

АНОТАЦІЯ

Богаченко С.В. Моніторинг технічного стану будівель та споруд на основі інформаційних технологій. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – навчально-науковий інститут «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Українського державного університету науки і технологій, Дніпро, 2024.

Дисертаційна робота присвячена вдосконаленню процесу моніторингу технічного стану будівель та споруд за рахунок використання цифрових технологій.

Сучасна інженерна інфраструктура, включаючи будівлі та споруди, відіграє ключову роль у забезпеченні комфорту та безпеки людини. Однак, незважаючи на стандарти та нормативи, ефективна організація проведення ремонтів, реконструкцій, реставрацій будинків і споруд та забезпечення безпечної експлуатації об'єктів будівництва потребує системного та інноваційного підходу.

Одним із методів, який надає вихідну інформацію для організації ремонтів та забезпечує безпеку експлуатації є моніторинг технічного стану будівельних конструкцій. Головною проблемою в даному напрямку є відсутність цифрових інформаційних систем, за допомогою яких можна зберігати та аналізувати інформацію про технічний стан будівель та споруд. Існуючі методи моніторингу у цілому ґрунтуються на періодичних обстеженнях, результати яких відображаються у звітах на паперових носіях або в розрізних електронних документах.

Відсутність цифрової інформаційної системи, що поєднує дані моніторингу, створює прогалини в інформаційній базі для ухвалення управлінських рішень. Необхідність в інформаційній цифровій платформі, яка здатна накопичувати, систематизувати та візуалізувати інформацію щодо технічного стану об'єктів, є актуальною задачею.

У **вступі** наведено актуальність теми, мету дослідження, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача та апробацію результатів досліджень.

У **першому розділі** виконано аналіз існуючих методів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій та нормативної й законодавчої бази України, пов'язаної з обстеженням й оцінкою технічного стану будівель та споруд. Технічний стан будівельних конструкцій можна відслідковувати за допомогою безперервного моніторингу (стаціонарного) або моніторингу основанийому на періодичних обстеженнях (нестационарного). Безперервний моніторинг оснований на використанні автоматизованих систем та забезпечує накопичення, аналіз і зберігання даних у режимі реального часу. Встановлено, що моніторинг із використанням автоматизованих систем дозволяє оперативно реагувати на зміни в будівельних конструкціях. Проте, використовувати дані системи доцільно при експлуатації інженерно складних будівель або в будівлях з класом наслідків ССЗ. У свою чергу, моніторинг оснований на періодичній оцінці дозволяє охопити більшу кількість будівель та споруд та є більш універсальним методом.

У **другому розділі** визначено технічну експлуатацію будівель та споруд як процес підтримки працездатного стану, яка взята за основу для створення інформаційної системи з моніторингу технічного стану будівель і споруд. Крім того, встановлено п'ять чинників, що сприяють появі дефектів та пошкоджень: недоліки будівництва, недоліки проєктування, порушення або зміна умов експлуатації, вплив робочого середовища та вплив ґрунтової основи. Додатково наведено перелік поширених дефектів та пошкоджень за кожним чинником. Наступним кроком розглянуто дефекти та пошкодження в площині інформації та встановлено перелік необхідних даних, до яких належать: дата виявлення або уточнення; дані про відповідального виконавця та організацію, які проводили обстеження або огляд; опис та можливі причини появи дефекту або пошкодження; розміри (одиниці виміру, кількісний показник); місце розташування (прив'язка до карти або схеми дефектів, вісь, ряд, відмітка); ескіз

або фото; конструкція або елемент, на якому виявлено дефект чи пошкодження; рекомендації по стабілізації або усуненню дефекту чи пошкодження. Для повноти інформації встановлено необхідність передбачити можливість відстеження зміни характеристик міцності та деформацій. Після визначення переліку необхідних даних встановлено основні компоненти інформаційної системи, до якої входять: база даних, система управління базою даних та прикладна програма. Розроблено архітектурний концепт бази даних з урахуванням вимог законодавства та нормативних документів України у сфері будівництва. Архітектуру бази даних умовно можна розділити на статичний та динамічний блоки. У статичному блоці зберігається загальна інформація про власників, будівлі, територію розташування. Дана інформація не впливає на технічний стан об'єкту, проте може використовуватися при аналізі стану будівлі та її конструкції. Динамічний блок дозволяє зберігати результати періодичних візуальних та інструментальних обстежень (в частині міцності та деформацій). Накопичена в динамічному блоці інформація дозволить наочно відстежувати технічний стан та за необхідності приймати зважене рішення щодо умов подальшої експлуатації об'єктів нерухомості або виведення їх з експлуатації.

Третій розділ присвячено розробці бази даних «Monitoring» як складової частини інформаційної системи. Встановлено, що найбільш доцільно використовувати реляційну базу даних, оскільки це дозволить структурувати інформацію про експлуатацію будівель і споруд та відслідковувати зміни в часі. В якості системи управління базою даних вибрано готове рішення SQL Server Management Studio. На основі архітектурного концепту розроблено математичну модель бази даних, яка дозволить зберігати інформацію про будівлі та їх власників, наявні в будівлі конструкції, результати візуальних та інструментальних обстежень (міцність та деформації) протягом всього терміну експлуатації. База даних «Monitoring» складається з набору взаємопов'язаних таблиць, які містять інформацію, необхідну для комплексного відображення, редагування та видалення даних. Для оптимізації та виключення можливості введення некоректних даних вирішено створити два типи таблиць: перший тип –

таблиці в які інформація вносяться користувачем (дані про власника будівлі, загальну інформацію про будівлю, наявні в будівлі конструкції, результати візуальних та інструментальних обстежень); другий тип – таблиці, що містять нормативні й законодавчі значення та заповнені на етапі створення бази даних. Інформація з другого типу таблиць використовується для заповнення певних полів першого типу таблиць за допомогою зовнішніх ключів. Цей підхід дозволяє гарантувати, що дані, введені користувачем, відповідають нормативам і законодавству України, а також є елементом оптимізації бази даних, оскільки в таких таблицях зберігається лише зовнішній ключ, а не повна інформація. Загалом база даних містить 19 таблиць, які пов'язані зв'язками «один до багатьох». Зв'язки між таблицями необхідні для визначення відносин між даними в різних таблицях бази даних та забезпечують цілісність даних й ефективне зберігання інформації.

Четвертий розділ присвячено розробці прикладної програми для взаємодії з базою даних та економічним показником. Для розробки прикладної програми була використана об'єктно-орієнтована мова програмування C#, яка відома своєю універсальністю та широким спектром застосувань, в середовищі програмування Microsoft Visual Studio. У цілому прикладна програма включає в себе форми для опрацювання інформації про власників та загальних відомостей про будівлі, детальної інформації про будівлі та споруди, інформації про результати візуальних обстежень будівель та споруд, інформації про результати інструментальних обстежень (міцність та крен). Кожна форма містить свій набір елементів керування та дозволяє відображати, редагувати та вносити нову інформацію в базу даних «Monitoring». У кожній формі передбачені обмеження по введенню неповної інформації або дублювання інформації. Також реалізовано систему відправки сповіщень про умови подальшої експлуатації.

Ключові слова: моніторинг, технічний стан, конструкції, візуальне обстеження, інструментальне обстеження, дефекти та пошкодження, інформаційні системи, безпека експлуатації.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, які відображають основні результати дисертації

1. Шатов С. В., Богаченко С. В. Аналіз методів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій та законодавчих і нормативних документів. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 6 (018). С. 136-142. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.261223.136.1016.

Особистий внесок здобувача: проведений аналіз автоматизованого (стаціонарного) та періодичного (нестационарного) моніторингу, визначені переваги та недоліки кожного виду.

2. Шатов С. В., Богаченко С. В. Розроблення концепту бази даних для цифровізації досвіду експлуатації будівель та споруд. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 1 (019). С. 150-156. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.270224.150.1035.

Особистий внесок здобувача: обґрунтування складників процесу цифровізації та розроблення архітектури бази даних із моніторингу технічного стану будівель та споруд.

3. С. В. Богаченко, С. В Шатов. База даних для моніторингу технічного стану споруд, як складова частина промислової безпеки. *Наука та прогрес транспорту*. 2024. №1 (105). С. 13-19. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2024/302553>.

Особистий внесок здобувача: розроблення математичної моделі бази даних для моніторингу технічного стану споруд.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. Шатов С. В., Богаченко С. В. Моніторинг технічного стану будівель та споруд. *Актуальні питання техногенної та цивільної безпеки України: Матеріали II всеукраїнської наукової конференції, 18-19 вересня 2020 р., Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2020. С. 51-54.*

5. Богаченко С. В., Шатов С.В., Титюк А. О. Моніторинг технічного стану будівельних конструкцій. Матеріали III науково-практичної конференції студентів ПДАБА, 26 квітня 2021 р., Дніпро: ПДАБА, 2021. С. 93-95.

6. Богаченко С. В., Шатов С. В., Титюк А. О., Рудін А. А. Інформаційне забезпечення моніторингу технічного стану будівель та споруд. *Інноваційні технології у будівництві, цивільній інженерії та архітектурі*. Матеріали XIX міжнародної науково-практичної конференції, 20-21 вересня 2021 р., Дніпро: ПДАБА, 2021. С. 104-105.

7. Богаченко С. В., Шатов С. В., Титюк А. О., Рудін А. А. Архітектура інформаційного програмного комплексу по моніторингу технічного стану будівель та споруд. *Переможемо – відбудуємо!* Матеріали всеукраїнського науково-практичного форуму, 29–30 червня 2022 р., Дніпро: ПДАБА, 2022. С. 18-20.

8. Богаченко С. В., Шатов С. В. Реалізація інформаційної системи по моніторингу технічного стану будівель та споруд за допомогою SQL Server Management Studio. Матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, 27-28 березня 2023 р., Дніпро: ПДАБА, 2023. С. 211-214.

9. Богаченко С. В., Титюк О. А., Шатов С. В. Цифровізація результатів технічного обстеження будівель та споруд. *Інноваційні технології забезпечення параметрів комфорту, енергоефективності і екологічності житлових будівель на основі смарт-технологій*. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 20-21 лютого 2024 р., Дніпро: ПДАБА, 2024. С. 75-78.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

10. Богаченко С. В., Смирнов А. С., Савицький М. В., Шатов С. В., Ковба В.В. Аналіз впливу циклічних режимів роботи печей на технічний стан газоходів та фундаментів димових труб (на прикладі димової труби кільцевої печі №1 ділянки прокату у ТПЦ №4 ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ»). *Інноваційні технології в будівництві, цивільній інженерії та архітектурі*: Матеріали XVIII

міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 90-річчя державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 26 листопада 2020 р., Дніпро: ПДАБА, 2020. С. 59-62.

11. Богаченко С. В., Шатов С. В., Рудін А. А. Діагностика технічного стану будівельних конструкцій, які зазнали непроєктних впливів вибухового характеру. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 2 (014). С. 100-107. DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.250423.100.937.