

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертацію Богаченка Сергія Вікторовича «Моніторинг технічного стану будівель та споруд на основі інформаційних технологій», представленої на здобуття ступеня доктора філософії в спеціалізовану вчену раду ДФ 08.084.037 при Українському державному університеті науки та технологій Навчально-науковому інституті «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

### **1. Актуальність теми дослідження**

Останнім часом особливого значення набуває проблема контролю технічного стану будівель та споруд з метою попередження виникнення аварійних ситуацій і обґрунтованості вибору комплексу інженерних заходів при проведенні ремонтів, реконструкцій. При цьому очевидно, що контроль технічного стану несучих конструкцій повинен носити систематичний характер і дозволяти здійснювати оцінювання змін, що відбуваються на основі кількісних критеріїв, тобто базуватися на процедурах виявлення відповідності конструктивних елементів нормативним вимогам.

Одними з найбільш поширених механізмів контролю технічного стану будівель та споруд є моніторинг та обстеження будівель та споруд.

Однак на даний час результати моніторингу та обстежень здебільшого відображені у вигляді звітів, які зберігаються на паперових носіях або в електронному вигляді, що ускладнює аналіз результатів при подальшому накопиченню даних. Даний аспект стає на перешкоді в експертів з оцінювання технічного стану при виявленні причин виникнення дефектів та пошкоджень. Тому постає питання формування цифрового інформаційного простору щодо забезпечення безпечної експлуатації будівель та споруд й ефективній організації проведення ремонтів, реконструкцій та реставрацій. Саме інтеграція результатів експлуатації будівель та споруд в систему цифрового виміру є необхідною умовою для розвитку методологічних та технологічно-організаційних процесів, пов'язаних з ремонтом в сучасних умовах.

### **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота має тісний зв'язок з науковими роботами кафедри технології будівельного виробництва Українського державного університету науки і технологій навчально-наукового інституту Придніпровської державної академії будівництва та архітектури згідно з науково-дослідною роботою «Підвищення технологічності при зведенні та відновленні об'єктів цивільної та промислової інфраструктури» (державний реєстраційний № 0124U002083, рівень участі дисертанта – виконавець). Це підкреслює практичну цінність роботи та її відповідність актуальним науковим напрямкам.

### **3. Обґрунтованість наукових результатів, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність**

Надійність основних наукових висновків та результатів дисертаційної роботи підтверджується застосуванням методів аналізу та моделювання, а також співвідношенням теоретичних концепцій з реальними даними робіт з обстеження технічного стану будівель та споруд. Достовірність пропозицій, розроблених автором для створення бази даних щодо технічного стану будівель та споруд, забезпечена їх перевіркою в умовах практичного будівництва.

### **4. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру**

Наукові положення та методики, представлені в дисертації, характеризуються значною новизною та оригінальністю. Основні результати дослідження включають:

- вперше розроблено цифровий механізм інтеграції масиву даних, пов'язаних з відомостями про власників об'єктів, характеристиками будівель та споруд, інформацією про обстеження (технічний стан конструкцій; виявлені дефекти, пошкодження та деформації; показників міцності матеріалів конструкцій), у єдину інформаційну систему для зменшення трудомісткості робіт з моніторингу стану будівель та підвищення безпеки експлуатації об'єктів;

- вперше розроблено архітектурний концепт бази даних об'єктів, динамічний блок якого дозволяє аналізувати динаміку змін показників будівельних конструкцій. Запропоновано кожному з категорій 3 та 4 технічного стану розділити на два рівні для прийняття рішення щодо умов подальшої експлуатації будівель та споруд або виведення їх з експлуатації;

- вперше, на основі архітектурного концепту, створено математичну модель бази даних з моніторингу технічного стану конструкцій для фіксації показників дефектів, пошкоджень, деформацій та міцності протягом всього терміну експлуатації будівель та споруд. Удосконалено підходи з відображення результатів моніторингу технічного стану будівель та споруд в наочній і інформативній формах.

Ці досягнення мають значний вплив на розвиток теорії та практики робіт з визначення та моніторингу технічного стану будівель та споруд, забезпечуючи підвищення їх ефективності і впровадження нових стандартів у галузі.

### **5. Практичне значення одержаних результатів дослідження**

Розроблений цифровий інструмент з моніторингу технічного стану та забезпеченню безпечної експлуатації будівель та споруд, який дозволяє інформувати власників або управителів за умови подальшої експлуатації та дозволяє знизити трудомісткість робіт на 7...9%; результати дисертаційної роботи впроваджені: в Слобожанській територіальній громаді, при створенні

реєстру технічного стану об'єктів нерухомості, та в ТОВ «Науково-інжиніринговий центр Арсеко» і ТОВ «СТСІнжиніринг».

## **6. Оцінка змісту та завершеності дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота написана українською мовою з дотриманням актуальної наукової термінології, технічної точності та логічної структури, що відповідає стандартам для наукових праць.

У **вступі** (5 с.) наведено актуальність теми, мету дослідження, наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача та апробацію результатів досліджень.

У **першому** (23 с.) розділі виконано аналіз існуючих методів моніторингу технічного стану будівельних конструкцій та нормативної й законодавчої бази України, пов'язаної з обстеженням й оцінюванням 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 періодичному оцінюванні дозволяє охопити більшу кількість будівель та споруд та є більш універсальним методом.

У **другому** (34 с.) розділі визначено технічну експлуатацію будівель та споруд, як процес підтримки працездатного стану, що 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 проектування, порушення або зміна умов експлуатації, вплив робочого середовища та вплив ґрунтової основи. Додатково наведено перелік поширених дефектів та пошкоджень за кожним чинником. 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 конструкцій. 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** (40 с.) 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 ефективно зберігання інформації.

**Четвертий** (30 с.) розділ присвячено розробці прикладної програми для взаємодії з базою даних та економічним показникам. Для розробки прикладної

програми була використана об'єктно-орієнтована мова програмування C# 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.

У загальних висновках (2 сторінки) автор приводить підсумки роботи.

Список використаних джерел (25 с.) із 128 найменувань.

У додатках (5 с.) розміщені: документи про впровадження роботи та розрахунок економічного ефекту.

Побудова роботи логічна, усі розділи дисертації пов'язані між собою.

Автор продемонстрував здатність ставити задачі дослідження, вибирати методи їх розв'язання, доводити дослідження до конкретної практичної розробки.

Дисертація відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (із змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. Вона узгоджується з напрямками наукових досліджень освітньо-наукової програми Українського державного університету науки і технологій, навчально-наукового інституту «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

#### **7. Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях**

На основі матеріалів дисертації було опубліковано 11 наукових праць, серед яких 3 статті у фахових виданнях України та 7 тез доповідей, представлених на науково-практичних конференціях різного рівня.

Основні результати дослідження були презентовані на 7 науково-практичних конференціях та інших наукових заходах з 2020 року.

Опубліковані наукові роботи повністю відповідають вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року.

## **8. Дотримання вимог академічної доброчесності**

Після перевірки дисертаційної роботи на предмет академічного плагіату було підтверджено, що всі посилання на оригінальні джерела для текстових і графічних матеріалів були використані коректно. Ненавмисних або навмисних порушень академічної доброчесності не виявлено.

Таким чином, у дисертаційній роботі Богаченка С. В. не виявлено ознак академічного плагіату та інших порушень, які могли б поставити під сумнів самостійний характер виконаного дослідження та дотримання норм академічної доброчесності.

## **9. Дискусійні положення та зауваження до дисертації**

Позитивно оцінюючи наукову роботу Богаченка Сергія Вікторовича, вважаю за необхідне зазначити наступні зауваження до поданої дисертаційної роботи:

1. «Міцність» є характеристикою матеріалів, а конструкції (їх елементи) мають «несучу здатність» (за текстом).

2. Огляд літератури слід було зосередити в розділі 1, а не повертатися до нього в наступних розділах (с. 47 та далі за текстом).

3. В роботі зустрічаються русизми:

- «ціллю попередження виникнення» (с. 16) замість «метою...»;
- «оцінка технічного стану» (с. 3, с.17 та далі за текстом), як процес слід називати «оцінювання технічного стану».

4. В анотації (с.2) написано, що «робота присвячена вдосконаленню процесу моніторингу...», а на с. 18 стверджується, що «вперше, на основі архітектурного концепту, створено математичну модель бази даних з моніторингу...».

5. В розділі 1 наведені вимоги норм щодо технічного стану будівель та споруд, але мало уваги приділено результатам досліджень науковців та їх аналізу.

6. В кінці розділу 1 (с. 44) відсутні задачі досліджень.

7. Оскільки робота виконана в закладі вищої освіти, бажано її впровадження в навчальний процес. Довідка про це в роботі відсутня.

Зазначені коментарі не зменшують наукову і практичну цінність дисертаційної роботи, а навпаки, підкреслюють її актуальність та інноваційний характер.



## 10. Загальний висновок

Тематичне спрямування матеріалів дисертаційної роботи, її науково-прикладні результати та висновки відповідають галузі знань 19 Архітектура та будівництво за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія. Вони є достатньо науково обґрунтованими. є завершеним науковим дослідженням з вагомою теоретичною та практичною цінністю. Автор успішно реалізував завдання, демонструючи глибоке розуміння теми та використання сучасних методів для вирішення складних проблем.

Наукові результати роботи відзначаються новаторським підходом, який має значення, як для теорії, так і для практики. Дисертант дотримався академічної доброчесності, що підтверджується відсутністю плагіату та коректним використанням джерел.

Опубліковані наукові праці відповідають вимогам і підкріплюють високий рівень досліджень. Основні положення дисертації успішно апробовані на конференціях, що підтверджує їх інноваційний і практичний характер.

Дисертація Богаченка Сергія Вікторовича «Моніторинг технічного стану будівель та споруд на основі інформаційних технологій» є завершеним дослідженням, в якому вдосконалено процес моніторингу технічного стану будівель та споруд за рахунок використання цифрових технологій. За змістом та оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор, Богаченко Сергій Вікторович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент, доктор  
технічних наук, професор, Заслужений  
діяч науки і техніки України,  
завідувач кафедри залізобетонних  
конструкцій та транспортних  
споруд, Одеської державної академії  
будівництва та архітектури



КЛИМЕНКО Євгеній

Підпис д.т.н., професора КЛИМЕНКА Євгенія ЗАСВІДЧУЮ:

Проректор з наукової роботи ОДАБА

Сергій КРОВЯКОВ

Від 12.08.2024

