УДК 69.059.7

В. В. Любич
Я. О. Усенко
А. Є. Повзун

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТА ОБСТЕЖЕННЯ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Систематизовано послідовність обстеження будівель і контролю якості під час реконструкції. Запропоновано методичний підхід до формування плану контролю з урахуванням повноти верифікованих вихідних даних. Введено індикатор, який відображає частку підтверджених параметрів конструктивного елемента, та визначено порядок його використання. Методична новизна полягає у зв'язку цього індикатора з перевірними розрахунками й контрольними операціями. Визначено структуру відповідних записів у BIM-моделі.

Ключові слова: обстеження будівель, реконструкція, технічний стан, неруйнівний контроль, верифікація даних, контроль якості, BIM-моделювання.

Abstract

The sequence of building inspection and quality control during reconstruction is systematised. A methodological approach is proposed for developing a quality control plan based on the completeness of verified input data. An indicator representing the proportion of verified parameters of a structural element is introduced, and a procedure for its use is defined. The methodological contribution links this indicator to structural verification calculations and quality control operations. The corresponding data structure for a BIM model is specified.

Keywords: building inspection, reconstruction, technical condition, non-destructive testing, data verification, quality control, BIM modelling.

Вступ

Під час реконструкції обстеження дає вихідні дані для оцінювання технічного стану конструкцій, перевірки їх несучої здатності та вибору способу відновлення. Його результати визначають зміст проєктних рішень і параметри контролю робіт. Вимоги до обстеження щодо механічного опору та стійкості встановлює ДСТУ 9273:2024 [1]. Узгодження цих даних із планом контролю дозволяє простежити, як кожна виміряна характеристика використовується в розрахунку й перевіряється під час реконструкції.

Мета роботи — обґрунтувати методичний підхід до формування плану контролю якості реконструкції на основі результатів обстеження та повноти верифікованих вихідних даних. Методами дослідження є аналіз нормативних вимог, систематизація методів обстеження та формалізація зв'язків між параметрами конструкцій, перевірними розрахунками й контрольними операціями.

Результати дослідження

Оцінювання технічного стану спирається на результати обстеження та перевірних розрахунків. Фізичний знос характеризує погіршення експлуатаційних властивостей, тоді як несучу здатність визначають з урахуванням фактичної геометрії, властивостей матеріалів, пошкоджень і навантажень.

Згідно з п. 4.6.3 ДСТУ 9273:2024 обстеження перед проєктуванням реконструкції охоплює підготовку, попереднє та/або основне (детальне) обстеження і складання звіту з рекомендаціями [1].

Підготовка та попереднє обстеження

На підготовчому етапі визначають завдання обстеження, збирають проєктну, виконавчу й експлуатаційну документацію. Аналізують перебудови об'єкта, зміни навантажень та історію пошкоджень. У програмі натурних робіт установлюють умови безпечного доступу до конструкцій.

Попереднє обстеження включає огляд конструктивної системи, фотографування пошкоджень і нанесення їх на схеми. За його результатами визначають ділянки інструментальних вимірювань та характеристики, що входять до перевірного розрахунку.

Програму детального обстеження формують відповідно до завдання реконструкції, матеріалу конструкцій і характеру пошкоджень. Вимірювання, випробування та розрахунки поєднують для встановлення фактичних характеристик елементів.

Детальне обстеження та інструментальні методи

Під час детального обстеження визначають розміри елементів і вузлів, навантаження, властивості матеріалів та параметри дефектів. Осідання, крени й переміщення фіксують нівелюванням і тахеометричними вимірюваннями, геометрію елементів — зокрема лазерними обмірами. Напружено-деформований стан оцінюють розрахунком із використанням виміряних характеристик.

Молоток Шмідта застосовують для непрямого оцінювання міцності бетону за градуювальною залежністю, перевіреною для досліджуваного бетону. Під час інтерпретації результатів ураховують стан поверхні, вологість, карбонізацію та умови випробування [2].

Mini R-Meter використовують для визначення положення арматури й оцінювання товщини захисного шару бетону. Вимірювання виконують з урахуванням діаметра стрижня та умов застосування, установлених виробником [3].

Розвиток тріщин, прогини й переміщення відстежують із зазначенням місця, дати та умов вимірювання. Дистанційну фотофіксацію і фотограмметрію, зокрема з БПЛА, застосовують для огляду поверхонь за дотримання вимог безпеки та встановлених дозволів. Внутрішні дефекти й властивості матеріалів досліджують відповідними інструментальними методами.

Категорію технічного стану конструкції встановлюють за характером пошкоджень, її працездатністю та результатами перевірних розрахунків. Пунктом 5.2 ДСТУ 9273:2024 передбачено чотири категорії [1]:

1 — нормальний (справний).

2 — задовільний (працездатний).

3 — не придатний до нормальної експлуатації (обмежено працездатний).

4 — аварійний.

Стан об’єкта загалом оцінюють з урахуванням технічного стану й відповідальності його конструкцій відповідно до п. 5.3 ДСТУ 9273:2024 [1]. Показники фізичного зносу використовують як окрему характеристику експлуатаційних властивостей.

Спосіб відновлення обирають за причиною дефекту, характером роботи конструкції та умовами експлуатації. Ін’єктування тріщин, антикорозійний захист і ремонт захисного шару призначають відповідно до встановленого механізму пошкодження.

Для конструкцій категорії 3 визначають ремонт, підсилення або заміну, установлюють обґрунтовані обмеження експлуатації та контролюють їх стан. Тимчасові опори й послідовність виконання робіт передбачають проєктними рішеннями.

За категорії 4 визначають протиаварійні заходи та виключають перебування людей у зоні можливого обвалення. Експлуатацію аварійного об’єкта припиняють до відновлення його придатності або ліквідації. Рішення про стабілізацію, демонтаж чи заміну елементів ґрунтують на результатах інженерного оцінювання.

Виробничий контроль організовують відповідно до обґрунтованих проєктних рішень. За п. 8.4 ДБН А.3.1-5:2016 він охоплює вхідний контроль проєктної документації, матеріалів, виробів і конструкцій, операційний та приймальний контроль [4].

Під час вхідного контролю проєктної документації перевіряють її комплектність, узгодженість рішень і можливість їх виконання в умовах об’єкта. BIM-модель використовують для виявлення колізій та прив’язки результатів обстеження до відповідних конструктивних елементів.

Вхідний контроль матеріалів, виробів і конструкцій установлює їх відповідність проєкту та супровідним документам. Склад випробувань і критерії оцінювання визначає програма контролю.

Операційний контроль проводять безпосередньо під час робіт. Перевіряють технологію й установлені параметри, документують результати та усувають відхилення до переходу до наступних пов’язаних операцій.

Приймальний контроль охоплює завершені роботи й відповідальні конструкції з документальним оформленням результатів. Приховані роботи перевіряють до їх закриття наступними роботами.

Авторський і технічний нагляд здійснюють у межах повноважень, визначених ст. 11 Закону України «Про архітектурну діяльність» [5]. Технічний нагляд забезпечує замовник. Цифрову модель

використовують для зберігання результатів перевірок і забезпечення доступу учасників реконструкції до узгоджених даних.

Кошторисний контроль охоплює витрати й обсяги робіт, а технічний контроль якості — властивості матеріалів, з'єднань і виконаного підсилення. Спостереження за деформаціями та розвитком пошкоджень у процесі реконструкції проводять відповідно до стану об'єкта й програми моніторингу.

Формування плану контролю за повнотою даних

У праці S. Küttenbaum та співавторів розглянуто вплив невизначеності неруйнівних вимірювань на оцінювання надійності конструкцій [6]. У цій роботі запропоновано враховувати повноту верифікованих вихідних даних під час формування плану контролю. Для кожного конструктивного елемента в BIM-моделі встановлюють перелік розрахункових параметрів і фіксують результати їх перевірки.

Повноту верифікованих даних для елемента і характеризує індикатор:

$$K_i = \frac{n_i}{N_i}, \quad 0 \le K_i \le 1, \quad N_i > 0. \quad (1)$$

де N_i — кількість параметрів, установлених для заданого перевірного розрахунку; n_i — кількість верифікованих параметрів; і — номер елемента. Параметр вважають верифікованим, коли зафіксовано його джерело, спосіб визначення та перевірено придатність для відповідного розрахунку. Значення $K_i = 1$ відповідає верифікації всього встановленого переліку.

Індикатор характеризує інформаційну забезпеченість розрахунку. Його використовують разом з оцінкою технічного стану та значущості елемента для несучої системи. За однакових переліків параметрів та інженерної важливості елементів менше значення K_i відповідає вищому пріоритету інструментального контролю. Невідкладні й обов'язкові нормативні заходи виконують першочергово.

Картка елемента в BIM-моделі містить параметр, джерело й дату даних, метод визначення, статус верифікації, пов'язаний розрахунок і контрольну операцію з критерієм приймання. Результати обстеження та контролю використовують для актуалізації цієї картки й відповідних розрахункових характеристик.

Методична новизна полягає в поєднанні індикатора повноти верифікованих даних із послідовністю перевірних розрахунків і контрольних операцій для окремого елемента. Така структура встановлює простежуваний зв'язок між виміряною характеристикою, проєктним рішенням і результатом контролю під час реконструкції.

Висновки

Систематизовано послідовність обстеження та контролю якості реконструкції з урахуванням нормативних вимог. Результати обстеження пов'язано з оцінюванням технічного стану, вибором способу відновлення та параметрами контролю робіт.

Запропоновано індикатор повноти верифікованих вихідних даних і визначено порядок його використання для встановлення пріоритетів інструментального контролю. Порівняння виконують для елементів з однаковими переліками розрахункових параметрів з урахуванням їх інженерної важливості.

Практичне значення підходу полягає у структурованому формуванні плану контролю та документуванні підстав проєктних рішень. Визначений склад картки BIM-елемента забезпечує простежуваність даних обстеження, розрахунків і критеріїв приймання робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024.
URL: https://uscc.ua/frontend/web/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/dstu_9273_2024.pdf (дата звернення: 10.11.2026).
2. Proceq. SilverSchmidt & Hammerlink. Operating Instructions. – Розд. 4.2.
URL: https://media.screeningeagle.com/asset/Downloads/SilverSchmidt_Operating%20Instructions_English_high.pdf (дата звернення: 10.11.2026).
3. James Instruments Inc. Mini R-Meter. Product information.
URL: https://www.ndtjames.com/Mini_R_Meter_p/r-hr.htm (дата звернення: 10.11.2026).
4. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – Розд. 8.
URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/311337351935059735 3?doc_type=2 (дата звернення: 10.11.2026).

5. Про архітектурну діяльність : Закон України від 20.05.1999 № 687-XIV. – Ст. 11.
URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-14#Text (дата звернення: 10.11.2026).
6. Küttenbaum S., Braml T., Taffe A., Keßler S., Maack S. Reliability assessment of existing structures using results of nondestructive testing // Structural Concrete. – 2021. – Vol. 22, № 5. – P. 2895–2915.
DOI: https://doi.org/10.1002/suco.202100226 (дата звернення: 10.11.2026).

Любич Володимир Володимирович — аспірант, асистент кафедри промислового та цивільного будівництва, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.

Усенко Ярослав Олегович — студент групи 1Б-23б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: yarikmail.working@gmail.com.

Повзун Анастасія Євгеніївна — студентка групи 1Б-23б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: povzunnanya@gmail.com.

Lyubich Volodymyr Volodymyrovych — Postgraduate Student, Assistant, Department of Industrial and Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.

Usenko Yaroslav Olehovych — Student, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: yarikmail.working@gmail.com.

Povzun Anastasiia Yevheniivna — Student, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: povzunnanya@gmail.com.