

## УДК 69.059.2

### МОНІТОРИНГ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Автор – **Богаченко С. В.**, аспір.

Наукові керівники – **Шатов С. В.**, докт. техн. наук, доц.,

**Титюк А. О.**, канд. техн. наук, доц.

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*

**Постановка проблеми.** На даний час значна частина нерухомого майна в Україні експлуатується у понад проектний період, а економічні фактори посприяли оптимізації затрат на будівництво та впровадили тенденції до зведення висотних будівель в умовах густої забудови та будівництва в складних геологічних умовах. Дані фактори потенційно збільшують ризик виникнення аварійних ситуацій, наслідки яких можуть набувати техногенної, соціальної та культурної значимості. Таким чином особливого значення набуває проблема контролю технічного стану будівель та споруд з ціллю попередження виникнення аварійних ситуацій і обґрунтованості вибору комплексу інженерних заходів щодо їх недопущення.

**Мета дослідження.** Контроль технічного стану несучих конструкцій повинен носити систематичний характер і дозволяти здійснювати оцінку змін, що відбуваються на основі кількісних критеріїв, тобто базуватися на процедурах виявлення відповідності конструктивних елементів нормативним вимогам. Одним з найбільш поширеніших механізмів контролю технічного стану будівель та споруд являється моніторинг. Моніторинг представляє собою комплексну систему, яка забезпечує надійність будівель і споруд, а також дозволяє чітко визначати причини появи дефектів та пошкоджень, що в свою чергу сприяє ефективному плануванню необхідних ремонтних робіт. На даний час в Україні найбільш поширеним являється моніторинг оснований на періодичному контролі технічного стану будівельних конструкцій. Проте згідно ДСТУ [1] для об'єктів з класом наслідків (відповідальності) ССЗ необхідне впровадження безперервного моніторингу.

**Результати дослідження.** Безперервний моніторинг оснований на використанні автоматизованих систем, які виконують збір, обробку та збереження інформації в режимі реального часу. В іноземній літературі дані системи виділяють під назвою «Structural health monitoring systems».

До основних етапів проведення безперервного моніторингу відносяться:

- 1) збір та аналіз наявної технічної документації;
- 2) визначення необхідних контрольованих параметрів;
- 3) розробка розрахункової моделі (для визначення найбільш напружених ділянок);
- 4) вибір видів фізичних вимірювань, кількості і місць розташування датчиків;
- 5) розробка програми моніторингу;
- 6) розробка та реалізація проекту по влаштуванню автоматизованої системи моніторингу;
- 7) збір даних вимірювань, їх аналіз та прогнозування змін контрольованих параметрів.

Сучасні автоматизовані системи моніторингу включають в себе наступні компоненти:

- мережа вимірювальних пристроїв (датчики);
- обладнання по збору і передачі інформації;
- програмне забезпечення по обробці даних;
- програмне забезпечення по інтерпретації даних та діагностуванні.

Найбільш поширеними датчиками автоматизованих систем моніторингу являються:

– датчики деформації – застосовуються для виміру деформацій, викликаними 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 [2];

– датчики тиску – використовуються для контролю тиску в ґрунтах основи будівлі, що має особливо важливе значення на стадії будівництва, і на стадії експлуатації при збільшенні 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 несучих конструкцій і об'єкта в цілому. За допомогою акселерометрів контролюють критичні значення частот будівлі, тим самим відслідковують стан несучих 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 по збору і передачі інформації відносяться:

– сервери – забезпечують збереження інформації;

– даталогери – записують в 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. Залежно від кількості вимірювальних засобів принципова схема може змінюватись.



Рис. Принципова схема автоматичної системи моніторингу

Одним із прикладів впровадження автоматизованої системи моніторингу являється багатофункціональний комплекс «Лакта Центр». Згідно інформації наведеної в статті [3] дані системи автоматизованого моніторингу комплексу показали хороший збіг з розрахунковими значеннями для більшості конструкцій, але для деяких конструкцій виявилися суттєві відмінності між очікуваними та фактичними напруженнями і зусиллями, які вказують на недостатню точність моделювання роботи даних елементів під навантаженням.

До основних переваг автоматизованих систем моніторингу технічного стану будівельних конструкцій відносяться:

- можливість відстеження стану об'єкта в режимі реального часу з будь-якої точки Землі, де є доступ до Інтернету;
- можливість відстежити зміни за різні періоди часу (секунди, хвилини, години, дні, неділі або місяці);
- можливість оперативного реагування на критичні зміни напружено-деформованого стану будівельних конструкцій;
- збереження значного об'єму інформації по зміні стану будівельних конструкцій.

Автоматизовані системи моніторингу крім переваг мають і недоліки які необхідно враховувати:

- при монтуванні датчиків в тіло конструкції відсутня можливість їх ремонту (заміни), а також ускладнюється виконання будівельно-монтажних робіт;
- необхідність розроблення програмного забезпечення по інтерпретації сигналів з датчиків;
- необхідність залучення висококваліфікованого персоналу з будівельної галузі та ІТ-сфери.
- збільшення кошторисної вартості будівництва (модернізації) та збільшення затрат на експлуатацію будівель та споруд.

**Висновки.** Розвиток будівництва обумовлює впровадження систем моніторингу технічного стану будівельних конструкцій для їх безпечної експлуатації. На даний час автоматизовані системи моніторингу пропонують широкий спектр вимірювальних приладів, які можливо використовувати як при новому будівництві так і для будівель, які експлуатуються. Проектування системи автоматизованого моніторингу повинно строго спиратися на положення програми моніторингу, в якій в обов'язковому порядку повинні бути визначені контрольовані елементи конструкцій, їх параметри і методологія використання отриманих значень контрольованих параметрів для калібрування розрахункових моделей [3].

### Список використаних джерел

1. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану : ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Київ : Мінрегіон України, 2016. 43 с.
2. 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. Pp. 283–293.
3. Travush V. I., Shakhramanyan A. M., Kolotovich Y. A., Shakhvorostov A. I., Desyatkin M. O., Shulyatyev O. A., Shulyatyev S. O. «Лакта Центр»: автоматизированный мониторинг деформаций несущих конструкций и основания. *Архитектура и строительство*. 2018. № 4. С. 94–108.
4. Gastineau A., Johnson T., Schultz A. Bridge Health Monitoring and Inspections Systems – A Survey of Methods. Department of Civil Engineering University of Minnesota. 2009. 194 p.