-механічних характеристик цементобетону в склад обов'язково вводять хімічні добавки, що відповідають вимогам ДСТУ EN 934-2 [11].

Для підвищення морозостійкості цементобетонів в їх склад обов'язково вводять повітровтягувальні або газоутворювальні добавки, що відповідають вимогам ДСТУ EN 934-2 [11].

Хімічні добавки вводять у суміш під час приготування разом з водою. За потреби, дозволено стадійне введення хімічних добавок суперпластифікаторів спочатку під час виготовлення суміші цементобетонної, а потім — повторно на місці укладання

Залежно від умов виготовлення, транспортування, укладання і твердіння, відповідно до проектних і технологічних вимог, до складу суміші цементобетонної можна вводити хімічні добавки, що регулюють технологічні та реологічні властивості суміші цементобетонної і фізико-механічні властивості цементобетонну, що зазначені в ДСТУ EN 934-2 [11], ДСТУ-Н Б В.2.7-175 [15].

Під час використання двох або декількох хімічних добавок потрібно виконувати перевірку на їхню сумісність під час одночасного введення. У разі поганої сумісності добавок, їх потрібно вводити в суміш цементобетонну окремо, але водночас кожна добавка повинна забезпечувати необхідний ефект.

Витрата суперпластифікуючої добавки повинна становити від 0,3 % до 2,0 % від маси цементу, повітровтягувальної добавки — від 0,05 % до 0,2 % від маси цементу. Витрати інших видів хімічних добавок повинні становити від 0,1 % до 3 % від маси цементу. У кожному конкретному випадку витрату певної хімічної добавки встановлюють за підбору складу цементобетону, однак сумарна витрата всіх хімічних добавок не повинна перевищувати 5 % від маси цементу в перерахунку на суху речовину.

Вміст хлор-іонів у цементобетонах не повинен бути більше ніж:

- 0,2 % від маси цементу для цементобетонів з неметалевою фіброю;
- 0,1 % від маси цементу для цементобетонів з металевою фіброю.

Рекомендації до вибору мінеральних добавок

До складу сумішей цементобетонних допускають введення активних мінеральних добавок типу мікрокремнезема, метакаоліну, а також їх сумішей.

Витрата мінеральних добавок становить від 3 % до 10 % від маси цементу. У кожному конкретному випадку витрату мінеральної добавки визначають за підбору складу цементобетону.

Мінеральні добавки, що вводять у цементобетони в якості замісника цементу, за умови, що їх кількість не перевищує 10 % від маси цементу, повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-128 [16]. У разі, якщо кількість мінеральних добавок перевищує 10 %, то їх надлишок вважають як інертну мінеральну добавку.

Рекомендації до вибору води

Вода для замішування цементобетонної чи / або розчинної суміші і приготування хімічних добавок повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-273 [17].

Рекомендації до вибору фібри

Для збільшення вмісту кількості повітря, залученого до сумішей цементобетонних і зниження розшарування, підвищення міцності цементобетонів на розтяг за згином і за стиском, збільшення морозо- і корозійної стійкості до складу цементобетонів вводять полімерну, металеву або базальтову фібру.

Витрата поліпропіленової фібри повинна становити від 0,6 кг/м³ до 1,1 кг/м³, фібри типу «поліарм» — від 1 кг/м³ до 3 кг/м³. Довжина волокон фібри типу «поліарм» повинна становити від 30 мм до 60 мм, ширина від 1,0 мм до 1,5 мм, товщина від 0,5 мм до 1,0 мм. Довжина волокон фібри типу «мікроарм» повинна становити від 2,0 мм до 36 мм, діаметр волокон від 0,01 мм до 0,03 мм.

Також фібру вводять для зниження усадки, підвищення тріщиностійкості, ударної стійкості.

Під час вибору виду фібри і її лінійних розмірів потрібно, щоб довжина фібри становила не менше ніж один діаметр максимального зерна крупного заповнювача.

Базальтова фібра повинна мати сертифікат відповідності або декларацію постачальника про відповідність згідно з ДСТУ ISO/IEC 17050-1 [18], ДСТУ ISO/IEC 17050-2 [19].

Базальтова фібра повинна легко і рівномірно розсипатися на окремі нитки (за умови не застосування базальтової фібри в гранульованому вигляді), не комкуватися і не злипатися.

Оптимальна кількість фібри визначається під час підбору складу цементобетонної суміші армованої базальтовою фіброю згідно з ДСТУ Б В.2.7-215 [20], ДСТУ-Н Б В.2.7-299 [21] та, орієнтовно, знаходиться в межах від 0,3 % до 0,6 % від маси заповнювача або орієнтовно від 2 % до 6 % від маси цементу.

Довжина волокон базальтової фібри повинна складати від 10 мм до 60 мм, діаметр волокон від 0,016 мм до 0,024 мм.

Обґрунтування придатності базальтової фібри і оптимального їх вмісту в цементобетонній суміші визначають безпосередньо проведенням випробування зразків цементобетону, приготовлених з їх використанням.

Полімерна фібра повинна відповідати вимогам ДСТУ EN 14889-2 [22], випускатися за технологічним регламентом, розробленим і затвердженим у відповідному порядку.

Виробник вказує масу волокна на кожну одиницю об'єму в кг/м³, яка потрібна для досягнення залишкової міцності за розтягування і вигині.

Рекомендований вміст полімерної фібри для приготування фібробетонних сумішей становить (3,0 — 5,0) % від маси фібробетонної суміші.

Рекомендації до вибору цементобетону та цементобетонної суміші

Цементобетон для міжтрубного простору повинен відповідати вимогам ДСТУ 9208 [23], клас міцності на стиск повинен бути не нижче ніж C25/30, марка цементобетону за морозостійкістю не нижче ніж F200 та водонепроникності не нижче ніж W4.

Для омоноличування збірних конструкцій потрібно застосовувати цементобетон класу за міцністю на стиск не нижче прийнятого для елементів, що стикуються.

Цементобетонна суміш під час укладання повинна володіти рухомістю і мати марку не нижче П4 згідно з ДСТУ Б В.2.7-96 [24].

Підбір складу сумішей цементобетонних для цементобетону проводять відповідно до ДСТУ Б В.2.7-215 [20], ДСТУ-Н Б В.2.7-299 [21].

Кількість повітря, залученого до сумішей цементобетонних за умови дотримання проєктних вимог до цементобетону за морозостійкістю не повинна бути більша ніж 5 %.

Розшаровуваність сумішей цементобетонних для виготовлення цементобетонів залежно від легкоукладальності повинна бути не більше ніж 2 %.

Рекомендації до вибору розчинної суміші

Придатність розчину для заповнення міжтрубного простору визначають на основі можливості його перекачування.

Визначення поведінки цементно-піщаних розчинів підчас перекачування залежить від показників динамічної в'язкості η та граничного напруження зсуву τ_0 , що є основними фізико-механічними властивостями. Величини η та τ_0 відносяться до теоретичних залежностей для визначення гідравлічного опору руху цементно-піщаного розчину в міжтрубному кільцевому зазорі.

Одним з найбільших впливів на здатність розчину перекачуватись розчинонасосами здійснює ступінь розшарування розчинів. Ступінь розшарування залежить в основному від водоутримуючої здатності складових розчину і характеризується зміною його однорідності, тобто рухливості в різних по висоті шарах.

У розчинах, які схильні до розшарування, крупні частки заповнювача опускаються до низу, а вода і дрібні частки в'язучої речовини піднімаються на поверхню. Якщо при цьому виміряти рухливість розчину в різних шарах, то виявиться, що вона у верхньому шарі більша ніж в нижньому. Чим більше розшарування розчину, тим більша різниця в показниках рухливості розчину у верхньому і нижньому шарах.

Розшарування розчину визначають за різницею величин, що характеризують рухливість верхнього і нижнього шару в сантиметрах.

Варто зазначити, що якість піску має суттєвий вплив на здатність розчинів до перекачування.

Основними характеристиками, що визначають якість піску, якщо виключити глиняні домішки є наступні:

- форма та характер поверхні зерен піску;
- зерновий склад (крупність і % зерен за крупністю);
- вмістом пиловидних і глинистих часток, в тому числі глини у грудках;
- вмістом органічних домішок;
- густину зерен піску;
- насипну густину та порожнистість (пустотність);
- питома поверхня зерен піску.

Всі названі характеристики впливають на здатність розчину, приготованого з даного піску, перекачуватись насосами під тиском.

Форма і характер поверхні зерен піску впливають на водоутримуючу здатність розчину і в певній мірі впливають на здатність розчинів до перекачування.

Пустотність піску коливається в межах 33 % – 48 %. Вважається, що в пісках задовільної якості пустотність не повинна перевищувати 40 %, в якісних — 37 %.

Однак величина пустотності залежить від форми і характеру поверхні зерен піску і від зернового складу, тобто є функцією перших двох характеристик.

Питома поверхня зерен піску є суттєвим показником, що впливає на транспортування будівельних розчинів насосами, оскільки пісок, завдяки молекулярному зчепленню, утримує на своїй поверхні воду (плівкову). Відомо, що плівкова вода утримується поверхнею частинок піску з великою силою.

Із цієї точки зору цілком зрозуміла доцільність наявності дрібних часток у складі піску, що створюють більшу сумарну поверхню, яка міцно утримує воду. Величина сумарної поверхні, як і пустотності, знаходиться в прямій залежності від форми і характеру поверхні зерен піску і від зернового складу.

Таким чином, оптимальний зерновий склад піску, що входить в розчини, який перекачують насосами, в кожному випадку повинен визначатись з урахуванням всіх вимог.

Покращення перекачуваності розчинів можна досягти шляхом введення пластифікуючих і суперпластифікуючих добавок.

Для підбору оптимального складу розчинів, а також для визначення оптимальних параметрів процесу заповнення міжтрубного зазору необхідне знання величин гідравлічного опору рухові розчину. Величина гідравлічного опору залежить від складу та властивостей розчинів, параметрів процесу заповнення, конструктивних параметрів обладнання.

Суміш для цементного розчину виготовляють на основі дрібного заповнювача, вимоги наведено в **табл. 2**.

Таблиця 2

Вимоги до суміші для цементного розчину

Назва показника	Значення
Крупність заповнювача, мм, не більше ніж	2,5
Рухомість, см, не менше ніж	П14
Термін придатності, хв, не менше ніж	60
Границя міцності на стиск, МПа, не менше ніж	45
Морозостійкість, циклів	200

Рекомендації до вибору герметизуючого матеріалу

Мастики гідроізоляційні повинні відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-79 [25], ДСТУ Б В.2.7-108 [26].

Гумові ущільнювачі повинні мати властивості: діапазон температури експлуатування від мінус 40 °С до 120 °С; стійкість до контакту з легким маслом, кислотами та лугами; стійкість до деградації та старіння під впливом сонячного світла та озону; стійкість до абразивного впливу; тривалий термін служби; висока еластичність (до 400 %).

Гумові ущільнювачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 681-1 [27].

Організування і технологія виконання робіт з відновлення водопропускальних труб**Загальні положення**

Перед початком проектування відновлення водопропускальних труб з МГК потрібно провести оцінювання стану водопропускальної труби, що підлягає ремонтуванню. Оцінювання має містити такі етапи:

- збір інформації, що є в технічній документації та документації на проведення ремонтувальних робіт;
- натурний огляд;
- вимірювання геометричних розмірів оголовків і поперечного перерізу труби, її довжини, а також величин дефектів та деформацій;
- уточнення стану та характеристик ґрунту в за трубній порожнині;
- визначення характеристик міцності матеріалу труби (за потреби);
- виконання інженерно-геологічних робіт з дослідження насипу та основи;
- проведення гідрологічних розрахунків з урахуванням звуження отвору труби.

До ремонтувальних робіт дозволяється приступати за наявності проектної та робочої документації, розробленої відповідно до вимог, та виконаного на її основі ПВР.

До складу основних робіт під час відновлення водопропускальних труб з МГК відносяться роботи, що складаються з наступних технологічних операцій:

- комплекс підготовчих робіт;

— монтування секцій внутрішньої труби загальною довжиною до 30 м, за довжини труби понад 30 м з використанням внутрішніх розпірних бандажів (рис. 4 і рис. 5) або іншого способу стикування секцій. Установку секції у проектне положення здійснюють розклинюванням або за допомогою розпірних болтів (рис. 6); після затвердіння цементобетонної суміші внутрішній бандаж дозволено зняти [1, 28];

- омонолічування міжтрубного простору;
- влаштування лотка.

Секції МГК для відновлювання водопропускальних труб стикують одна з одною за допомогою з'єднувальних бандажів, які не виступають за зовнішній діаметр труби.

На будівельний майданчик МГК і бандажі для з'єднання поставляють скомплектованими. Рекомендовано щоб бандаж був заздалегідь змонтований на одному з кінців труби. З'єднувальні бандажі повинні бути виготовлені з оцинкованої сталі.

Бандажі для забезпечення герметичності повинні мати ущільнювальну манжетку з мастик гідроізоляційних, бутилкаучукові і бітумно-бутилкаучукові, ущільнювач з гуми EPDM, SBR або інший матеріал, що забезпечує герметичність.

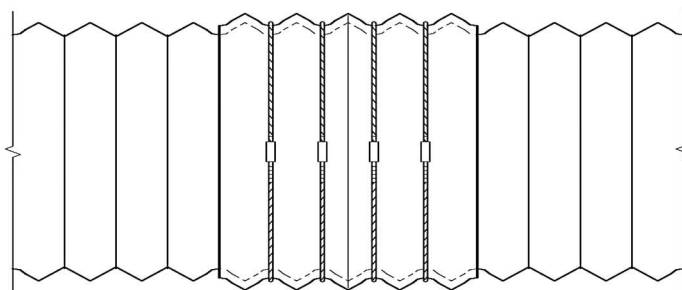
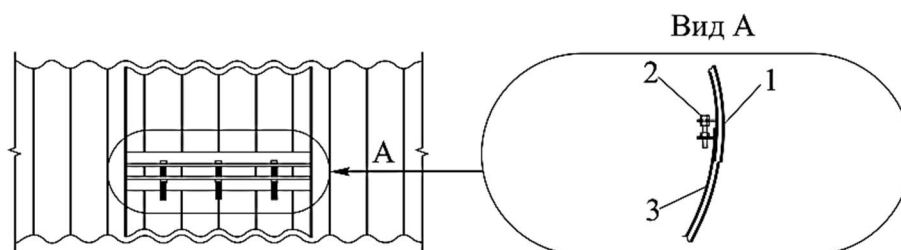


Рисунок 4 — Стикування секцій труби за допомогою зовнішнього бандажу із застосуванням стягувальних трівів між гофрами



- 1 — стінка труби;
- 2 — болт, що розтягує;
- 3 — внутрішній бандаж.

Рисунок 5 — Стикування секцій труби за допомогою внутрішнього бандажу

Організування будівництва, підготовка до нього, будівельні роботи, а також контроль якості та нагляд повинні виконуватися з дотриманням вимог нормативних документів.

Роботи потрібно виконувати в теплий період року за температурах від 5 °С до 40 °С. Особливості виконання робіт у зимовий період мають бути додатково обумовлені у ПВР.

Після завершення основних робіт з відновлення на території, зайнятій будівництвом, повинні бути ліквідовані всі тимчасові споруди та проведена передбачена проектом рекультивація (ліквідування допоміжних споруд, призначених для відведення води; планування та зміцнення русла; зміцнення укосів насипу біля оголовків труб; благоустрій території).

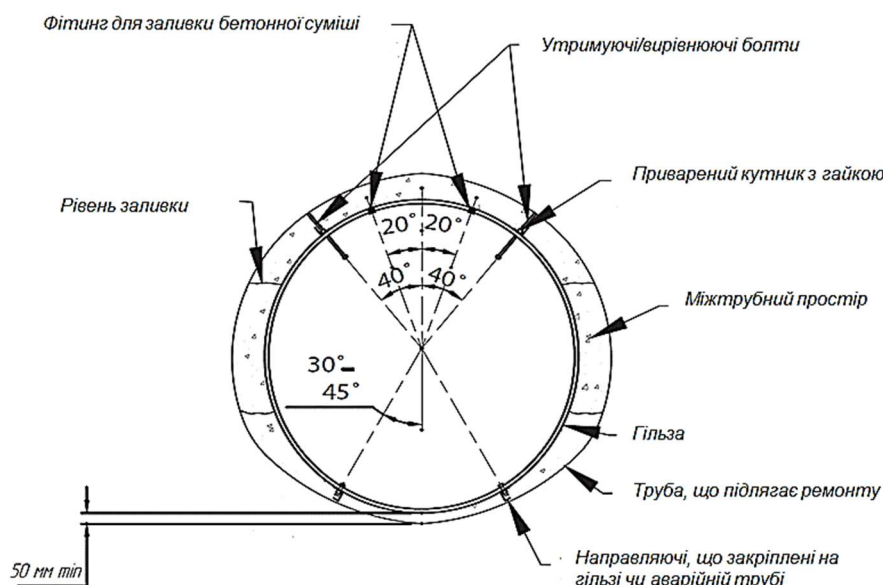


Рисунок 6 — Приклад розташування секції в трубі, що ремонтується

Підготовчі роботи

На етапі підготовчих робіт повинні бути виконані наступні заходи:

- ізоляція зони робіт від води, що протікає (можуть влаштовуватися ґрунтові дамби з тимчасовим водосховищем, водозбірні котловани перед вхідним оголовком, тимчасові трубопроводи для відведення або перекачування води за межі труби);
- очищення або за потреби промивка відновлювальної труби від сміття та бруду, видалення з неї води, закладення тріщин, відкритих стиків та місць інфільтрації ґрунтових вод (конкретний перелік місць з дефектами та деформаціями труби, а також перелік виконуваних робіт повинен бути визначений проєктом);
- створення умов для безперешкодного протягування секцій внутрішньої труби: влаштування настилу, направляючих, вирівнювання дна труби відповідно до проєкту.

Монтувальні роботи

Монтування секцій внутрішньої труби виконують у наступній технологічній послідовності:

Встановлення в трубі, що ремонтується, напрямних для протягування секцій МГК (мінімальна висота 50 мм) відповідно до проєкту щодо осової та висотної розбивок. За потреби захист покриття геотекстилем. Надання проєктного похилу труби за допомогою нівеліру та клинів. Виготовляє напрямні з дерева, полімерних труб або металопрокату. Закріплення напрямних дозволено як на трубі, що ремонтується, так і на секції МГК із забезпеченням вільного проходження цементобетонної суміші через них. У разі рівної лоткової частини труби (за відсутності виступів, що перешкоджають просуванню секції) напрямні дозволено не встановлювати.

Прокладання в існуючій трубі троса для протягування секцій МГК із розривним навантаженням не менше загальної маси ремонтних ланок.

Протяжка каната з натуральних чи штучних волокон з розривним навантаженням не менше ніж 500 кг для подальшого протягування шланга для бетонування (кінці каната закріплюють (прив'язують) біля вхідного та вихідного оголовків, під час монтування секцій потрібно стежити, щоб канат залишався у міжтрубному просторі та не був задавлений).

Встановлення 1-ї секції МГК за допомогою автокрана біля входу існуючої труби, кінцем з бандажем або розтрубом в напрямку від оголовка.

Можливе застосування монтувального візка з домкратами всередині першої секції так, щоб домкрати перебували в обох кінцях секції, в такому разі: підняти домкрати упорами у верхній звід

секції; підняти секцію труби на домкратах на висоту (5 – 7) см для її переміщення всередині існуючої труби.

Закріплення на торці 1-ї секції МГК троса для протягування труби за допомогою струбцин або заздалегідь підготовлених вушок.

Приєднання до лебідки або іншого буксированого засобу другого кінця троса.

Протягування секції МГК, залишивши зовні частину розміром не менше ніж 500 мм для встановлення бандажа.

Під час застосування монтувального візка закотити вручну на візку першу секцію внутрішньої труби до протилежного краю існуючої труби.

Виставити першу секцію МГК в існуючій трубі за допомогою домкратів у відповідності до проекту щодо осьової і висотної розбивок. Встановити проєктний похил за допомогою нівеліра та за допомоги домкратів.

Розклинити першу секцію в чотирьох місцях кожного торця за допомогою дерев'яних клинків по колу (див. **рис. 6**).

Перевірити положення першої секції внутрішньої труби у відповідності з осьовою і висотною розбивкою, в також перевірити похил за допомогою нівеліра;

Встановлення наступної секції МГК за допомогою автокрана. Рекомендовано торцем з бандажним з'єднанням назовні від оголовка.

Під час застосування монтувального візка виконати переміщення монтувального візка з домкратами у початкове положення (до вхідного оголовка). Встановити монтувальний візок з домкратами всередині другої секції так, щоб домкрати перебували в обох торцях, в такому випадку: підняти домкрати упорами у верхній звід секції; встановити упор на торці з муфтою на висоті 1/3 діаметра секції для стягування першої та другої секції внутрішньої труби за допомогою лебідки з ланцюговим тросом; підняти другу секцію на домкратах на висоту (5 – 7) см для її переміщення всередині існуючої труби.

Перемістити другу секцію до бандажу першої секції в існуючій трубі.

За допомогою домкратів поєднати по осях та висоті вільний кінець другої секції внутрішньої труби з бандажем першої секції.

Встановити упор на висоті 1/3 діаметра секції на вільному кінці першої секції для з'єднання першої та другої секцій за допомогою лебідки з ланцюговим тросом.

Встановити дві ручні лебідки з ланцюговими тросами всередині секцій, в такому випадку лебідки застропити на упорі вільного краю першої секції, а гаки ланцюгових тросів — на упорі другої секції.

Очистити від бруду місця з'єднання першої та другої секцій з допомогою волосяної щітки та дрантя.

Нанести змащувальний засіб на внутрішню поверхню з'єднувального бандажу та зовнішню поверхню торця другої секції, яка стикується (в якості мастильного засобу може використовуватися рідке мило, технічний вазелін або спеціальна змазка, що замовляється у постачальника труб).

Завести за допомоги лебідок вільний край другої секції в з'єднувальний бандаж першої секції до проходження ним червоної лінії на муфті (див. **рис. 4**).

Виставити за допомогою домкратів торець із з'єднувальним бандажем другої секції у відповідності до проекту щодо осьової і висотної розбивок, у такому випадку вільний торець другої секції не повинен вийти за червону лінію в бандажі першої секції.

Розклинити за допомогою дерев'яних клинків торець з бандажем другої секції відповідно до **рис. 6**, перевірити положення другої секції внутрішньої труби.

Під час застосування монтувального візка виконати переміщення монтувального візка з домкратами у початкове положення (до вхідного оголовка).

Інші секції внутрішньої труби з МГК в існуючій трубі змонтувати аналогічно вищевказаним технологічним операціям дотримуючись певних умов: за роботи з ланками не допускати механічних і хімічних ушкоджень матеріалу секцій труби з МГК; застосовувати інвентар і пристосування, які розподіляють навантаження по периметру секції, не допускаючи точкових навантажень.

Дозволено застосування іншого методу монтування секцій МГК, якщо це передбачено проектом на проведення відновлювальних робіт.

Омонолічування міжтрубного простору

Заповнення міжтрубного простору цементобетонною сумішшю чи / або розчином виконують автобетононасосом у комплекті з автобетонозмішувачем відповідних параметрів.

Установка автобетононасоса на будівельному майданчику повинна забезпечити безперебійну роботу насоса. Автобетононасос встановлюють на виносні опори (ауттригери) для сталого його положення в роботі. Шарнірну трисекційну повноповоротну стрілу переводять в робоче положення і проводять перевіряння роботи бетононасоса на холостому ходу.

Експлуатування бетононасоса здійснюють в ручному режимі. Ручний режим застосовується за підготовки насоса до роботи, пуску, укладання невеликих обсягів цементобетонної суміші, промивання бетоноводів за завершенням роботи.

У випадку вимушеної перерви в роботі автобетононасоса в завантажувальному бункері повинно залишатись (0,1 – 0,2) м³ цементобетонної чи / або розчину для періодичного включення насоса для роботи «на себе».

Омонолічування міжтрубного простору рекомендується виконувати таким чином:

а) закласти цеглою на цементному розчині обидва краї міжтрубного простору за периметром (закладення цегли міжтрубного простору необхідне для запобігання витіканню з нього цементобетонної суміші, можливе застосування опалубки із дощок або листового металу), у такому випадку залишивши в них по одному отвору розміром 100×100 мм для пропуску шланга подачі цементобетонної суміші;

б) прив'язати кінець каната до шланга для протягування його вздовж труби у міжтрубному просторі під час бетонування;

в) подавати цементобетонну суміш по шлангу за допомогою бетононасосу, починати омонолічування від краю труби;

г) здійснювати контроль заповнення цементобетонною сумішшю для труб діаметром:

— від 1,0 м і вище методом простукування всередині труби за допомогою гумового молотка, а також порівнюючи об'єм укладеної цементобетонної суміші з об'ємом за проектом,

— менше ніж 1,0 м тільки порівнянням обсягу влаштованої цементобетонної суміші з обсягом за проектом;

д) здійснювати омонолічування міжтрубного простору по всій довжині труби одночасно з двох сторін щодо осі за три етапи за висотою:

— I етап — лоткової частини;

— II етап — середньої частини;

— III етап – склепіння труби.

Дозволено виконувати омонолічування міжтрубного простору з подачею цементобетонної суміші:

— через прокол із боку дорожнього полотна;

— технологічні отвори у тілі МГК.

Після закінчення укладання цементобетонної суміші бетоновід і насос очищають від залишків цементобетонної суміші. Очищення бетоноводу виконують водою під тиском, в такому випадку робітники, не зайняті безпосередньо виконанням цих технологічних операцій, повинні бути віддалені від бетоновода на відстань не менше ніж 10 м. Вібратори та ручний інструмент очищають від залишків цементобетонної суміші, промивають водою і витирають насухо.

Укладання цементобетонної суміші на кожній захватці починають з найбільш віддаленої від насоса ділянки і виконують в напрямку до місця його установки.

Після закінчення підготовчих робіт, монтувальних робіт та робіт з омонолічування міжтрубного простору повинні бути оформлені Акти огляду прихованих робіт.

Висновки

Сьогодні велика кількість водопропускальних труб знаходиться в незадовільному стані, не відслуживши свій розрахунковий строк експлуатації. Маючи дефекти, що вплинуть на перенесення

грунту з подальшим вимиванням порожнин та осідання водопропускальної труби з часом. Розмивання ґрунту впливає на втрату стійкості водопропускальної труби, що спричиняє руйнування автомобільної дороги.

Застосування методу «гільзування» дозволяє використовувати безтраншейний метод ремонту труби. Безтраншейний ремонт доречний, коли водопропускальна труба втрачає свою структурну цілісність, але не повністю вийшла з ладу або зруйнувалася. Стандартним методом оцінки вартості / вигоди цього методу ремонту є проведення аналізу витрат протягом життєвого циклу, щоб визначити, як авансові витрати окупаються з часом.

У роботі запропоновано рекомендації з відновлення водопропускальних труб із застосуванням металевих гофрованих конструкцій.

В умовах воєнного та післявоєнного часу існує велика необхідність у виконанні ремонтних робіт водопропускальних труб, одним із варіантів є застосування металевих гофрованих конструкцій. Перевагу необхідно надати методам, які не потребують зупинення транспортних потоків.

Список літератури

1. Онищенко А. М., Гаркуша М. В., Клименко М. І., Гаркуша І. Ю. Дослідження та аналіз технології відновлення гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб методом гільзування. *Дороги і мости*. Київ, 2023. Вип. 28. С. 203–220. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.203>.
2. Wagener, Bruce D., Leagjeld, Eric E. (2014). Culvert Repair Best Practices, Specifications and Special Provisions - Best Practices Guidelines. URL: <https://hdl.handle.net/20.500.14153/mndot.2945>.
3. Jin, He. (2016). Decision-Making Guidance for Selecting Culvert Renewal Techniques. All Dissertations. 1726. URL: https://open.clemson.edu/all_dissertations/1726.
4. Handbook of steel drainage & highway construction products. (2009). Corrugated Steel Pipe Institute. Canada: American Iron and Steel Institute.
5. ВБН В.2.3-218-198:2007 Споруди транспорту. Проектування та будівництво споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. Київ, 2007. 51 с. (Інформація та документація).
6. Посібник до ВБН В.2.3-218-198:2007 Споруди транспорту. Проектування та будівництво споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. Київ, 2007. 124 с. (Інформація та документація).
7. ДСТУ EN 10025-1:2007 Вироби гарячекатані з конструкційної сталі. Частина 1. Загальні технічні умови постачання (EN 10025-1:2004, IDT). Київ, 2007. 23 с. (Інформація та документація).
8. ДСТУ EN 10169:2018 Прокат плоский сталевий з органічним покриттям, нанесеним на безперервних лініях фарбування рулонного металу (за технологією койлкоутінгу). Технічні умови постачання (EN 10169:2010 + A1:2012, IDT). Київ, 2018. 37 с. (Інформація та документація).
9. Національна асоціація гофрованих сталевих труб. URL: <https://ncspa.org/steel-product/corrugated-steel-pipe-coupling-systems/> (дата звернення: 01.09.2024).
10. ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови. Київ, 2010. 21 с. (Інформація та документація).
11. ДСТУ EN 934-2:2019 Додатки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови. Частина 2. Додатки для бетонів. Визначення, вимоги, відповідність маркування, етикетування (EN 934-2:2009 + A1:2012, IDT). Київ, 2019. 24 с. (Інформація та документація).
12. ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови. Київ, 1998. 17 с. (Інформація та документація).
13. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. Київ, 1995. 35 с. (Інформація та документація).

14. ДСТУ Б В.2.7-210:2010 Будівельні матеріали. Пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт. Технічні умови. Київ, 2010. 26 с. (Інформація та документація).
15. ДСТУ-Н Б В.2.7-175:2008 Будівельні матеріали. Настанова щодо застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах. Київ, 2008. 31 с. (Інформація та документація).
16. ДСТУ Б В.2.7-128:2006 Будівельні матеріали. Добавки активні мінеральні та добавки-наповнювачі до цементу. Технічні умови. Київ, 2006. 12 с. (Інформація та документація).
17. ДСТУ Б В.2.7-273:2011 Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови (ГОСТ 23732-79, MOD). Київ, 2011. 6 с. (Інформація та документація).
18. ДСТУ ISO/IEC 17050-1:2006 Оцінка відповідності. Декларація постачальника про відповідність. Частина 1. Загальні вимоги (ISO/IEC 17050-1:2004, IDT). Київ, 2006. 11 с. (Інформація та документація).
19. ДСТУ ISO/IEC 17050-2:2022 Оцінювання відповідності. Декларація постачальника про відповідність. Частина 2. Підтверджувальна документація (EN ISO/IEC 17050-2:2004, IDT; ISO/IEC 17050-2:2004, IDT). Київ, 2022. 9 с. (Інформація та документація).
20. ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу. Київ, 2009. 13 с. (Інформація та документація).
21. ДСТУ-Н Б В.2.7-299:2013 Настанова щодо визначення складу важкого бетону. Київ, 2013. 91 с. (Інформація та документація).
22. ДСТУ EN 14889-2:2022 Фібра для бетону. Частина 2. Фібра полімерна. Визначення, вимоги та оцінка відповідності (EN 14889-2:2006, IDT). Київ, 2022. 30 с. (Інформація та документація).
23. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови. Київ, 2022. 31 с. (Інформація та документація).
24. ДСТУ Б В.2.7-96-2000 Суміші бетонні. Технічні умови (ГОСТ 7473-94). Київ, 2000. 40 с. (Інформація та документація).
25. ДСТУ Б В.2.7-79-98 Мастики гідроізоляційні бутилкаучукові і бітумно-бутилкаучукові. Технічні умови. Київ, 1998. 31 с. (Інформація та документація).
26. ДСТУ Б В.2.7-108-2001 Будівельні матеріали. Мастики покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови (ГОСТ 30693-2000). Київ, 2001. 15 с. (Інформація та документація).
27. ДСТУ EN 681-1:2019 Ущільнювачі еластомерні. Вимоги до ущільнювальних матеріалів для з'єднань водопровідних та дренажних трубопроводів. Частина 1. Вулканізована гума (EN 681-1:1996/A1:1998, IDT). Київ, 2019. 19 с. (Інформація та документація).
28. Онищенко А. М., Гаркуша М. В. Аналіз перспективи застосування ремонту, методом гільзування, водопропускних труб, як різновиду гідротехнічних споруд транспортного будівництва. *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії: зб. наук. пр.* Херсон: ХДАЕУ, 2021. Вип. 3. С. 147–150

References

1. Onyshchenko A. M., Harkusha M. V., Klymenko M. I., Harkusha I. yu. Doslidzhennya ta analiz tekhnolohiyi vidnovlennya hidrotekhnichnykh sporud transportnoho budivnytstva z dorozhnykh vodopropusknykh trub metodom hil'zuvannya. *Dorohy i mosty*. Kyiv, 2023. Issue 28. P. 203–220. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.203> [in Ukrainian].
2. Wagener, Bruce D., Leagjeld, Eric E. (2014). Culvert Repair Best Practices, Specifications and Special Provisions — Best Practices Guidelines. URL: <https://hdl.handle.net/20.500.14153/mndot.2945> [in English].
3. Jin, He. (2016). Decision-Making Guidance for Selecting Culvert Renewal Techniques. All Dissertations. 1726. URL: https://open.clemson.edu/all_dissertations/1726 [in English].
4. Handbook of steel drainage & highway construction products. (2009). Corrugated Steel Pipe Institute. Canada: American Iron and Steel Institute [in English].
5. VBN V.2.3-218-198:2007 Sporudy transportu. Proektuvannya ta budivnytstvo sporud iz metalevykh hofrovanykh konstruksiy na avtomobil'nykh dorohakh zahal'noho korystuvannya

[Departmental Building Regulations (VBN V.2.3-218-198:2007) Transport facilities. Design and construction of structures made of metal corrugated structures on public highways]. Kyiv, 2007. 51 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

6. Posibnyk do VBN V.2.3-218-198:2007 Sporudy transportu. Proektuvannya ta budivnytstvo sporud iz metalevykh hofrovanykh konstruktsiy na avtomobil'nykh dorohakh zahal'noho korystuvannya [Guide to Departmental Building Regulations (VBN V.2.3-218-198:2007) Transport facilities. Design and construction of structures made of metal corrugated structures on public highways]. Kyiv, 2007. 124 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

7. DSTU EN 10025-1:2007 Vyroby haryachekatani z konstruktsiynoyi stali. Chastyna 1. Zahal'ni tekhnichni umovy postachannya (EN 10025-1:2004, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU EN 10025-1:2007) Products are hot-rolled from structural steel. Part 1. General technical conditions of supply]. Kyiv, 2007. 23 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

8. DSTU EN 10169:2018 Prokat ploskyy stalevy z orhanichnym pokryttyam, nanesenym na bezperervnykh liniyakh farbuвання rulonnoho metalu (za tekhnolohiyeyu koylkoutinhu). Tekhnichni umovy postachannya (EN 10169:2010 + A1:2012, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU EN 10169:2018) Rolled flat steel with an organic coating applied on continuous lines of painting rolled metal (using coil coating technology). Technical conditions of supply]. Kyiv, 2018. 37 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

9. National Corrugated Steel Pipe Association. URL: <https://ncspa.org/steel-product/corrugated-steel-pipe-coupling-systems/> (data zvernennya: 01.09.2024) [in English].

10. DSTU B V.2.7-46:2010 Budivel'ni materialy. Tsementy zahal'nobudivel'noho pryznachennya. Tekhnichni umovy [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-46:2010) Building materials. Cements for general construction purpose. Technical conditions]. Kyiv, 2010. 21 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

11. DSTU EN 934-2:2019 Dobavky dlya betoniv i budivel'nykh rozchyniv. Zahal'ni tekhnichni umovy. Chastyna 2. Dobavky dlya betoniv. Vyznachennya, vymohy, vidpovidnist' markuvannya, etyketuvannya (EN 934-2:2009 + A1:2012, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU EN 934-2:2019) Additives for concrete and construction solutions. General technical conditions. Part 2. Additives for concrete. Definition, requirements, conformity of marking, labeling]. Kyiv, 2019. 24 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

12. DSTU B V.2.7-75-98 Budivel'ni materialy. Shchebin' ta hraviy shchil'ni pryrodni dlya budivel'nykh materialiv, vyrobiv, konstruktsiy ta robit. Tekhnichni umovy [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-75-98) Building materials. Crushed stone and gravel are natural dense for building materials, products, constructions and works. Technical conditions]. Kyiv, 1998. 17 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

13. DSTU B V.2.7-32-95 Budivel'ni materialy. Pisok shchil'nyy pryrodnyy dlya budivel'nykh materialiv, vyrobiv, konstruktsiy i robit. Tekhnichni umovy [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-32-95) Building materials. Dense natural sand for building materials, products, constructions and works. Technical conditions]. Kyiv, 1995. 35 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

14. DSTU B V.2.7-210:2010 Budivel'ni materialy. Pisok iz vidsiviv droblennya vyverzhennykh hirs'kykh porid dlya budivel'nykh robit. Tekhnichni umovy [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-210:2010) Building materials. Sand from screenings of crushed erupted rocks for construction works. Technical conditions]. Kyiv, 2010. 26 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

15. DSTU-N B V.2.7-175:2008 Budivel'ni materialy. Nastanova shchodo zastosuvannya khimichnykh dobavok u betonakh i budivel'nykh rozchynakh [State Standard of Ukraine (DSTU-N B V.2.7-175:2008) Building materials. Guidelines for the use of chemical additives in concrete and construction mortars]. Kyiv, 2008. 31 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

16. DSTU B V.2.7-128:2006 Budivel'ni materialy. Dobavky aktyvni mineral'ni ta dobavky-navpovnyuvachi do tsementu. Tekhnichni umovy [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-128:2006) Building materials. Active mineral additives and filler additives for cement. Technical conditions]. Kyiv, 2006. 12 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
17. DSTU B V.2.7-273:2011 Voda dlya betoniv i rozchyniv. Tekhnichni umovy (HOST 23732-79, MOD) [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-273:2011) Water for concrete and solutions. Technical conditions]. Kyiv, 2011. 6 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
18. DSTU ISO/IEC 17050-1:2006 Otsinka vidpovidnosti. Deklaratsiya postachal'nyka pro vidpovidnist'. Chastyna 1. Zahal'ni vymohy (ISO/IEC 17050-1:2004, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU ISO/IEC 17050-1:2006) Compliance assessment. Supplier Declaration of Conformity. Part 1. General requirements (ISO/IEC 17050-1:2004, IDT)]. Kyiv, 2006. 11 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
19. DSTU ISO/IEC 17050-2:2006 Otsinyuvannya vidpovidnosti. Deklaratsiya postachal'nyka pro vidpovidnist'. Chastyna 2. Pidtverdzuval'na dokumentatsiya (ISO/IEC 17050-2:2004, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU ISO/IEC 17050-2:2006) Compliance assessment. Supplier Declaration of Conformity. Part 2. Supporting documentation (EN ISO/IEC 17050-2:2004, IDT; ISO/IEC 17050-2:2004, IDT)]. Kyiv, 2006. 9 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
20. DSTU B V.2.7-215:2009 Budivel'ni materialy. Betony. Pravyla pidboru skladu [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-215:2009) Building materials. Concretes. Rules of composition selection]. Kyiv, 2009. 13 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
21. DSTU-N B V.2.7-299:2013 Nastanova shchodo vyznachennya skladu vazhkoho betonu [State Standard of Ukraine (DSTU-N B V.2.7-299:2013) Guidelines for determining the composition of heavy concrete]. Kyiv, 2013. 91 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
22. DSTU EN 14889-2:2022 Fibra dlya betonu. Chastyna 2. Fibra polimerna. Vyznachennya, vymohy ta otsinka vidpovidnosti (EN 14889-2:2006, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU EN 14889-2:2022) Fiber for concrete. Part 2. Polymer fiber. Definition, requirements and conformity assessment]. Kyiv, 2022. 30 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
23. DSTU 9208:2022 Betony vazhki. Tekhnichni umovy [State Standard of Ukraine (DSTU 9208:2022) Concrete is heavy. Technical conditions]. Kyiv, 2022. 31 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
24. DSTU B V.2.7-96-2000 Sumishi betonni. Tekhnichni umovy (HOST 7473-94) [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-96-2000) Concrete mixes. Technical conditions (GOST 7473-94)]. Kyiv, 2000. 40 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
25. DSTU B V.2.7-79-98 Mastyky hidroizolyatsiyni butylkauchukovi i bitumno-butylkauchukovi. Tekhnichni umovy [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-79-98) Waterproofing butyl rubber and bitumen-butyl rubber mastics. Technical conditions]. Kyiv, 1998. 31 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
26. DSTU B V.2.7-108-2001 Budivel'ni materialy. Mastyky pokrivel'ni ta hidroizolyatsiyni. Zahal'ni tekhnichni umovy (HOST 30693-2000) [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-108-2001) Building materials. Roofing and waterproofing mastics. General technical conditions]. Kyiv, 2001. 15 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
27. DSTU EN 681-1:2019 Ushchil'nyuvachi elastomerni. Vymohy do ushchil'nyuval'nykh materialiv dlya z'yednan' vodoprovodnykh ta drenazhnykh truboprovodiv. Chastyna 1. Vulkanizovana huma (EN 681-1:1996/A1:1998, IDT) [State Standard of Ukraine (DSTU EN 681-1:2019) Elastomeric seals. Requirements for sealing materials for connections of water supply and drainage pipelines. Part 1. Vulcanized rubber]. Kyiv, 2019. 19 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
28. Onyshchenko A. M., Harkusha M. V. Analiz perspektyvy zastosuvannya remontu, metodom hil'zuvannya, vodopropusknykh trub, yak riznovydu hidrotekhnichnykh sporud transportnoho budivnytstva. *Suchasni tekhnolohiyi ta dosyahnennya inzhenernykh nauk v haluzi hidrotekhnichnoho budivnytstva ta vodnoyi inzheneriyi: zb. nauk. pr.* Kherson: KHDAEU, 2021. Issue 3. P. 147–150 [in Ukrainian].

Mykola Harkusha, *Ph.D., Associate Prof.*, <https://orcid.org/0000-0002-5388-0561>

National Transport University (NTU), Kyiv, Ukraine

RECOMMENDATIONS FOR RESTORATION OF CULVERT USING METAL CORRUGATED STRUCTURES

Abstract

Introduction. The reliability and durability of culverts are affected by static and dynamic loads from vehicles and temperature and climatic influences, the destructive force of water flow, abrasive destruction, corrosion of the material, shortcomings in the choice of structures and unsatisfactory design, all of which cause the premature collapse of the structure. Today, culverts made of metal corrugated structures (hereinafter referred to as metal corrugated structures) are widely used. The well-known advantages that justify the choice of such a solution are mainly a short term and a relatively low cost of construction, construction provided that the appropriate technological regime is observed does not cause any particular problems. Therefore, there is a need to develop a recommendation for the restoration of culverts using metal corrugated structures.

Problems. It was established that there is a need to restore culverts without stopping the movement of vehicles.

Goal. It consists in offering approaches for the restoration of culverts using metal corrugated structures.

Results. Recommendations for the restoration of culverts using metal corrugated structures are offered, with recommendations for the selection of materials and the organization and technology of culvert restoration works.

Conclusions. Today, a large number of culverts are in an unsatisfactory condition, having not served their predicted service life. Having damage and abrasion caused by corrosion, which affects the transfer of soil and the washing out of cavities and settling of the culvert over time. Soil erosion will cause the culvert to lose stability, which will cause the road to collapse.

The application of the “casing” method facilitates trenchless culvert repair to the maximum advantage of leaving the pipe serviceable during the repair, returning the pipe to original condition or better. Trenchless repair is appropriate when a culvert loses its structural integrity but has not completely failed or collapsed. A standard method for evaluating the cost/benefit of this repair method is to perform a life-cycle cost analysis to determine how the upfront costs pay off over time.

Once a culvert is identified as needing attention, a decision must be made as to whether that particular structure should be completely replaced or a repair and rehabilitation program should be undertaken. Factors influencing this decision include the extent of damage the culvert has sustained; site conditions; impact of vehicle traffic; the relative costs of either approach; availability of financing; safety issues applicable to each type of structure; and an estimate of the remaining service life of the existing culvert, whether repaired or not.

We are working on the proposal of approaches to the restoration of culverts using metal corrugated structures.

Keywords: highway, construction, restoration, culvert, metal corrugated structure.