

Принято до спеціалізованої
вченої ради ДФ 08.08.4.032
13.08.2024р.
Голова С.В.Р.Д.Т.Ч.
проф. Седін В.П.

В І Д Г У К

офіційного опонента, завідувача кафедри буріння та геології
Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,

доктора технічних наук, професора **Винникова Юрія Леонідовича**
на дисертацію **Харченка Віталія Володимировича**

**«Обґрунтування параметрів міцності та деформативності
основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропальями»,**

подану на здобуття ступеня «доктор філософії»

зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія,

галузі знань 19 – Архітектура та будівництво

Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими темами, програмами та планами. В Україні, не зважаючи на військовий стан, у багатьох містах відновлено зведення будівель і споруд. Спорудження будь-яких об'єктів, які мають своєю основою ґрунт, наприклад, стрічкових фундаментів цивільних будівель, потребує забезпечення міцності та стійкості сукупної природно-інженерної системи. Останніми роками з'явилася та плідно розвивається нова концепція створення цивільних об'єктів на ґрунтовій основі. Вона базується на тому, що до початку спорудження проводиться підсилення основи, тобто параметри її міцності та деформативності підвищують з тим розрахунком, що після спорудження закладений запас дещо зменшиться. При цьому підсилена система, хоч і втрачає деяку частку міцності і деформативності, все ж залишає запас, який дозволяє їй нормально експлуатуватися.

Серед десятків методів підсилення ґрунтової основи в останній час в Україні та країнах Європейського Союзу найбільш широко застосовуваним є метод створення вертикальних елементів (паль або мікропаль) на базі буроін'єкційної чи бурозмішувальної технологій. Слід підкреслити, що при всій технологічній пропрацьованості обох технологій поки ще не існує теоретичного узагальнення їх впливу на ґрунтову основу. Ця проблема обтяжується тим, що на практиці з'ясовано, що палі діаметром 0,5...1,2 м і довжиною 6,0...12,0 м, створені на базі вказаних технологій, можуть бути вкорочені і перетворені на мікропалі (довжина $\geq 6,0$ м). Цей практичний крок, що дозволяє успішно

виконати задачу підсилення ґрунтової основи цивільної будівлі з елементами підсилення довжиною до 6 м (в середньому 3,0...6,0 м), тобто мікропалями, ускладнює розуміння ситуації, що аналізується. Це відбувається тому, що зовнішня подібність таких мікропаль із забивними чи буронабивними палями ніяким чином не пояснює їх роботу з навколишнім ґрунтом.

Система «ґрунтова основа, підсилена мікропалями», може в першому наближенні розумітися як композитна. Однак, таке розуміння не прояснює взаємодії між елементами підсилення та оточуючою їх ґрунтовою основою. При тому, що досліджень конкретних випадків, проаналізованих у наукових статтях, існує сотні та тисячі, навіть первинного узагальнення проведено не було.

В Україні відсутнє узагальнення досвіду застосування бурозмішувальної та буроін'єкційної технологій створення мікропаль, а також обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями. Є проблеми розробки нормативної документації. З огляду на світовий досвід, створення державних будівельних норм, виходячи лише зі старих документів, не можливо. Науково-технічна задача дослідження системи «ґрунтова основа, підсилена мікропалями», визначення закономірностей напружено-деформованого стану (НДС) при взаємодії її елементів і, відповідно, обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями є актуальною задачею для галузі будівництва в Україні. Вирішення цієї задачі, що базується на отриманні напружень і деформацій основи, що підсилюється мікропалями, є важливим науковим результатом, який може бути використано для розробки нормативних документів або створенні нового концептуального бачення цього типу підсилення. Таким чином, науково-технічна задача дослідження системи «ґрунтова основа, підсилена мікропалями», визначення закономірностей НДС при взаємодії її елементів і, відповідно, обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями є актуальною задачею для галузі будівництва в Україні.

Здобувач брав участь у виконанні науково-дослідних робіт Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (нині – Український державний університет науки і технологій), а саме держбюджетних науково-дослідних робіт «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на 2021 рік» (номер державної реєстрації 0122U000381) та «Виконання завдань перспективного плану розвитку наукового напрямку «Технічні науки» Українського державного університету науки і технологій на 2023 рік» (номер державної реєстрації 0123U103708). Автор був виконавцем робіт за переліченими науково-дослідними роботами, результати дисертаційної роботи у вигляді результатів чисельного аналізу використано при написанні звіту вказаних науково-дослідних робіт.

Ступінь обґрунтованості основних наукових положень і висновків, сформульованих у дисертації. Наукові положення та висновки, які сформульовані у дисертаційній роботі обґрунтовані повною мірою, що підтверджується коректним застосуванням математичного апарату, високим рівнем володіння розрахунковим комплексом SCAD і порівнянням результатів чисельного аналізу скінченно-елементних моделі стрічкового фундаменту на слабкій основі з результатами експериментальних досліджень міцності та стійкості непідсиленої і підсиленої мікропалями ґрунтової основи в плоскому лотку, статистичною обробкою результатів досліджень, тощо.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

1. Вперше за результатами чисельного аналізу з високим ступенем апроксимації $R^2=0,99$ отримано закономірність вертикальних переміщень мікропалі, створеної на базі буроін'єкційної чи бурозмішувальної технологій, від модуля деформації ґрунту основи, яка є степеневою залежністю вигляду $s=aE_s^{-b}$, що дає змогу прогнозувати деформований стан для достатньо широкого діапазону модуля деформації ґрунту ($E=5\dots 20$ МПа).

2. Вперше на базі результатів параметричного чисельного аналізу доведено, що базуючись на нормативному документі, розробленому для забивних або буронабивних паль, не можливо ефективно зменшити вертикальні переміщення шляхом зближення мікропаль, оскільки відстань між мікропалями в $3d$ для елементів, створених за буроін'єкційною та бурозмішувальною технологіями, є мінімальною; проте застосування навіть поодиноких мікропаль зменшує вертикальні переміщення на 11,7...11,9 % (мікропаля з ґрунтоцементу) і на 18,1...18,5 % (мікропаля з армованого ґрунтоцементу).

Практичне значення отриманих результатів полягає в обґрунтуванні параметрів міцності та деформативності підсиленої мікропалями основи на базі нового підходу до їх взаємного впливу, що дозволяє оцінити НДС основи на базі варіювання довжини, діаметру, деформаційних характеристик і розташування мікропаль, підбираючи оптимальні параметри підсилення для різних ґрунтових основ, на яких зводять цивільні будівлі, тощо.

Аналіз змісту дисертації.

Дисертація написана науковою мовою з дотриманням стилю викладення результатів проведених досліджень відповідно до встановлених вимог. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи – 113 стор., з них 86 стор. основного тексту, 32 рис. на 30 стор., 10 табл. на 8 стор., список використаних джерел з 95 назв на 10 стор.

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, наведено мету, завдання, об'єкт, предмет, методи досліджень, формальні ознаки роботи.

Перший розділ присвячено аналізу стану питання визначення параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями. Проаналізовано моделі основи при її підсиленні мікропалями, технологій підсилення конструкцій фундаментів та основ у процесі їх експлуатації. Було проведено порівняльний аналіз буроін'єкційної (струменевої) та бурозмішувальної технологій улаштування мікропаль.

У другому розділі обґрунтовано параметри міцності та деформативності основ при їх підсиленні мікропалями. У ньому було проведено первинний аналіз стрічкового фундаменту цивільної будівлі на непідсиленій основі. Зроблено обґрунтування міцності підсиленої мікропалями основи. Проведено обґрунтування деформативності підсиленої мікропалями основи.

Третій розділ присвячено оцінюванню НДС підсиленої мікропалями основи на базі нового підходу до їх взаємного впливу. Зроблено критичний аналіз підходів до взаємного впливу мікропаль і ґрунтової основи, розроблено скінченно-елементні моделі непідсиленої та підсиленої ґрунтових основ, виконано параметричний аналіз з варіацією відстані між елементами підсилення і параметричний аналіз системи під час зміни її деформаційних характеристик.

У четвертому розділі вміщено результати експериментальних досліджень міцності та стійкості основи, підсиленої мікропалями. Запропоновано методику експериментальних досліджень міцності та стійкості основи в плоскому лотку. Викладено результати досліджень деформованого стану стрічкового фундаменту на непідсиленій та підсиленій основах. Зроблено порівняльний аналіз теоретичних побудов з результатами експериментальних досліджень.

Дисертація В.В. Харченка завершується загальними висновками, які послідовно та логічно витікають зі змісту роботи та відповідають поставленим задачам. Вона повною мірою відповідає спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія», галузь знань 19 «Архітектура та будівництво».

Також відзначу, що робота добре проілюстрована, а значний статистичний матеріал представлено у вигляді компактних таблиць і графіків. Автор продемонстрував високий рівень володіння математичним апаратом МСЕ для задач механіки ґрунтів, знання моделей ґрунту, здатність самостійно планувати, проводити чисельний і фізичний експерименти й обробляти їх результати, аналізувати та представляти їх тощо.

Повнота викладення основних результатів дисертаційної роботи у фахових виданнях. За темою дисертації «Обґрунтування параметрів міцності та

деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями» В.В. Харченком опубліковано 8 наукових публікацій, що повно розкривають основний зміст дисертаційної роботи та є апробацією результатів, отриманих при підготовці дисертації, з яких 4 фахові статті в журналах категорії «Б» та 4 доповіді й тези у збірниках міжнародних конференцій (з яких 2 доповіді проіндексовано у наукометричній базі Scopus). Наукові роботи аспіранта опубліковано у співавторстві. В цих роботах автором визначена мета, поставлені наукові завдання, проведено порівняльний і виконаний чисельний аналіз на базі розроблених автором скінченно-елементних моделей.

У дисертації відсутні ознаки порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів має посилання на відповідне джерело.

Дискусійні положення, зауваження та запитання до дисертації.

1. Ґрунти несучого шару основи, як правило, мають природне походження зі складним генезисом утворення і, відповідно, фізико-механічні властивості різних видів ґрунтів відрізняються. В першому розділі автором обґрунтовано застосування гіпотези шару кінцевої товщини, однак, як і в подальших розділах, не вказано, чи враховувалася шаруватість несучого шару основи.

2. Відомо, що при моделюванні в деяких програмних комплексах можна відтворити будь-який елемент ґрунту, його властивості, а також змоделювати рівень ґрунтових вод, наявність якого впливає на параметри ґрунтів. Яким чином моделювався рівень ґрунтових вод у дисертації чи як враховувався його вплив на деформативність і міцність ґрунтів? Також у розділі 2 слід було коротко викласти прийняті автором дослідні методики визначення параметрів моделей ґрунтів, зокрема, їх характеристик міцності та модуля деформації, оскільки вони суттєво впливають на вихідні дані для подальших розрахунків.

3. Для моделювання об'єктів будівництва і геотехнічної системи «фундамент – ґрунтова основа» успішно використовують багато різних програмних комплексів. З яких міркувань в дисертаційній роботі для

моделювання використовується саме програмний комплекс StructureCAD (SCAD) і чи ліцензований він?

4. Під час обґрунтування міцності підсиленої мікропалями основи для скінченно-елементних моделей автор застосовує обґрунтовану ним гіпотезу шару кінцевої товщини, але не наводить, яким чином він обрав висоту моделі та товщину шару під мікропалею.

5. У третьому розділі автор доводить, що відстань між мікропалями в 3d для елементів, що створені на базі буроін'єкційної й бурозмішувальної технологій, є мінімальною, однак, на мій погляд, можна було б розв'язати зворотну задачу та оцінити, при якому модулі деформації матеріалу мікропали з'являється взаємодія між ними.

6. Не зовсім коректно визначено об'єкт дослідження (це процес або явище, котре породжує проблемну ситуацію і тому вибране для вивчення). Також кожний розділ дисертації доцільно завершувати висновками до розділу.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Харченка Віталія Володимировича є закінченим самостійним дослідженням, в якому отримано нові наукові результати, які вирішують конкретну важливу наукову задачу з обґрунтування на базі отриманих параметрів напружено-деформованого стану параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями, що має суттєве народногосподарче значення для підвищення надійності й економічності проектування основ і фундаментів цивільних будівель, а також повоєнного відновлення таких будівель, й наукове значення для розвитку теорії та практики будівництва та цивільної інженерії, механіки ґрунтів і фундаментобудування.

Наведені дискусійні положення, зауваження та запитання не змінюють загального позитивного враження від дисертації і можуть розглядатися як побажання в подальшій науково-дослідній роботі.

У дисертації відсутні порушення академічної доброчесності.

За актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованістю та практичним значенням здобутих результатів дисертаційна робота Харченка Віталія Володимировича «Обґрунтування параметрів міцності та деформативності основ цивільних будівель при їх підсиленні мікропалями» повною мірою відповідає змісту спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» й напряму наукових досліджень освітньо-наукової програми «Будівництво та цивільна інженерія» Українського державного університету науки і технологій, а також 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 від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Харченко Віталій Володимирович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри буріння та геології
Національного університету
«Полтавська політехніка імені
Юрія Кондратюка» Міністерства освіти і
науки України



Юрій ВИННИКОВ

Підпис д.т.н., професора
Винникова Юрія «засвідчую»
Проректор з наукової та міжнародної роботи
Національного університету «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка»
Міністерства освіти і науки України,
доктор технічних наук, професор



Олена СТЕПОВА