

ВІДГУК

на дисертацію **Шокарева Андрія Вікторовича «Інформаційно-апаратне забезпечення усунення кренів багатоповерхових будівель»**,

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.13.06 «Інформаційні технології» у спеціалізовану вчену раду Д 26.255.01 при Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України

Рукопис дисертаційної роботи, що розглядається, містить вступ, чотири розділи та висновки, присвячені створенню нової інформаційної технології діагностування поточного стану багатоповерхової будівлі (ББ) для ліквідації її можливого понаднормативного крену, за одночасного забезпечення надійного функціонування цієї багатоповерхової будівлі протягом всього процесу вирівнювання. При цьому не припиняється функціонування інженерних мереж ББ, технологічного обладнання (ліфти та ін.), не здійснюється відселення мешканців. Ця технологія дозволяє підвищити якість оцінок прогнозу змін технічного стану будівлі, забезпечити кероване усунення понаднормативного крену та прийняти відповідні управлінські рішення, за умов невизначеності та з урахуванням ризику будівельних аварій. Робота викладена на 242 сторінках, обсяг основного тексту – 126 сторінок. Робота містить 10 таблиць, 79 рисунків. Список використаних джерел складається зі 185 найменувань. Є додатки до роботи. У додатку А підтверджується впровадження результатів дисертаційної роботи у будівельну практику. Окремо подано умовні скорочення та список літературних джерел, що використані в роботі, включаючи і публікації автора за результатами досліджень. Загалом структура дисертації, її обсяг і наповнення відповідають останнім вимогам МОН України до кандидатських дисертацій. В цілому, немає зауважень до побудови роботи та обсягу рукопису дисертації.

Актуальність роботи. Крен фундаменту є важливим критерієм, який впливає на експлуатаційну придатність будівельного об'єкта. Нормативи обмежують допустимі значення кренів для будівель і споруд. Проте, у багатьох випадках крени фундаменту на різних етапах життєвого циклу будівлі перевищують встановлені норми, і, часом, навіть доходять до граничних значень. Розвиток інформаційних технологій та

експериментальних методів неруйнівного контролю сприяє вирішенню актуальних проблем будівельної галузі, пов'язаних з аналізом технічного стану багатоповерхових будівель, прогнозуванням його змін у найближчий та віддалений час. У короткостроковій і довгостроковій перспективі зростають вимоги до точності прогнозу змін технічного стану багатоповерхових будівель, з урахуванням впливу навколишнього середовища та інших факторів, таких як деградація ґрунтів основи, підтоплення території, збільшення сейсмічної активності, активна забудова сусідніх територій тощо. Усе це вимагає системного аналізу багатьох факторів впливу, які раніше не бралися до уваги, розроблення нових методів і засобів, а також створення для цього нової інформаційної технології. Таким чином, актуальність теми дослідження не викликає сумнівів.

*Побудова роботи та основні положення, що
зафіксовані в окремих розділах дисертації*

У вступній частині стисло викладені основні положення роботи, як того вимагає МОН України. Підкреслю, що дана робота виконана в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України (ІТГІП НАНУ). Результати, що отримано під час виконання роботи, є складовою частиною досліджень, які проводилися в межах науково-дослідних робіт ІТГІП НАНУ:

– «Розробка обчислювальних технологій та методів моделювання для дослідження нестационарних процесів» (2016-2020 рр., номер держреєстрації 0116U000793);

– «Розвиток методів і технологій моделювання структурованих систем» (2021-2023 рр., номер держреєстрації 0121U109226).

– «Розробка багатохвильових нелінійних моделей просторових протяжних систем та об'єктів в полі масових і поверхневих сил» (виконується з 2022 р., номер держреєстрації 0122U000147).

Тема дисертації відповідає актуальним напрямам науково-технічної політики України, визначеним у статті 45 Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» (редакція від 16.07.2019, підстава – 2704-VIII).

Тому щодо поставленої мети та завдань в роботі зауважень немає.

Розділ 1. У першому розділі дисертації розглядаються наукові основи та загальні поняття, що стосуються спеціалізованих інформаційних технологій,

підсистем (зокрема, систем моніторингу тощо) діагностування технічного стану різних технічних об'єктів. В цьому контексті розглядаються, також, системи підтримки прийняття рішень щодо усунення крену ББ та ін., проводиться аналіз та оцінювання результатів вже відомих досліджень у даній галузі. Системи підтримки прийняття рішень містять аналіз попереднього та поточного технічного стану багатоповерхової будівлі, яка зазнала понаднормативного крену, аналіз впливу різних природних та антропогенних факторів на напружено-деформований стан будівлі, включаючи реакцію окремих будівельних конструкцій, виявлення критичних факторів впливу, оцінювання допустимих навантажень, математичне моделювання зміни напружено-деформованого стану будівлі за різних сценаріїв природного та антропогенного впливу. Основне завдання системи моніторингу полягає у виявленні та оцінюванні відхилень поля, яке реєструється, від стаціонарного стану. Однак для забезпечення ефективності цього процесу на попередньому етапі необхідно отримати характеристики цього стаціонарного стану.

Визначення складу та структури інформаційної технології для діагностування поточного стану багатоповерхової будівлі, збирання первинної інформації за допомогою чутливих елементів, а також налаштування та верифікація комп'ютерних моделей будівель і споруд за допомогою експериментальних методів неруйнівного контролю потребують проведення натурних досліджень, оброблення значного обсягу статистичного матеріалу та використання сучасних технологій Industrial 4.0, таких як цифрові двійники («Digital Twins») та Інтернет речей («Internet of Things» – IoT). Всі ці аспекти й визначають актуальність поставлених у дослідженні завдань.

В цілому, до даного розділу особливих зауважень немає.

У Розділі 2 розглядається методологічна, інструментальна і математична база для розроблення інформаційної технології діагностування поточного стану багатоповерхової будівлі. Одним із критеріїв, який визначає експлуатаційну придатність будівлі, є крен фундаменту. Нормативи встановлюють допустимі значення кренів для будівель і споруд. Проте, у багатьох випадках, крени фундаменту на різних етапах життєвого циклу будівельного об'єкта перевищують допустимі величини, іноді навіть граничні. Для забезпечення подальшої безпечної експлуатації такої будівлі необхідно вибрати і реалізувати оптимальну технологію усунення понаднормативного крену.

У розділі також описано розроблені за участю автора прецизійні кутові чутливі елементи, методику визначення величини та напрямку зміщення від

нахилу маятника, а також – розроблення стенду для тарування датчиків. Досліджено та розраховано параметри ряду підсистем як частин підтримки прийняття рішень в інформаційній технології діагностування поточного стану будівлі. Описано розроблення методу ідентифікації напружено-деформованого стану ґрунтової основи та експериментальне обґрунтування вибору основного розрахункового параметра у зворотному зв'язку інформаційної технології діагностування при обробленні ґрунтів під подошвою фундаменту будівлі.

У Розділі 3 розроблено прототип інформаційної технології для діагностування поточного стану багатоповерхової будівлі, який містить прецизійні елементи кутових деформацій. Їх метрологічна атестація здійснюється за допомогою спеціально створеного за участі здобувача стенду. Розроблено програму «Pendulum» для розрахунку і візуалізації деформацій у контрольованих будівельних конструкціях. Також, інформаційна технологія містить систему онлайн-моніторингу контрольованих фізичних величин, додаток для смартфона, який передає дані спостережень у хмару, і базу даних для накопичення та оперативного оброблення інформації. Система включає елементи Інтернету речей (IoT), які автоматизують збирання та оброблення вимірювальних даних.

У Розділі 4 розглядається впровадження результатів розробленої інформаційної технології в науково-технічному супроводі процесу вирівнювання житлових будинків на проспекті Інженера Преображенського, 21, 23 та 25 у м. Запоріжжі. Зазначені будівлі розташовані на майданчику, утвореному шарами лесових ґрунтів, які мають значну потужність і схильні до просідання при зволоженні. Протягом близько 45 років експлуатації всі блок-секції (під'їзди) цих будинків зазнали нерівномірних просідань, які досягли понаднормативних величин.

У 2014 році було проведено обстеження будівельних конструкцій з оцінюванням їх технічного стану. В результаті обстеження блок-секції №1 було встановлено, що технічний стан будівельних конструкцій та блок-секції в цілому є непридатним для нормальної експлуатації. Основною причиною цього висновку стали значні нерівномірні осідання основи та фундаментів блок-секції та понаднормативні крени її кутів. У рамках науково-технічного супроводу процесу вирівнювання блок-секції №1 було виконано такі роботи: інженерно-геологічні дослідження вологісного режиму ґрунтів основи, якості підготовки основи, контроль якості ущільнення ґрунтів під час зворотного засипання котловану, геодезичний моніторинг деформацій будівлі під час

вирівнювання, уточнення фактичних кренів блок-секції на різних етапах вирівнювання, супровід підготовчих робіт та процесу вирівнювання, контроль за станом конструкцій блок-секції під час вирівнювання з використанням розробленої інформаційної технології, а також їх обстеження після проведення робіт з усунення понаднормативного крену будівлі методом вибурювання ґрунту горизонтальними свердловинами під фундаментами, які менше осіли.

Загальні висновки. Вони стислі і відповідають виконаним дослідженням.

Список використаних джерел містить 185 літературних джерел. У списку є сучасні видання, матеріали міжнародних конференцій світового та європейського рівнів. На всі джерела в тексті дисертації є посилання.

Таким чином, *структура дисертації, порядок виконаних досліджень, висновки по роботі, рекомендації автора і їх реалізація на практиці повністю відповідають завершеній науково-дослідній дисертаційній роботі*, що має таку характеристику:

Наукова новизна полягає у тому, що вперше розроблена інформаційна технологія для IoT-діагностування поточного стану багатоповерхової будівлі, яка дозволяє здійснювати супровід ліквідації її можливого понаднормативного крену, за одночасного забезпечення надійного функціонування цієї багатоповерхової будівлі протягом всього процесу діагностування та усунення цього крену. Ця технологія містить налаштування та верифікацію комп'ютерної моделі будівлі разом з уточненням початково-крайових умов, урахування поточний технічний стан будівельних конструкцій, зміни в їх міцності та у фізико-механічних характеристиках ґрунтів основи з плином часу та деградацією. Технологія також передбачає отримання та аналіз первинної та поточної інформації протягом всього процесу вирівнювання за допомогою розподілених по будівлі прецизійних чутливих елементів кутових деформацій, що були розроблені за участю здобувача. У системі управління процесом вирівнювання забезпечується зворотний зв'язок за допомогою експериментальної онлайн-інформації з інклінометричних датчиків та за допомогою результатів поточного математичного моделювання напружено-деформованого стану будівельних конструкцій. Виконується системний аналіз цих даних для оцінювання поточного технічного стану будівлі. Це дозволяє коригувати управлінські рішення протягом усього процесу вирівнювання з метою забезпечення

надійної фіксації будівлі в новому положенні, не зупиняючи функціонування її інженерних мереж, технологічного обладнання (ліфти тощо) та не відселяючи мешканців.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Обґрунтованість отриманих дослідницьких результатів забезпечена порівнянням експериментальних та розрахункових даних у режимі онлайн під час процесу усунення понаднормативного крену багатоповерхової будівлі. Достовірність наукових висновків підтверджує високий ступінь відповідності результатів експерименту розрахунковим даним.

Практична цінність роботи полягає в тому, що науково-методичні положення та рекомендації дисертаційної роботи впроваджені в будівельну практику м. Запоріжжя та – у нормативний документ будівельної галузі України, що підтверджується актом впровадження, який є у дисертації. Крім того, розроблене та успішно випробуване на практиці відповідне програмно-інформаційне забезпечення запропонованої інформаційної технології.

Повнота відображення основних положень дисертації у виданих роботах. Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковані у двадцяти дев'яти публікаціях у професійних фахових виданнях, три з яких проіндексовані у наукометричній базі SCOPUS, вісім – у затверджених МОН України наукових фахових виданнях. Серед публікацій, які додатково відображають наукові результати дисертації – 16 доповідей у матеріалах міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій. Дві публікації – патенти України (насправді, їх 3 – 3-й є списку використаних джерел – патент № 86305). Здобувач є співавтором доповідей на українських та міжнародних конференціях, де знайшли відображення його наукові напрацювання. Оцінюючи його професійну підготовку за дискусіями на конференціях, підтверджую, що Шокарев А.В. сформувався як зрілий і досвідчений науковець.

Анотування за змістом відповідає тексту дисертації, основні висновки по роботі ідентичні. Його обсяг – 24 сторінки. Щодо змісту анотування в порівнянні з текстом дисертаційної роботи **зауважень немає.**

Оформлення дисертації та анотування відповідає вимогам Департаменту атестації наукових кадрів МОН України. Дисертаційна робота

та автореферат складені державною мовою (за винятком деяких російськомовних слів на окремих рисунках), матеріал викладено професійно, добре проілюстровано.

Відсутність порушення академічної доброчесності. У дисертації та авторефераті відсутні порушення академічної доброчесності.

Додатково можна зробити такі загальні зауваження до роботи:

1. Відповідно до паспорту спеціальності 05.13.06 та отриманих результатів роботи тему дисертації краще було б сформулювати як «Автоматизована система технічного діагностування кренів багатопверхових будівель» або «Інформаційна технологія технічного діагностування кренів багатопверхових будівель», а не «інформаційно-апаратне забезпечення усунення кренів багатопверхових будівель», враховуючи, що створене здобувачем забезпечення не усуває крени, а – тільки діагностує їх. Крім того, в тексті роботи скрізь використовується термін «інформаційна технологія діагностування багатопверхових будівель» (ІТДББ).

2. Варто було б у роботі описати не тільки програмно-апаратні складові запропонованих рішень, а й – саму інформаційну технологію в цілому. Навести блок-схему її роботи, UML-моделі та ін.

3. Не варто було у наводити публікації матеріалів здобувача, апробовані на конференціях у росії та білорусі, тим більше, вже доволі застарілі (більше 10 років). Наявних результатів, опублікованих в українських наукових фахових виданнях, конференціях та виданнях, зареєстрованих у Scopus, цілком достатньо і без них. Краще варто було б запатентувати усе розроблене апаратне забезпечення ІТДББ, так детально описане у роботі. Патенти у списку праць є («Спосіб будівництва будинків, споруд» і «Механізований пристрій для підсилення ґрунтів основ фундаментів існуючих будівель»), але вони не зовсім стосуються самого процесу діагностування та вимірювань. Натомість, у списку використаних джерел дисертації згадується патент за співавторства здобувача № 86305 «Електромагнітний вимірювальний перетворювач для контролю зміщень конструктивних елементів, фундаментів будівель і споруд та спосіб його застосування», який дійсно є у базі патентів України і відповідає тематиці дисертації та паспорту спеціальності 05.13.06, але, чомусь, його не згадано у списку праць здобувача на початку роботи та в авторефераті.

4. На деяких рисунках зустрічається російськомовний текст (наприклад, на рис. 3.26 («ось»), рис. 3.24 і 3.28 («етапы», «приращение напряжений») та ін.).

Наведені зауваження не впливають в цілому на отримані результати та зроблені висновки.

На основі детального розгляду роботи вважаю, що дисертація *Шокарева Андрія Вікторовича «Інформаційно-апаратне забезпечення усунення кренів багатопверхових будівель»* відповідає вимогам Департаменту атестації наукових кадрів МОН України, а її автор *заслуговує присвоєння йому наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.13.06 «Інформаційні технології»*.

Офіційний опонент,
професор, доктор технічних наук,
завідувач кафедри системного аналізу
та інформаційних технологій
Вінницького національного
технічного університету

«*29*» *01* 2024 р.

Віталій МОКІН

Підпис Мокіна Віталія Борисовича, доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри системного аналізу та інформаційних технологій Вінницького національного технічного університету **затверджую**

Вчений секретар



Інна ВІШТАК

Вр. № 161/01.02.24-1
виг 01.02.2024 р.