

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Литвина Олександра Володимировича

«Взаємодія висотних будівель з ґрунтовою основою при динамічних
впливах»,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за
спеціальністю 192 — будівництво та цивільна інженерія,
галузь знань 19 — Архітектура та будівництво.

Аналіз дисертації Олександра Володимировича Литвина «Взаємодія висотних будівель з ґрунтовою основою при динамічних впливах» дозволяє сформулювати наступні висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності, наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

Актуальність теми. Дисертаційна робота Литвина О.В. присвячена дослідженню взаємодії висотних будівель із ґрунтовими основами під дією сейсмічних і вибухових впливів. Поширення висотного будівництва у сейсмічно небезпечних регіонах потребує вдосконалення розрахунків напружено-деформованого стану системи «основа–фундамент–будівля» та більш широкого впровадження методів оптимізації конструктивних рішень. Урахування вибухових впливів нажаль також потребує подальшого розвитку з урахуванням отриманого досвіду та можливих перспектив.. Тому тема дослідження є актуальною та відповідає сучасним викликам часу.

Наукова новизна одержаних результатів. У роботі представлено математичну модель, яка описує зміни об'єму ґрунту в умовах компресії. Запропонована методика визначення параметрів жорсткості ґрунтового середовища для динамічних розрахунків враховує зміну об'єму та перерозподіл зон стисливої товщі основи під впливом статичних навантажень. Також виконані дослідження поведінки будівель із

використанням прямих динамічних методів, які дозволяють визначати реальні деформації конструкцій у часі при взаємодії із ґрунтовою основою, а також аналізувати реакцію конструкцій на вибухові впливи за допомогою алгоритму CONWER.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі О.В.Литвина, мають достатній ступінь обґрунтованості та базуються на чисельних розрахунках взаємодії висотних будівель із ґрунтовою основою. Достовірність отриманих результатів підтверджується використанням сучасних чисельних методів моделювання, зокрема методу скінченних елементів, реалізованого у програмному комплексі Simulia Abaqus. Розроблена математична модель враховує нелінійні властивості ґрунтів, що відповідає реальному напружено-деформованому стану системи «основа–фундамент–будівля». Для перевірки адекватності моделі проведені порівняння числових результатів із даними лабораторних випробувань ґрунтів та підтверджена узгодженість отриманих результатів.

Висновки дисертаційної роботи на основі теоретичних досліджень та числових експериментів ґрунтуються на аналізі взаємодії будівель із ґрунтовою основою в умовах дії статичних навантажень, сейсмічних та вибухових впливів, дозволили розробити обґрунтовані рекомендації з оптимізації фундаментів висотних будівель та підтвердити їх апробацією при розрахунках і розробці проектних рішень фундаментів на об'єкті будівництва у м. Київ.

Практичне значення результатів досліджень. Значення отриманих результатів досліджень полягає у перспективі їх практичного застосування у проектуванні фундаментів висотних будівель в умовах сейсмічності. Реалізація отриманих результатів має на меті зменшити необхідну кількість арматури та оптимізувати довжину паль, що підвищує економічну ефективність будівництва.

Розроблена методика враховує особливості компресійного ущільнення

грунтової основи для фундаментів висотних споруд, де середній тиск під подошвою перевищує 0,25–0,3 МПа. Запропоновані зміни жорсткості конструкції за рахунок додавання ригелів на основі виконаних досліджень взаємодії висотних будівель з ґрунтовою основою при сейсмічних впливах дають змогу знизити інтенсивність крутильних коливань та сприяють більш рівномірному розподілу напружень у несучих конструкціях. Це дозволило розробити конструктивні рішення щодо зменшення наслідків впливу вибухових ударних хвиль на будівлю. За умови подальшого розвитку результати цієї роботи можуть бути залучені до вдосконалення нормативної бази проектування висотних будівель та споруд.

Аналіз змісту та завершеності дисертації. Дисертація, підготовлена О.В. Литвином, складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (144 найменування) та одного додатку. Загальний обсяг роботи становить 180 стор. Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним, відображає зміст дисертації і в достатній мірі висвітлює її основні результати та висновки. У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, яка відповідає обраній тематиці та завдання і методи дослідження.

У першому розділі дисертації виконаний аналіз проблемних питань взаємодії висотних будівель із ґрунтовою основою при дії статичних і динамічних навантажень. Розглянуті напружено-деформовані стани ґрунтової основи, міцність і нерівномірні деформації конструкцій будівель. Виконаний огляд теоретичних, експериментальних та емпіричних методів аналізу взаємодії фундаменту з ґрунтовою основою з акцентом на метод скінченних елементів. Визначені особливості сейсмічних, вибухових впливів на будівлі та застосування відповідних методик оцінки стійкості конструкцій. Підкреслені перспективні напрями наукових досліджень, зокрема оцінка динамічних впливів на висотні споруди.

У другому розділі виконане моделювання ґрунтових основ висотних будівель з урахуванням розміру стиснутої товщі. Розрахунки напружено-деформованого стану основи проведені з урахуванням ущільнення ґрунту та відповідних змін його фізичних та механічних характеристик у фактичному

діапазоні тисків. Запропонована математична модель враховує зміну пористості та модуля деформації ґрунту залежно від тиску за результатами лабораторних випробувань у одометрі. Для визначення компресійної залежності при високих тисках, характерних для висотних будівель, застосований напівлогарифмічний закон ущільнення К. Терцагі. Реалізація розробленої методики розрахунку виконана у програмному комплексі Simulia Abaqus із використанням підпрограми UMAT. Достовірність розробленої методики підтверджена лабораторними випробуваннями ґрунтових зразків, числовим моделюванням та дослідженнями в польових умовах.

Аналіз впливу розміру розрахункової товщі дозволив визначити оптимальні параметри моделі для мінімізації впливу граничних умов та збільшити точність прогнозування осідань фундаментів та деформацій конструкцій. На прикладі 25-поверхового житлового будинку з паловим фундаментом виконано порівняльний аналіз моделювання із врахуванням зміни щільності ґрунту та модуля деформації від тиску із більш рівномірним розподілом зусиль у ростверку, що сприяло суттєвому зниженню пікових значень моментів і площі критичних зон. Отримані результати дозволили підвищити економічну ефективність палового фундаменту застосуванням запропонованої методики та оптимізувати довжину паль при відповідності нормативним вимогам щодо допустимих осідань.

У третьому розділі досліджена взаємодія фундаментів висотних будівель із ґрунтовими основами під дією динамічних навантажень, зокрема сейсмічних і вибухових впливів. Розглянуті сучасні чисельні методи розрахунку, включаючи спектральні методи, аналіз вимушених коливань конструкцій при сейсмічному впливі, заданому розрахунковими акселерограмами землетрусів методом числового інтегрування рівнянь руху, які враховують нелінійні властивості матеріалів та дозволяють аналізувати напружено-деформований стан системи «основа–фундамент–будівля» в умовах складних динамічних впливів. У роботі запропоновано методику, яка використовує пряме інтегрування за явними та неявними схемами для розрахунку короточасних процесів із високими швидкостями деформацій, таких як вибухові навантаження. Для оцінки сейсмічних впливів застосований метод прямого динамічного розрахунку з

урахуванням форм власних коливань, нерівномірної жорсткості та маси конструкцій. Виконаний аналіз показав можливість локального зростання напружень і пошкоджень у критичних зонах.

Досліджено вплив вибухових навантажень із використанням алгоритмів CONWEP та нелінійних моделей матеріалів. Встановлено, що вибухові хвилі створюють локальні навантаження, які можуть перевищувати міцність матеріалів, зокрема бетону та сталі. Розглянута модель 25-поверхового житлового будинку з пальовим фундаментом у м. Києві. Чисельне моделювання підтвердило, що урахування різних декрементів коливань ґрунтів і конструкцій сприяє зниженню амплітуд коливань на 20–30%. Водночас недостатня ширина деформаційних швів може спричиняти ударні навантаження і пошкодження. Запропоновані рекомендації щодо оптимізації конструктивних рішень, зокрема ширини деформаційних швів, для підвищення стійкості будівель. Виконані дослідження демонструють використання сучасних чисельних методів для оцінки динамічної поведінки висотних будівель з метою розробки конструктивних рішень, спрямованих на підвищення безпеки при сейсмічних впливах.

У четвертому розділі досліджена динамічна взаємодія багатосекційного висотного будинку з ґрунтовою основою під дією сейсмічних навантажень та розроблено методику зниження динамічного відгуку конструкцій. Головну увагу приділено моделюванню сейсмічних впливів та врахуванню характеристик ґрунтової основи, просторової жорсткості будівлі та взаємодії її секцій. Зростаючі обсяги будівництва висотних будівель у сейсмічно активних регіонах України підкреслюють необхідність вдосконалення підходів до проектування особливо в умовах щільної забудови.

Для об'єкта дослідження – 21-го поверхового багатосекційного будинку розроблена об'ємна скінченно-елементна модель із врахуванням реальних властивостей ґрунтової основи. У процесі моделювання застосований метод нормальних координат із використанням багатокомпонентних акселерограм для вхідного сейсмічного навантаження. Такий підхід дозволив скоротити обсяг обчислювань при бажаній точності розрахунків. Проведений аналіз демонструє взаємодію сусідніх секцій будівлі через ґрунтову основу, форми коливань і напружено-деформований стан конструкцій включно в умовах резонансних

коливань. Дослідження продемонстрували екстремальні напруження у плитному ростверку та палях внаслідок сейсмічних впливів. Значний вплив на динамічну поведінку будівлі має розподіл просторової жорсткості та маси секцій, що може призводити до коливань у проти-фазах і небезпечного зближення секцій. Запропоновано методику зниження динамічного відгуку шляхом введення додаткових ригельних систем. Порівняльний аналіз динамічної поведінки каркасів із ригелями та без них показав, що додавання ригелів підвищує першу власну частоту конструкції до 16%, зменшує інтенсивність згинально-крутильних коливань та сприяє більш рівномірному розподілу напружень у конструкціях, що суттєво покращує динамічну стійкість будівлі.

Результати досліджень можуть бути залучені для впровадження в практику проектування висотних будівель. Запропоновані заходи дозволяють прогнозувати напружено-деформований стан конструкцій під дією динамічних навантажень, оптимізувати конструктивні рішення висотних будівель, а також підвищити сейсмічну безпеку будівництва.

Робота є логічно структурованою, а її зміст відповідає заявленій тематиці. Дисертація містить комплексний аналіз існуючих підходів у сфері дослідження, обґрунтування наукової новизни, а також практичні рекомендації, що робить її завершеним науковим дослідженням.

Результати дисертаційного дослідження «Взаємодія висотних будівель з ґрунтовою основою при динамічних впливах» впроваджено на будівельному об'єкті «Будівництво житлового будинку з вбудованими приміщеннями громадського призначення на вул. Академіка Заболотного, 148 у Голосіївському районі м. Києва. 4-й пусковий комплекс».

У дисертаційній роботі не виявлені ознаки порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів має посилання на відповідні джерела.

Автор продемонстрував знання моделей ґрунтових основ та будівельних конструкцій, володіння математичним апаратом МСЕ, здатність планувати, проводити експерименти, обробляти результати, аналізувати їх та отримувати практично значимі висновки.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації в опублікованих працях. Основні результати, наукові положення, висновки та рекомендації достатньо повно відображені у 10 працях: 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 зарубіжному фаховому виданні яка проіндексована у базі «Web of science»; 5 статей, опублікованих у науковому виданні, включеному до переліку науково фахових видань України категорії «Б»; 1 у спільній монографії; 2 статті у зарубіжних фахових виданнях та 4 тез конференцій.

Праці О.В. Литвина відповідають п.11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року № 167. Наведені у дисертації розробки пройшли апробацію на конференціях різного рівня, де доповідалися головні положення та результати досліджень.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації. Дисертаційна робота О.В. Литвина є теоретичним та експериментальним науковим дослідженням, яке охоплює питання, пов'язані із взаємодією висотних будівель із ґрунтовою основою в умовах динамічних впливів. Запропоновані в роботі математичні моделі та методики моделювання забезпечують необхідну точність оцінки напружено-деформованого стану конструкцій і можуть бути використані у будівельній практиці. Водночас деякі аспекти дослідження можуть бути предметом подальшого обговорення та вдосконалення:

I. Розроблена модель врахування компресійного стиснення ґрунтів є обґрунтованою та ефективною для типів ґрунтів, розглянутих у роботі. Водночас можливе її подальше розширення для інших ґрунтів із відмінними фізико-механічними характеристиками, що дозволило б адаптувати методику для ширшого спектра будівельних умов, включаючи розповсюдженні в Україні види ґрунтів.

II. У роботі представлено аналіз впливу пальового фундаменту на поведінку висотних будівель під час динамічних навантажень. Важливим аспектом, який бажано розглянути більш детально є вплив глибини закладення та розташування

паль у плані на динамічну поведінку споруди із врахуванням реальних динамічних властивостей ґрунтової основи.

III. В роботі на жаль не розглянуто вплив підземної частини будівель, а саме підвалів та підземних поверхів на сейсмічну стійкість висотних будівель в тому числі і при навантаженнях від вибухів, а саме тут існують суттєві можливості та загрози.

IV. Важливо враховувати вплив ростверку та особливості його взаємодії з ґрунтовою основою під сейсмічним та вибуховим впливом. Бажано було б приділити цій проблемі більш уваги.

V. Приведення у дисертації загально відомих рисунків (наприклад Рис.3.1) та формул (наприклад 3.1 – 3.8) із нормативних документів не є доцільним. Достатньо було посилання на цю частину нормативного документа.

VI. У роботі запропоноване зниження сейсмічного впливу на динамічний відгук будівель шляхом введення додаткових ригельних систем. Скоріше всього річ йде про зниження динамічного відгуку будівель на сейсмічний вплив шляхом введення додаткових ригельних систем.

VII. Системи «основа–фундамент–будівля» по різному визначена у різних розділах роботи. Бажане більш чітке застосування термінології щодо глибини деформованої зони (наприклад на стор.89), динамічних навантажень, сейсмічних та вибухових впливів (наприклад на стор. 92).

VIII. На жаль при оформленні роботи допущені деякі погрішності (наприклад при означенні формул 2.1, 2.25) та при наборі тексту (наприклад на сторінках 68, 76, 80), які у цілому не вплинули на отримані результати.

Зазначені зауваження та побажання не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи, а більше надають перспективи подальших досліджень у цьому напрямі.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Литвина Олександра Володимировича «Взаємодія висотних будівель із ґрунтовою основою при динамічних впливах» є самостійним і завершеним науковим дослідженням, що має теоретичне та

практичне значення. Робота присвячена актуальній проблемі будівництва висотних споруд у сейсмічних умовах, зокрема за дії динамічних навантажень - сейсмічних та вибухових впливів. У дисертації здійснений чисельний аналіз взаємодії системи «основа–фундамент–будівля», запропонована математична модель, що враховує зміну властивостей ґрунту під навантаженням та методика моделювання із врахуванням особливості ґрунтових основ у заданому діапазоні навантажень.

Наукові результати дисертаційної роботи підтверджені розрахунками методом скінченних елементів, реалізованими у програмному комплексі Simulia Abaqus. Виконаний аналіз напружено-деформованого стану конструкцій за дії статичних та динамічних навантажень дозволяє більш точно прогнозувати поведінку висотних будівель в умовах розглянутих динамічних впливів. Запропоновані рекомендації та методики розрахунку на основі аналізу взаємодії висотних будівель із ґрунтовою основою дозволяють досягти зниження амплітуд коливань та більш рівномірно розподілити напруження в конструкціях, що сприяє підвищенню їхньої безпеки та довговічності.

Дисертаційна робота містить сформульовані наукові положення, висновки та рекомендації, що базуються на теоретичному аналізі, чисельному моделюванні та експериментальних дослідженнях. Достовірність отриманих результатів підтверджена чисельними розрахунками та лабораторними випробуваннями, а також апробацією результатів на реальному будівельному об'єкті. Основні положення дисертації опубліковані у наукових фахових виданнях та представлені на наукових конференціях.

Окремі дискусійні моменти, що стосуються порівняльного аналізу різних методів розрахунку та розширення експериментальної бази для моделювання ґрунтових основ, можуть бути предметом подальших наукових досліджень, проте вони не знижують загальної наукової цінності роботи.

Таким чином, дисертаційна робота О.В. Литвина є завершеним дослідженням, містить наукову новизну, має теоретичне та практичне значення. Отримані результати мають наукове значення для розвитку знань та практики будівельної галузі. Дисертація 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 Литвин Олександр Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 192 - «Будівництво та цивільна інженерія».

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, професор,

професор кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою

ННІ Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Українського державного університету науки і технологій

Юрій Кірічек