

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

ТРОЩИНСЬКОГО БОГДАНА ОЛЕКСАНДРОВИЧА

«Комп'ютеризована система діагностики залізобетонних паль на основі акустичних методів»,

яка подається на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук за спеціальністю

05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

1. Актуальність теми. Влаштування пальових фундаментів є одним з основних і важливих видів робіт в будівельній практиці. До 80% будівель та споруд будується на фундаментах глибокого залягання, основними елементами яких є бетонні та залізобетонні палі. Але й на теперішній час існує проблема забезпечення надійності фундаментів, що пов'язана із тим, що процес формування паль прихований від спостереження, і в стовбурах паль можуть утворюватися різні типи дефектів: каверна, тріщина у стовбурі палі, обрив або тріщина стовбуру палі, потовщення або опуклість стовбуру палі, ослаблення перетину палі або шийка, зрослі палі та інші. Технології формування паль постійно удосконалюються, однак повністю уникнути появи дефектів неможливо.

На даний час для діагностики технічного стану паль використовують переважно акустичні методи (одно- і багатоканальний акустичний каротаж, віброударну діагностику). Загальним недоліком існуючих систем, що реалізують ці методи, є відсутність бази даних діагностичних ознак та те, що достовірність результатів обстежень значною мірою залежать від кваліфікації оператора. При цьому у разі комплексної діагностики паль методами віброударної діагностики та акустичного каротажу достовірність інформації щодо технічного стану паль значно підвищується.

Актуальність і особливу значимість теми дисертаційного дослідження Трощинського Богдана Олександровича підкреслює її зв'язок з науково-дослідними роботами, що виконувалися у відповідності з планами держбюджетних тем на кафедрі електротехніки та електроприводу факультету автоматизації і інформаційних технологій та в НДЛ «ДАКіС» Київського національного університету будівництва і архітектури.

Таким чином, враховуючи наведені аргументи, актуальність теми дисертаційного дослідження Трощинського Богдана Олександровича

«Комп'ютеризована система діагностики залізобетонних паль на основі акустичних методів» не викликає жодних сумнівів.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації та їх достовірність. Основні наукові результати чітко сформульовані та не викликають сумнівів, що підтверджується експериментальними дослідженнями, в тому числі і з використанням розроблених апаратно-програмних засобів, що реалізують сумісне застосування методів віброударної діагностики та акустичного каротажу для діагностування технічного стану залізобетонних паль фундаментів глибоко закладення. Достовірність наукових положень дисертації забезпечується використанням в процесі досліджень положень теорії розповсюджених хвиль у твердих тілах, теорії побудови інформаційно-вимірювальних систем, теорії ймовірностей, теоретичних основ акустичних методів неруйнівного контролю та методів статистичної обробки діагностичних сигналів.

3. Найбільш вагомі наукові результати одержані здобувачем особисто.

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-технічна задача, що полягає у розробці моделей, методів та універсальної комп'ютеризованої системи, що їх реалізує, для діагностування залізобетонних паль у фундаментах глибокого закладення за умов сумісного застосування методів віброударної діагностики та акустичного каротажу.

4. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше 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 інформаційно-вимірювальної системи діагностики;

- отримали подальший розвиток математичні моделі віброакустичних діагностичних сигналів, що утворюються за ударного збудження цих сигналів у тілі досліджуваної залізобетонної палі, і які враховують особливості ґрунтів, де занурюється досліджуваний об'єкт, що дало можливість теоретично обґрунтувати діагностичні ознаки, за якими встановлюється технічний стан досліджуваної палі;

- вперше теоретично обґрунтовано вимоги до побудови банку даних, який містить необхідні відомості для прийняття рішення щодо технічного стану обстеженої палі з використанням методів віброударної діагностики та акустичного каротажу.

5. Практична цінність результатів полягає у доведенні отриманих наукових результатів до конкретних методів, алгоритмів, моделей, структур та схем, які можна успішно використати при вдосконаленні існуючих та побудові нових спеціалізованих інформаційно-вимірювальних систем діагностики залізобетонних паль. Також розроблений комплексний підхід до вирішення сформованої науково-технічної задачі дозволив розширити можливості визначення технічного стану паль, та забезпечив підвищення точності і достовірності результатів діагностики.

Розроблене програмне забезпечення з використанням попередньо сформованих навчаючих сукупностей (банком даних) дало змогу визначити технічний стан виготовленої залізобетонної палі.

Додатково практична цінність дисертаційного дослідження підтверджується наведеними в додатках дисертації актами впровадження в представництві «Онур Тааххут Ташимаджилик Іншаат Тіджарет ве Санаї Анонім Ширкеті» в Полтавській та Дніпропетровській областях, ТОВ «Підприємство «Маст-Буд», ТОВ НВО «Київбудіндустрія».

6. Оцінка змісту та завершеності роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків (загалом 160 сторінок основного тексту), списку використаних джерел (126 найменувань), двох додатків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, пункти наукової новизни та практичного значення одержаних результатів, приведені дані щодо зв'язку роботи з науковими програмами, апробацію результатів роботи, впровадження та публікації.

У **першому розділі** наведено опис основних видів залізобетонних паль, що використовуються при будівництві фундаментів глибокого залягання, дефектів і причин, що приводять до їхньої появи. Проаналізовано сучасні методи і засоби неруйнівного контролю, що використовуються при діагностуванні стовбурів паль і стовпів. Розглянуто фізичні основи, переваги і недоліки цих методів, та засобів, що їх реалізують. Обґрунтована необхідність

створення системи для визначення технічного стану паль на основі імпульсного луна-методу з ударним збудженням пружних хвиль та методу акустичного каротажу.

У **другому розділі** обґрунтовано та досліджено математичні моделі діагностичних детермінованих та стохастичних сигналів, що виникають у залізобетонній palі за ударного збудження. При розробленні моделей були враховані геометричні параметри об'єкта контролю, умови збудження зондуючого сигналу, поглинання енергії пружної хвилі матеріалом palі з урахуванням багатопарового гранту, що має різні акустичні властивості. Також при розробленні математичних моделей використано метод електромеханічної аналогії, який дозволяє застосувати апарат теорії електричних кіл для моделювання хвильових процесів. Для комп'ютерної реалізації розробленої системи з розподіленими параметрами, що відображає розповсюдження імпульсних хвиль в об'ємі palі та ґрунті, використано пакет програм Matlab/Simulink.

Третій розділ присвячено обґрунтуванню загальної структури інформаційно-вимірювальної системи акустичної діагностики залізобетонних паль, призначену для роботи у двох режимах вимірювання та обробки сигналів віброударної діагностики та акустичного каротажу. Розглянуто основні особливості створення апаратно-програмного забезпечення для обробки експериментальних даних у двох режимах роботи дослідного зразку; описано алгоритми їхнього функціонування. Визначено основні види похибок та надано методику оцінки метрологічних характеристик створеного експериментального зразку комп'ютеризованої системи акустичної діагностики залізобетонних паль.

У **четвертому розділі** наведено результати експериментальних досліджень розробленого дослідного зразку системи при обстеженні залізобетонних робочих та дослідних паль. Проведено ряд експериментів сумісного використання ультразвукових методів наскрізного прозвучування та луна-методу. Показано, що сумісне використання методів в значній мірі підвищує точність і достовірність результатів обстежень. Сумісний підхід був застосований під час обстеження фундаментів існуючих споруд з використанням розробленої інформаційно-вимірювальної системи. На основі аналізу отриманих результатів, сформовано банк даних, що містить статистичну інформацію щодо вимірювань довжини занурених в ґрунт паль та діагностичні ознаки для визначення поточного технічного стану паль.

У додатках до дисертації містяться список публікацій здобувача та акти впровадження результатів роботи.

7. Основні наукові результати, що отримані в дисертації, викладені здобувачем у 15 друкованих працях, у тому числі у 5 статтях у наукових фахових виданнях України, а також у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus; 3 тезах доповідей на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях.

8. Автореферат дисертації оформлений згідно з вимогами положення про «Порядок присудження наукових ступенів». Зміст автореферату в достатній мірі відображає основні положення дисертаційної роботи.

9. Зауваження по дисертації:

- при формулюванні завдань дослідження, наукової новизни та практичного значення отриманих результатів, дисертанту варто було б дотримуватися термінологічної єдності. При цьому, як синонімічні значення вживаються «віброударна діагностика», «віброакустична діагностика», «ударна віброакустична діагностика», що може впливати на сприйняття результатів дисертаційної роботи;

- об'єкт дослідження дисертаційної роботи не містить елементу використання методу акустичного каротажу, на якому базується вагома частина досліджень дисертанта;

- в розділі 1 не приведено порівняльний аналіз існуючих методів діагностування залізобетонних паль, що не дає можливості оцінити переваги та недоліки методів віброударної діагностики та акустичного каротажу, що розглядаються у дисертаційній роботі, в порівнянні з іншими методами;

- чим обумовлений вибір моделі Кельвіна-Фойгта для опису в'язкоеластичності бетону (розділ 2, ст. 60), яка зазвичай використовується для опису дерев'яних конструкцій, полімерів та резини? На думку опонента, при створенні математичної моделі залізобетонної палі доцільно було б використовувати модель Максвелла чи узагальнену модель Максвелла. При цьому важливо накласти обмеження на можливість використання розробленої моделі (новосформована паля), оскільки як модель Кельвіна-Фойгта, так і модель Максвелла призначені для характеристики в'язкоеластичності речовини;

- в узагальненій структурі розробленого модуля збору інформаційної системи віброударної діагностики та акустичного каротажу (розділ 3, ст. 91)

доцільно було б передбачити безпроводні канали зв'язки для передачі вимірювальної інформації до хмарного сховища. Це дало б змогу зменшити вимоги до об'єму оперативної пам'яті модуля та підвищити надійність інформаційно-вимірювальної системи загалом;

- в розділі 4 не наведено типові технічні характеристики залізобетонних паль, придатних для діагностування методами віброударної діагностики та/або акустичного каротажу, та параметри дефектів, отриманих при формуванні банку даних;

- у роботі наявні орфографічні, пунктуаційні, лексичні і граматичні помилки.

10. Висновок. Дисертаційна робота Трощинського Богдана Олександровича представляє собою завершену наукову роботу на актуальну тему, а отримані результати вирішують важливу науково-технічну задачу розробки моделей, методів та універсальної комп'ютеризованої системи, що їх реалізує, для діагностування залізобетонних паль у фундаментах глибокого закладення за умов сумісного застосування методів віброударної діагностики та акустичного каротажу.

Дисертаційна робота, представлена до розгляду, відповідає вимогам ДАК України щодо кандидатських дисертацій, а її автор Трощинський Богдан Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти.

Офіційний опонент:

старший науковий співробітник

відділу моніторингу та оптимізації

теплофізичних процесів ІТТФ НАН України,

к.т.н., старший дослідник

А. О. Запорожець

Підпис А.О. Запорожця засвідчую,

вчений секретар ІТТФ НАН України к.т.н.

Р.В. Сергієнко

