

УДК 625.745

Онищенко А. М., д-р техн. наук, професор, <https://orcid.org/0000-0002-1040-4530>Ворошнов С. М., канд. техн. наук, професор, <https://orcid.org/0000-0003-0642-8289>Рубльов А. В., канд. техн. наук, доцент, <http://orcid.org/0000-0002-4142-1325>Духненко Я. С., <https://orcid.org/0009-0007-8742-7718>

Національний транспортний університет (НТУ), м. Київ, Україна

ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ВОДОПРОПУСКАЛЬНИХ ТРУБ МЕТОДОМ ГІЛЬЗУВАННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Анотація

Вступ. У статті досліджено технологічний процес відновлення водопропускальних труб на автомобільних дорогах за допомогою методу гільзування із використанням металевих гофрованих конструкцій (МГК). Проаналізовано технічні вимоги до секцій МГК, типи бандажних з'єднань та герметизувальних матеріалів. Детально описано послідовність підготовчих та основних монтажних робіт, включаючи використання спеціального обладнання, такого як монтувальні візки та лебідки. Визначено критерії контролю якості та граничні відхилення геометричних параметрів під час будівництва.

Проблематика. Основними дефектами, що потребують ремонту методом гільзування, є порушення гідроізоляції та зміщення елементів труби понад 3 % від її діаметра. Головним викликом є відновлення несної здатності споруди в умовах обмеженого простору без припинення експлуатації дороги, при цьому важливо забезпечити достатню водопропускну здатність після звуження отвору.

Мета роботи. Метою дослідження є обґрунтування технологічних особливостей застосування МГК для гільзування дефектних труб, розробка детального регламенту виконання робіт та визначення вимог до матеріалів, що забезпечать експлуатаційний термін споруди до 50 років.

Матеріали і методи. У роботі досліджуються металеві гофровані конструкції з гарячеоцинкованої сталі (клас Z600) з можливим додатковим полімерним покриттям (ПВЩ). Розглядаються методи гільзування, що базуються на встановленні нових секцій всередину дефектних труб із подальшим бандажним з'єднанням та герметизацією.

Результати. Встановлено, що гільзування дозволяє проводити ремонт без зупинки руху та скорочує термін робіт до двох днів. Визначено оптимальні типи бандажних з'єднань (плоскі, гофровані, напівгофровані стрічки) залежно від діаметра труби (від 0,3 м до понад 0,9 м). Сформовано алгоритм оцінювання стану споруди, що включає натурний огляд, геометрію дефектів та гідрологічні розрахунки.

Висновки. Використання методу гільзування з МГК є економічно вигідним та технологічно ефективним способом відновлення водопропускальної здатності та міцності дефектних труб. Дотримання технологічних операцій, таких як правильний вибір бандажних з'єднань та якісна герметизація, гарантує тривалу надійну експлуатацію транспортних споруд.

Ключові слова: автомобільна дорога, водопропускальна труба, гільзування, металеві гофровані конструкції (МГК), бандажне з'єднання, ремонт.

Вступ

Сучасний стан дорожньо-транспортної інфраструктури України характеризується значним відсотком штучних споруд, що вичерпали свій експлуатаційний ресурс або мають критичні пошкодження. Серед них особливе місце посідають водопропускальні труби, які є найбільш масовими спорудами на автомобільних дорогах. Їхня безперебійна робота безпосередньо впливає на стійкість земляного полотна та безпеку дорожнього руху. Проте тривала експлуатація в умовах

змінного водного режиму, динамічних навантажень від великовагового транспорту та агресивного впливу довкілля призводить до появи таких дефектів, як корозія металу, руйнування стикових з'єднань, вимивання ґрунту за стінками труби та деформація поперечного перерізу.

Традиційні підходи до реконструкції водопропускальних труб зазвичай передбачають повне розриття дорожнього насипу. Це створює низку суттєвих проблем: необхідність повного перекриття руху, будівництво тимчасових об'їзних доріг (що значно здорожчує проєкт), ризик порушення консолідації ґрунтів насипу та тривалі терміни виконання робіт. В умовах дефіциту фінансування та необхідності швидкого відновлення транспортного сполучення, пошук та впровадження малозатратних, але високоефективних безтраншейних технологій стає пріоритетним завданням для дорожньої галузі.

Однією з найбільш перспективних технологій у цьому контексті є метод гільзування (релайнінгу) із використанням металевих гофрованих конструкцій (МГК). Цей метод дозволяє відновити цілісність та несну здатність старої труби шляхом монтажу всередині неї нової конструкції меншого діаметра. Використання гофрованої сталі з високим ступенем антикорозійного захисту (гаряче оцинкування та полімерні покриття типу ПВЩ) забезпечує тривалу довговічність споруди, яка за своїми характеристиками не поступається новим об'єктам.

Особливої уваги потребує вивчення технологічних нюансів цього процесу: від правильного оцінювання гідрологічної придатності звуженого отвору до забезпечення монолітності міжтрубного простору. Попри наявність загальних рекомендацій, алгоритм вибору типів бандажних з'єднань та послідовність операцій у стиснених умовах потребують детального науково-технічного обґрунтування.

У даній статті розглядаються технологічні особливості реалізації методу гільзування, вимоги до матеріалів секцій МГК та регламент виконання монтажних робіт, що дозволяє забезпечити термін експлуатації відновленої споруди до 50 років при мінімальних витратах ресурсів.

Виклад основного матеріалу

Відновлення водопропускальних труб із використанням металевих гофрованих конструкцій проводиться відповідно до проєкту, вимог технологічних регламентів та нормативних документів для забезпечення довготривалого захисту земляного полотна від негативного впливу витрат води, що пропускаються через водопропускальну трубу. Ремонтіванню методом гільзування піддаються труби, звуження отвору яких не вплине на пропуск потрібного водного потоку, що не втратили несної здатності та мають такі дефекти: порушення гідроізоляції; відхилення геометричного положення елементів труби більш ніж на 3 % від її діаметра. Мінімальний отвір відремонтованої водопропускальної труби має бути не менше ніж 0,3 м.

Метод гільзування дозволяє: проводити ремонтувальні роботи без зупинки руху транспортних засобів автомобільною дорогою (без влаштування тимчасових об'їздів); розв'язати проблему ремонтування водопропускальних труб у стиснених умовах; зменшити строки ремонтування (до двох робочих днів); зменшити вартість ремонтування; збільшити міцнісні та експлуатаційні характеристики дефектної труби; гарантувати строки експлуатування до 50 років згідно з ВБН В.2.3-218-198 [4]; усунути протікання труби; відновити водопропускальну здатність дефектної труби.

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

Бандажні з'єднання використовують для з'єднання секцій МГК, збереження рівності конструкції, запобігання роз'єднанню, запобігання роз'єднанню та проникненню ґрунтів і матеріалів засипки.

Вимоги до металевих гофрованих конструкцій:

1. Конструкції із металевих гофрованих елементів мають відповідати вимогам ВБН В.2.3-218-198 [4], комплекту проєктної документації на виготовлення, комплекту робочих

креслень марки КМД згідно з ДСТУ 9243.4 та технологічному регламенту заводу-виготовлювача на об'єкт, де вони використовуються.

2. Механічні властивості та хімічний склад деяких сталей для МГК вказано в [6].

3. Секції рекомендується застосовувати з вуглецевої та низьковуглецевої гарячеоцинкованої сталі з класом покриття не нижче ніж Z600 та класом за міцністю не нижче ніж 245 МПа згідно з ДСТУ EN 10025-1, а також з аналогічного прокату з додатковим полімерним покриттям ПВЩ, нанесеним поверх шару цинку, товщиною не менше ніж 300 мкм згідно з ДСТУ EN 10169.

4. Секції МГК стикають за допомогою бандажного з'єднання, що виступають за зовнішній діаметр труби не більше ніж на 200 мм.

Вимоги до бандажного з'єднання:

1. Бандажне з'єднання рекомендується виготовляти з матеріалу ідентичному металевим гофрованим конструкціям.

2. Бандажне з'єднання може бути виготовлено з плоскої стрічки, гофрованого металу зі спіральним чи кільцевим розташуванням гофр, напівгофрованої стрічки, універсальна стрічка з заглибленнями [11].

3. Плоска стрічка, що застосовується для бандажного з'єднання має бути цільною. Плоскі стрічки можна використовувати на спіральних або кільцевих гофрах. Плоскі стрічки рекомендовано застосовувати на трубах діаметром (0,3 – 1,0) м.

4. Бандажне з'єднання з гофрованої стрічки може складатися з двох або трьох частин. Гофроване розширювальне внутрішнє бандажне з'єднання переважно складається з двох частин та застосовується для труб діаметром не менше ніж 900 мм. Бандажне з'єднання з гофрованої стрічки застосовується на трубах будь-якого розміру.

5. Напівгофроване бандажне з'єднання застосовується для труб діаметром не менше ніж 900 мм.

6. Універсальну стрічку з заглибленнями можна використовувати на спіральних або кільцевих гофрах.

7. Бандажне з'єднання має забезпечувати герметичність конструкції.

8. Найпоширеніші типи бандажного з'єднання наведено **рис. 1–7**.

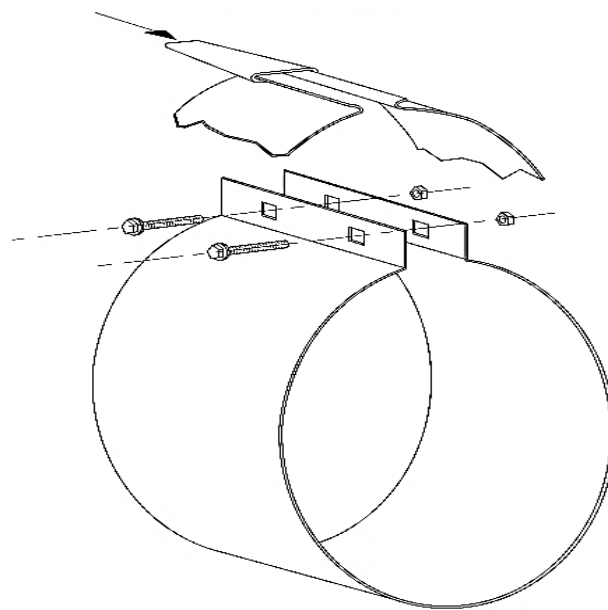


Рисунок 1 — Бандажне з'єднання за допомогою плоскої стрічки

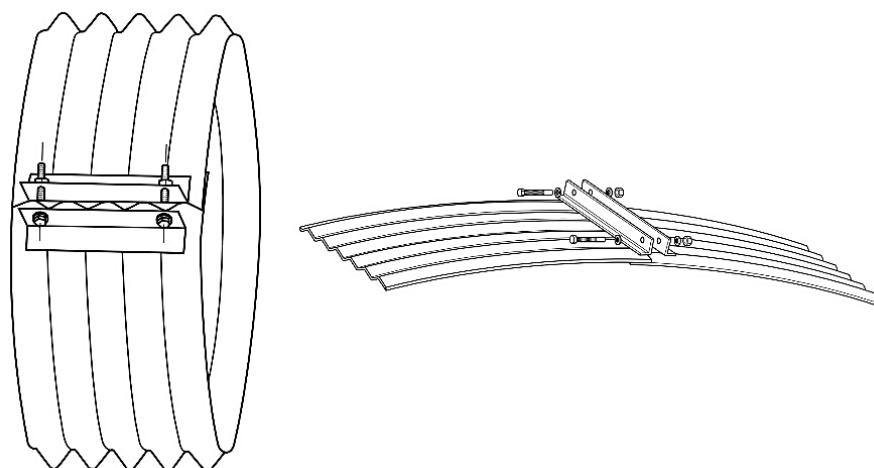


Рисунок 2 — Бандажне з'єднання за допомогою плоскої стрічки (зовнішнє з'єднання)

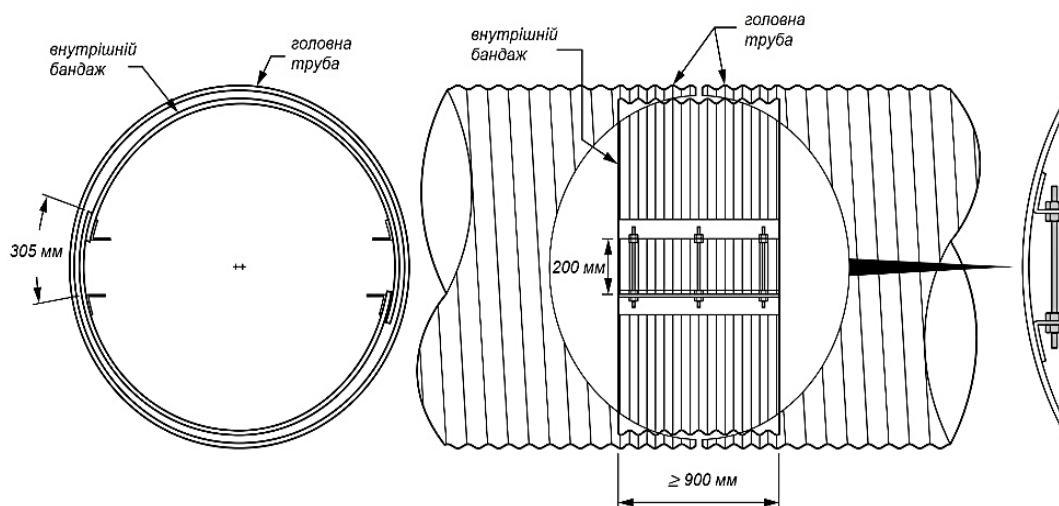


Рисунок 3 — Бандажне з'єднання за допомогою плоскої стрічки (внутрішнє з'єднання)

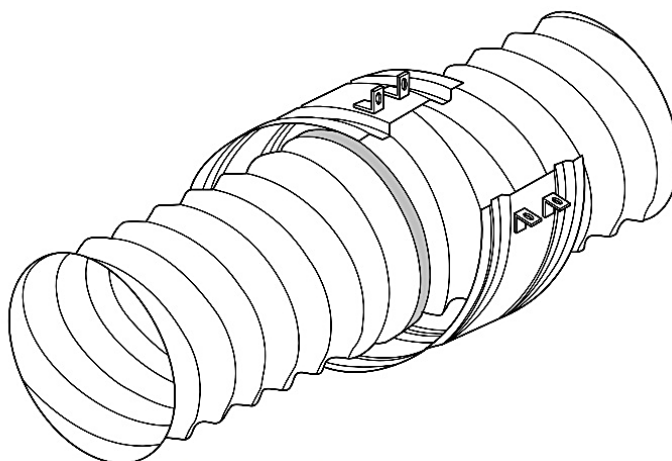


Рисунок 4 — Бандажне з'єднання за допомогою гофрованої стрічки (зовнішнє з'єднання)

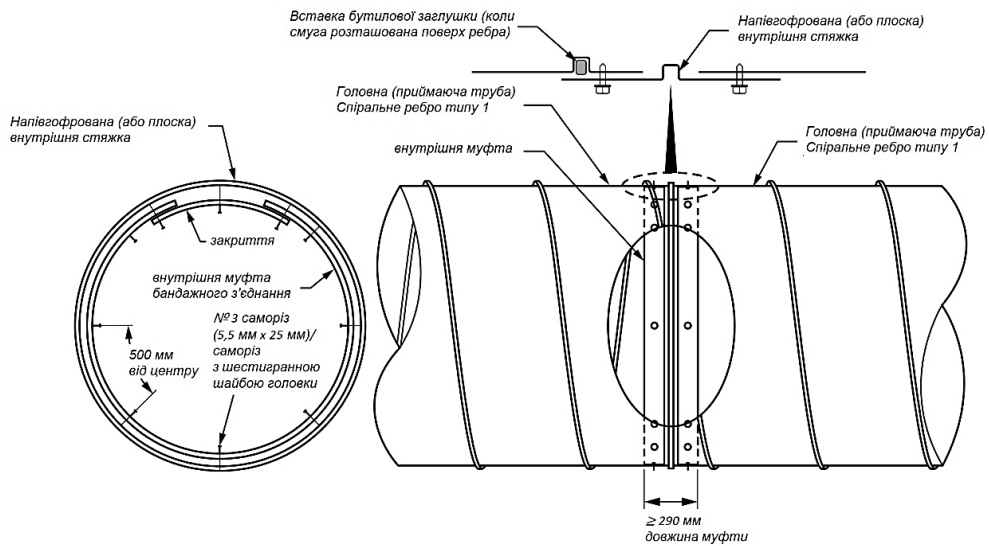


Рисунок 5 — Бандажне з'єднання за допомогою гофрованої стрічки (внутрішнє з'єднання)

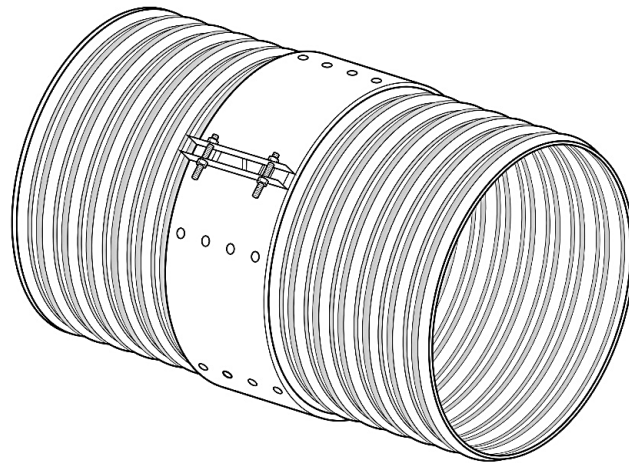


Рисунок 6 — Бандажне з'єднання за допомогою напівгофрованої стрічки (зовнішнє з'єднання)

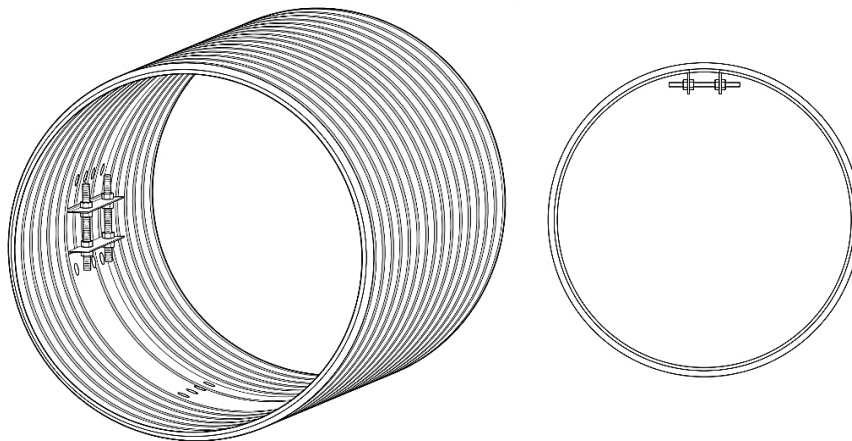


Рисунок 7 — Бандажне з'єднання за допомогою напівгофрованої стрічки (внутрішнє з'єднання)

Вимоги до герметизуючого матеріалу:

1. Мастики гідроізоляційні мають відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-79, ДСТУ Б В.2.7-101, ДСТУ Б В.2.7-108.

2. Гумові ущільнювачі мають 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 строк служби; висока еластичність (до 400 %) та відповідати вимогам ДСТУ EN 681-1, [7 – 10].

Організування і технологія виконання робіт з відновлення водопропускальних труб

Перед початком проектування відновлення водопропускальних труб 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 за межами труби; 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 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 або іншого способу стикування секцій.

Установку секції у проектне положення здійснюють розклинюванням або за допомогою розпірних болтів; після затвердіння цементобетонної суміші внутрішній бандаж дозволено зняти [11 – 13]; далі виконують омоноличування міжтрубного простору; та 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 потрібно поставляти скомплектованими. Рекомендовано щоб бандажі були заздалегідь змонтовані на одному з кінців труби. З'єднувальні бандажі виготовляють з оцинкованої сталі.

Бандажі для забезпечення герметичності мають мати ущільнювальну манжетку з мастик гідроізоляційних згідно з ДСТУ Б В.2.7-108, бутилкаучукові і бітумно-бутилкаучукові згідно з ДСТУ Б В.2.7-79, ущільнювач з гуми ЕПДМ, СБК [7 – 10] або інший матеріал, що забезпечує герметичність. Організування ремонтування, підготовка до нього, будівельні роботи, а також контролювання якості виконують з дотриманням вимог нормативних документів. Роботи потрібно виконувати в теплий період року за температури від 5 °С до 40 °С. Особливості виконання робіт у зимовий період мають бути додатково обумовлені у ПВР. Після завершення відновлювальних робіт потрібно ліквідувати всі тимчасові споруди та проведена передбачена проектом рекультивация (ліквідування допоміжних споруд, призначених для відведення води; планування та зміцнення русла; зміцнення укосів насипу біля оголовків труб; благоустрій території).

На етапі підготовчих робіт виконують наступні заходи: ізолювання зони робіт від води, що протікає (можуть влаштуватися 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

визначають проектом); створення умов для безперешкодного протягування секцій внутрішньої труби: влаштування настилу, направляючих, вирівнювання дна труби відповідно до проекту.

Монтування секцій внутрішньої труби виконується у наступній технологічній послідовності.

Установлення в трубі, що ремонтується, напрямних для протягування секцій МГК (мінімальна висота 50 мм) відповідно до проекту щодо осьової та висотної розбивок. За потреби захистити покриття геотекстилем. Надання проектного похилу труби за допомогою нівеліра та клинів. Виготовляють 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 наявній трубі троса для протягування секцій МГК із розривним навантаженням не менше загальної маси ремонтувальних 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 затиснутий).

Встановлення першої 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 потрібно підняти домкрати упорами у верхній звід секції та секцію труби на домкратах на висоту (5 – 7) см для її переміщення всередині існуючої труби.

Закріплення на торці першої 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.

Потрібно виставити першу секцію МГК в існуючій трубі за допомогою домкратів у відповідності до проекту щодо осьової і висотної розбивок згідно з ДБН В.1.3-2 [2]. Встановити проектний похил за допомогою нівеліра та за допомоги домкратів.

Розклинити першу секцію в чотирьох місцях кожного торця за допомогою дерев'яних клинків по колу (рис. 8).

Перевірити положення першої секції внутрішньої труби відповідно з осьовою і висотною розбивкою, а також перевірити похил за допомогою нівеліра;

Установлення наступної секції МГК за допомогою автокрана рекомендовано торцем з бандажним з'єднанням назовні від оголовка.

Під час застосування монтувального візка з домкратами виконати його переміщення у початкове положення (до вхідного оголовка). Встановити монтувальний візок з домкратами всередині другої секції так, щоб домкрати перебували в обох торцях. Для цього потрібно: 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; на домкратах підняти другу секцію на висоту (5 – 7) см для її переміщення всередині існуючої труби.

Перемістити другу секцію до бандажа першої секції в існуючій трубі.

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

Установити 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.

Установити дві ручні лебідки з ланцюговими тросами всередині секцій, в такому разі 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 ганчір'я.

Нанести змащувальний засіб на внутрішню поверхню з'єднувального бандажа та зовнішню поверхню торця другої секції, яка стикується (в якості мастильного засобу можна використовувати рідке мило, технічний вазелін або спеціальне мастило, що замовляють у постачальника труб).

Завести за допомогою лебідок вільний край другої секції в з'єднувальний бандаж першої секції до проходження ним червоної лінії на муфті (**рис. 8**).

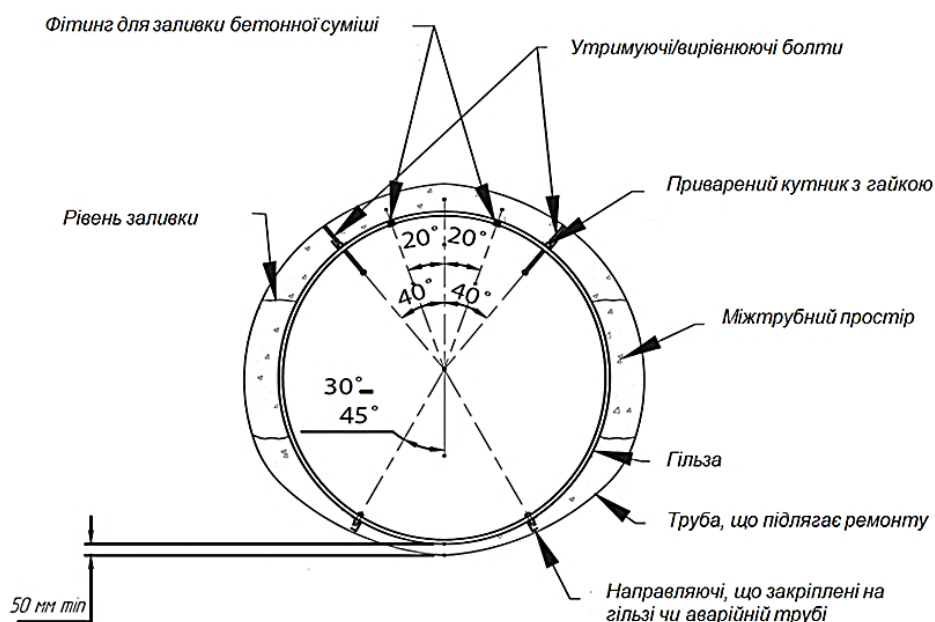


Рисунок 8 — Приклад розташування секції в трубі, що ремонтується

Виставити за допомогою домкратів торець із з'єднувальним бандажем другої секції відповідно 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. 8**, 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 вищенаведеним технологічним операціям дотримуючись певних умов: за роботи з ланками не дозволяти механічних і хімічних ушкоджень матеріалу секцій труби з МГК; застосовувати інвентар і пристосування, які розподіляють навантаження по периметру секції, не дозволяючи точкових навантажень.

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

Вимоги до якості виконання робіт

Контролювання й оцінювання якості робіт під час виконання відновлення водопропускальних труб із використанням МГК виконують у відповідності до вимог будівельних норм і нормативних документів (ДБН А.3.1-5 [1], ДБН В.2.3-6 [3], ДСТУ Б В.2.3-24 та ДСТУ-Н Б В.2.3-34).

Контролювання якості виконаних робіт здійснюють фахівці або спеціальні служби, оснащені технічними засобами, що забезпечують потрібну достовірність і повноту контролювання. Контролювання якості покладається на керівника виробничого підрозділу (виконроба, майстра), що виконує роботи [5].

Операційне контролювання здійснюється вимірвальним методом (за допомогою вимірвальних інструментів і приладів) та технічним оглядом під керівництвом виконроба (майстра). Інструментальне контролювання виконання робіт із відновлення водопропускальних труб із застосуванням МГК здійснюють систематично від початку до його завершення.

Результати операційного контролювання фіксуються в Журналі операційного контролювання якості робіт згідно з СОУ 42.1-37641918-087.

Перелік видів робіт під час відновлення водопропускальних труб з МГК, що підлягають контролюванню, методи і способи його проведення, а також перелік контрольованих параметрів та критерій їх оцінювання наведено в **табл. 1**.

Таблиця 1

Схеми операційного контролювання якості виконання робіт

Найменування контрольованих показників	Допустимі граничні відхилення	Метод контролювання	Кількість і місце проведення контролювання	Хто здійснює контролювання
Монтування першої секції внутрішньої труби	співвісність з геодезичною розбивкою похил ± 3 мм	Геодезична розбивка, нівелір	Під час монтування	Виконроб Геодезист
Розклинювання першої секції змонтованої труби в існуючій	стійкість секції труби похил ± 3 мм	Візуально, нівелір	Кожне місце	Виконроб Геодезист
Монтування наступної секції внутрішньої труби	співвісність з попередньою секцією труби заведення за червону лінію попередньої секції труби похил ± 3 мм	Геодезична розбивка, візуально, нівелір	Під час монтування	Виконроб Геодезист
Розклинювання наступної секції змонтованої труби в існуючій	стійкість секції труби похил ± 3 мм	Візуально, нівелір	Кожне місце	Виконроб Геодезист
Омонолічування міжтрубного простору	щільність укладеного цементобетону (об'єм не заповненого простору не більше ніж 1 %)	Об'єм витраченої суміші, простукування	Під час омонолічування	Виконроб

Висновки

Під час дослідження технологічних особливостей відновлення водопропускальних труб методом гільзування із застосуванням МГК було зроблено такі висновки:

1. Доведено, що метод гільзування є найбільш раціональним рішенням для відновлення труб у високих насипах та на ділянках з інтенсивним рухом, оскільки він мінімізує втручання в конструкцію дороги та дозволяє завершити основний цикл робіт протягом 2–3 робочих днів.

2. Використання металевих гофрованих конструкцій зі сталі класу Z600 та додатковим полімерним покриттям ПВЩ забезпечує високу стійкість до агресивного середовища та абразивного зносу. Правильний вибір типу бандажного з'єднання (плоского чи гофрованого) гарантує герметичність стиків та монолітність нової конструкції.

3. Встановлено, що ключовими факторами при виборі цієї технології є результати гідрологічних розрахунків (з урахуванням зменшення робочого перерізу труби) та оцінка геометричних відхилень наявної споруди (не більше 3 % від діаметра).

4. Оптимізація витрат досягається шляхом відсутності потреби у важкій техніці для земляних робіт, відмови від влаштування об'їздів та зменшення витрат на матеріали завдяки використанню легких гофрованих секцій.

5. Запорукою тривалої експлуатації є якісне заповнення міжтрубного простору цементобетонною сумішшю, що забезпечує спільну роботу старої та нової конструкцій, а також належна підготовка основи (видалення наносів, вирівнювання дна) перед початком монтажу.

Впровадження запропонованих технологічних регламентів дозволить значно підвищити міжремонтні терміни експлуатації штучних споруд на автомобільних дорогах.

Список літератури

1. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва, Київ, 2016. 111 с. (Інформація та документація).
2. ДБН В.1.3-2:2010 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві, Київ, 2010. 32 с. (Інформація та документація).
3. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. Київ, 2009. 48 с. (Інформація та документація).
4. ВБН В.2.3-218-198:2007 Споруди транспорту. Проектування та будівництво споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. Київ, 2007. 104 с. (Інформація та документація).
5. ТТК 37641918/03450778-210:2016 Типова технологічна карта на ремонт водопропускних труб методом релайнінгу на автомобільних дорогах. Київ, 2016. 31 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. 142 с.
7. ISO 1043-1:2011. Plastics - Symbols and abbreviated terms. Part 1: Basic polymers and their special characteristics. Geneva, Switzerland, 2011. 11 p. (Інформація та документація).
8. ISO 1629:2013. Rubber and latices - Nomenclature. Geneva, Switzerland, 2013. 12 p. (Інформація та документація).
9. ISO 18064:2022. Thermoplastic elastomers - Nomenclature and abbreviated terms. Geneva, Switzerland, 2022. 24 p. (Інформація та документація).
10. ASTM D1418-22. Standard Practice for Rubber and Rubber Latices - Nomenclature. West Conshohocken, PA, USA, 2022. 6 p. (Інформація та документація).
11. CAN/CSA Standard G401-14. Corrugated steel pipe products. Toronto, Canada, 2014. 86 p. (Інформація та документація).
12. 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:, 2021. №. 3. С. 147–150.

13. 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. 203220.

References

1. DBN A.3.1-5:2016. Orhanizatsiia budivelnoho vyrobnytstva (State Building Norms (DBN A.3.1-5:2016) Organization of construction production). Kyiv, 2016. 111 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

2. DBN V.1.3-2:2010. Systema zabezpechennia tochnosti heometrychnykh parametriv u budivnytstvi. Heodezychni roboty u budivnytstvi (State Building Norms (DBN V.1.3-2:2010) System for ensuring the accuracy of geometric parameters in construction. Geodetic works in construction). Kyiv, 2010. 32 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

3. DBN V.2.3-6:2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennia i vyprobuvannia (State Building Norms (DBN V.2.3-6:2009) Transport facilities. Bridges and pipes. Inspection and testing). Kyiv, 2010. 48 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

4. VBN V.2.3-218-198:2007. Sporudy transportu. Proektuvannia ta budivnytstvo sporud iz metalevykh hofrovanykh konstrukttsii na avtomobilnykh dorohakh zahalnoho korystuvannia (Departmental Building Norms (VBN V.2.3-218-198:2007) Transport structures. Design and construction of structures made of metal corrugated structures on public roads). Kyiv, 2007. 104 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

5. ТТК 37641918/03450778-210:2016 Типова технологічна карта на ремонт водопропускних труб методом релайнінгу на автомобільних дорогах (Typical technological map for the repair of culverts by the relining method on highways). Kyiv, 2016. 31 s. (Information and documentation) [in Ukrainian].

6. Posibnyk do VBN V.2.3-218-198:2007 Sporudy transportu. Proektuvannia ta budivnytstvo sporud iz metalevykh hofrovanykh konstrukttsii na avtomobilnykh dorohakh zahalnoho korystuvannia (Manual for VBN V.2.3-218-198:2007 Transport structures. Design and construction of structures made of metal corrugated structures on public roads). Kyiv, 2007. 142 p. [in Ukrainian].

7. ISO 1043-1:2011. Plastics - Symbols and abbreviated terms. Part 1: Basic polymers and their special characteristics. Geneva, Switzerland, 2011. 11 p. [in English].

8. ISO 1629:2013. Rubber and latices - Nomenclature. Geneva, Switzerland, 2013. 12 p. [in English].

9. ISO 18064:2022. Thermoplastic elastomers - Nomenclature and abbreviated terms. Geneva, Switzerland, 2022. 24 p. [in English].

10. ASTM D1418-22. Standard Practice for Rubber and Rubber Latices - Nomenclature. West Conshohocken, PA, USA, 2022. 6 p. [in English].

11. CAN/CSA Standard G401-14. Corrugated steel pipe products. Toronto, Canada, 2014. 86 p. [in English].

12. Onyshchenko A.M., Harkusha M.V. Analiz perspektyvy zastosuvannia remontu, metodom hilzuvannia, vodopropusknykh trub, yak riznovydu hidrotekhnichnykh sporud transportnoho budivnytstva (Analysis of the prospects for the use of repair by the relining method of culverts as a type of hydraulic structures for transport construction). *Suchasni tekhnologii ta dosiahnennia inzhenernykh nauk v haluzi hidrotekhnichnoho budivnytstva ta vodnoi inzhenerii* : zb. nauk. pr. Kherson, 2021. No. 3. P. 147–150 [in Ukrainian].

13. Onyshchenko A. M., Harkusha M. V., Klymenko M. I., Harkusha I. Yu. Doslidzhennia ta analiz tekhnologii vidnovlennia hidrotekhnichnykh sporud transportnoho budivnytstva z dorozhnikh vodopropusknykh trub metodom hilzuvannia (Research and analysis of the technology for the restoration of hydraulic structures of transport construction from road culverts by the relining method). *Dorogy i mosti*. Kyiv, 2023. Iss. 28. P. 203–220 [in Ukrainian].

Artur Onyshchenko, D.Sc., Professor, <https://orcid.org/0000-0002-1040-4530>

Serhii Voroshnov, Ph.D., Professor, <https://orcid.org/0000-0003-0642-8289>

Andriy Rublev, Ph.D., Associate Professor, <http://orcid.org/0000-0002-4142-1325>

Yana Dukhnenko, <https://orcid.org/0009-0007-8742-7718>

National Transport University (NTU), Kyiv, Ukraine

REQUIREMENTS FOR CULVERT REHABILITATION TECHNOLOGY USING THE SLIP-LINING METHOD WITH CORRUGATED METAL STRUCTURES

Abstract

Introduction. The article investigates the technological process of restoring culverts on highways using the relining method with corrugated metal structures (CMS). Technical requirements for CMS sections, types of band connections, and sealing materials are analyzed. The sequence of preparatory and main installation works, including the use of special equipment such as mounting trolleys and winches, is described in detail. Quality control criteria and maximum deviations of geometric parameters during construction are determined.

Problem Statement. The main defects requiring repair by the relining method are waterproofness failure and displacement of pipe elements exceeding 3% of its diameter. The main challenge is to restore the structural load-bearing capacity in confined space conditions without stopping road operation, while ensuring sufficient water discharge capacity after the opening narrows.

Purpose. The aim of the study is to substantiate the technological features of using CMS for relining defective pipes, develop a detailed work execution regulation, and determine material requirements that ensure an operational lifespan of the structure up to 50 years.

Materials and methods. The study examines corrugated metal structures made of hot-dip galvanized steel (class Z600) with an optional additional polymer coating (HDPE). Relining methods based on the installation of new sections inside defective pipes followed by band connection and sealing are considered.

Results. It has been established that relining allows for repairs without stopping traffic and reduces the work duration to two days. Optimal types of band connections (flat, corrugated, semi-corrugated bands) are determined depending on the pipe diameter (from 0.3 m to over 0.9 m). An algorithm for assessing the condition of the structure has been formed, which includes field inspection, defect geometry analysis, and hydrological calculations.

Conclusions. The use of the relining method with CMS is an economically viable and technologically efficient way to restore the water discharge capacity and strength of defective pipes. Adherence to technological operations, such as the correct choice of band connections and high-quality sealing, guarantees the long-term reliable operation of transport structures.

Keywords: road, culverts, relining, corrugated metal structures (CMS), band connection, repair.