

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора
Кочкарьова Дмитра Вікторовича
на дисертаційну роботу

Гаврилюка Олександра Володимировича

**«ВЗАЄМОДІЯ ФУНДАМЕНТІВ ІЗ БУРОВИХ ПАЛЬ З ОСНОВОЮ ПРИ
ЛОКАЛЬНИХ ПОШКОДЖЕННЯХ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ
БУДІВЕЛЬ»**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота Гаврилюка О.В. присвячена вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми підвищення надійності та економічної ефективності фундаментних конструкцій будівель і споруд в умовах імовірних аварійних впливів, зокрема спричинених воєнними діями. Масштабні руйнування в наслідок військових дій засвідчили вразливість існуючих конструктивних рішень до екстремальних навантажень і змін розрахункових схем, що призводять до втрати стійкості окремих елементів, а також значних людських і матеріальних втрат. За таких умов забезпечення міцності, стійкості та експлуатаційної надійності будівель вимагає вдосконалення методів проєктування з урахуванням можливості локальних пошкоджень і прогресуючого руйнування.

Сучасні багатоповерхові будівлі передають на ґрунтову основу значні вертикальні навантаження, що обумовлює широке застосування бурових паль, у тому числі значної довжини. Надійність і економічність палових фундаментів визначально залежить від достовірності оцінювання несучої здатності паль залежно від ґрунтових умов, яка формується сумарним опором ґрунту по бічній поверхні та під подошвою палі. Чинні аналітичні методики розрахунку часто дають занижені значення несучої здатності порівняно з результатами статичних випробувань, що призводить до надмірного збільшення кількості паль і, відповідно, зростання вартості фундаментної частини будівель.

У цьому контексті особливо актуальною є розробка удосконаленої інженерної методики визначення несучої здатності бурових паль довжиною понад

15 м, яка забезпечувала б збіжність із результатами натурних статичних випробувань та могла б застосовуватися в проєктній практиці без значних додаткових витрат. Реалізація такої методики сприятиме підвищенню рівня безпеки будівель і споруд у надзвичайних умовах, оптимізації проєктних рішень і зниженню собівартості будівництва, що визначає високу наукову й практичну актуальність дисертаційної роботи.

Аналіз основного змісту роботи. Робота виконана у Київському національному університеті будівництва і архітектури (КНУБА) та виконана у відповідності до держбюджетних науково-дослідних робіт МОНУ, в яких здобувач брав участь на рівні виконавця:

- держбюджетна науково-дослідна робота Міністерства освіти і науки України 5ДБ-2017 «Розвиток дилатансійної теорії ґрунтового середовища для заглиблених споруд з урахуванням жорсткості, технології зведення, характеру навантажень» (наказ МОНУ №199 від 10.02.2017р., наказ КНУБА №16/4 від 15 лютого 2017 року, номер державної реєстрації 0117U004845).

- НДДКР «Вдосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій і основ» (наказ №243 від 03.06.2021р., номер державної реєстрації 0121U113033)

Структура роботи послідовно впорядкована у відповідності до поставленої мети дослідження. Наприкінці кожного розділу представлені висновки. Робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 173 сторінки, в тому числі 44 рисунка, 7 таблиць, список використаних джерел із 122 найменувань на 14 сторінках.

Вступна частина містить актуальність теми, мету і задачі дослідження, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Приводяться дані про публікації та апробацію роботи.

У **першому розділі** дисертаційної роботи виконано аналіз сучасного стану проблеми проєктування та розрахунку пальових фундаментів будівель і споруд. Розглянуто чинні нормативні документи, вітчизняні та зарубіжні методики визначення несучої здатності бурових паль залежно від ґрунтових умов, а також

результати експериментальних і теоретичних досліджень у цій галузі. Показано, що аналітичні методи, які застосовуються в проєктній практиці, як правило, мають значний запас надійності та призводять до заниження розрахункової несучої здатності паль. Особливу увагу приділено аналізу розбіжностей між результатами розрахунків і даними статичних випробувань, що обґрунтовує доцільність подальших досліджень та формулювання мети і задач дисертаційної роботи.

У **другому розділі** досліджено особливості роботи бурових паль у ґрунтовій основі під дією вертикальних навантажень. Розглянуто фізичні механізми формування бічного опору та опору ґрунту під подошвою палі, проаналізовано вплив довжини палі, шаруватості ґрунтового масиву та деформаційних характеристик ґрунтів на несучу здатність фундаментів. Наведено узагальнення експериментальних даних статичних випробувань паль і виконано їх порівняльний аналіз із результатами нормативних розрахунків. На основі цього сформульовано основні передумови для удосконалення інженерної методики визначення несучої здатності бурових паль, зокрема для паль великої довжини.

У **третьому розділі** розроблено удосконалену методику визначення несучої здатності бурових паль, що базується на уточненні розрахункових залежностей опору ґрунту по бічній поверхні та під подошвою палі. Запропонований підхід враховує реальні умови взаємодії палі з ґрунтовою основою та дозволяє адаптувати аналітичні розрахунки до результатів натурних статичних випробувань. Обґрунтовано область застосування методики, наведено алгоритм її використання в інженерній практиці та визначено основні параметри, що впливають на точність результатів.

У **четвертому розділі** наведено результати практичної апробації запропонованої методики на прикладах реальних об'єктів та експериментальних випробувань. Виконано порівняльний аналіз несучої здатності паль, визначеної за нормативними методиками, за результатами статичних випробувань та за розробленим підходом. Показано, що застосування запропонованої методики

забезпечує суттєве зближення розрахункових і експериментальних значень, що дозволяє зменшити надлишкову кількість паль у фундаменті без зниження рівня надійності та безпеки будівель і споруд. Отримані результати підтверджують практичну значущість дисертаційної роботи та доцільність впровадження її положень у проєктну практику.

Обґрунтованість наукових положень і достовірність отриманих результатів забезпечується комплексним підходом до розв'язання поставленої науково-прикладної задачі, коректним використанням положень механіки ґрунтів, теорії пружності та будівельної механіки, а також аналізом і узагальненням результатів вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень у галузі проєктування пальових фундаментів. Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням чинних нормативних методик і експериментальних даних статичних випробувань бурових паль, у тому числі результатів випробувань за схемою «навантаження–осідання». Запропоновані в роботі аналітичні залежності базуються на фізично обґрунтованих моделях взаємодії палі з ґрунтовою основою та не суперечать основним положенням механіки деформівного твердого тіла і ґрунтів.

Наукова новизна. Наукова новизна результатів, отриманих у дисертаційній роботі, полягає в розвитку та уточненні теоретичних і інженерних підходів до визначення несучої здатності бурових паль у ґрунтовій основі з урахуванням реальних умов їх роботи та вимог надійності будівель і споруд в умовах імовірних аварійних впливів. Основні науково нові положення полягають у наступному:

1. Удосконалено інженерну методику визначення несучої здатності бурових паль за ґрунтом, яка, на відміну від чинних нормативних підходів, базується на узгодженні аналітичних залежностей із результатами натурних статичних випробувань і забезпечує підвищення точності оцінювання несучої здатності паль великої довжини.
2. Отримало подальший розвиток уявлення про механізми взаємодії бурової палі з ґрунтовою основою, зокрема щодо розподілу та сумісної роботи бічного опору і опору ґрунту під подошвою палі, що дозволило уточнити

їхній внесок у загальну несучу здатність залежно від довжини паль і деформаційних характеристик ґрунтів.

3. Запропоновано новий підхід до коригування розрахункових параметрів ґрунту в аналітичних моделях пальових фундаментів, який враховує фактичні деформаційні властивості ґрунтової основи, отримані за результатами інженерно-геологічних вишукувань і статичних випробувань паль.
4. Встановлено закономірності збіжності розрахункових і експериментальних значень несучої здатності бурових паль, що дозволяє зменшити надлишковий запас надійності, притаманний нормативним методикам, без зниження рівня безпеки та експлуатаційної придатності будівель і споруд.
5. Розширено область практичного застосування інженерних розрахунків бурових паль, що створює наукове підґрунтя для оптимізації проектних рішень пальових фундаментів в умовах складних інженерно-геологічних умов і підвищених вимог до надійності.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їх безпосереднього використання в інженерно-проектній практиці при проектуванні пальових фундаментів будівель і споруд різного призначення, зокрема в умовах підвищених вимог до надійності та безпеки за наявності імовірних аварійних впливів.

Розроблена в роботі удосконалена методика визначення несучої здатності бурових паль за ґрунтом може бути застосована на стадіях техніко-економічного обґрунтування та робочого проектування для паль великої довжини, що дозволяє отримувати розрахункові значення, наближені до результатів натурних статичних випробувань. Це дає змогу зменшити надлишковий запас несучої здатності, притаманний чинним нормативним методикам, та оптимізувати кількість і геометричні параметри паль у фундаменті.

Використання отриманих результатів сприяє зниженню матеріалоемності та вартості влаштування пальових фундаментів без зменшення рівня їх надійності й експлуатаційної придатності, що є особливо важливим при масовому житловому та цивільному будівництві. Запропоновані положення можуть бути використані

при коригуванні проектних рішень за результатами статичних випробувань паль, а також при аналізі ефективності існуючих фундаментних конструкцій.

Публікації за темою дисертації. Результати дисертаційної роботи опубліковані у 17 наукових 4 працях, з них: у фахових наукових журналах і збірниках – 13; у публікаціях матеріалів міжнародних і вітчизняних конференцій – 4.

Дотримання академічної доброчесності. У дисертаційній роботі не виявлено порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів та текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації:

- 1) У роботі для нелінійних динамічних розрахунків із використанням прямого інтегрування рівнянь руху застосовано в'язке затухання за моделлю Релея (стр.12 автореферату). Слід зауважити, що параметри затухання по Релеє визначаються через власні частоти (періоди) коливань системи, які, як правило, отримуються за результатами модального аналізу в лінійно-пружній постановці. Такий підхід принципово не враховує зміну жорсткісних характеристик конструкції при розвитку фізичної та геометричної нелінійності, тріщиноутворення і пластичних деформацій. За умов істотно нелінійної роботи матеріалів власні частоти та форми коливань системи є змінними у часі, у зв'язку з чим використання коефіцієнтів затухання за Релеєм, визначених для лінійної моделі, не має належного фізичного обґрунтування. Більше того, відомо, що затухання за Релеєм в нелінійних задачах може призводити до штучного завищення або заниження дисипації енергії, особливо у вищих формах коливань, що спотворює розрахункову динамічну відповідь конструкції. У зв'язку з викладеним доцільність застосування класичної моделі затухання за Релеєм у нелінійних розрахунках із прямим інтегруванням рівнянь руху викликає обґрунтовані сумніви та потребує додаткового методичного обґрунтування або порівняння з

альтернативними моделями демпфування. Відсутність такого обґрунтування слід розглядати як методичне обмеження виконаного дослідження.

- 2) При розрахунку локальної відмови елементу конструкції ключовим є врахування усіх резервів несучої здатності будівлі, що визначаються не лише геометричними характеристиками і схемою конструкції, а й нелінійною роботою матеріалів (бетон, арматура, сталеві елементи). Такий підхід дозволяє врахувати можливість перерозподілу зусиль і деформацій у сусідніх конструктивних елементах після локальної відмови, а також оцінити реальну «живучість» споруди під час аварійного впливу. У роботі, незважаючи на виконане числове моделювання, не наведено діаграм деформування матеріалів (наприклад, кривих «напруження–деформація» бетону та арматури) і не показано розвиток пластичних зон у будівлі під час локальної відмови. Через це оцінка перерозподілу зусиль і резервів несучої здатності може бути неповною, а отримані результати моделювання можуть не враховувати реальні механізми роботи матеріалів, зокрема розвиток пластичності та локальних пошкоджень. Врахування цих аспектів є необхідним для коректної оцінки міцності, стійкості та живучості конструкції при локальній відмові елементів і підвищує достовірність динамічного моделювання будівель у надзвичайних умовах.
- 3) У роботі виявлено закономірність накопичення похибки розрахунку несучої здатності з ростом діаметра і довжини палі, проте відсутнє детальне теоретичне обґрунтування цього ефекту, зокрема впливу нелінійної роботи ґрунту, розподілу бічного опору та опору під підшвою палі.
- 4) Чим відрізняється запропонована автором методика визначення напружено-деформованого стану будівельних конструкцій до і після виходу з експлуатації окремого елементу системи «основа – фундамент – надземні конструкції» від існуючих загально прийнятих методик?
- 5) При визначення питомої несучої здатності завжди отримуємо похибку залежно від методики (аналітична, зондування, числове моделювання). Для повної наукової обґрунтованості варто вказувати діапазон точності або

відсоткову збіжність із експериментальними даними. До того ж не розкрито взаємозв'язок між діаметром та довжиною палі – хоча наведено діаметри та довжини, не показано, як зміна цих параметрів впливає на питому несучу здатність і чому обрано конкретні значення як «раціональні».

Загальний висновок

Дисертаційна робота Гаврилюка О.В. виконана на високому науковому рівні, є завершеним та оригінальним дослідженням, присвяченим актуальній проблемі підвищення надійності та економічної ефективності фундаментних конструкцій будівель і споруд за умов можливих аварійних впливів.

Дисертаційна робота «Взаємодія фундаментів із бурових палей з основою при локальних пошкодженнях несучих конструкцій будівель» вирішує актуальну науково-прикладну задачу підвищення надійності та економічної ефективності фундаментних конструкцій будівель і споруд в умовах імовірних аварійних впливів, зокрема спричинених воєнними діями. Вона відповідає чинним вимогам встановленим МОН України щодо присвоєння вчених ступенів, а її автор Гаврилюк Олександр Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри міського будівництва
та господарства

Національного університету водного
господарства та природокористування

Дмитро КОЧКАРЬОВ

