

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Маламана Артура Руслановича**
на тему «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем
при урахуванні їх просторової жорсткості»
представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань
19 – Архітектура та будівництво за спеціальністю
192 – Будівництво та цивільна інженерія

Детальний аналіз дисертаційної роботи Маламана Артура Руслановича на тему «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем при урахуванні їх просторової жорсткості» та розгляд його наукових публікацій дозволяє сформулювати наступні висновки, а також надати загальну оцінку виконаного дослідження.

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 для геотехнічної галузі та безпечного будівництва в умовах щільної міської забудови.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечується строгістю використання основних положень механіки ґрунтів та теорії розрахунку підземних споруд, коректністю формулювання фізико-математичних моделей взаємодії підпірних стін з ґрунтовим середовищем та логічною відповідністю методів дослідження стосовно сформульованої мети та задач дослідження.

Достовірність основних положень роботи забезпечена:

- послідовною перевіркою прийнятих скінченно-елементних моделей на тестових (модельних) задачах (розділ 2) перед їх застосуванням до реальних об'єктів дослідження;
- використанням незалежних результатів інструментального моніторингу (геодезичних спостережень та інклінометричних вимірювань);
- застосуванням методу зворотного аналізу для ідентифікації параметрів моделі ґрунтового середовища за фактичними даними спостережень, а не лише за табличними характеристиками зі звіту інженерно-геологічних вишукувань;
- апробацією основних наукових результатів на 8 конференціях, у тому числі на профільній міжнародній конференції з геотехніки (29th EYGEC 2025, Рієка, Хорватія), що підтверджує визнання отриманих результатів фаховою спільнотою.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

Виявлено ефект впливу врахування просторової жорсткості гнучких підпірних стін на напружено-деформований стан елементів системи «ґрунтовий 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 може призводити до зменшення прогнозованих значень додаткових осідань існуючих будівель з коефіцієнтом 1.5, порівняно з

модельованням 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 на напружено-деформований стан підпірних стін. Так за співвідношенням сторін близького до 1:1, зростання переміщень і зусиль у центральній частині котловану відносно крайових зон підпорядковується показниковій залежності, тоді як при збільшенні 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.

Практичне значення отриманих результатів визначається наступним:

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 модельовання в плоскій та просторовій постановках, до коригування конструктивних рішень підпірної стіни та ідентифікації параметрів ґрунтового середовища.

З використанням запропонованої методики за участі здобувача розроблено та реалізовано проєктні рішення огороження глибоких котлованів на трьох об'єктах будівництва у м. Києві, 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.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях. Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття – у виданні категорії «А», яке цитується у реферативній базі «Web of Science», та 9 – у виданнях

категорії «Б»). Результати дисертаційного дослідження апробовані на 8 наукових конференціях (6 міжнародних, у тому числі 29th European Young Geotechnical Engineers Conference EYGEC 2025, Рієка, Хорватія, та 2 всеукраїнських). Таким чином, наукові результати, отримані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Оцінка змісту, стилю та мови дисертації, її завершеності, оформлення

Представлена на рецензію дисертаційна робота написана українською мовою та оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та списку використаних джерел; додатки в роботі відсутні. Загальний обсяг дисертації складає 165 сторінок, у тому числі основна частина складає 138 сторінок, список використаних джерел – 14 сторінок (117 найменувань).

У вступі ґрунтовно викладено актуальність теми, науково сформульовано мету, яка відповідає обраній темі, та розкрито у завданнях, викладено об'єкт та предмет дослідження, публікації та апробацію наукових розробок.

У першому розділі «Аналіз конструктивних рішень та методів розрахунку підпірних стін» 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 «Дослідження впливу виду напружено-деформованого стану на розподіл зусиль і переміщень в підпірній стіні та деформації оточуючої забудови» 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.

У третьому розділі «Експериментальні дослідження зміни напружено-деформованого стану елементів системи ‘грунтовий масив – підпірні стіни – існуючі будівлі’» 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 досліджуваної системи, що охоплює шість послідовних блоків – від аналізу вихідних даних до ідентифікації параметрів ґрунтового середовища.

У четвертому розділі «Впровадження запропонованої методики в практику будівництва» наведено результати практичного застосування запропонованого алгоритму для трьох реальних об'єктів будівництва у м. Києві – у Печерському (зсувонебезпечна ділянка на схилі Черепанової гори, зведення готельно-офісного центру), Шевченківському (щільна міська забудова, лесові просідаючі ґрунти) та Голосіївському (житловий комплекс у безпосередній близькості, близько 11,5 м, до тунелів Київського метрополітену, пилувато-

глинисті ґрунти текучої та пластичної консистенції) районах. Показано, що значення переміщень і згинальних моментів, отримані за плоскою постановкою, перевищують значення, отримані за просторовою постановкою, на 15–39% залежно від об'єкта. 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 роботи, виконаної здобувачем в межах його дисертаційного дослідження, впроваджено під час розробки проєктних рішень огорожень глибоких котлованів на трьох експериментальних 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.

Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі. У процесі аналізу змісту й структури дисертації виникли такі зауваження змістовного характеру:

1. У розділі 3 технічний стан обстежених існуючих будівель (буд. № 1, буд. № 2) охарактеризовано як такий, що відповідає 3 категорії – «непридатний для нормальної експлуатації». Доцільно уточнити, яким чином початковий технічний стан цих будівель ураховувався під час інтерпретації додаткових осідань, зафіксованих моніторингом.

2. Ідентифікація параметрів моделі ґрунтового середовища (розділ 3) виконана на основі спостережень за двома існуючими будівлями в межах одного об'єкта дослідження; доцільно пояснити, наскільки такий обсяг вихідних даних є достатнім для узагальнення розробленого алгоритму на інші інженерно-геологічні умови.

3. У роботі не розглянуто вплив можливих сезонних коливань рівня ґрунтових вод та тривалої повзучості ґрунтів на напружено-деформований стан

системи «ґрунтовий масив – підпірні стіни – існуючі будівлі» протягом усього періоду експлуатації.

4. Не наведено інформації щодо впливу технології влаштування паль підпірної стіни (буріння, занурення тощо) на прийняті в розрахунках параметри жорсткості палі та контакту «палі – ґрунт».

5. Трапляється неуніфіковане вживання термінів «плоска» / «2D» та «просторова» / «3D» постановка задачі як синонімів; крім того, на титульному аркуші дисертації збережено застаріле формулювання «кандидата технічних наук (доктора філософії)», тоді як в анотації та по тексту роботи послідовно йдеться про здобуття ступеня доктора філософії.

Вказані зауваження не знижують позитивної оцінки роботи і можуть розглядатись як рекомендації для подальшої роботи в даному напрямку досліджень. Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними, не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Оцінка відповідності освітньо-науковій програмі підготовки. Протягом виконання дисертаційних досліджень Маламан Артур Русланович провів самостійне наукове дослідження, оформлене у вигляді дисертації, та опублікував його основні наукові результати.

Аналіз змісту дисертації та підсумків впровадження її результатів показав, що кваліфікаційна наукова робота здобувача Маламана Артура Руслановича повністю відповідає напряму наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня підготовки фахівців за спеціальністю 192 – Будівництво і цивільна інженерія.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії». Дисертація Маламана Артура Руслановича «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем при урахуванні їх просторової жорсткості» відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в пп. 5–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії...», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Дисертаційна робота Маламана Артура Руслановича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та неправомірних запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Загальний висновок про дисертаційну роботу

У підсумку до викладеного вище можна стверджувати про високий рівень виконання здобувачем поставленого наукового завдання та глибоке оволодіння методологією наукової діяльності.

Вважаю, що кваліфікаційна наукова праця «Взаємодія підпірних стін з ґрунтовим середовищем при урахуванні їх просторової жорсткості», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», є завершеною і самостійно виконаною працею, містить нові науково обґрунтовані теоретичні та практичні результати і відповідає вимогам пп. 5–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а автор наукової праці, Маламан Артур Русланович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент:

Професор кафедри будівельної механіки
Київського національного університету
будівництва і архітектури,
доктор технічних наук, професор

Іван СОЛОДЕЙ



«Підпис І.І. Солодея засвідчую»

Проректор з наукової роботи
та інноваційного розвитку КНУБА
к.т.н., професор



Олександр КОВАЛЬЧУК