

УДК 69.059.1

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261223.136.1016

АНАЛІЗ МЕТОДІВ МОНІТОРИНГУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ЗАКОНОДАВЧИХ І НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

ШАТОВ С. В.^{1*}, *докт. техн. наук, доц.*,
БОГАЧЕНКО С. В.^{2*}, *асп.*

^{1*} Кафедра будівельних і дорожніх машин, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-73, e-mail: shatov.serhii@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

^{2*} Кафедра технології будівельного виробництва, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Архітектора Олега Петрова, 24-а, 49005, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-76, e-mail: bohachenko.serhii@pdaba.edu.ua, ORCID ID 0000-0003-4787-8737

Анотація. Постановка проблеми. Стабільність і безпека будівель та споруд безпосередньо залежать від технічного стану їх конструкцій. Для попередження виникнення аварійних ситуацій необхідно підтримувати конструкції в працездатному стані, що досягається шляхом оцінювання їх відповідності нормативним та проектним вимогам. Відповідно постає питання в розгляді існуючих методів моніторингу та законодавчих і нормативних документів пов'язаних з оцінкою технічного стану, яка розглядається в контексті складової моніторингу. **Мета** роботи – вивчення положень законів і нормативних документів, пов'язаних із моніторингом технічного стану будівель та споруд, огляд існуючих методів моніторингу та визначення подальшого напрямку дослідження з удосконалення інструментарію для ведення моніторингу. **Висновки.** Моніторинг і оцінювання технічного стану будівель та споруд являються невід'ємною частиною сучасної інженерної практики, які закріплені як на законодавчому рівні, так і в нормативних документах будівельної галузі. Аналіз показав, що для проведення безперервного моніторингу технічного стану наявні готові рішення як приладів вимірювання, так і програмного забезпечення. Під час виконання моніторингу, оснований на періодичному оцінюванні технічного стану, найменш розвинутими виявились інформаційні системи, які забезпечують збір, систематизацію, обробку, зберігання, доступ, відображення і розповсюдження даних про стан конструкцій будівель і споруд у різні періоди будівництва та експлуатації.

Ключові слова: оцінка технічного стану; моніторинг технічного стану; експлуатація будівель та споруд

ANALYSIS OF THE METHODS OF MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDING STRUCTURES AND LEGISLATIVE AND REGULATORY DOCUMENTS

SHATOV S.V.^{1*}, *Dr Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
BOGACHENKO S.V.^{2*}, *Postgrad. Stud.*

^{1*} Department of Construction and Road Vehicles, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-33-73, e-mail: shatov.serhii@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

^{2*} Department of Construction and Road Vehicles, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Architect Oleh Petrov St., Dnipro, 49005, Ukraine, tel. +38 (056) 756-34-76, e-mail: bohachenko.serhii@pdaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-4787-8737

Abstract. Formulation of the problem. The stability and safety of buildings and structures directly depend on the technical condition of their structures. To prevent the occurrence of emergency situations, it is necessary to maintain structures in a working condition, which is achieved by assessing their compliance with regulatory and project requirements. Accordingly, the question arises in the consideration of existing monitoring methods and legislative and regulatory documents related to the assessment of the technical condition, which is considered in the context of the monitoring component. **The purpose** of this work is to study the provisions of laws and regulatory documents related to the monitoring of the technical condition of buildings and structures, review existing monitoring methods and determine the further direction of research to improve monitoring tools. **Conclusions.** Monitoring and assessment of the technical condition of buildings and structures are an integral part of modern engineering practice, which are prescribed at the legislative level and in regulatory documents of the construction industry. The analysis of monitoring methods showed

that there are ready-made solutions for both measuring devices and software for automated continuous monitoring of the technical condition. When performing monitoring based on a periodic assessment of the technical condition, the least developed are the information systems that provide collection, systematization, processing, storage, access, display and distribution of data on the condition of construction structures of buildings and structures in different periods of construction and operation.

Keywords: *assessment of technical condition; monitoring of technical condition; exploitation of buildings and structures*

Постановка проблеми. Фонд нерухомого майна в Україні включає в себе значну кількість будівель та споруд (БтаС), які експлуатуються у понадпроектний період, крім цього, частина нерухомого майна пошкоджена в результаті бойових дій. Також у процесі модернізації БтаС можливе збільшення навантаження на основні несні конструкції, ґрунтову основу. Ці фактори потенційно збільшують ризик виникнення аварійних ситуацій, наслідки яких можуть набувати техногенної, соціальної та культурної значимості.

З огляду на вищесказане особливого значення набуває проблема контролю технічного стану будівель та споруд із метою попередження виникнення аварійних ситуацій і обґрунтованості вибору комплексу інженерних заходів щодо їх недопущення. При цьому очевидно, що контроль технічного стану несучих конструкцій повинен мати систематичний характер і дозволяти здійснювати оцінення змін, що відбуваються, на основі кількісних параметрів, тобто базуватися на процедурах виявлення відповідності конструктивних елементів нормативним вимогам.

Аналіз публікацій. Методи моніторингу та обстеження технічного стану будівель і споруд висвітлені у книгах [1; 9; 12], наукових публікаціях та дослідженнях [2; 10; 13]. Так, у публікації [10] моніторинг, оснований на періодичному оціненні технічного стану, автори пропонують використовувати для звичайних БтаС, але виключають таку можливість для висотних будівель через надмірну трудомісткість і високу вартість виконання великого об'єму обстежень. Для висотних будівель пропонується застосовувати динамічні методи зондування будівель і споруд, що ґрунтуються на вимірюванні періодів і логарифмічних декрементів власних коливань їх несних конструкцій,

при цьому не наводяться відомості щодо нормативної бази, яка регулює проведення моніторингу з використанням автоматизованих систем.

Мета роботи – аналіз законодавчих і нормативних документів, пов'язаних з оціненням технічного стану як складової моніторингу, та аналіз існуючих методів моніторингу технічного стану БтаС із визначення потенційного напрямку вдосконалення елементів моніторингу.

Результати досліджень. Моніторинг тісно пов'язаний з оціненням технічного стану (ОТС) БтаС, оскільки результати ОТС можуть використовуватися як вихідні дані для моніторингу.

В Україні основні законодавчі документи, які регламентують проведення оцінення технічного стану будівель та споруд, – це Закон України про регулювання містобудівної діяльності [1], Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва [11].

Згідно з п. 2 Порядку [11], рішення про необхідність проведення обстеження об'єктів приймає їх власник або управитель. Однак згідно з ч. 3 ст. 392 Закону України [1] та п. 3 Порядку [11] об'єкти навчальних закладів, закладів культури, фізичної культури і спорту, медичного й оздоровчого призначення, будівлі адміністративного призначення, а також об'єкти інженерної, транспортної інфраструктури, об'єкти енергетики, що за класом наслідків (відповідальності) належать до об'єктів із середніми та значними наслідками, багатоквартирні житлові будинки незалежно від класу наслідків підлягають обов'язковому обстеженню.

Таким чином на законодавчому рівні регламентується проведення обстеження технічного стану всіх видів будівель та споруд.

Обстеження технічного стану існуючих будівельних об'єктів має обов'язковий характер відповідно до таких державних будівельних норм:

- згідно з п. 4.1 ДБН [3] не допускається розроблення проектної документації без інженерних вишукувань, які повинні бути виконані відповідно до ДБН А.2.1-1 на нових земельних ділянках, а під час реконструкції й капітального ремонту об'єктів – без уточнення раніше виконаних інженерних вишукувань та інструментального обстеження об'єктів;

- згідно з п. 5.1 [5] рішення щодо необхідності ремонту або підсилення будівельних конструкцій з метою відновлення чи збільшення їх несної здатності та експлуатаційної придатності приймається на основі даних, отриманих при їх обстеженні згідно з ДСТУ-Н Б В.1.2-18, інженерних вишукувань, виконаних згідно з ДБН А.2.1-1 а також з урахуванням результатів перевірок розрахунків, виконаних згідно з відповідними нормативними документами;

- у п.п. 13.1-13.2 ДБН [4] зазначено, що при проектуванні реконструкції і капітального ремонту багатоповерхових житлових будинків слід забезпечувати збереження і можливість функціонування протягом усього періоду використання за призначенням з урахуванням фактичного стану основ і конструктивних елементів згідно з ДСТУ-Н Б В.1.2-18, СОУ ЖКГ 75.11-35077234.0015, а моніторинг технічного стану відповідальних конструкцій А1 та А й інженерних систем слід проводити на основі контролю, передбаченого прийнятою системою спостереження і паспортизації будинку на етапі його експлуатації. Також згідно з п. 13.4 ДБН [4] для розроблення конструктивних рішень висновки про технічний стан несних конструкцій за результатами обстежень обов'язковий.

Основні нормативні документи, які встановлюють вимоги до проведення технічного обстеження БтаС, – це ДСТУ [6; 7]. У ДСТУ [7] також встановлені вимоги щодо проведення моніторингу технічного стану об'єктів нерухомості та їх

конструктивних елементів. Так, згідно з п. 8 ДСТУ [7] моніторинг технічного стану може проводитись шляхом безперервного або періодичного спостереження з метою:

- контролю та оцінювання впливу природних, техногенних, антропогенних та інших факторів на технічний стан об'єкта, прилеглої забудови та навколишнього середовища;

- виявлення в об'єктах негативних змін напружено-деформованого стану, за наявності яких об'єкт слід детально обстежити для визначення та оцінювання їх технічного стану;

- забезпечення безпечного функціонування об'єктів за рахунок своєчасного виявлення на ранній стадії негативних змін напружено-деформованого стану конструкцій та ґрунтів основ, які можуть спричинити перехід об'єктів у непридатний до нормальної експлуатації або аварійний стан;

- відстеження міри і швидкості зміни технічного стану об'єкта для здійснення у разі потреби екстрених заходів із запобігання його обваленню.

Слід зазначити, що для об'єктів класу наслідків (відповідальності) СС3 моніторинг технічного стану обов'язковий згідно з п. 4.10 та 8.4.4 ДСТУ [7].

Таким чином, на законодавчому рівні закріплена вимога про необхідність технічного обстеження БтаС, в будівельних нормах додатково прописані вимоги до проведення моніторингу технічного стану будівельних конструкцій та будівель/споруд у цілому.

Безперервний моніторинг оснований на використанні автоматизованих систем, які виконують збір, обробку та збереження інформації в режимі реального часу.

До основних етапів проведення безперервного моніторингу відносять: збір та аналіз наявної технічної документації; визначення необхідних контрольованих параметрів; розроблення розрахункової моделі; вибір видів фізичних вимірювань, кількості і місць розташування датчиків; розроблення програми моніторингу; розроблення та реалізацію проекту з улаштування автоматизованої системи моніторингу; збір даних вимірювань, їх

аналіз та прогнозування змін контрольованих параметрів.

Сучасні автоматизовані системи моніторингу включають в себе такі компоненти: мережа вимірювальних пристроїв (датчики); обладнання для збору і передачі інформації; програмне забезпечення для обробки даних; програмне забезпечення для інтерпретації даних та діагностування.

Найбільш поширені датчики автоматизованих систем моніторингу:

- датчики деформації – застосовуються для вимірювання деформацій, викликаних зовнішніми силами, які впливають на нерухомі конструкції. Стандартом для довготривалого моніторингу повільно мінливих деформацій в будівельних конструкціях є струнні тензометри, що зберігають працездатність протягом десятиліть [14];

- датчики тиску – використовуються для контролю тиску в ґрунтах основи будівлі, що має особливо велике значення на стадії будівництва і на стадії експлуатації у разі збільшення поверховості об'єкта;

- щілиноміри (маяки) – найсучасніші маяки виконуються на основі електронних компонентів, наприклад, тензодатчиків або з використанням оптичних технологій. Крім безпосереднього вимірювання величини розкриття тріщини, вони можуть збирати інформацію про температуру, вологість і інші параметри;

- акселерометри – вимірюють коливання несних конструкцій і об'єкта в цілому. За допомогою акселерометрів контролюють критичні значення частот будівлі, тим самим відслідковуючи стан несних конструкцій об'єкта;

- інклінометри – контролюють відхилення об'єкта від вертикалі в системах стабілізації кутового положення та реєструють кутові переміщення об'єкта;

- тахеометри – вимірюють відстань, горизонтальні та вертикальні кути.

До обладнання для збору і передачі інформації відносять:

- сервери – забезпечують збереження інформації;

- даталогери – записують у внутрішню пам'ять, на зовнішні сховища або передають в хмарний сервіс дані;

- мультиплексори – забезпечують почергову передачу на один вихід декілька вхідних сигналів;

- кабельна мережа, GPRS-модеми, Wi-Fi – забезпечує передачу даних.

Програмне забезпечення в автоматичному режимі виконує обробку, інтерпретацію даних та дозволяє відображати інформацію в режимі реального часу на автоматизованих робочих місцях (АРМ).

Принципова схема взаємодії між компонентами автоматизованої системи моніторингу наведена на рисунку.



Рис. Принципова схема автоматичної системи моніторингу

Слід зазначити, що наразі існує значна кількість як виробників вимірювальних приладів, так і розробників програмного забезпечення, які здатні забезпечити комплексний моніторинг Бтас (гідротехнічний, геодезичний та інженерно-будівельний). Основні переваги та недоліки безперервного моніторингу технічного стану будівель та споруд наведені в таблиці 1.

Моніторинг, оснований на періодичному оцінюванні технічного стану об'єктів, найбільше поширений на території України.

До основних етапів періодичного моніторингу належать:

- 1) Первинне обстеження технічного стану будівельних конструкцій та елементів з оціненням їх технічного стану:

- збір та аналіз наявної технічної документації;

- проведення візуального обстеження з фіксацією видів та параметрів пошкоджень конструкцій. Виявлення явних та можливих

причин виникнення пошкоджень та дефектів;

– проведення інструментального обстеження руйнівними та неруйнівними методами;

– аналіз відповідності фактичної та проектної конструктивних схем;

– складання звіту.

2) Розроблення програми моніторингу.

3) Проведення запланованих обстежень технічного стану будівельних конструкцій та елементів з оціненням їх технічного стану.

4) Аналіз динаміки змін контрольованих параметрів та прогнозування зміни технічного стану.

Таблиця 1

Переваги та недоліки безперервного моніторингу технічного стану будівель та споруд

№ п/п	Переваги	Недоліки
1	Можливість відстеження стану об'єкта в режимі реального часу з будь-якої точки Землі, де є доступ до Інтернету.	У разі монтування датчиків у структуру конструкції відсутня можливість їх ремонту (заміни), а також ускладнюються виконання будівельно-монтажних робіт.
2	Можливість відстежити зміни за різні періоди часу (секунди, хвилини, години, дні, тижні або місяці).	Необхідність розроблення програмного забезпечення для інтерпретації сигналів із датчиків. Необхідне електрозабезпечення
3	Можливість оперативного реагування на критичні зміни напружено-деформованого стану будівельних конструкцій.	Необхідність залучення висококваліфікованого персоналу з будівельної галузі та ІТ-сфери.
4	Збереження значного об'єму інформації щодо зміни стану будівельних конструкцій.	Збільшення кошторисної вартості будівництва (модернізації) та збільшення затрат на експлуатацію будівель та споруд.

Основні елементи періодичного моніторингу такі:

а) програма моніторингу, в якій встановлюються:

– необхідні контрольовані параметри;

– види фізичних вимірювань, кількість і місця проведення;

– періодичність виконання оцінення технічного стану будівлі чи споруди;

б) інформаційна система – забезпечує збір, систематизацію, обробку, зберігання, доступ, відображення і розповсюдження даних про стан будівельних конструкцій будівель і споруд в різні періоди будівництва та експлуатації;

в) система обстежень технічного стану, спостережень і діагностики параметрів будівельних конструкцій – призначена для отримання відомостей про фактичні геометричні параметри, фізичні і механічні властивості, несну здатність конструктивних елементів і зміну стану будівельних конструкцій. Діагностування параметрів будівельних конструкцій виконується руйнівними та неруйнівними методами.

Руйнівними методами відбираються зразки із змонтованих конструкцій і проводяться випробування в лабораторних умовах. У разі неруйнівного методу використовують переносні прилади, за допомогою яких контролюються необхідні параметри;

г) система управління технічним станом – сукупність конкретних практичних прийомів, спрямованих на збереження необхідних експлуатаційних якостей протягом установленого терміну експлуатації.

Основні переваги та недоліки моніторингу, оснований на періодичному оцінюванні технічного стану будівель та споруд, наведені в таблиці 2.

Наразі результати моніторингу, оснований на періодичному оцінюванні технічного стану, в головному відображені у звітах на паперовому носії або в електронному вигляді. Цей аспект ускладнює роботу кваліфікованих експертів при аналізі та доповненні новими даними.

Переваги та недоліки моніторингу, оснований на періодичному оцінюванні технічного стану будівель та споруд

№ п/п	Переваги	Недоліки
1	Можливість використання приладів руйнівного та неруйнівного контролю на різних об'єктах.	Неможливість відстеження зміни стану будівельних конструкцій між різними циклами.
2	Значний обсяг інформації про наявні пошкодження конструкцій, отриманий візуальним обстеженням.	Необхідність залучення кваліфікованих експертів.
3	Необхідність залучення спеціалістів у сфері ІТ-технологій.	Суб'єктивність судження експерта про стан будівлі або конструкції.
4	Відсутня необхідність у постійному енергозабезпеченні.	Відсутні цифрові інформаційні системи з накопичення та відображення результатів моніторингу.

Висновки

Аналіз нормативних документів показав, що оцінка технічного стану будівель та споруд закріплена на законодавчому рівні, а вимоги до проведення моніторингу наведені в будівельних нормах.

Результати аналізу методів моніторингу свідчать, що на даний час для проведення безперервного моніторингу наявні вимірювальні прилади та програмне забезпечення, при цьому при проведенні моніторингу, оснований на періодичному оцінюванні технічного стану як інформаційної системи використовуються

звіти (на паперовому носії або в електронному вигляді), що, в свою чергу, ускладнює аналіз результатів для подальшого накопичення даних.

Таким чином, необхідно розробити цифрову інформаційну систему (програмне забезпечення), яка дозволить ефективно накопичувати та відображати результати моніторингу, оснований на періодичному оцінюванні технічного стану. Така система дозволить спростити аналіз даних, забезпечуючи більш точне та оперативне прийняття рішень щодо обслуговування та управління будівлями та спорудами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Березюк А. Н., Савицкий Н. В., Шимон Н. И. и др. Диагностика и оценка технического состояния строительных конструкций и оснований зданий и сооружений. Днепропетровск, 1996, 176 с.
2. Бильченко А. В., Кислов А. Г. Особенности системы мониторинга физического состояния городских мостов. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. Вип. 39. 2011. С. 23–26.
3. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Київ : Мінрегіон України, 2014. 33 с.
4. ДБН В.2.2-15-2019. Житлові будинки. Основні положення. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019, 44 с.
5. ДБН В.3.1-2-2016. Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 68 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-210:2016. Оцінка технічного стану сталевих будівельних конструкцій, що експлуатуються. Київ : ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», 2016. 53 с.
7. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», 2017. 44 с.
8. Закон України про регулювання містобудівної діяльності № 3038-IV. Київ, 2011.
9. Лучко І. Й., Коваль П. М., Дем'ян М. Л. Методи дослідження та випробування будівельних матеріалів і конструкцій. НАН України : Фіз.-мех. ін-т ім. Г. В. Карпенка. Львів : Каменяр, 2001. 425 с.
10. Попруга Д. В., Валовой О. І. Проблеми моніторингу технічного стану будівель і споруд. *Вісник Криворізького національного університету*. Вип 34. 2013. С. 186–190.
11. Порядок проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва : постанова Кабінету Міністрів України № 257 від 12 квітня 2017 р. Київ, 2017.
12. Суханов В. Т., Коробко О. О., Лисенко В. А. Диагностика, оцінка та методи обстеження. Одеса : Optimum, 2005. 190 с.

13. Трикоз Л. В., Юрченко Р. В. Систематизація дефектів залізобетонних мостів залізниць України за результатами їх обстеження. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. Вип. 197. 2021. С. 18–28.
14. McRae J. B., Simmonds T. Long-term stability of vibrating wire instruments. One manufacturer's perspective. *Proceedings of the 3th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics*. FMGM. Oslo, Norway, 1991. С. 283–293.

REFERENCES

1. Berezyuk A.N., Savitsky N.V., Shimon N.I. and oth. *Diagnostika i otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitel'nykh konstruktsey i osnovaniy zdaniy i sooruzheniy* [Diagnostics and evaluation of the technical condition of building structures and foundations of buildings and structures]. Dnipropetrovsk, 1996, 176 p. (in Russian).
2. Bil'chenko A.V., Kislov A.G. *Osobennosti sistemy monitoringa fizicheskogo sostoyaniya gorodskikh mostov* [Features of the system for monitoring the physical condition of urban bridges]. *Nauka ta progres transportu. Visnik Dnipropetrovs'kogo natsional'nogo universitetu zaliznichnogo transportu* [Science and Transport Progress. Newsletter of the Dnipropetrovsk National University of Transport]. 2011, vol. 39, pp. 23–26. (in Russian).
3. DBN A.2.2-3-2014. *Sklad ta zmist proektnoyi dokumentatsiyi na budivnytstvo* [Composition and content of project documentation for construction]. Kyiv : Minregion of Ukraine Publ., 33 p. (in Ukrainian).
4. DBN V.2.2-15-2019. *Zhytlovi budynky. Osnovni polozhennya* [Residential buildings. The main provisions]. Kyiv : Ministry of Regional Development, Building and Housing of Ukraine, 2019, 44 p. (in Ukrainian).
5. DBN V.3.1-2-2016. *Remont i pidsylennya nesuchykh i ohorodzhual'nykh budivel'nykh konstruktsey i osnov promyslovykh budynkiv ta sporud* [Repair and strengthening of load-bearing and enclosing building structures and foundations of industrial buildings and structures]. Kyiv : SE "UkRTC", 2016, 68 p. (in Ukrainian).
6. DSTU B V.2.6-210:2016. *Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh budivel'nykh konstruktsey, shcho ekspluatuyut'sya* [Assessment of the technical condition of steel building structures in use]. Kyiv : SE "Research Institute of Construction Production", 2016, 53 p. (in Ukrainian).
7. DSTU-N B V.1.2-18:2016. *Nastanova shchodo obstezhennya budivel' i sporud dlya vyznachennya ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu* [Guidelines for the survey of buildings and structures to determine and assess their technical condition]. Kyiv : SE "Research Institute of Construction Production", 2017, 44 p. (in Ukrainian).
8. *Zakon Ukrayiny pro rehulyuvannya mistobudivnoyi diyal'nosti* [Law of Ukraine on regulation of urban planning activities]. No. 3038-IV, Kyiv, 2011. (in Ukrainian).
9. Luchko I.Y., Koval' P.M. and Dem'yan M.L. *Metody doslidzhennya ta vyprovuvannya budivel'nykh materialiv i konstruktsey* [Methods of research and testing of building materials and structures]. NAS of Ukraine : Phys.-mech. Institute named after G.V. Karpenka. Lviv : Kamenyar Publ., 2001, 425 p. (in Ukrainian).
10. Popruha D.V. and Valovoy O.I. *Problemy monitorynhu tekhnichnoho stanu budivel' i sporud* [Problems of monitoring the technical condition of buildings and structures]. *Visnyk of Kryvyi Rih National University* [Bulletin of Kryvyi Rih National University]. Vol 34, 2013, pp. 186–190. (in Ukrainian).
11. *Poryadok provedennya obstezhennya pryynyatykh v ekspluatatsiyu ob'yektiv budivnytstva : postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny № 257 vid 12 kvitnya 2017 r.* [The procedure for conducting an inspection of construction objects put into operation : Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine no. 257 of April 12, 2017]. Kyiv, 2017. (in Ukrainian).
12. Sukhanov V.T., Korobko O.O. and Lysenko V.A. *Diahnostyka, otsinka ta metody obstezhennya* [Diagnostics, assessment and methods of examination]. Odesa : Optimum Publ., 2005, 190 p. (in Ukrainian).
13. Trykoz L.V. and Yurchenko R.V. *Systematyzatsiya defektiv zalizobetonnykh mostiv zaliznyts' Ukrayiny za rezul'tatamy yikh obstezhennya* [Systematization of defects of reinforced concrete bridges of railways of Ukraine according to the results of their survey]. *Zbirnyk naukovykh prats' Ukrayins'koho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transportu* [Collection of Scientific Works of the Ukrainian State University of Railway Transport]. Vol. 197, 2021, pp.18–28. (in Ukrainian).
14. McRae J.B. and Simmonds T. Long-term stability of vibrating wire instruments. One manufacturer's perspective. *Proceedings of the 3th International Symposium on Field Measurements in Geomechanics*. FMGM. Oslo, Norway, 1991, pp. 283–293. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 17.11.2023.