

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Трошинського Богдана Олександровича** *"Комп'ютеризована система діагностики залізобетонних паль на основі акустичних методів"*, поданий на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Обґрунтування вибору теми дослідження

З початку масового використання бурових паль і досі існує проблема забезпечення надійності фундаментів через те, що процес устрою паль приховано від спостереження і в стовбурах паль можливо утворення неприпустимих дефектів, які знижують несучу здатність паль і можуть привести споруду до аварійного стану.

На даний момент у світі розроблено і використовується багато інформаційно-вимірвальних приладів (систем) задля реалізації неруйнівних методів контролю, які пропонують спеціалізовані фірми Франції, США, Нідерландів, Ізраїлю, Китаю, Росії. У науково-дослідної лабораторії (НДЛ) «ДАКіС» КНУБА також розроблені і використовуються дослідні зразки комп'ютерних систем діагностики бетонних паль, окремо задля реалізації імпульсного луна-методу та методів акустичного каротажу.

В Україні методи досі не мають нормативного забезпечення. Лише рекомендовано вибіркове (до 10% на будівельному об'єкті) тестування паль імпульсним луна-методом (наказом Держбуду України від 14 вересня 2001 року №185). Акустичний каротаж бурових паль, який край необхідний під час будівництва мостових переходів, де використовуються палі великих діаметрів (понад 1 м) і довжиною понад 30 м, в Україні не регламентовано взагалі. Тому актуальність теми здобувача не викликає сумнівів.

Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність, новизна.

Сформульовані в дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно обґрунтовані здобувачем та викладені у доказовій формі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень

В дисертаційній роботі Б.О. Трощинського проведено аналіз проблеми діагностування технічного стану бетонних та залізобетонних паль. Результати аналізу ґрунтуються на всебічному огляді теоретичної та науково-прикладної літератури з цієї важливої проблеми. Побудовані як детерміновані так і стохастичні математичні моделі акустичних сигналів, що є підґрунтям для розробки методів, алгоритмів, структурних схем пристроїв комп'ютеризованої системи діагностування залізобетонних паль. Дані теоретичні результати підкріплені розрахунками та результатами експериментальних досліджень технічного стану залізобетонних паль. Наведені порівняльні оцінки запропонованих автором нових рішень відносно результатів інших авторів, одержаних раніше, у достатній мірі обґрунтовані.

Достовірність та новизна

Б.О. Трощинський в своїй дисертаційній роботі застосував сучасний математичний апарат. Зроблені припущення та математичні перетворення є коректними й мають право на застосування в прикладних задачах. Отримані в дисертації нові наукові результати є прозорими та переконливими. Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій впливає з наступного.

1. Розроблено інформаційне забезпечення для сумісного використання методів віброакустичної діагностики та акустичного каротажу залізобетонних паль на основі обґрунтованих математичних моделей діагностичних сигналів, алгоритмічно-програмного забезпечення статистичного оцінювання ознак і реалізації їх за допомогою ІВС діагностики;
2. Отримали подальший розвиток математичні моделі віброакустичних сигналів, що утворюються при ударному збудженні цих сигналів у тілі досліджуваної залізобетонної палі і які враховують особливості ґрунтів, де занурюється досліджуваний об'єкт. За результатами дослідження побудованих математичних моделей віброакустичних сигналів було теоретично обґрунтовано діагностичні ознаки, що дозволяють встановлювати технічний стан досліджуваної палі;
3. Створено структурну схему, виготовлено та експериментально перевірено дослідний зразок ІВС діагностики залізобетонних паль, у якій, на відміну від відомих систем, передбачено сумісне використання методів ударної віброакустичної діагностики та акустичного каротажу. Такий підхід дозволив розширити можливості створеної ІВС з визначення технічного стану досліджуваних паль, а також забезпечив підвищення точності і достовірності результатів їх вібродіагностики.

Практичне значення отриманих результатів

Розроблені у дисертаційній роботі теоретичні моделі та методи реалізовані у вигляді функціональних схем та алгоритмів. Також розроблені апаратно-програмні пристрої та дослідний зразок Інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) діагностики залізобетонних паль, у якому передбачено сумісне використання методів ударної віброакустичної діагностики та акустичного каротажу, що дозволив розширити можливості створеної ІВС з визначення технічного стану паль та забезпечив підвищення достовірності результатів діагностування.

Запропоновано та експериментально перевірено інтерфейс до побудованого дослідного зразка ІВС вібродіагностики і акустичного каротажу залізобетонних паль, який дає змогу використовуючи попередньо сформовані навчальні сукупності визначити технічний стан виготовленої залізобетонної палі.

На основі проведених досліджень, розроблена програма метрологічної атестації, яка затверджена в Українському державному науково-виробничому центрі стандартизації, метрології і сертифікації (УкрЦСМ), теоретичні й практичні результати дисертації впроваджені в ТОВ НВО «Київбудіндустрія».

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях.

Основні результати дисертації повністю викладені в друкованих працях у фахових виданнях, що входять до переліків атестаційного органу України, та у матеріалах наукових конференцій. Результати роботи досить детально доповідались та обговорювались на конференціях та семінарах.

Мова і стиль дисертації та автореферату цілком задовільні і відповідають вимогам стандартів оформлення науково-дослідних робіт. Зміст автореферату відповідає змістові дисертації та об'єктивно відображає основні результати роботи. Використання чужих наукових результатів без посилань на авторів у дисертації не виявлено.

Обсяг і структура дисертації відповідають вимогам та рекомендаціям ДАК.

Структура та зміст роботи.

У вступі приведена актуальність теми дослідження, сформульована мета роботи та задачі досліджень і методи їх вирішення, опис об'єкту і предмету

досліджень, викладені наукова новизна і практичне значення результатів, приведені відомості публікації автора та апробацію отриманих результатів роботи.

У першому розділі розглянуто основні типи залізобетонних паль, які використовуються в сучасному вітчизняному і закордонному будівництві фундаментів глибокого закладення, та типові дефекти і причини їх утворення в різних типах паль, а також надано аналіз сучасного стану методів неруйнівного контролю та засобів їх забезпечення, які використовуються для обстеження (діагностики) стовбурів паль і стовпів.

Дефекти, які виникають в результаті порушення технології, внаслідок технологічних особливостей даного типу паль і впливу ґрунтових умов.

Зроблено огляд методів випробування та обстеження паль. Розглянуто як статичні так і динамічні методи випробування. Розглянуто також метод ультразвукового каротажу.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність створення ІВС для визначення технічного стану залізобетонних паль, а саме:

- імпульсного луна-методу з ударним збудженням пружних хвиль;
- методу акустичного каротажу.

Другий розділ присвячено математичним моделям та комп'ютерному моделюванню хвильових процесів у відкриті і зануреній в ґрунт palі. Розглянуто як детерміновані так і стохастичні моделі. Показано результати комп'ютерного моделювання хвильових процесів у бетонній palі, що занурена в ґрунт, при дії зовнішньої імпульсної сили.

Розглядається лінійна в'язко-пружна модель як для матеріалу palі, так і для ґрунту, в який вона занурена, що справедливо, як вже було сказано, при переміщенні елементів palії, що виникають під дією зовнішньої сили, менше ніж 2 мм.

Ефективне рішення задачі діагностики певних дефектів можливе тільки за умови попереднього формування навчальних сукупностей або банку даних. Основою для побудови такого банку служить запропоновані за результатами аналізу моделей досліджуваних об'єктів діагностичні параметри, за якими і формуються навчальні сукупності, що відповідають певним технічним станам цих об'єктів.

Третій розділ присвячено розгляду програмно-технічного забезпечення для експериментального зразка ІВС акустичної діагностики залізобетонних паль.

У розділі наведено опис структури експериментального зразка ІВСАД ЗП, яку у подальшому було використано для обробки експериментальних даних і практичної перевірки розроблених математичних моделей та методів визначення

технічного стану залізобетонних паль та бурових стовпів, що працює у різних режимах.

Розроблено структурну схему, виготовлено та експериментально перевірено дослідний зразок інформаційно-вимірювальної діагностичної системи, у якій, на відміну від відомих систем, передбачений блок, що забезпечує вибір відповідної навчаючої сукупності для проведення діагностування залізобетонних паль різного типу

Розглянуто основні види програмного забезпечення, що розроблено для управління роботою створеної ІВСАД ЗП, обробки експериментальних даних та побудови розв'язуючих правил з діагностування і класифікації можливих дефектів у палях.

Дослідний зразок ІВСАД ЗП призначений для дослідження та діагностики технічного стану виробів із бетону та інших матеріалів на основі розповсюдження акустичних хвиль в цих виробках (луна-метод, каротаж) в лабораторних, замкнутих умовах, а також на будівельних майданчиках.

Система складається з двох основних частин: модуля збору інформації та портативного комп'ютера. Модуль збору інформації виконує функції по перетворенню та попередній обробці аналогових сигналів, що надходять з різних датчиків, і передачу їх в портативний комп'ютер,

Важливою є можливість аналізу правильності роботи ІВС по спектральному аналізу та попередній відбір реалізацій.

На основі проведених досліджень, розроблена програма метрологічної атестації, яка затверджена в Українському державному науково-виробничому центрі стандартизації, метрології і сертифікації (УкрЦСМ). У відповідності до програми була проведена метрологічна атестація, про що отримано свідоцтво УкрЦСМ №361-22 від 16.02.2021р.

Четвертий розділ присвячений експериментальним дослідженням діагностування стану залізобетонних паль з використанням створеного зразка комп'ютерної системи акустичної діагностики.

Проведено аналіз типових дефектів у бетонних палях різного типу та причин їх утворення; розглянуто існуючі методи діагностики бетонних паль у ґрунті; побудовано та проаналізовані математичні моделі віброакустичних процесів, що збуджуються у палях та технологічному обладнанні при їх діагностиці; теоретично обґрунтовано діагностичні параметри для визначення дефектів у палях і на основі яких буде створено банк даних.

Проведено ряд вимірювальних експериментів, на основі яких створено банк даних, який містить статистичну інформацію щодо вимірювань довжини занурених в ґрунт залізобетонних паль, а також деякі дані по діагностичних ознаках для визначення фактичного технічного стану технологічного обладнання улаштування паль.

Сформований банк даних містить необхідні відомості для прийняття рішення про те, чи довжина зануреної палі відповідає розрахунковому значенню, на основі вимірювань за допомогою ІВСАД ЗП. Крім того, він містить статистичні дані про умовно-справний стан вузлів приводу шнекової колони, що дає можливість його використання при діагностиці технологічного обладнання улаштування бетонних паль в ґрунті.

Розроблено методику та технологію практичного використання банку даних для діагностики будівельних конструкцій та технологічного обладнання, яка базується на статистичних методах, що дають можливість приймати рішення з наперед заданими ймовірностями помилок першого та другого роду.

Слід зазначити, що роботи по наповненню сформованого банку фактичними статистичними даних доцільно продовжити з метою розширення представленого асортименту пальових конструкцій та технологічного обладнання, а також для узагальнення інформації про можливі дефекти.

Підтвердження повноти викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях.

За напрямом дисертаційних досліджень здобувачем опубліковано 15 наукових праць, з яких: 11 статей у фахових наукових виданнях з переліку ДАК України, і 3 матеріалів тез доповідей на наукових конференціях, та один стандарт підприємства..

Перелічені публікації повною мірою відображають наукові і практичні результати дисертаційної роботи.

З праць, що опубліковані в співавторстві, у дисертації використані лише ті результати, які отримані автором особисто.

Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає актуальність, мету та задачі, основні наукові положення, практичну значущість, апробацію дисертації, її зміст по розділах, та висновки. Дисертаційна робота та автореферат оформлені у відповідності з вимогами МОН України., що ставляться до кандидатських дисертацій.

Зауваження до роботи

До основних зауважень дисертаційної роботи можна віднести наступні:

1. Стор. 56. В детермінованих системах дисперсія не прямує до нуля, а дорівнює нулю.
2. Стор.69. Вираз (2.18) справедливий тільки для лінійних стаціонарних випадкових процесів. Але про це нічого не сказано.

3. Стор. 90. ... зберігання даних передбачається в хмарному середовищі. Але це досить складне питання з точки зору кібербезпеки.
4. Стор. 92. Табл.3.1. Розрядність АЦП 12 ... 16 дБ. Яка ж все таки розрядність АЦП? Це дуже важливе питання з точки зору оцінки методичних похибок.
5. Стор. 93. Табл. 3.2. Орієнтована ціна мікроконтролерів, в якій валюті?
6. Стор. 96. Рис. 3.4. В структурній схемі відсутня ФВЧ, , що може привести до нестационарності, пов'язаної з обмеженням об'ємом вибірки для аналізу.
7. Стор.97. ... "попередній підсилювач, що забезпечує підсилення сигналу по струму і усунення можливості накладання завад на корисний сигнал." Яким чином це справедливо, наприклад для імпульсної завади?
8. Стор. 99. Рис.3.6. Мікросхеми D1,D2. Які ? про їх тип немає згадки ні в тексті дисертації, ні на малюнку.
9. Стор. 147. Рис. 4.5. Не зрозуміло, де закінчується підстроковий запис?
10. Стор. 151. "Вдалося витягти з землі тільки її (палі) частину довжиною 5.8 м. (чи можна використати для досліджень таку частину палі?).
11. Стор. 163. "Програма гістограмного аналізу по системі кривих Пірсона дає можливість визначити тип розподілу з системи Пірсона, при наявності досить невеликої кількості вимірювань". Але це не зовсім так.
12. Стор.165. Рис.4.18. Гістограма на наведеному рисунку не відповідає гаусовому розподілу. Це розподіл з більш важким лівим хвостом.
13. У дисертації зустрічаються русизми описки та стилістичні неточності.

Висновки

Не зважаючи на приведені зауваження до дисертаційної роботи, вважаю, що вони не знижують цінність та загальну позитивну оцінку роботи. Дисертаційна робота **Трошинського Б. О.** *"Комп'ютеризована система діагностики залізобетонних паль на основі акустичних методів"* є завершеною працею, що містить висунуті здобувачем наукові положення та науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, що вирішують важливу науково-прикладну задачу, що полягає в підвищенні якості діагностичного зображення аномалій в середовищах і матеріалах на основі удосконалення процесу діагностичної візуалізації результатів ультразвукових досліджень.

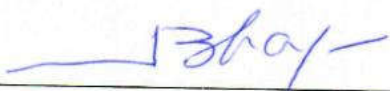
Мета роботи, поставлені та вирішені задачі, викладені наукові та практичні результати дозволяють зробити висновок, що дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

На підставі проведеного аналізу дисертаційної роботи **Трошинського Б. О.** *"Комп'ютеризована система діагностики залізобетонних паль на основі акустичних методів"* можна зробити висновок, що за актуальністю, науковим

рівнем та отриманою науковою та практичною цінністю результатів вона відповідає пп. 9, 10, 12, 13 затвердженого Постановою КМ України від 24.07.2013р. №567 (із змінами) та суттєво не відхиляються від вимог ДСТУ 3008-2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення.» і «Вимог до оформлення дисертацій» затверджених наказом Міністерства освіти та науки України від 12.01.2017 №40, а її автор **Трошинський Богдан Олександрович** заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент

доктор технічних наук,
провідний науковий співробітник
Інституту електродинаміки НАН України
відділу №12



Зварич Валерій Миколайович

Підпис доктора технічних наук, провідного наукового співробітника

Зварича В.М. засвідчую



Вчений секретар Інституту електродинаміки НАН України