

УДК 625.745.1-049.6

Н. О. ДАНКЕВИЧ^{1*}, М. В. П'ЯТНИЦЯ²

^{1*}Каф. «Промислове та цивільне будівництво», Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (066) 482 42 78, ел. пошта DankevichNatali28@gmail.com, ORCID 0000-0002-7146-9303

²Каф. «Промислове та цивільне будівництво», Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, пр. Соборний, 226, Запоріжжя, Україна, 69006, тел. +38 (050) 533 30 25, ел. пошта pytnitsa99@gmail.com, ORCID 0000-0003-1899-8991

Оцінка надійності та технічна діагностика мостової споруди через р. Верхня Хортиця у м. Запоріжжя

Мета. Автори мають на меті провести оцінку надійності та технічну діагностику мостової споруди, а також розробити методи усунення дефектів і відновлення експлуатаційної придатності пошкоджених будівельних конструкцій, оскільки більшість аварійних ситуацій виникає через незадовільний технічний стан споруд, конструкцій та їх значну зношеність унаслідок закінчення нормативного строку експлуатації. **Методика.** Важливу роль у дослідженні відіграє формування знань і вмінь використання сучасного інженерно-технічного підходу до проведення обстеження будівельних конструкцій з метою відновлення їх експлуатаційної придатності. Обстеження будівельних об'єктів проводять відповідно до правил, визначених відповідними нормативними актами. Дефекти і пошкодження описуються в матеріалах обстежень із зазначенням можливих причин їх появи та прогнозування їх подальшого впливу на надійність і довговічність споруди. **Результати.** У роботі проведено аналіз наукових досліджень і нормативних документів, які відображають проблему підвищення безпеки експлуатації будівель і споруд та виконання оцінювання технічного стану конструкцій. Застосовано методи оцінки надійності й технічної діагностики мостових споруд. Обґрунтовано результати обстеження та розроблено рекомендації, щодо забезпечення експлуатаційної придатності та підвищення ресурсу пошкоджених конструкцій об'єкта дослідження. **Наукова новизна.** На основі проектно-технологічної документації, нормативної бази, наукових досліджень отримано модель грамотної систематизації даних з обстеження споруд. Звернено увагу на своєчасне проведення капітального ремонту, а також поточного середнього ремонту для поліпшення технічного стану елементів мосту, а в ряді випадків – і цілої споруди. **Практична значимість.** Застосування методів обстеження – візуального та інструментального – дозволило сформулювати висновки і рекомендації, орієнтовані на широке впровадження в практику оцінки надійності й технічного стану споруд.

Ключові слова: мостові споруди; аварійний стан; технічний стан; контрольовані параметри; безпека експлуатації; надійність

Вступ

Більшість аварійних ситуацій виникає через незадовільний технічний стан споруд, конструкцій та їх значну зношеність унаслідок закінчення нормативного строку експлуатації – нормативного ресурсу, невиконання нормативних обсягів планово-попереджувальних ремонтів, порушення регламенту експлуатації та недостатня надійність функціонування в умовах екстремальних природних явищ.

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 05.05.97 № 407 усі об'єкти виробничого, громадського, складського призначення, інженерно-технічні споруди, а також інженерні

мережі, із метою забезпечення їх надійності, безпечної експлуатації та запобігання аваріям на них, підлягають паспортизації та технічному обстеженню із залученням відповідних науково-дослідних і проектних організацій [3, 10, 12–14].

Проблема оцінки та прогнозу безпечного строку експлуатації пішохідних мостів у Запорізькій області, із якою стикається і вся країна в цілому, є особливо вагомим через значну кількість несприятливих причин, а саме: нестабільне економічне та фінансове становище; майже останнє місце в Європі за розвитком дорожньої мережі; малий строк служби залізобетонних

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

прогонових споруд мостів; відсутність належної системи експлуатації та інші.

У зв'язку зі збільшення пішохідного потоку та строку експлуатації пішохідних мостів в Україні, зростає необхідність активізації робіт із ремонтів мостів та вдосконалення системи їх утримання.

Мета

Оскільки ремонтним роботам передують обстеження, обробка отриманої інформації та викладення її у вигляді паспорта й технічного звіту про стан споруди, потрібно мати чітке уявлення про структуру та основні аспекти оформлення цих документів згідно із сучасними нормативами. Важливо, щоб роботи з обстеження також здійснювали на підставі чинної нормативної бази [2, 3, 11, 14].

Тому метою цієї роботи є оцінка, розробка методів усунення дефектів і відновлення експлуатаційної придатності пошкоджених будівельних конструкцій пішохідного мосту через річку Верхня Хортиця в м. Запоріжжя, а також формування рекомендацій щодо подальшої безпечної експлуатації наявних будівельних конструкцій споруди.

Методика

Обстеження будівельних об'єктів проводять відповідно до правил, закріплених відповідними нормативними актами. Обстеження мостів є однією зі складових технічної експлуатації, що забезпечує належний рівень надійності й довговічності згідно з ДСТУ–Н Б В.2.3–23:2012.

Обстеження мостів проводять згідно з програмою, розробленою виконавцем робіт і узгодженою з власником споруди. Програму робіт можна коригувати в процесі виконання обстеження, якщо цього вимагають отримані під час обстеження дані. Інформація, отримана в процесі обстеження, повинна відображати рівень деградації й тенденцію розвитку дефектів. Вона має бути достатньо повною, щоб виконати класифікацію технічного стану споруди й оцінити вартість усунення дефектів [1, 2, 9, 10, 14].

Дефекти й пошкодження описують у матеріалах обстежень із зазначенням можливих причин їх появи та прогнозу їх подальшого впливу

на надійність і довговічність споруди. Найбільш небезпечні й характерні пошкодження та дефекти фотографують. Геодезичну зйомку моста та його елементів проводять для оцінки відповідності положення споруди в плані та профілі, зазначених у проєктній, виконавчій або експлуатаційній технічній документації.

Підсумковим результатом обстеження є оцінка технічного стану мостової споруди, яку визначають шляхом усебічного аналізу даних, отриманих під час обстеження і випробування, та за показниками її основних властивостей (довговічності, безпеки та ін.) з урахуванням результатів аналізу і класифікації наявних дефектів за категоріями.

Загальну оцінку стану мостової споруди (узгальнений показник стану споруди) використовують для визначення правильної стратегії ремонту, а також для визначення режиму експлуатації споруди [2, 3, 10, 12–14].

Технічне обстеження будівельних конструкцій на об'єкті «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця, вул. Героїв 37-го батальйону – вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя» виконано за договором із замовником, у якому вказані елементи об'єкта, що підлягають обстеженню, завдання й терміни виконання робіт.

Споруда розрахована на пропуск пішохідних потоків над річкою Верхня Хортиця.

У плані міст розташований перпендикулярно до русла річки Верхня Хортиця (рис. 1).

Для оцінки технічного стану в обсяг обстеження увійшли такі конструктивні елементи споруди: мостове полотно; прогонові споруди; опори; підходи; укоси; русло.

Конструктивно міст виконано за балковою нерозрізною схемою однопрогоновим, з обпиранням прогонових конструкцій на залізобетонні плити та залізобетонні блоки опор. Повна довжина мосту за зовнішніми гранями прогонової споруди становить 12,4 м. Ширина по верху прогонової споруди – 1,5 м, належить до класу наслідків СС1, нормативне навантаження 0,4 т/м². Споруда розташована в Дніпровському районі міста Запоріжжя. Природно-кліматична характеристика майданчика розташування мосту, належить до II кліматичного району згідно з ДСТУ–Н Б В.1.1–27:2010.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО



Рис. 1. Ситуаційний план пішохідного мосту через р. Верхня Хортиця

Fig. 1. Situational plan of the pedestrian bridge across the Verkhnia Khortytzia River

Споруда має горизонтальний поздовжній профіль. Рух пішоходів здійснюється по одній смузі. Покриття мосту – сталевий просічно-втяжний лист. Організований водовідвід з поверхні не запроєктовано. Водовідведення з поверхні відбувається за рахунок отворів у просічно-втяжному листі покриття. Штучне освітлення споруди – відсутнє. На момент обстеження споруда перебуває в експлуатації. Функціональне призначення відповідає проекту.

Загальний вигляд мосту наведено на рис. 2, ситуаційний план – рис. 1.



Рис. 2. Загальний вигляд пішохідного мосту через р. Верхня Хортиця, м. Запоріжжя

Fig. 2. General view of the pedestrian bridge across the Verkhnia Khortytzia River, Zaporizhzhia

Програмою обстеження проведення інженерно-геологічних вишукувань не передбачено. Класифікація технічного стану споруди визначена відповідно до ДСТУ–Н Б В.2.3.–23:2012.

Програма обстеження передбачала виконання таких робіт:

1) Загальне обстеження споруди, умов експлуатації.

2) Виконання обмірювальних робіт і складання креслень.

3) Зовнішній огляд і виявлення пошкоджень, дефектів, геометричних характеристик конструкцій, а також встановлення відповідності вузлів сполучення вимогам норм проектування. Фотографування та виконання необхідних ескізів пошкоджень, дефектів, а також інших невідповідностей вимогам будівельних норм за результатами зовнішнього огляду.

4) Вивчення результатів зовнішнього огляду та інструментального вимірювання.

2) Оцінювання технічного стану мосту в цілому для рангування споруди за потребою експлуатаційних заходів.

У процесі обстеження будівельних конструкцій використано такі прилади та інструменти:

1) далекомір лазерний ручний Leica Disto D2, діапазон вимірювань 0,05–150,0 м, похибка $\Delta = \pm 1,5$ мм;

2) рулетка вимірювальна металева Р10УЗК, діапазон вимірювань 0–10000 мм, ціна поділки 1 мм, 3 кл.;

3) цифрова фотокамера;

4) рейка нівелірна РН–3;

5) нівелір НН–3П.

За результатами обстеження технічного стану споруди через р. Верхня Хортиця, між вул. Героїв 37-го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя, складено відомість дефектів, у якій наведені основні дефекти й пошкодження, а також заходи, щодо їх усунення. За результатами експертизи буде підготовлено експертний звіт, на вимогу замовника – паспорт технічного стану будівлі.

Результати

Для досягнення поставленої мети проведено аналіз праць як вітчизняних, так і закордонних науковців, обґрунтовано вибір нормативної

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

бази, використано матеріали натурних обстежень мостів подібних конструкцій, які експлуатуються на території Запорізької області.

Дослідження проводилось аналітичним та експериментальним методом відповідно до чинних нормативних документів. У ході обстеження сформована відомість основних дефектів (табл. 1).

Таблиця 1

Відомість дефектів пішохідного мосту

Table 1

Defect list of the pedestrian bridge		
№ з/п	Найменування дефектів та пошкоджень	Заходи щодо їх усунення
1. Мостове полотно		
1	Деформація, недостатня жорсткість листа покриття мосту (рис.3)	Замінити листи покриття мосту
2	Огорожа (перила) мостової споруди не відповідає нормативним вимогам (рис. 4)	Виконати огорожу згідно з ДСТУ Б В.2.3–11–2004
3	Відсутність освітлення на всій території споруди	Установити опору освітлення
4	Корозія поверхні металевих конструкцій мосту (рис. 5)	Очистити елементи від продуктів корозії, покрити захисною антикорозійною сумішшю й пофарбувати
2. Прогонові споруди		
5	Проростання дерев та чагарників у безпосередній близькості до прогонових споруди (рис. 6)	Провести вирубку дерев і кущів, що знаходяться на відстані менше ніж 3,0 метри від конструктивних елементів споруди

Продовження табл. 1

Continuation of Table 1

№ з/п	Найменування дефектів та пошкоджень	Заходи щодо їх усунення
6	Корозія поверхні металевих конструкцій мосту	Очистити елементи від продуктів корозії, покрити захисною антикорозійною сумішшю й пофарбувати
3. Опори		
7	Розмив та зсув фундаментних блоків через підвищенні рівня річкової води (рис. 7)	Установлення фундаментних блоків у проєктне положення, укріплення основи фундаментів
4. Фундаменти		
8	Пошкодження споруди, викликаних незадовільним станом фундаменту, у ході обстеження не виявлено	
5. Підходи		
9	Відсутність освітлення на всій території споруди	Установити опору освітлення
10	Розмиття ґрунту підходів до мосту через відсутність організованого водовідведення та належного покриття (рис. 8)	Виконати організоване водовідведення на підходах до мосту
11	Відсутність пандуса, належного підходу до мосту	Установити пандус на підході до мосту
6. Русло		
12	Замулення, проростання рослинності, засмічення русла річки (рис. 9)	Розчистити русло від рослинності та сміття

Для визначення стану основних бетонних конструктивних елементів (залізобетонні підпірні стіни) необхідно встановити міцність бетону за допомогою ударно-імпульсного вимірювача для контролю міцності бетону «Онiкс–2.5».

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО



Рис. 3. Деформація, недостатня жорсткість листа покриття мосту

Fig. 3. Deformation, insufficient rigidity of the sheet covering the bridge



Рис. 4. Огорожа (перила) мостової споруди

Fig. 4. The fence (railing) of the bridge structure



Рис. 5. Корозія поверхні металевих конструкцій

Fig. 5. Corrosion of the surface of metal structures



Рис. 6. Проростання дерев та чагарників у безпосередній близькості до прогонових споруд

Fig. 6. Germination of trees and shrubs in the immediate vicinity of the outbuildings



Рис. 7. Розмив та зсув фундаментних блоків через підвищення рівня річкової води

Fig. 7. Erosion and displacement of foundation blocks with increasing summer water level



Рис. 8. Розмиття ґрунту підходів до мосту через відсутність організованого водовідведення та належного покриття

Fig. 8. Soil erosion of approaches to the bridge due to the absence of organized drainage and proper coverage of the bridge



Рис. 9. Замулення, проростання рослинності, засмічення русла річки

Fig. 9 Siltation, germination of vegetation, clogging of the riverbed

За результатами обстеження та відповідно до експертної експлуатаційної оцінки стан споруди пішохідного мосту через р. Верхня Хортиця, між вул. Героїв 37-го батальйону й вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя, можна визначити як середньозважене значення експлуатаційного стану груп конструктивних елементів споруди, згідно з п. 7 ДСТУ–Н Б В.2.3–23:2012:

$$E = \frac{80(5 - \sum_{i=1}^{i=7} \alpha_i D_i)}{4} + 20, \quad (1)$$

де D_i – номер експлуатаційного стану групи конструктивних елементів споруди згідно з класифікаційною; α_i – коефіцієнт впливу стану i -го елемента на загальний стан споруди (нормалізовані коефіцієнти ваги), $i = 1, 2, \dots, 7$.

Згідно з розрахунком, експертна експлуатаційна оцінка (рейтинг) споруди в цілому за таблицею 4.1 ДСТУ–Н Б В.2.3–23:2012 становить $E=72$ (стан 3, працездатний).

Додаткового аналізу вимагають питання, пов'язані з розробкою технічного паспорта споруди за результатами експертизи.

Наукова новизна та практична значимість

Отримано модель грамотної систематизації даних з обстеження споруд із використанням наукових та нормативних джерел. Звернено увагу на своєчасне проведення капітального ремонту, а також поточного середнього ремонту для поліпшення технічного стану елементів мосту, а у ряді випадків і цілої споруди.

Розроблена методика допомагає систематизувати й полегшити роботу з ведення обліку та виконання ремонту дефектів споруд.

Висновки

Як показують результати проведеного обстеження, виявлені дефекти й пошкодження будівельних конструкцій об'єкта «Пішохідний міст через р. Верхня Хортиця, вул. Героїв 37-го батальйону – вул. Зачиняєва, м. Запоріжжя» пов'язані відсутністю належної системи спостереження й технічного обслуговування.

У ході обстеження виконано обмірні роботи з уточненням габаритних розмірів і складу перетинів елементів, проведено зіставлення фактичної конструктивної схеми будови з проектним рішенням, а також здійснено оформлення ескізів та фотозйомку виявлених дефектів і пошкоджень.

На підставі аналізу результатів обстеження конструкцій об'єкта, характеру та місця розташування дефектів і пошкоджень можна вважати, що запас міцності несучої здатності досліджуваної споруди в цілому недостатній.

У цілому споруда, з огляду на характер пошкоджень та їх вплив на експлуатаційну придатність, перебуває у працездатному стані та підлягає подальшій експлуатації за умови обов'язкового проведення планових обстежень, скорочення термінів між періодичними оглядами, виконання поточних ремонтів. За необхідності слід обмежувати швидкість руху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Банах В. А., Павлов І. Д., Радкевич А. В., Арутюнян І. А., Бичевий П. П., Мальований І. В., ... Афанасьєв В. В. *Наукові основи розвитку будівельної галузі України* : монографія. Запоріжжя : Вид-во ЗДІА, 2017. 460 с.
2. Бондар Л., Коваль П., Степанов С. Обстеження мостів та вдосконалення критеріїв планів з обстеження. *Дороги і мости*. 2017. Вип. 17. С. 42–53. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2017.17.042>
3. Барашиков А. Я., Малишев О. М. *Оцінювання технічного стану будівельних та інженерних споруд*. Київ : Основа, 2008. 320 с.
4. *ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування*. [Чинний від 2009-11-11]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 63 с.
5. *ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування*. [Чинний від 2014-10-06]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 206 с.
6. *ДСТУ Б В.2.6-193:2013. Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування*. [Чинний від 2013-08-08]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 49 с.
7. *ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів*. [Чинний від 2012-12-28]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 55 с.
8. *ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія*. [Чинний від 2010-12-16]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 123 с.
9. Малишев О. М. *Технічне обстеження та нагляд за безпечною експлуатацією будівель та інженерних споруд*. Київ : Відлуння, 2007. 708 с.
10. Плоский В. О., Гетун Г. В., Вироцький В. *Технічна експлуатація та реконструкція будівель*. Кам'янець-Подільський : Рута, 2018. 750 с.
11. Пшінько О. М., Зінкевич А. М., Савицький М. В. *Відновлення експлуатаційної придатності бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій* : навч. посіб. Дніпро : Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2018. 224 с.
12. Якименко О. В., Кітьова К. О. *Технічна експлуатація будівель та споруд* : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 247 с.
13. Ratay R. T. *Ratay Structural Condition Assessment*. New York, United States : John Wiley, 2005. 712 p.
14. Schmid K. F. *Building Inspection Manual: A Guide for Building Professionals for Maintenance, Safety, and Assessment*. New York : Momentum Press, 2014. 268 p.

N. O. DANKEVYCH^{1*}, M. V. PIATNYTSIA²

^{1*}Dep. «Industrial and Civil Engineering», Engineering Educational and Scientific Institute, Zaporizhzhia National University, Sobornyi Av., 226, Zaporizhzhia, Ukraine, 69006, tel. +38 (098) 272 90 77, e-mail DankevichNatali28@gmail.com, ORCID 0000-0002-7146-9303

²Dep. «Industrial and Civil Engineering», Engineering Educational and Scientific Institute, Zaporizhzhia National University, Sobornyi Av., 226, Zaporizhzhia, Ukraine, 69006, tel. +38 (050) 533 30 25, e-mail pytnitsa99@gmail.com, ORCID 0000-0003-1899-8991

Reliability Assessment and Technical Diagnostics of the Bridge Structure across the Verkhnia Khortytsia River in Zaporizhzhia

Purpose. The authors aim to assess the reliability and technical diagnostics of the bridge structure, as well as to develop the methods for eliminating defects and restoring the serviceability of damaged building structures, as most accidents occur due to unsatisfactory technical condition of structures and their significant wear due to expiration of the standard service life. **Methodology.** An important role in the study is played by the formation of knowledge and skills of using a modern engineering approach to the survey of building structures in order to restore their serviceability. Inspections of construction sites are carried out in accordance with the rules set by the relevant regulations. Defects and damages are described in inspection materials with the indication of the possible reasons of their occurrence and forecasting their further influence on reliability and durability of construction. **Findings.** The analysis of scientific research and normative documents reflecting a problem of the operation safety increase of buildings and structures

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

and estimation of a technical condition of structures is carried out in work. Methods of assessment of reliability and technical diagnostics of bridge constructions are applied. The results of the inspection are substantiated and recommendations are developed to ensure the serviceability and increase the service life of damaged structures of the object of study. **Originality.** Based on the design and technological documentation, normative base, scientific research, the model of competent systematization of the construction inspection data is obtained. Attention is paid to the timely major, as well as current medium repairs to improve the technical condition of the bridge elements, and in some cases the entire structure. **Practical value.** Application of the survey methods – visual and instrumental – allowed formulating the conclusions and recommendations aimed at widespread implementation in practice of assessing the reliability and technical condition of structures.

Keywords: bridge structures; emergency condition; technical condition; controlled parameters; operational safety; reliability

REFERENCES

1. Banakh, V. A., Pavlov, I. D., Radkevich, A. V., Arutiunian, I. A., Bichevoy, P. P., Malovanyi, I. V., ... & Afanasiev, V. V. (2017). *Naukovi osnovy rozvytku budivel'noji ghaluzi Ukrainy: monohrafija*. Zaporizhzhia: Vydavnytstvo ZSEA. (in Ukrainian)
2. Bodnar, L., Koval, P., & Stepanov, S. (2017). Inspection of bridges and improvement of the criteria of bridges inspections schedules. *Roads and Bridges*, 17, 42-53. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2017.17.042> (in Ukrainian)
3. Barashykov, A. Ja., & Malyshev, O. M. (2008). *Ocinjuvannja tekhnichnogo stanu budivel'nykh ta inzhenernykh sporud*. Kyiv: Osnova. (in Ukrainian)
4. *Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennja i vyprovuvannja*, 63 DBN V.2.3-6:2009. (2009). (in Ukrainian)
5. *Stalevi konstrukciji. Normy proektuvannja*, 206 DBN V.2.6-198:2014. (2014). (in Ukrainian)
6. *Zakhyst metalevykh konstrukcij vid koroziji. Vymohy do proektuvannja*, 49 DSTU B V.2.6-193:2013. (2013). (in Ukrainian)
7. *Nastanova z ocinjuvannja i prohnozuvannja tekhnichnogo stanu avtodorozhnykh mostiv*, 55 DSTU-N B V.2.3-23:2012. (2012). (in Ukrainian)
8. *Budivel'na klimatologhija*, 123 DSTU-N B V.1.1-27:2010. (2010). (in Ukrainian)
9. Malyshev, O. M. (2007). *Tekhnichne obstezhennja ta nahliad za bezpechnoiu ekspluatatsiieiu budivel' ta inzhenernykh sporud*. Kyiv: Vidlunnja. (in Ukrainian)
10. Ploskyi, V. O., Hetun, H. V., & Vyrotskyi, V. (2018). *Tekhnichna ekspluatatsiia ta rekonstruktsiia budivel'*. Kamianets-Podilskyi: Ruta. (in Ukrainian)
11. Pshinko, O. M., Savitsky, M. V., & Zinkevich, A. M. (2018). *Vidnovlennja ekspluatatsiinoi prydatnosti betonnykh, zalizobetonnykh y kam`yanykh konstruktsii: navchalnyi posibnyk*. Dnipro: Dnipro National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. (in Ukrainian)
12. Yakimenko, O. V., & Kikyova, K. O. (2019). *Tekhnichna ekspluatatsiia budivel' ta sporud: navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: O. M. Beketov NUUE. (in Ukrainian)
13. Ratay, R. T. (2005). *Ratay Structural Condition Assessment*. New York, United States: John Wiley. (in English)
14. Schmid, K. F. (2014). *Building Inspection Manual: A Guide for Building Professionals for Maintenance, Safety, and Assessment*. New York: Momentum Press. (in English)

Надійшла до редколегії: 31.03.2021

Прийнята до друку: 02.08.2021