

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 624.21

[https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.214-223](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.214-223)

О. О. Давиденко¹, доц., канд. техн. наук, М. В. Гаркуша¹, доц., канд. техн. наук,
І. А. Козарчук¹, доц., канд. техн. наук, П. О. Казак¹, Я. О. Цапок²

¹Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

²Фізична особа підприємця, м. Київ, Україна

e-mail: mykola.harkusha@ntu.edu.ua

Методи визначення технічного стану водопропускної труби з аналізом необхідних ремонтних робіт

Погіршення технічного стану водопропускних труб є нагальною проблемою експлуатаційного утримання автодорожніх та залізничних шляхів. Актуальним питанням є сучасні методи та підходи з визначення технічного стану споруд та виконання ремонтних заходів із застосуванням ефективних ремонтних матеріалів для відновлення проєктних експлуатаційних властивостей споруди. В роботі розглянуто методи визначення технічного стану водопропускної труби та надано аналіз рекомендацій з необхідних ремонтних заходів.

водопропускна труба, дефекти, ремонт, технічний стан

Постановка проблеми. Водопропускна труба розміщена під залізничною колією Хмельницькій області, Кам'янець-Подільський район. Водопропускна труба є унікальною спорудою, яка має не лише фізичне значення для регіону, а й історичною культурною спадщиною, яка побудована в 1912-1914 рр. з каменю. Подібних споруд в Україні знаходиться надзвичайно мало.

Метою обстеження водопропускної труби під залізничною колією є визначення технічного стану із складанням відомості дефектів та пошкоджень, оцінка залишкового ресурсу, а також надання пропозицій щодо необхідних ремонтних заходів.

Визначення технічного стану водопропускної труби є важливим завданням для аналізу та подальшого вибору ефективних методів ремонту, щодо збереження унікальності споруди та забезпечення прийнятної надійності та довговічності, конструкції окремо та всього залізничного шляху в цілому, є актуальним науковим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стан транспортних споруд в Україні та світі, має погіршений стан, що зумовлено умовами експлуатації та особливостями будівництва та утримання споруд, спостерігається знос матеріалів конструкцій споруд, збільшення кількості та характеристик навантажень, зміна кліматичних умов в яких експлуатуються споруди, тощо [1-5].

Транспортні споруди мають ключове стратегічне значення, що потребує застосування сучасних будівельних матеріалів та технологій з умовно низькою вартістю під час їх будівництва, ремонту та експлуатації [2, 5].

Світові дослідження акцентують увагу на несній здатності споруд; методик проєктування з особливістю втомних характеристик, втрати довговічності споруд, а також застосування відходів промисловості та перероблених матеріалів, тощо [6].

Перспективними дослідженнями в Україні, Європі та США є підходи зі створення сучасних захисних систем від корозії, підвищення характеристик металу, удосконалення монтажних систем та підходів, удосконалення системи моніторингу стану споруди.

На сьогоднішній день, актуальним залишається питання, щодо впровадження в Україні європейських підходів будівництва, ремонту та утримання споруд, адаптації їхніх нормативних документів, в тому числі Єврокодів, а також впровадження стандартів надійності та довговічності з урахуванням найкращих світових методик.

Постановка завдання. Таким чином, метою виконання даної роботи є визначення технічного стану водопропускної труби з аналізом необхідних ремонтних робіт.

Науковою новизною отриманих результатів дослідження є встановлення на водопропускній споруді характерних дефектів та визначення методів їх ремонту, так як даних тип споруд є нетиповим та потребує індивідуальних підходів, вперше розглянуто можливість застосування традиційних методів ремонту в порівнянні з інноваційним сучасним методом відновлення. Даний тип споруди є унікальним в своєму роді, маючи як історичну цінність так і стратегічне значення, що унеможлиблює виконання її відновлення з розкриттям насипу та потребує розгляду різних підходів ремонту.

Виклад основного матеріалу. Водопропускна труба перетинає балку, під час обстеження балка суха без наявності тимчасового водотоку долини із задернованими схилами. Водопропускна труба розташована під залізничною колією на км 217 ПК 1 + 21, Хмельницька область, Кам'янець-Подільський район.

Дата будівництва труби — 1912-1914 рр. (експлуатується по сьогоднішній день). Лінійний об'єкт інженерно-транспортної інфраструктури: залізнична колія. Категорія колії — IV, вантажонапруженість 7,4 млн.т.км бруто / км за рік; добові розміри руху на ділянці складають 16 пар поїздів.

Дані про попереднє обстеження — відсутні. Дані про ремонт водопропускної споруди — відсутні. Про пропуск наднормативних навантажень даних немає.

Обстеження проводилося з урахуванням ДБН В.2.3-6 [7], ДБН В.2.3-22 [8], ДСТУ 9123 [9], ДСТУ Б В.2.3-24 [10].

Загальний вигляд водопропускної труби наведено на рис. 1.



Верхній б'єф, вхідний отвір (ліворуч за ходом пікетажу з/д колії)

Нижній б'єф, вихідний отвір (праворуч за ходом пікетажу з/д колії)

Рисунок 1 — Розміщення водопропускної труби через балку на карті

Джерело: розроблено авторами

Загальна характеристика водопропускної труби: довжина водопропускної труби — 43,26 м; схема водопропускної труби — $1 \times 2,38 + 7 \times 5,50 + 1 \times 2,38$ м; отвір труби (висота склепіння) — 5,7 м.; товщина стінок — геометрично неоднорідна, на товщину мощення; висоту насипу — вхідний, від рівня арки до ж/д колії — 12,73 м, вихідний, від рівня арки до ж/д колії — 11,54 м.; тип оголовка — розтрубний; кут перетину осі труби та осі залізниці — 90° ; тип гідроізоляції — не виявлено; поздовжній ухил — 15‰.

Вигляд ланок наведено на рис. 2. Відкісна стінка на вході в трубу — 8,4 м. Відкісна стінка на виході з труби — 7,4 м. Повна висота порталу вхідного отвору — 7,00 м; вихідного — 5,80 м. Дані по фундаментах відсутні. Обстеження підземної частини водопропускної труби не проводилося. Дно балки земляне, мулисте. Частина русла заросла чагарниками. Балка суха без наявності тимчасового водотоку долини із задернованими схилами. Обстежувалися підходи довжиною 100 м з кожного боку водопропускної труби.



Рисунок 2 — Вигляд ланок

Джерело: розроблено авторами

На основі проведених обстежень встановлені наступні дефекти ланок водопропускної труби: пошкодження розчину кладки (Ланка 1 — 9); порожнини в камені (Ланка 1 — 9); втрата розчину кладки (Ланка 1 — 9); вивали фрагментів кладки (Ланка 1 — 9); висоли на поверхнях кладки (Ланка 1 — 9); тріщини кладки (Ланка 1 — 9); сліди вилугування бетону; пошкодження бетону від вилугування; пошкодження захисного шару бетону (Ланка 1 — 9); тріщини в розтягнутому бетоні (Ланка 1 — 9); поздовжні тріщини бетону (Ланка 1 — 9); численні тріщини (Ланка 1, 2, 9); наявність окремих тріщин, волосяна сітка тріщин (Ланка 1 — 9); раковини на зовнішній поверхні елемента (Ланка 1 — 9); замокання на зовнішній поверхні елемента, фільтрація води крізь елемент (Ланка 1 — 9).

Приклад стану елементів прогонової будови наведено на рис. 3.



Рисунок 3 — Ланка 1 - 2 Сліди вилугування бетону. Пошкодження бетону від вилугування, раковини бетону

Джерело: розроблено авторами

Технічний стан ланок труби – Стан 3 «Працездатний» [10] на межі із Станом 4 «Обмежено працездатний» [10].

По оголовкам, під час обстеження виявлено дефекти: пошкодження розчину кладки (вхідна, вихідна); порожнини в камені (вхідна, вихідна); втрата розчину кладки (вхідна, вихідна); вивали фрагментів кладки (вхідна, вихідна); висоли на поверхнях кладки (вхідна, вихідна); тріщини кладки (вхідна, вихідна); порость рослин (вхідна, вихідна); замокання на зовнішній поверхні елемента, фільтрація води крізь елемент.

Приклад стану оголовків наведено на рис. 4.



Рисунок 4 — Порость рослин, вихідний оголовок, руйнування кам'яних елементів

Джерело: розроблено авторами

Фундаментам призначено технічний стан «Стан 3. Працездатний» [10]. Опосередкованих ознак дефектів фундаментів не виявлено.

По руслу призначено технічний стан «Стан 4. Обмежено працездатний» [10]. Виявлено заростання русла деревами та чагарником, замулювання живого перерізу отвору труби, підмивання водою конструкції русла в середині труби. Приклад стану русла наведено на рис. 5.



Рисунок 5 — Заростання русла деревами та чагарником

Джерело: розроблено авторами

Зйомка підходів виконувалася для їх візуалізації, призначено технічний стан «Стан 2. Справний» [10].

На основі проведених вимірів наведено загальних план споруди (рис. 6).

Під час обстеження застосовано технічне нівелювання, що дає можливість визначити висотне положення труби, поздовжні і поперечні похили по руслу труби.

Репер «RP0» = 100,000 м — металева арматура пофарбована червоним кольором діаметром 12 мм та довжиною 1,2 м забита у ґрунт у верхньому б'єфі, на вході в трубу (табл. 1, рис. 7). Результати нівелювання наведені на рис. 8. Відмітки прийняті умовні.

Згідно з ДСТУ Б В.2.7-220 [11] виконано визначення поверхневої міцності бетону конструктивних елементів водопропускної труби.

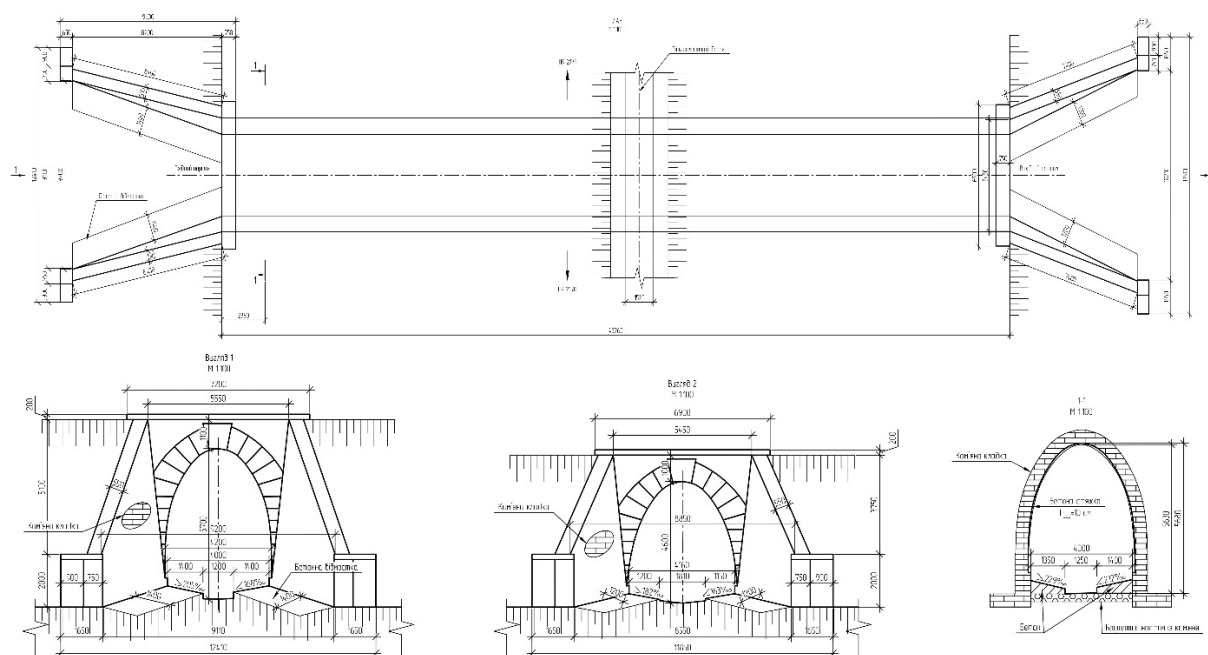


Рисунок 6 — Загальний вигляд

Джерело: розроблено авторами

Поверхнева міцність бетону на стиск визначена методом пружного відскоку проводилося механічним склерометром МШ-225 (енергія удару 2207 Дж) для бетону товщиною від 70 мм.

Випробування поверхневої міцності бетону проводилися за температури повітря 18 °С. Визначення показників міцності бетону проводилося на поверхнях, які не мають дефектів (рис. 9).

Результати досліджень фактичної міцності бетону елементів конструкції на стиск (при їх середніх значеннях) становить: бетон оправи, ланка (секція) 2 — 16,0 МПа.

Розрахункові характеристики бетону приймати згідно з Таблицею 3.6 ДБН В.2.3-14 [12].

Таблиця 1 — Координати репера

№ точки	WGS-84		Висота, м	Назва точки
	широта	довгота		
1	48,78911	26,60496	100,000	RP0

Джерело: розроблено авторами



нівелювання зі сторони верхнього б'єфу, репер «RP0»

нівелювання зі сторони нижнього б'єфу

Рисунок 7 — Нівелювання споруди

Джерело: розроблено авторами

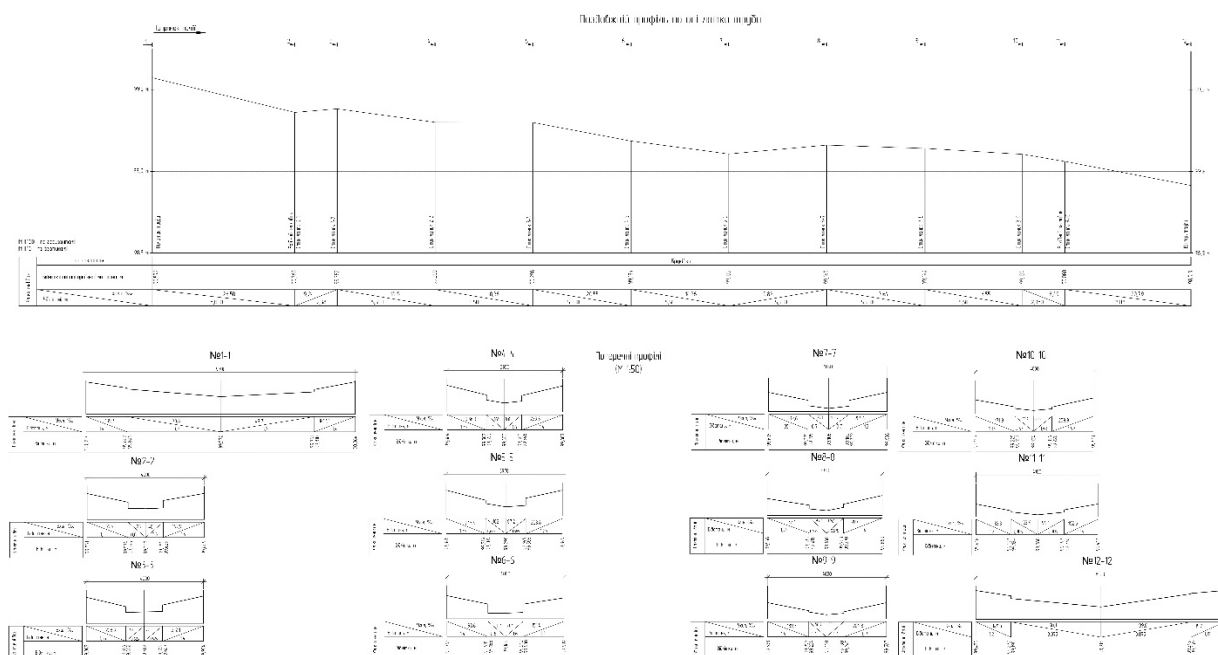


Рисунок 8 — Інструментальна зйомка. Поздовжній та поперечні профілі

Джерело: розроблено авторами



Рисунок 9 — Визначення поверхневої міцності бетону на тиск, місце випробування — Ланка 2

Джерело: розроблено авторами

За результатами обстеження та виявленим дефектам водопропускної труби призначається технічний Стан 3 «Працездатний» [10] на межі із Станом 4 «Обмежено працездатний» [10]. Залишковий ресурс труби до переходу в Стан 5 «Не працездатний» — 15 років (ДСТУ Б В.2.3-24, Додаток Д [10]). Рекомендований мінімальний ресурс труби після капітального ремонту — 25 років.

Рекомендовано наступне планове обстеження провести не пізніше ніж 01 листопада 2027 року. Рекомендовано виконати капітальний ремонт.

Рекомендації щодо ремонту: Ремонтні заходи рекомендується приймати на основі техніко-економічного обґрунтування з порівняннями технічних варіантів.

Підготовчі роботи необхідно виконати відповідно до «Порядку виконання підготовчих та будівельних робіт, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 13.04.2011 р. № 466» [13].

На основі проведеного обстеження доцільно розглянути наступні варіанти щодо проведення ремонтних заходів:

1. Бетонний лоток в середині водопропускної труби потребує демонтажу та влаштування нового відповідного лотка.

2. Необхідно виконати чищення елементів ланок та відкисних стінок від порості дерев та рослин.

Встановити геометричну рівність елементів споруди.

Необхідно пошкоджену кладку демонтувати та влаштувати і із заміною пошкодженого каменю. За необхідності виконується підсилення пошкоджених елементів, з можливою заміною існуючої кам'яної кладки водопропускної труби з матеріалів вищої якості від існуючих

(міцність на стиск, морозостійкість, водонасичення, щільність). У випадку недотримання несної здатності після демонтування пошкодженої кладки, потрібно виконати заходи з підсилення, додаткове підсилення повинно бути $\frac{1}{2}$ від існуючої кам'яної кладки [14].

Кам'яну кладку водопропускної труби раціонально відновлювати із застосуванням методу ін'єктування тріщин, що дасть змогу відновити її несну здатність.

Найпоширенішим матеріалом ін'єктування тріщин є розчини на основі мінеральних та полімерних в'язучих речовин, а склад, тип та властивості розчину підбираються відповідно до властивостей та умов експлуатації кам'яної кладки водопропускної труби.

Одним із заходів відновлення несної здатності водопропускальної труби можна досягнути за рахунок застосування додаткових елементів підсилення конструкції.

Підсилення кам'яних конструкцій рекомендується методом влаштування шару залізобетону. Армування слід приймати, як робоче вздовж і поперек труби.

Ремонтні заходи можуть передбачати влаштування додаткових арматурних стрижнів [15].

Під час застосування підсилення водопропускної труби додатковим шаром залізобетону мінімальною товщиною – 20 см слід передбачити залізобетонний лоток труби який буде виконувати роль фундаменту для елементів підсилення.

Робота існуючої конструкції та конструкції підсилення повинна вступати в роботу як одна ціла із застосуванням різних методів омонолічування [14]. Найпростішим способом є застосування арматурних стрижнів у якості анкерів, діаметром 8 мм – 12 мм, за необхідності більшого діаметру. Глибина закладання анкерів повинна становити не менше ніж 15 – 20 діаметрів арматури з кроком 40 мм за висотою, 60 мм - 70 мм за довжиною, розташування анкерів відбувається зі зміщенням, а глибина отворів для анкерів в 1,5 рази більша за діаметр, з подальшим нанесенням розчинів на основі мінеральних чи полімерних в'язучих речовин [14].

Першочергово необхідно відновити/забезпечити жорсткість водопропускної труби.

За наявності тріщин понад 3 мм необхідно їх герметизувати ремонтним розчином на основі мінерального або полімерного в'язучого, з дотриманням облицювання тріщин, якщо передбачаються такі заходи.

За необхідності тріщини в кам'яній кладці розширити і влаштовується новий цементно-піщаний, цементно-полімерний розчин.

3. Виконати забезпечення відсутності фільтрування води через ланки водопропускної труби, за рахунок ін'єктування гідроізоляційного розчину.

В місцях сколів необхідно виконати роботи з підготовки поверхні бетону для виконання ремонтних заходів — його чищення, обезпилення та ґрунтування. Виконання ремонту, як правило, передбачає застосування фінішних ремонтних сумішей (або іншою ремонтною сумішшю), що наносяться без застосування засобів механізації. Подальше нанесення вторинного захисту бетону від корозії.

В місцях тріщин та волосяної сітки тріщин необхідно виконати роботи з підготовки поверхні бетону для виконання ремонтних заходів — його чищення, обезпилення та ґрунтування. Виконання ремонту, як правило, передбачає застосування фінішних ремонтних сумішей (або іншою ремонтною сумішшю), що наносяться без застосування засобів механізації, або нагнітання спеціальних ремонтних розчинів в місця руйнування. Подальше нанесення вторинного захисту бетону від корозії.

Тріщини, що мають поверхневий характер з шириною до 2 мм та проникністю, що перевищує товщину захисного шару бетону над арматурними стержнями, вимагають проведення заходів з використанням відповідних сумішей для ремонту, параметри яких обираються в залежності від характеру руйнування, з можливим збільшенням ширини тріщини під час ремонту, що підвищить ефективність виконання ремонтних робіт [14].

Тріщини, що мають поверхневий характер з шириною до 0,5 мм та проникністю, що не перевищує товщину захисного шару бетону над арматурними стержнями та впливають лише на естетику споруди, можуть бути відремонтовані за допомогою ремонтних сумішей для виконання косметичного ремонту, із забезпеченням рівності відремонтованої основи [14].

Необхідно виконати підсилення бетонних та залізобетонних елементів в місцях руйнування бетону та його замочування.

Під час експлуатації, за неможливості зниження навантажень на конструкцію та для забезпечення надійної її роботи при зміні умов її експлуатації, конструкції рекомендується підсилювати з метою відновлення або підвищення проєктних експлуатаційних характеристик.

Необхідно виконати заходи із захисту від замочування елементів ланки 1 — 9 та відкисних стінок.

Ліквідацію ушкоджень гідроізоляції ланки 1 — 9 та відкисних стінок.

Рекомендовано виконати заходи з підвищення міцності бетону конструкції на ланці 1 — 9, що в свою чергу передбачають застосування ін'єктування, просочення цементно-полімерними та клейовими композиціями.

Необхідно виконати заходи з підсилення зони стиснення із виконанням заміни пошкоджених елементів.

Також в зоні оголовків рекомендується частково розкрити конструкції порталу та відкисних стінок для відновлення гідроізоляції та влаштування цементної відмостки для запобігання розмиву ґрунту та замокання склепіння в зоні порталльної стінки.

4. На підходах необхідно виконати планові заходи з утримання залізничної колії.

5. Руслло потребує чищення від дерев, чагарників, покіс трав, а також профілювання внаслідок акумуляцію ґрунтового наносу.

Необхідно виконати заходи з укріплення русла кам'яною накидкою, шар кам'яного матеріалу повинен складати до 0,5 м.

Кам'яне кріплення виконують у вигляді накиду або намощування. Воно призначене для захисту споруди, а також частин укосів. Дане кріплення просте, надійне, гнучке. Кам'яне кріплення складається з двох шарів: каменю та зворотного фільтру. В якості зворотного фільтру найчастіше використовується геотекстиль. Під час монтажу кам'яне кріплення не потребує спеціальної техніки, вкладання може здійснюватися вручну. Камінь є довговічним та недорогим матеріалом.

За необхідності розбирання насипу над трубою, необхідно врахувати, що існуюча аркова конструкція труби знаходиться в рівновазі за рахунок рівномірно ущільненого ґрунту, тобто власної ваги труби та насипу. Рекомендується передбачити проєктні заходи щодо забезпечення геометричної незмінності труби під час розбирання насипу та контроль геометричних параметрів елементів труби під час будівельних робіт, так як розбирання насипу може вивести з рівноваги існуючу систему.

6. Рекомендовано для підвищення довговічності водопропускної труби влаштувати металеву гофровану трубу методом гільзування із заповненням міжтрубного простору.

Висновки. Практична цінність отриманих результатів пов'язана з класифікацією виявлених дефектів та пропозицією з їх ремонту, так як дана споруда є унікальною та єдиною в своєму роді в Україні. Запропоновано заходи ремонту від класичних підходів зі збереженням першопочаткової споруди до ремонту із застосуванням сучасних методів гільзування, котрі є унікальними в своєму роді.

1. За результатами обстеження та виявленим дефектам водопропускної труби призначається технічний Стан 3 «Працездатний» [10] на межі із Станом 4 «Обмежено працездатний» [10]. Залишковий ресурс труби до переходу в Стан 5 «Не працездатний» [10] — 15 років. Рекомендований мінімальний ресурс труби після капітального ремонту — 25 років.

2. Враховуючи чину нормативно-правову базу методи визначення технічного стану водопропускних труб базуються, в першу чергу, на візуальному огляді. Інструментальні заміри є важливою складовою, але слугують опосередкованими ознаками для прийняття рішення експерта про технічний стан споруди в цілому, так і окремих елементів. Сучасна нормативна база України не передбачає чіткого поділу на кількісні та якісні заміри під час обстежень водопропускних труб, а також не має переліку обов'язкових контрольованих параметрів споруд.

3. Картка труби, що є обов'язковою для складання згідно з ДБН В.2.3-6-2009 [7], на сьогодні не враховує всіх особливостей існуючих труб, а особливо гофрованих та кам'яних. Картка труби не містить достатньо інженерно-технічних даних для прийняття попередніх проєктних рішень та підрахунку мінімальної очікуваної вартості з ремонтних робіт.

4. Загальна площа ремонтних робіт визначається із геометричних розмірів труби наведених на креслені. Враховуючи вік та технічний стан споруди рекомендується виконувати

капітальний ремонт із підсиленням по всій площі труби. Рекомендується передбачити проектні заходи щодо забезпечення геометричної незмінності труби під час розбирання насипу та контроль геометричних параметрів елементів труби під час будівельних робіт, так як розбирання насипу може вивести з рівноваги існуючу систему.

Відкриті питання. Актуальним відкритим науково-технічним питанням залишається недосконала нормативно-правова база з оцінювання та прогнозування технічного стану водопропускних труб на автомобільних та залізничних шляхах. Щодо мостових споруд, то це питання актуалізується за рахунок ДСТУ 9123:2021, що є переписаним ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009, який розроблено на кафедрі Мостів, тунелів та гідротехнічних споруд Національного транспортного університету.

Подяка. Колектив авторів виражає подяку за підтримку наукової роботи Хмельницькій дистанції колії регіональної філії «Південно – Західна залізниця» АТ «Українська залізниця», ФОП Цапок Ярослав Олегович та LLC Ukrainian Bridge Company.

Список літератури

1. Гаркуша М. В. Досвід експлуатації та особливості роботи водопропускних споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах. *Дороги і мости*. Київ, 2024. Вип. 29. С. 235 – 250. URL: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.29.235> (дата звернення 01.03.2025).
2. Коваль П. М., Фаль А. Є., Бабяк І. П., Сітдикова Т. М. Нормативне забезпечення проектування і будівництва споруд з металевих гофрованих конструкцій. *Дороги і мости*. Київ, 2008. Вип. 8. С. 154 – 158. URL: http://dorogimosti.org.ua/files/upload/Uz_21.pdf (дата звернення 01.03.2025).
3. Damian Beben (2020). *Soil-Steel Bridges. Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*. Springer Nature Switzerland AG 2020. P. 214. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34788-8> (дата звернення 01.03.2025).
4. Лучко Й. Й., Ковальчук В. В. Технічний стан транспортних споруд з металевих гофрованих конструкцій. *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. Дніпро, 2021. Вип. 19. С. 38–50. URL: <https://doi.org/10.15802/bttrp2021/233873> (дата звернення 01.03.2025).
5. Давиденко О. О., Гаркуша М. В., Козарчук І. А., Гаркуша І. Ю. Підходи техніко-економічного обґрунтування нового будівництва моста. *Вісник ХНАДУ*, Харків, 2024. Вип. 104. С. 96 – 106. URL: [10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.0.96](https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.0.96) (дата звернення 01.03.2025).
6. Transportation Research Circular E-C230 (2014). *Culverts and Soil-Structure Interaction: Fifty Years of Change and a Twenty-Year Projection*. Transportation Research Board, P. 57. [in English]. URL: <https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec230.pdf> (дата звернення 01.03.2025).
7. ДБН В.2.3-6:2009 Мости та труби. Обстеження і випробування. Чинний від 2010-03-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 43 с.
8. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. Чинний від 2010-03-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 52 с.
9. ДСТУ 9123:2021 Настанова з обстеження та випробування мостів і труб. Чинний від 2022-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 43 с.
10. ДСТУ Б В.2.3-24:2009 Труби дорожні. Обстеження та оцінювання технічного стану. Чинний від 2010-08-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 29 с.
11. ДСТУ Б В.2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю. Чинний від 2010-09-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 34 с.
12. ДБН В.2.3-14:2006 Мости і труби. Правила проектування. Чинний від 2007-02-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2006. 217 с.
13. Деякі питання виконання підготовчих і будівельних робіт: Постанова Кабінету Міністрів України від 13.04.2011 р. № 466: станом на 04 лют. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/466-2011-%D0%BF#Text> (дата звернення 01.03.2025).
14. ДСТУ Б В.3.1-2:2016 Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель і споруд. Чинний від 2017-04-01. Вид. офіц. Київ : ДП «НДІБК», 2016. 72 с.
15. Клименко Є. В., Білоус І. О. Методи підсилення кам'яних конструкцій. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса, 2014. Вип. 54. С. 153-158. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodaba_2014_54_28 (дата звернення 01.03.2025).

References

1. Harkusha M. V. (2024). Experience of operation and features of operation of culverts made of corrugated metal structures on highways. *Roads and Bridges*, 29, 235 – 250 [in Ukrainian]. URL: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.29.235>.
2. Koval P. M., Fal A. E., Babyak I. P., Sitdykova T. M. (2008). Regulatory support for the design and construction of structures made of corrugated metal structures. *Roads and Bridges*, 8, 154 – 158 [in Ukrainian]. URL: http://dorogimosti.org.ua/files/upload/Uz_21.pdf.

3. Damian Beben (2020). *Soil-Steel Bridges. Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*. Springer Nature Switzerland AG 2020. P. 214 [in English]. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-34788-8>
4. Luchko Y. Y., Kovalchuk V. V. (2021). Technical condition of transport structures made of corrugated metal structures. *Bridges and tunnels: theory, research, practice*, 19, 38–50 [in Ukrainian]. URL: <https://doi.org/10.15802/bttrp2021/233873>.
5. Davydenko O. O., Harkusha M. V., Kozarchuk I. A., Harkusha I. Yu. (2024). Approaches to the feasibility study of a new bridge construction. *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*, 104, 96–106 [in Ukrainian]. URL: [10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.0.96](https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.0.96)
6. Transportation Research Circular E-C230 (2014). *Culverts and Soil-Structure Interaction: Fifty Years of Change and a Twenty-Year Projection*. Transportation Research Board, P. 57. [in English]. URL: <https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec230.pdf>
7. Minregionalbud of Ukraine (2009). *Bridges and pipes. Inspection and testing*. (DBN V.2.3-6:2009). Kyiv [in Ukrainian].
8. Minregionalbud of Ukraine (2009). *Transport structures. Bridges and pipes. Basic design requirements*. (DBN V.2.3-22:2009). Kyiv [in Ukrainian].
9. State Enterprise «UkrNDNC» (2022). *Guidelines for the inspection and testing of bridges and pipes*. (DSTU 9123:2021). Kyiv [in Ukrainian].
10. State Enterprise «UkrNDNC» (2009). *Road pipes. Inspection and assessment of technical condition*. (DSTU B V.2.3-24:2009). Kyiv [in Ukrainian].
11. State Enterprise «UkrNDNC» (2009). *Building materials. Concretes. Determination of strength by mechanical methods of non-destructive testing*. (DSTU B V.2.7-220:2009). Kyiv [in Ukrainian].
12. Minregionalbud of Ukraine (2006). *Bridges and pipes. Design rules*. (DBN V.2.3-14:2006). Kyiv [in Ukrainian].
13. Some issues of carrying out preparatory and construction works: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine. (2011, April 13). № 466. (2025, February 04). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/466-2011-%D0%BF#Text>.
14. State Enterprise «NIIBK» (2016). *Repair and strengthening of load-bearing and enclosing building structures and foundations of buildings and structures*. (DSTU B V.3.1-2:2016). Kyiv [in Ukrainian].
15. Klymenko E. V., Bilous I. O. (2014). Methods of strengthening stone structures. *Bulletin of the Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 54, 153–158 [in Ukrainian]. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vodaba_2014_54_28.

Oleksandr Davydenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mykola Harkusha**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Igor Kozarchuk**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Pavlo Kazak**, **Yaroslav Tsapko**
National Transport University, Kyiv, Ukraine

Methods for Determining the Technical Condition of a Culvert With an Analysis of the Necessary Repair Work

Recently, there has been a deterioration in the condition of culverts, including those that were previously constructed, which is caused by the impact of the environment, physical wear and aging of materials and structures, increased axial loads, increased traffic flow, etc.

The importance of transport structures, due to factors such as their strategic location, calls for the need to find modern construction solutions that combine fast execution, low cost, and satisfactory service life.

Ongoing research and development in Europe include methods for determining the load-bearing capacity of existing bridges and structures; methodology for designing to assess fatigue resistance and ability to withstand cyclic loading; design methods for high-speed train load; life-cycle cost analysis, including consideration of environmental impact and the use of recycled materials.

Future European research includes modern corrosion protection systems; higher-grade steel; deeper, larger corrugations; alternative metals and other materials; improved connection systems; improved backfilling; online monitoring systems for structures.

Therefore, a current issue today is the use of modern approaches for carrying out repair measures with the application of effective repair materials to restore the operational properties of structures.

It is recommended to provide design measures to ensure the geometric invariability of the pipe during the dismantling of the embankment and control the geometric parameters of the pipe elements during construction work, since the dismantling of the embankment can bring the existing system out of balance.

An actual open scientific and technical issue remains the imperfect regulatory framework for assessing and predicting the technical condition of culverts on highways and railways.

The work determines the technical condition of culverts and provides recommendations for its repair.
culvert, defects, repair, technical condition

Одержано (Received) 17.04.2025

Прорецензовано (Reviewed) 14.05.2025

Прийнято до друку (Approved) 20.05.2025