

УДК 624.01

**Коврова В.О.,** аспірантка спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія  
**Науковий керівник: Волкова В. Є.,** д.т.н., професор кафедри будівельної і теоретичної механіки та опору матеріалів

*(Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, м.Дніпро, Україна)*

## МОНІТОРИНГ СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ ВПРОДОВЖ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Забезпечення конструктивної безпеки є фундаментальним аспектом проектування та експлуатації будівель та споруд. Пошкодження конструкцій провокують зміни властивостей матеріалів та граничних умов. Все це формує безпосередній вплив на експлуатаційні характеристики, а зокрема на термін служби конструкцій [1].

Науковці та проектувальники вже давно окреслили необхідність впровадження моніторингу стану конструкцій (Structural Health Monitoring – SHM) цивільних об'єктів та інфраструктури [2]. Дані системи є доцільними для гарантування конструктивної безпеки, а також попередження щодо пошкоджень конструкцій до початку витратного ремонту чи навіть руйнування. Велика кількість будівель та споруд, що є в активному користуванні суспільством наближається до завершення терміну експлуатації (мости, вежі, житлові будинки, історичні пам'ятки та ін). Таким чином, з метою подовження терміну експлуатації цих об'єктів розробляються і впроваджуються методи контролю і фіксації пошкоджень.

Моніторинг стану конструкцій передбачає спостереження за технічним станом конструктивних елементів за допомогою періодичних вимірювань з метою визначення пошкоджень та їхніх впливів на експлуатаційні характеристики окремих конструкцій, так і будівлі в цілому. За довгострокового використання моніторинг стану конструкцій забезпечує надання актуальних даних щодо можливості конструкцій виконувати свої призначені функції у подальшому, враховуючи ступінь їхнього старіння та пошкоджень, викликаних середовищем експлуатації.

Ключову роль у моніторингу стану конструкцій відіграють вібраційні методи моніторингу змін глобальної жорсткості конструкцій. Характеристиками змін жорсткості конструкцій слугують власні частоти, що визначаються за допомогою операційного модального аналізу та методів моделювання впливів навколишнього середовища та умов експлуатації [3].

Процес розвитку моніторингу стану конструкцій взаємопов'язаний з розвитком цифрової обчислювальної техніки. Першочергово моніторинг виконувався для споруд критичної інфраструктури, а в подальшому почав розповсюджуватися й на будівлі. У багатьох дослідженнях розглянуто визначення пошкоджень будівель за допомогою даних методів, хоч і у практичному застосуванні існує чимало проблем технічного характеру у імплементації систем моніторингу стану конструкцій [1].

Характерним прикладом може слугувати моніторинг стану конструкцій будівель старої забудови, що представлені на рис. 1 [1]. Даний будинок знаходиться у Латвії, проте будівлі такого типу наявні також і в Україні, і в інших Прибалтійських країнах. Необхідність впровадження моніторингу цих будівель є дуже актуальною. Це обумовлено кінцем проектного терміну експлуатації будинків старої забудови. На фасаді, а зокрема і всередині будівлі, наведеної на рис. 1 наявні тріщини на несучих стінах. Оцінка стану конструкцій будівлі може надати варіанти продовження терміну експлуатації та запобігання розвитку процесів руйнування.

Моніторинг стану конструкцій також є вельми важливим для оцінки глобальних пошкоджень, що виникають у будівлі внаслідок землетрусів. Характерним прикладом є

будинок в муніципалітеті Аквілі, Італія (рис. 2), який сильно постраждав від впливу землетрусу 2009 року [3]. Спираючись на дані сейсмічного моніторингу, розробляються розрахункові моделі існуючих будівель за допомогою програмного забезпечення. Для моделювання сейсмічних пошкоджень за допомогою нелінійного динамічного аналізу враховується інтенсивність землетрусу. У результаті здійснюється оцінка локальних та глобальних рівнів пошкоджень будівлі.



Рисунок 1 – Будівля старого житлового фонду з фасадними тріщинами [1]



Рисунок 2 – Будівля в муніципалітеті Аквілі, Італія [3]

Також необхідно враховувати сучасні тенденції ефективного проектування та управління життєвим циклом будівель. Наразі спостерігається масова інтеграція BIM-технологій у сферу моніторингу стану будівельних конструкцій. За допомогою розширених можливостей BIM-моделей створюється можливість автоматичного та безперервного оновлення моделі на основі переданих даних про стан конструкцій. За індикатор імовірного пошкодження часто приймають вихідні дані, отримані на основі кривих крихкості. Перевагою інтеграції BIM-технологій у сферу моніторингу будівель є можливість зберігання BIM-моделей у хмарі, що надає доступ до отримання інформації про стан конструкції будівлі з Інтернету, тобто в будь-якому місці і з будь-якого пристрою, підключеного до мережі. Зокрема дана інтеграція є ефективною та зручною для визначення пошкоджень від як потенційних сейсмічних подій, так і від вібрацій навколишнього середовища, для передачі та зберігання даних [2].

Таким чином, забезпечення конструктивної безпеки у будівництві є невід'ємною частиною проектування та експлуатації будівель та споруд. Моніторинг стану конструкцій дозволяє передчасно ідентифікувати пошкодження та пролонгувати термін служби будівель. Розвиток цифрової техніки і інтеграція BIM-технологій полегшують цей процес, дозволяючи автоматичне та безперервне оновлення інформації про стан конструкцій у реальному часі від сейсмічних подій та вібрацій навколишнього середовища.

#### Список використаних джерел:

1. Gaile L., Ratnika L., Pakrastins L. RC Medium-Rise Building Damage Sensitivity with SSI Effect. Materials. 2022. Vol. 15, no. 5. P. 1653. URL: <https://doi.org/10.3390/ma15051653>.
2. Integrated BIM-SHM techniques for the assessment of seismic damage / S. Castelli et al. Procedia Structural Integrity. 2023. Vol. 44. P. 846–853. URL: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.110>.
3. Lobianco A. L., Zoppo M. D., Ludovico M. D. Correlation of local and global structural damage state for SHM. Procedia Structural Integrity. 2023. Vol. 44. P. 910–917. URL: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.118>.