

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Маламана Артура Руслановича

на тему: «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем при урахуванні їх просторової жорсткості»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за

спеціальністю 192 – будівництво та цивільна інженерія,

галузь знань 19 – Архітектура та будівництво

Детальний аналіз дисертації Маламана Артура Руслановича «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем при урахуванні їх просторової жорсткості» дозволяє сформулювати наступні узагальнені висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність теми дисертаційного дослідження Маламана Артура Руслановича «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем при урахуванні їх просторової жорсткості» обумовлена постійним зростанням обсягів будівництва з використанням значних підземних просторів, зокрема влаштуванням глибоких (понад 7–10 м) котлованів для зведення висотних будинків з багаторівневими паркінгами, реконструкції кварталів та облаштування укриттів, особливо в умовах щільної міської забудови та складних інженерно-геологічних умов. Влаштування таких котлованів вимагає обґрунтованого вибору ефективних параметрів гнучких підпірних стін та коректної оцінки їх впливу на існуючу забудову, що не може бути повною мірою забезпечено традиційними аналітичними методами розрахунку без урахування просторової жорсткості елементів системи «ґрунтовий масив – підпірні стіни – існуючі будівлі». У зв'язку з цим розробка методики комплексної оцінки напружено-деформованого стану зазначеної системи з урахуванням просторової жорсткості підпірних стін, виконана в дисертаційній роботі, є актуальною науково-технічною задачею, що має важливе значення для

геотехнічної галузі та безпечного будівництва в умовах щільної міської забудови.

Наукова новизна одержаних результатів

Виявлено ефект впливу врахування просторової жорсткості гнучких підпірних стін на напружено-деформований стан елементів системи «грунтовий масив – підпірні стіни – існуючі будівлі», який проявляється у зменшенні величин переміщень підпірних стін до 2 разів та зниженні внутрішніх зусиль у їх конструкціях до 30% порівняно з розрахунками аналогічних систем в умовах плоского напружено-деформованого стану.

Встановлено, що врахування просторової жорсткості гнучких підпірних стін при оцінці впливу влаштування глибоких котлованів в умовах щільної міської забудови призводить до зменшення прогнозованих значень додаткових осідань існуючих будівель до 1,5 раза порівняно з моделюванням аналогічних задач в умовах плоского напружено-деформованого стану.

Запропоновано підхід до управління напружено-деформованим станом підпірних стін огороження котловану через зміну жорсткості окремих її частин шляхом введення додаткових елементів (розпірок, контрфорсів) або зміни кроку і кількості паль та конфігурації самої підпірної стіни.

Встановлено закономірність впливу співвідношення сторін котловану B_K/L_K на напружено-деформований стан підпірних стін: за співвідношення сторін, близького до 1:1, зростання переміщень і зусиль у центральній частині котловану відносно крайових зон підпорядковується показниковій залежності, тоді як за збільшення співвідношення сторін до 1:2 і більше в центральній частині довшої сторони котловану формується чітко виражена лінійна ділянка, на якій суттєвої зміни згинальних моментів і переміщень не відбувається.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Обґрунтованість сформульованих у дисертації наукових положень, висновків та практичних рекомендацій базується на логічній і коректній постановці завдань дослідження. Автор продемонстрував послідовний перехід

від комплексного аналізу вихідних інженерно-геологічних і конструктивних даних до побудови верифікованих розрахункових скінченно-елементних моделей.

Чисельні розрахунки виконано за допомогою програмного комплексу PLAXIS (у 2D та 3D версіях), який реалізує метод скінченних елементів (МСЕ) з використанням ізопараметричних елементів. Це дозволило автору коректно порівняти результати плоскої та просторової постановок у межах єдиної обчислювальної схеми.

Обґрунтованість висновків підтверджується тим, що встановлені кількісні закономірності – перевищення значень переміщень і згинальних моментів за плоскою постановкою над просторовою на 15–39%, зниження прогнозованих додаткових осідань до 1,5 раза при врахуванні просторової жорсткості – відтворюються не на одному, а на трьох незалежних об'єктах дослідження з відмінними інженерно-геологічними та містобудівними умовами (зсувонебезпечна ділянка на схилі, лесові просідаючі ґрунти, пілуватоглинисті ґрунти текучої консистенції), що свідчить про стійкість виявлених закономірностей, а не про їх випадковий характер, притаманний лише одному об'єкту. Додатковим підтвердженням є задовільне узгодження результатів просторового моделювання з даними моніторингу: розбіжність із фактичними додатковими осіданнями існуючих будинків не перевищує 17% (в середньому 9%), а з горизонтальними переміщеннями підпірних стін перебуває в межах 11–113% (в середньому 76%).

Автором виконано ґрунтовний аналіз вітчизняних і закордонних літературних джерел (117 найменувань) за напрямом дослідження. Дисертація містить достатню кількість розрахункових скінченно-елементних моделей, графічного ілюстративного матеріалу (епюри переміщень і зусиль, інженерно-геологічні розрізи, блок-схема алгоритму), таблиць вихідних даних і результатів розрахунків, що свідчить про ґрунтовний підхід до постановки та проведення досліджень і достатню обґрунтованість сформульованих висновків і рекомендацій.

Практичне значення результатів досліджень

Запропоновано алгоритм оцінки напружено-деформованого стану елементів системи «грунтовий масив – підпірні стіни – існуючі будівлі», що охоплює повний цикл: від аналізу вихідних інженерно-геологічних та конструктивних даних, через побудову інформаційної моделі й числове моделювання в плоскій та просторовій постановках, до коригування конструктивних рішень підпірної стіни та ідентифікації параметрів ґрунтового середовища. Алгоритм може бути використаний проєктними організаціями під час проєктування огорожень глибоких котлованів в умовах щільної міської забудови.

З використанням запропонованої методики за участі здобувача розроблено та реалізовано проєктні рішення огороження глибоких котлованів на трьох об'єктах будівництва у м. Києві (Печерський, Шевченківський та Голосіївський райони), що дозволило зменшити розрахункові значення переміщень підпірних стін до 2 разів, значення згинальних моментів у палях підпірної стіни – до 30%, та прогнозувати зниження додаткових деформацій існуючої забудови.

Аналіз змісту та завершеності дисертації

Дисертація, підготовлена Маламаном А.Р., складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел (117 найменувань); додатки в роботі відсутні. Загальний обсяг роботи становить 165 сторінок.

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним за структурою, повною мірою відображає зміст дисертації та достатньо висвітлює її основні кількісні результати за всіма чотирма розділами.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, які їй відповідають, визначено об'єкт і предмет дослідження, наведено відомості про наукову новизну, практичне значення, особистий внесок здобувача, апробацію результатів на восьми конференціях (у тому числі одній міжнародній за кордоном) та публікації за темою дисертації.

У першому розділі виконано аналіз конструктивних рішень підпірних стін (масивні, тонкостінні кутикові, гнучкі) та методів визначення тиску ґрунту на утримуючі конструкції, розглянуто принципи розрахунку гнучких підпірних стін графічними, аналітичними та числовими методами. Проведено порівняльний аналіз трьох моделей ґрунтового середовища – ідеально-пружно-пластичної моделі з критерієм міцності Кулона-Мора, моделі зміцнюваного ґрунту Hardening Soil Model та її модифікації для малих деформацій HS-Small – із визначенням переваг і недоліків кожної з них для задач взаємодії підпірних стін з ґрунтовою основою.

У другому розділі на прикладі двох тестових задач досліджено вплив виду напружено-деформованого стану (плоского та просторового) на розподіл переміщень і зусиль у гнучкій підпірній стіні та на додаткові осідання прилеглої забудови. Встановлено, що переміщення та згинальні моменти, отримані за плоскою скінченно-елементною моделлю, перевищують значення, отримані за просторовою моделлю, відповідно на 38–205% та 25–72% залежно від співвідношення сторін котловану та відстані розрахункового перерізу від його кута. Виявлено, що додаткові осідання існуючого будинку за плоскою моделлю перевищують значення, отримані за просторовою моделлю, на 197–295% залежно від розташування будинку відносно кута котловану. Встановлено вплив співвідношення сторін котловану B_K/L_K на характер розподілу зусиль і переміщень уздовж підпірної стіни.

У третьому розділі на основі результатів геодезичного та інклінометричного моніторингу деформацій огороження глибокого котловану та прилеглої забудови на об'єкті у Печерському районі м. Києва виконано ідентифікацію параметрів моделі ґрунтового середовища та зворотний аналіз напружено-деформованого стану. Показано, що безпосереднє використання параметрів ґрунтів зі звіту інженерно-геологічних вишукувань без їх ідентифікації може призводити до похибки визначення переміщень конструкцій у 2–3,5 рази. Встановлено, що розрахунки за плоскою розрахунковою схемою систематично завищують додаткові осідання існуючих будівель на 67–100% (в

середньому на 84%), горизонтальні переміщення верху підпірних стін – на 45–412% (в середньому на 185%), а згинальні моменти в палях – на 14–33% (в середньому на 25%) відносно просторової моделі та даних моніторингу. Розроблено рекомендації та алгоритм оцінки напружено-деформованого стану елементів системи «грунтовий масив – підпірні стіни – існуючі будівлі», що охоплює шість послідовних блоків – від аналізу вихідних даних до ідентифікації параметрів ґрунтового середовища.

У четвертому розділі наведено результати практичного застосування запропонованого алгоритму для трьох реальних об'єктів будівництва у м. Києві – у Печерському (зсувонебезпечна ділянка), Шевченківському (щільна міська забудова, лесові просідаючі ґрунти) та Голосіївському (щільна міська забудова, пілуватоглинисті ґрунти текучої та пластичної консистенції) районах. Показано, що використання просторової скінченно-елементної моделі дає змогу врахувати просторову жорсткість конструкцій підпірної стіни; значення переміщень і згинальних моментів, отримані за плоскою постановкою, перевищують значення, отримані за просторовою постановкою, на 15–39% залежно від об'єкта (зокрема, на об'єкті у Печерському районі – на 39% за переміщеннями та на 31% за згинальними моментами). Врахування просторової жорсткості під час оцінки впливу глибоких котлованів на прилеглу забудову дозволяє зменшити прогнозовані значення додаткових осідань існуючих будівель до 1,5 раза порівняно з плоскою постановкою.

Результати досліджень, виконаних здобувачем, використано при розробці проектних рішень огорожень глибоких котлованів на трьох об'єктах будівництва у м. Києві (Печерський, Шевченківський та Голосіївський райони), що дозволило обрати раціональні конструктивні параметри підпірних стін для умов щільної міської забудови.

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

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях

Основні наукові положення, висновки та результати дисертаційної роботи достатньо повно відображено у 10 наукових працях здобувача, серед яких: 1 стаття – у виданні категорії «А», яке цитується у реферативній базі «Web of Science», та 9 – у виданнях категорії «Б»).

Опубліковані праці Маламана А.Р. повністю відповідають вимогам п. 8–10 «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 року № 44 (зі змінами). Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на восьми науково-практичних конференціях різного рівня (в тому числі і міжнародних) протягом 2021–2026 років.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід вказати на певні дискусійні положення та зауваження, а саме:

1. У дисертації досліджено виключно статичне навантаження від процесу влаштування котловану; вплив додаткових динамічних факторів (вібрація від будівельної техніки, транспортне навантаження на прилеглих вулицях щільної міської забудови) на напружено-деформований стан системи «ґрунтовий масив – підпірні стіни – існуючі будівлі» в роботі не розглядався.

2. У розділі 2 вплив геометрії котловану на розподіл зусиль і переміщень у підпірній стіні досліджено лише через співвідношення сторін котловану в плані B_k/L_k ; вплив співвідношення глибини котловану до його ширини (H_k/B_k) на розбіжність результатів плоского і просторового моделювання окремо не виділявся.

3. Розроблений алгоритм оцінки напружено-деформованого стану (рис. 3.18) орієнтований на огороження з паль. Доцільно, щоб здобувач прокоментував межі застосовності запропонованої методики до інших типів гнучких огорожувальних конструкцій (шпунтові стінки, стіна в ґрунті), які також широко використовуються при влаштуванні глибоких котлованів.

4. У роботі не наведено результатів аналізу чутливості розрахункової моделі до варіації окремих параметрів моделі Hardening Soil (зокрема E_{50} , E_{oed} , m), що дало б змогу визначити, які саме параметри найбільше впливають на точність прогнозованих переміщень і зусиль.

5. У першому розділі виконано огляд графічних, аналітичних та числових методів розрахунку гнучких підпірних стін, однак у подальших розділах запропонований підхід не порівнюється кількісно з класичними аналітичними методами (зокрема теоріями Кулона чи Ренкіна) з точки зору точності й обчислювальних витрат, що дало б змогу оцінити практичну доцільність переходу від спрощених до просторових скінченно-елементних моделей у щоденній інженерній практиці.

6. Наведені дані моніторингу стосуються переважно періоду будівництва; відомості щодо продовження спостережень за деформаціями після завершення будівництва та введення об'єктів в експлуатацію (для перевірки довгострокової стабілізації осідань) у роботі не наведено.

7. Запропонований підхід до управління напружено-деформованим станом підпірної стіни через введення додаткових елементів (розпірок, контрфорсів) детально проілюстровано на прикладі одного об'єкта впровадження. Бажано, щоб здобувач уточнив, чи перевірялась можливість застосування цього підходу на двох інших об'єктах, розглянутих у розділі 4.

Загальний висновок

Результати аналізу дисертації, анотацій українською та англійською мовами, опублікованих праць дають підстави для висновку про те, що дослідження Маламана Артура Руслановича «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем при урахуванні їх просторової жорсткості» є завершеним самостійним науковим дослідженням. Наведені в підрозділі «Дискусійні положення та зауваження до дисертації» зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи та мають дискусійний характер. За рівнем наукової новизни отриманих результатів та їхнього практичного значення дисертація «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем при урахуванні

їх просторової жорсткості» є закінченою роботою, містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення, розв'язані в роботі задачі мають істотне значення для будівельної галузі знань та відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) і «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 № 44 від 12.01.2022 р., а її автор Маламан Артур Русланович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,
доцент кафедри будівництва,
міського господарства та архітектури
Вінницького національного
технічного університету



Наталя БЛАЩУК

Підпис к.т.н., доцента Бланчук Наталі «засвідчую»

Учений секретар Вченої ради
Вінницького національного
технічного університету



Інна ВІШТАК