

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Семенової Юлії Володимирівни "Методика встановлення резонансних властивостей ґрунтових комплексів при сейсмічному мікрорайонуванні",
представленої на здобуття вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 04.00.22 – геофізика

Дисертація Семенової Ю.В. присвячена важливому і проблемному питанню інженерної сейсмології – прогнозуванню реакції ґрунтової товщі на сейсмічні впливи. Для спеціалістів у галузі моделювання сейсмічних коливань в складно-побудованих середовищах є очевидним, що модель поведінки ґрунтів при землетрусі повинна враховувати можливі резонансні та нелінійні ефекти. У діючих будівельних нормах України такі вимоги до опису поведінки ґрунтів при сейсмічних впливах на даний час – відсутні хоча нелінійну поведінку споруд і окремих конструкцій, як зазначено в останньому варіанті Державних будівельних норм України, слід враховувати. Не береться до уваги розрахунок сейсмічних коливань у комплексах врахування властивостей ґрунтів у документах про врахування реологічних властивостей ґрунтів під будівельними майданчиками NEHRP – американському, Єврокод-8 – європейському, СНиП II-7-81 російських будівельних норм і правил. Вплив геологічного середовища з реологічними властивостями в зазначених нормах рекомендується враховувати шляхом складної системи підбору феноменологічних коефіцієнтів оцінки амплітуди коливань, які залежать від літології шарів, глибини залягання та ще цілого ряду параметрів.

Семенова Ю.В. в своїй дисертаційній роботі пропонує свій шлях до науково обґрунтованого розв'язання зазначеної проблеми.

В практиці сейсмічного мікрорайонування (СМР) в Україні, регламентованій чинними нормативними документами ДБН В.1.1-12:2014; РСН 60-86 та РСН 65-87, при визначенні впливу локальних ґрунтових умов на параметри сейсмічної небезпеки майданчика, враховуються лише лінійні механізми перетворень сейсмічних хвиль у приповерхневій ґрунтовій товщі і не в повній мірі враховуються резонансні властивості ґрунтових комплексів.

Актуальність теми дисертаційного дослідження Семенової Ю.В. визначена необхідністю удосконалення методики дефініції частотних характеристик ґрунтової товщі шляхом врахування нелінійних властивостей для територій товщі із високою і помірною інтенсивністю

прогнозованих сейсмічних впливів, до яких відноситься значна частина території України. Підтвердженням актуальності теми дисертаційної роботи є те, що робота виконана у відповідності з планами держбюджетних науково-дослідних робіт Інституту геофізики ім.С.І.Субботіна НАН України.

Враховуючи актуальність досліджень по темі дисертації, автор поставила перед собою складну, важливу мету, яка полягає в розробці та реалізації удосконаленої методики визначення резонансних властивостей ґрунтових комплексів з врахуванням їх нелінійних властивостей для сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків України.

Основні наукові положення, висновки і рекомендації, що сформульовані у дисертації, ступінь їх обґрунтованості і достовірності достатньо обґрунтовані. Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі Семенової Ю.В. – наступні:

- застосовані сучасні методи досліджень, у тому числі методи механіки пружних і непружних середовищ; чисельні методи інтегрування рівнянь руху, методи розв'язання диференціальних рівнянь;
- здійснена чітка фізична і математична постановка задачі про поширення хвиль в шаруватому середовищі із заданням фізично обґрунтованих початкових і граничних умов;
- використовується комплекс апріорних геолого-геофізичних даних та емпіричних нелінійних характеристик ґрунтів у вигляді залежностей модуля зсуву і коефіцієнта поглинання від величини зсувної деформації, отриманих у лабораторних випробуваннях, які добре узгоджуються із залежностями, одержаними із сейсмічних спостережень;
- застосовується математичне моделювання на з використанням, рекомендованих світовою сейсмологічною спільнотою для практичного використання обчислювальних програмних продуктів, які пройшли тестування та перевірку в умовах натурного експерименту.

Не викликає сумніву обґрунтованість отриманих результатів, у тому числі амплітудно-частотних характеристик ґрунтового середовища під будівельними та експлуатаційними майданчиками України (НСК «Олімпійський», газоперекачувальні станції газопроводу «Кременчук - Ананів - Богородчани», гідротехнічні споруди Кременчуцької ГЕС, ряд висотних будинків в Києві та в Одеській області).

Наведені в дисертаційній роботі теоретичні обґрунтування та наукові дослідження виконані на високому науковому рівні.

Наукова новизна дисертаційної роботи. В результаті виконання наукових досліджень по темі дисертації отримано наступні важливі наукові результати:

- дисертантом запропоновано і доведено до практичного використання удосконалену методику визначення резонансних властивостей ґрунтових комплексів під будівельними майданчиками країни, яка враховує нелінійну поведінку ґрунтів при інтенсивних сейсмічних впливах. В основі методики лежить аналітично-емпіричний підхід до розрахунку частотних характеристик ґрунтів;

- сформовано оригінальну базу даних про залежності модуля зсуву і коефіцієнта поглинання від величини зсувної деформації для різних типів ґрунтів, характерних для майданчиків, розташованих на території України. Сформована автором база даних необхідна для врахування нелінійних властивостей ґрунтової товщі при моделюванні її реакції на сейсмічні впливи;

- вперше в умовах геологічних структур України розроблено та застосовано на практиці алгоритм побудови розрахункових сейсмогеологічних моделей ґрунтів, з підбором їх деформаційних характеристик із сформованої автором бази даних;

- автором встановлено граничні значення епістемічних і випадкових похибок у параметрах розрахункових моделей ґрунтів, при яких забезпечується одержання стійких розв'язків задачі побудови амплітудно-частотних характеристик методом еквівалентного лінійного моделювання;

- вперше в Україні при сейсмічному мікрорайонуванні ряду будівельних та експлуатаційних майданчиків (НСК «Олімпійський», газоперекачувальних станцій газопроводу «Кременчук - Ананів - Богородчани», гідротехнічних споруд Кременчуцької ГЕС та висотних будинків в Києві і Одеській області) впроваджено амплітудно-частотні характеристики ґрунтових товщ, побудовані з використанням запропонованої автором методики визначення резонансних властивостей ґрунтових комплексів під будівельними майданчиками країни, яка визначає кількісні характеристики сейсмічної небезпеки на будівельних і експлуатаційних майданчиках для цілей сейсмостійкого проектування важливих об'єктів. З їх використанням були розраховані частотні характеристики ґрунтових комплексів з врахуванням нелінійних властивостей ґрунтів під рядом реальних будівельних майданчиків. Запропоновану автором методику впроваджено при сейсмостійкому проектуванні таких об'єктів НСК «Олімпійський», газоперекачувальні

станції газопроводу «Кременчуг - Ананьїв - Богородчани», гідротехнічні споруди Кременчуцької ГЕС, ряд висотних будинків в м.Києві та в Одеській області.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.

Основні положення дисертації опубліковані в 22 наукових працях, з них: 12 статей у фахових виданнях за переліком ВАК України, в т.ч. 1 стаття у закордонному виданні; 10 тезах наукових конференцій.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук. Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації і достатньо повно відображає основні положення дослідження.

Аналіз змісту дисертації. Зміст дисертаційної роботи відповідає її назві та складається з вступу, 5-ти розділів та висновків; дисертація вміщує 5 таблиць, 51 рисунок, а також список літературних джерел, який налічує 217 найменувань. Загальний обсяг дисертації складає 147 сторінок україномовного тексту.

У вступі викладені всі необхідні і обов'язкові для дисертаційної роботи атрибути, зокрема: актуальність, мета, основні завдання роботи, наукова новизна і практична цінність, апробація та структура.

У першому розділі наведено огляд сучасного стану методів прогнозування поведінки ґрунтів під час землетрусів при СМР будівельних та експлуатаційних майданчиків. Подальший розвиток методичних прийомів – необхідний для забезпечення науково обґрунтованими кількісними характеристиками прогнозованої сейсмічної небезпеки робіт із сейсмічного захисту існуючих об'єктів і об'єктів сейсмостійкого проектування нових будинків і споруд. Наведено результати критичного аналізу існуючих концепцій, методів і підходів. Описано основні досягнення і невирішені проблеми в галузі СМР. Показано, що для надійного прогнозування параметрів сейсмічних коливань при сильних землетрусах необхідно удосконалити методику врахування нелінійних властивостей ґрунтів та передбачити можливість виникнення і врахування резонансних явищ у ґрунтових комплексах. Показано, що подальший розвиток методики СМР будівельних майданчиків потребує удосконалення розрахункових способів побудови частотних характеристик ґрунтової товщі з урахуванням їх нелінійних властивостей для територій з слабкою і помірною місцевою сейсмічністю, до яких відноситься територія України.

У другому розділі розглянуто теоретичні і методологічні основи методів: лінійного, еквівалентного лінійного і нелінійного моделювання, які використовуються для розрахунку реакції ґрунту на сейсмічні впливи. Автор справедливо відмічає, що з розглянутих методів, діючими нормативними документами [ДБН В.1.1-12:2014; РСН 65-87; РСН 60-86] передбачається використання лінійного моделювання для всього діапазону зсувних деформацій ґрунту. Нелінійні явища при цьому не враховуються. Застосування еквівалентного лінійного і нелінійного моделювання дозволяє враховувати нелінійні властивості ґрунтів, що одночасно пов'язане з труднощами правильного задання в розрахункових сейсмогеологічних моделях ґрунтової товщі законів зменшення модуля зсуву і збільшення коефіцієнта поглинання при зростанні сейсмічних навантажень на ґрунти майданчика. Іншими словами – залежностей модуля зсуву і коефіцієнта поглинання від величини зсувної деформації. Вирішення цієї задачі необхідне для ефективного застосування програмних продуктів з реалізацією методів еквівалентного лінійного і нелінійного моделювання для розрахунку реакції ґрунтової товщі в реальних умовах будівельних майданчиків на території України.

В третьому розділі вирішено задачу розробки методики задання нелінійних властивостей шарів розрахункових моделей ґрунтової товщі для еквівалентного лінійного і нелінійного моделювання сейсмічних коливань. Для цього дисертантом вирішено наступні завдання:

- створено базу даних залежностей модуля зсуву $G(\gamma)$ і коефіцієнта відносного поглинання $D(\gamma)$ для різних типів ґрунтів, характерних для майданчиків на території України;

- досліджено вплив літологічного складу та фізико-механічних параметрів ґрунту на зменшення модуля зсуву і збільшення коефіцієнта поглинання;

- виділено основні параметри, за якими швидко і ефективно можна апроксимувати нелінійні властивості кожного із шарів моделі ґрунтової товщі відповідними залежностями $G(\gamma)$ і $D(\gamma)$ зі створеної бази даних;

- досліджено вплив епістемічних похибок, які можуть виникнути при виборі залежностей $G(\gamma)$ і $D(\gamma)$ для ґрунтових шарів розрахункової сейсмогеологічної моделі на параметри її частотної характеристики, обчислюваної з використанням програмного продукту PROSHAKE для математичного еквівалентного лінійного моделювання реакції ґрунтової товщі на сейсмічні впливи.

У четвертому розділі представлено порівняльний аналіз результатів розрахунку частотних характеристик ґрунтів, отриманих дисертантом при використанні математичного лінійного, еквівалентного лінійного та нелінійного розрахунку реакції на сейсмічні впливи різної величини. Розрахунки проводилися для ряду моделей ґрунтових товщ (як тестових так і реальних), які відрізняються за потужністю осадових відкладів (Н) і категорією ґрунтів за сейсмічними властивостями (категорій від I-ї до IV-ї) згідно [ДБН В.1.1-12:2014, 2014]. Відмічено, що врахування нелінійних властивостей ґрунтів призводить до зменшення коефіцієнта підсилення сейсмічних коливань та зміщення піків резонансних частот у низькочастотну область; погіршення сейсмічних властивостей ґрунтів і збільшення потужності осадових відкладів, також зміщують максимуми частотної характеристики в бік низьких частот, незалежно від інтенсивності сейсмічного впливу. Дисертантом встановлено межі використання лінійного, еквівалентного лінійного та нелінійного методів для моделювання реакції ґрунтової товщі на сейсмічні впливи для будівельних майданчиків з різними категоріями ґрунтів за сейсмічними властивостями та різною величиною прогнозованої сейсмічної інтенсивності (бальності). У розділі представлено також результати перевірки стійкості розв'язку задачі побудови АЧХ моделей реальних ґрунтових товщ під будівельними майданчиками при використанні еквівалентного лінійного моделювання та наявності випадкових похибок у параметрах моделі. Встановлено, що при наявності випадкових похибок до 20% забезпечується стійкість розв'язку при розрахунку частотних характеристик методом еквівалентного лінійного моделювання.

В п'ятому розділі наведено результати розрахунку амплітудно-частотних характеристик ґрунтових комплексів під будівельними майданчиками проєктованих та експлуатаційних об'єктів, розташованих на території України, зокрема, в Києві, Одесі та в місцях розташування ряду важливих об'єктів. Частотні характеристики розраховувалися за розвинутою автором методикою, яка враховує нелінійну поведінку ґрунтів при сейсмічних навантаженнях.

Загальні висновки по дисертації відповідають її змісту, конкретно і стисло висвітлюють основні наукові результати.

Дисертація є закінченою науковою роботою, в якій отримано нові наукові результати, що мають теоретичну та практичну цінність.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційного дослідження. По дисертаційній роботі слід зробити наступні зауваження:

1. Недостатньо детально зроблено критичний аналіз зарубіжного досвіду проведення робіт з сейсмічного мікрорайонування будмайданчиків.
2. При розробці нового практичного методу побудови частотних характеристик автором значна увага була приділена амплітудним характеристикам і мало – фазовим, які є їх важливою складовою.
3. Враховуючи цінність сформованої дисертантом бази даних про залежність модуля зсуву і коефіцієнта поглинання від величини деформації доцільно було подати її в додатку до дисертації, щоб нею могли скористуватися інші дослідники.
4. Для повноти сприймання результатів п'ятого розділу дисертації слід було для кожного з майданчиків, для яких представлено розраховані амплітудно-частотні характеристики, навести моделі геологічної будови.
5. Представлені в п'ятому розділі результати практичного впровадження розробленої автором методики для побудови частотних характеристик ґрунтових комплексів під реальними будмайданчиками слід було повніше висвітлити в загальних висновках у дисертації для чіткішого сприйняття обсягу проведеної автором роботи.

Вищенаведені зауваження, однак, не ставлять під сумнів значущість головних положень роботи і не знижують загальної позитивної оцінки дисертації.

Дисертантом вирішено задачу побудови частотних характеристик ґрунтових комплексів під досліджуваними майданчиками шляхом їх теоретичного розрахунку з врахуванням нелінійної поведінки вертикально-неоднорідного геологічного середовища під дією інтенсивних сейсмічних впливів. Результати досліджень дисертанта дозволяють підвищити ефективність робіт з СМР для будівельних майданчиків і наближають кількісні параметри прогнозованої сейсмічної небезпеки, задані у формі розрахункових акселерограф, до реальних.

У результаті аналізу представлених у дисертації матеріалів стає очевидним, що чисельне вирішення нелінійних задач сейсмології на сучасному рівні розвитку науки, вимагає врахування даних польових та лабораторних досліджень, якими встановлено експериментальні кореляційні зв'язки між напруженнями і деформаціям, з врахуванням літологічного складу, фізико-механічних параметрів, глибини залягання, величини і тривалості додаткових сейсмогеологічних навантажень.

В нормативних документах з проведення робіт з інженерно-геологічних вишукувань під будівництво, які застосовуються перед проведенням комплексу досліджень з сейсмічного мікрорайонування, слід

передбачити обов'язкове визначення надійних даних, необхідних для моделювання реакції ґрунтів будівельних майданчиків на сейсмічні коливання.

Дисертація Семенової Ю.В. є завершеною науковою роботою, яка відрізняється актуальністю, новизною і значущістю отриманих результатів, має теоретичне і практичне значення для вирішення актуальних задач інженерної сейсмології. Теоретичні та методичні розробки автора – достатньо обґрунтовані. Дисертація – добре оформлена і відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів...», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор Семенова Юлія Володимирівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності 04.00.22 – геофізика.

Офіційний опонент:

доктор фізико-математичних наук
по спеціальності «04.00.22 – геофізика»,
професор, завідувач кафедри цивільного захисту
та комп'ютерного моделювання екогеофізичних
процесів Львівського державного університету
безпеки життєдіяльності ДСНС України

Ю.П. Стародуб

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:

Начальник
відділу
персоналу

" " 20__ р.



М.П.