

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Литвина Олександра Володимировича**
на тему «Взаємодія висотних будівель з ґрунтовою основою при динамічних
впливах» представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 19 - Архітектура та будівництво
за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія

Аналіз дисертації Литвина Олександра Володимировича на тему: «Взаємодія висотних будівель з ґрунтовою основою при динамічних впливах» дозволив сформулювати наступні загальні висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення та загальної оцінки роботи.

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота Литвина О.В. присвячена дослідженню актуальної науково-практичної проблеми взаємодії висотних будівель із ґрунтовими основами при дії динамічних навантажень, зокрема сейсмічних та вибухових. В умовах сучасного висотного будівництва, особливо у сейсмічно небезпечних регіонах, постає необхідність удосконалення методів оцінки напружено-деформованого стану фундаментних конструкцій, що визначає довговічність та безпеку експлуатації споруд. Дослідження автора спрямоване на розробку математичних моделей, що враховують компресійні властивості ґрунтів, нелінійні ефекти та перерозподіл напружень під навантаженням. Представлена в роботі методика дозволяє отримати більш точні результати для прогнозування осідань фундаментів та реакції будівлі на динамічні навантаження, що є особливо важливим для оптимізації проектних рішень.

Тема дисертаційного дослідження відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки України, тематичним пріоритетам наукових досліджень та розробок. Актуальність обраної тематики підтверджується її зв'язком із науково-дослідною роботою, що виконувалась на кафедрі геотехніки КНУБА за темою: «Вдосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій і основ» (№0121U113033), яка реалізовувалась відповідно до наказу КНУБА від 03.06.2021 № 243.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій. Основні положення та висновки, сформульовані в дисертації, є добре обґрунтованими та підтверджені низкою чисельних розрахунків. Дослідження базуються на методі

скінченних елементів. Розроблені моделі пройшли перевірку достовірності рішень шляхом порівняння чисельних результатів з лабораторними випробуваннями. Дисертація містить всебічно представлені результати розв'язання реальних практичних задач висотних будівель, а саме напружено-деформований стан фундаментів, розподіл осідань та їх вплив на стійкість наземних конструкцій. Для оцінки впливу сейсмічних хвиль на багатосекційні будівлі автор запропонував та обґрунтував використання прямих методів інтегрування рівнянь руху за часом.

Достовірність основних положень роботи забезпечена:

— комплексним підходом до дослідження взаємодії висотних будівель із ґрунтовою основою, який включає теоретичний аналіз, чисельне моделювання та експериментальні дослідження;

— використанням сучасних чисельних методів, зокрема методу скінченних елементів з урахуванням нелінійних властивостей ґрунтових основ, що забезпечує точність прогнозування напружено-деформованого стану (НДС) системи «основа–фундамент–будівля»;

— порівнянням чисельних розрахунків із даними лабораторних випробувань ґрунтів, що демонструє високу кореляцію між теоретичними та експериментальними даними;

— тестовими розрахунками, що підтверджують узгодженість отриманих результатів та обґрунтованість висновків дисертаційного дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів.

Дисертаційна робота Литвина О.В. містить науково обґрунтовані положення, які характеризуються новизною та практичною значимістю. У роботі запропоновано нову реалізацію математичної моделі зміцнюваного ґрунтового середовища, що дозволяє фізично обґрунтовано оцінити перерозподіл зон стисливої товщі основи та, як наслідок, автоматично визначати достовірні значення осідань будівель та картину їх розподілу. Окремо розглянуто підхід до аналізу вибухових навантажень, реалізований на основі алгоритму CONWEP, який дозволяє моделювати навантаження від ударної хвилі та оцінювати наслідки вибухового впливу на несучі конструкції, що розглядаються.

Запропоновано підхід до зменшення сейсмічного впливу на будівлю шляхом введення додаткових ригельних систем, що дозволяють скоригувати просторову жорсткість будівлі та змінювати резонансні частоти конструкції. Розроблені методики

можуть бути використані в практиці проектування будівель, особливо у сейсмічно активних районах та регіонах із слабкими ґрунтовими основами.

Практична значущість отриманих результатів полягає в наступному:

Практична цінність отриманих в дисертації результатів для будівельної інженерії впливає із використання більш точних моделей «основа–фундамент–будівля», що в свою чергу, веде до більш оптимальних проектних рішень. Зокрема, використання розробленої методики дозволило зменшити армування фундаментних конструкцій до 30% в окремих зонах, а також обґрунтовано зменшити довжину пальових фундаментів, що сприяє зниженню їх вартості при збереженні експлуатаційної надійності.

Розроблена методика враховує особливості компресійного ущільнення ґрунтів основи в широкому діапазоні навантажень, ґрунтуючись на результатах стандартних лабораторних досліджень компресійних властивостей. Це є особливо істотним для фундаментів висотних будівель і промислових споруд, де середній тиск під подошвою перевищує діапазон тисків які можна розвинути при стандартних одометричних випробуваннях ґрунтів в лабораторії.

Застосування розробленої методики для аналізу сейсмічної стійкості будівель із використанням методу нормальних координат сприяє ефективному зменшенню крутильних коливань, а також забезпечує більш рівномірний розподіл напружень у несучих конструкціях.

Впровадження представлених результатів можливе у реальну практику проектування фундаментів висотних будівель, що підтверджується апробацією методики на конкретному об'єкті – житловому будинку з вбудованими приміщеннями громадського призначення у м. Києві.

Методика динамічних розрахунків, що базується на алгоритмі CONWEP та явних методах інтегрування рівнянь руху за часом, дозволяє враховувати вибухові навантаження при проектуванні захисних конструкцій будівель і споруд.

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 науковому виданні, включеному до переліку наукових фахових видань України категорії «А», яке цитується у реферативній базі «Web of Science»; 1 стаття у закордонному фаховому

виданні, яка проіндексована у базі «Web of Science»; 5 статей опублікованих у науковому виданні, включеному до переліку наукових фахових видань України категорії «Б»; 1 у спільній монографії під редакцією проф. Зігмунта Майєра (Zygmunt Meyer); 2 статті у закордонних фахових виданнях. Результати дисертаційного дослідження були апробовані на 9 наукових конференціях. 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 вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку. Загальний обсяг дисертації складає 180 сторінок, у тому числі основна частина складає 141 сторінка, список використаних джерел — 16 сторінок і додаток — 1 сторінка.

У вступі обґрунтовано актуальність дослідження, визначено його мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження. Окреслено методи, які використовуються для вирішення поставлених завдань, а також наукову новизну, теоретичну і практичну значущість роботи.

У першому розділі «Аналіз сучасного стану проблеми взаємодії висотних будівель з ґрунтовою основою» розглянуто основні проблеми взаємодії висотних споруд із ґрунтовою основою, що виникають у процесі їх експлуатації. Проаналізовано статичні та динамічні види навантажень на фундаменти висотних будівель, а також їх вплив на напружено-деформований стан ґрунтової основи. Оцінено сучасні теоретичні, експериментальні та чисельні методи моделювання фундаментних конструкцій. Окрему увагу приділено компресійним властивостям ґрунтів і методам їх урахування в розрахунках фундаментів висотних будівель.

У другому розділі «Розробка методики моделювання висотних будівель на ґрунтовій основі з урахуванням змінної стисненої товщі» запропоновано нову методику моделювання висотних будівель на ґрунтовій основі з урахуванням змінної стиснутої товщі, що враховує корегування модуля деформації ґрунту в умовах компресії та алгоритм моделювання процесів ущільнення ґрунтів.

Проведено валідацію розроблених моделей шляхом порівняння результатів чисельних розрахунків реальних об'єктів будівництва із даними лабораторних досліджень.

На прикладі реального 25-поверхового житлового будинку з паливим фундаментом виконано порівняльний аналіз пружного розрахунку та моделювання із застосуванням запропонованої методики, яка враховує залежність зміни модуля деформації ґрунту від тиску.

У третьому розділі «Моделювання висотних будівель при динамічних впливах» виконано дослідження взаємодії висотних будівель із ґрунтовими основами під дією динамічних впливів, зокрема сейсмічних і вибухових навантажень.

Для розв'язання задачі динаміки запропоновано використання прямого методу інтегрування рівнянь руху за часом, що дозволив моделювати вплив сейсмічних хвиль на багатосекційні висотні будівлі, враховуючи нерівномірний розподіл жорсткості та мас конструкцій. Показано, що нерівномірність розподілу жорсткості призводить до закручування конструкцій, збільшення рівня напружень і підвищення ризику пошкоджень у критичних зонах.

Крім того, розглянуто задачу впливу вибухових навантажень на будівельні конструкції із використанням алгоритмів CONWER та урахуванням нелінійної поведінки матеріалів. Встановлено, що вибухові хвилі (наприклад від детонації вибухового матеріалу БПЛА) створюють локальні зони інтенсивних напружень, які можуть перевищувати межу текучості матеріалу, що потребує урахування пластичних властивостей і накопичення пошкоджень особливо для таких матеріалів як бетон та сталь.

Для демонстрації можливостей запропонованого підходу побудована та досліджена модель багатосекційного 25-поверхового житлового будинку з паливим фундаментом у інженерно-геологічних умовах міста Києва. Чисельне моделювання підтвердило, що динамічні розрахунки з урахуванням різних значень декрементів коливань ґрунтів і конструкцій сприяють зниженню амплітуд коливань на 20–30%. Водночас недостатня ширина деформаційних швів може призводити до контактних ударних навантажень і як наслідок до пошкоджень окремих секційних частин. Запропоновано рекомендації для покращення стійкості будівель, включаючи ширини

деформаційних швів.

У четвертому розділі «Динамічна взаємодія секційного висотного будинку з основою та зниження динамічного відгуку конструкцій» запропоновано методику зменшення динамічного відгуку висотних будівель шляхом оптимізації конструктивних рішень. При моделюванні застосовано метод нормальних координат із використанням багатокомпонентних акселерограм у якості сейсмічного навантаження, що дозволило зменшити обчислювальні витрати при збереженні необхідної точності розрахунків.

Запропоновано застосування додаткових ригельних систем для зниження сейсмічного впливу та забезпечення рівномірного розподілу навантажень у несучих конструкціях. Проведено аналіз динамічної поведінки будівель з різними варіантами просторової жорсткості та визначено їх вплив на сейсмостійкість.

Результати досліджень проведених Литвином О.В. в межах його дисертаційної роботи на тему: «Взаємодія висотних будівель з ґрунтовою основою при динамічних впливах» впроваджені на реальному об'єкті будівництва в м. Києві: «Будівництво житлового будинку з вбудованими приміщеннями громадського призначення на вул. Академіка Заболотного, 148 у Голосіївському районі м. Києва. 4-й пусковий комплекс», дозволило обрати раціональні розміри паль та забезпечило суттєве зниження собівартості проектного рішення.

У загальних висновках узагальнено основні наукові результати дослідження відповідно до поставлених завдань.

Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі. У процесі аналізу змісту і структури дисертації виникли зауваження наступного характеру:

1. Запропоновані методики зменшення сейсмічного впливу шляхом введення додаткових ригельних систем показали свою ефективність, проте було б доцільно розглянути їх економічну доцільність у порівнянні з іншими методами підвищення жорсткості каркасів будівель.

2. У дисертації представлено ефективні розрахункові методики, однак доцільним було б більш детальне формулювання практичних рекомендацій щодо їхнього впровадження у нормативні документи та будівельну практику розрахунків конструкцій на міцність.

3. У роботі запропоновано використання залежності коефіцієнта пористості від тиску через модифікацію закону ущільнення К. Терцагі. Зміна пористості під час ущільнення описується напівлогарифмічною залежністю, однак вибір цього підходу не супроводжується детальним аналізом альтернативних математичних моделей, наприклад, поліноміальних або експоненціальних залежностей. Також у роботі застосовується критичне значення коефіцієнта пористості, яке визначається на основі експериментальних даних, однак його вплив на кінцеві результати моделювання не був детально досліджений. Було б доцільно розглянути чутливість отриманих результатів до змін цих параметрів, що могло б підвищити загальну достовірність математичної моделі та розширити межі її застосування у більш широкому діапазоні навантажень.

4. Крім того, використання залежності модуля пружності ґрунтової основи від коефіцієнта пористості потребує більш детального пояснення. Мається на увазі покроковий алгоритм (послідовність) при обчисленні його конкретних значень на етапі побудови моделі та етапі дослідження проходження динамічних хвиль напружень.

5. У роботі використано алгоритм CONWEP для оцінки впливу вибухових хвиль на будівлі. Водночас було б корисним розглянути інші подібні методики і моделі, наприклад модель John-Wilkins-Lee (JWL) чи Spherical Incident Wave, та порівняти результати, що отримані за допомогою інших програмних комплексів.

Вищезазначені зауваження не знижують загальної наукової цінності дисертації та її позитивної оцінки, а лише вказують на перспективи подальших досліджень у цьому напрямі.

Оцінка відповідності освітньо-науковій програмі підготовки.

Дисертаційна робота Литвина О.В. відповідає вимогам, встановленим освітньо-науковою програмою КНУБА підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня докторів філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія. У дослідженні реалізовано міждисциплінарний підхід, що охоплює аналіз механіки ґрунтів, будівельної механіки, динаміки споруд та комп'ютерного моделювання, що повністю відповідає сучасним тенденціям у науковій підготовці фахівців у сфері цивільної інженерії.

Дисертація містить усі необхідні складові, передбачені вимогами до підготовки докторів філософії, зокрема проведення фундаментальних та прикладних досліджень, розробку нових методик розрахунку та їх апробацію на реальних інженерних об'єктах. Одержані результати та сформульовані наукові висновки свідчать про відповідність рівня виконаного дослідження сучасним світовим тенденціям у галузі будівельної механіки та геотехніки.

Таким чином, дисертаційне дослідження Литвина О.В. відповідає основним критеріям освітньо-наукової програми, передбаченим для здобуття наукового ступеня доктора філософії, та демонструє сформованість у здобувача необхідних компетентностей, передбачених стандартами вищої освіти за відповідною спеціальністю.

Відповідність дисертації вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії». Дисертація Литвина Олександра Володимировича на тему «Взаємодія висотних будівель з ґрунтовою основою при динамічних впливах» 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 Литвина Олександра Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Загальний висновок про дисертаційну роботу.

Дисертаційна робота Литвина Олександра Володимировича є самостійним, завершеним науковим дослідженням та присвячена актуальній науково-практичній проблемі дослідження взаємодії висотних будівель із ґрунтовою основою під дією статичних та динамічних навантажень, зокрема сейсмічних та вибухових впливів.

Робота містить науково обґрунтовані положення та достовірні результати, які відповідають фундаментальним закономірностям механіки ґрунтів, і корелюють з експериментальними даними.

Зміст, структура та оформлення дисертаційної роботи відповідають вимогам, що

висуваються до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії. Основні положення та результати дослідження опубліковані у наукових фахових виданнях, проіндексованих у міжнародних наукометричних базах, а також представлені на конференціях, що підтверджує їхню наукову новизну та актуальність.

На підставі проведеного аналізу можна зробити висновок, що дисертаційна робота Литвина Олександра Володимировича «Взаємодія висотних будівель із ґрунтовою основою при динамічних впливах» відповідає вимогам пп.5-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р., а її автор Литвин Олександр Володимирович 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



Іван СОЛОДЕЙ

«Підпис І.І. Солодея засвідчую»

Вчений секретар Вченої ради КНУБА
к.т.н., доцент



Микола КЛИМЕНКО