

Голові разової спеціалізованої ради ДФ 41.085.008
в Одеській державній академії
будівництва та архітектури
доктору технічних наук, професору
Клименку Євгенію Володимировичу

Відгук

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента,
професора кафедри будівництва Національного університету
біоресурсів і природокористування України

Яковенка Ігоря Анатолійовича

на дисертаційну роботу **Писаревського Богдана Юрійовича** на тему:
**«Чисельне моделювання конструкцій багатоповерхових будівель
при динамічних впливах»**,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю
192 – будівництво та цивільна інженерія,
галузь знань 19 – архітектура та будівництво

1. Актуальність обраної теми дослідження

Представлена до захисту дисертаційна робота Писаревського Б.Ю. направлена вирішення наукової задачі щодо визначення впливу динамічної взаємодії системи «наземна частина → фундамент → ґрунт» на напружено-деформований стан відповідальних конструкцій багатоповерхових будівель або споруд.

Сучасні будівельні норми та існуючі інженерні методики розрахунку, на жаль не враховують у повній мірі ту значну кількість різноманітних параметрів, від яких залежить майбутня безпечна та надійна експлуатація будівель та споруд при дії сейсмічних впливів. Саме тому, розроблені автором методики створення чисельних моделей вищенаведених систем при динамічних впливах, враховують дисипативні властивості ґрунту. Запропоновані алгоритми моделювання та виконані чисельні процедури формування рівнянь руху рівноваги у задачах, де є безграничні області, перевірені на багатьох верифікаційних тестах за допомогою ПК «Ліра САПР».

Слід зазначити, що робота виконувалась у рамках актуального напрямку науково-технічної політики України у відповідності до Постанови КМУ №547 від 23.05.2011 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу». Дисертаційна робота виконана на кафедрі комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів Національного авіаційного університету за держбюджетною темою № 6/10.01.02 «Комп'ютерне моделювання процесів життєвого циклу

об'єктів цивільного та транспортного будівництва». Це безумовно підтверджує її впровадження та актуальність.

2. Склад і структура дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Писаревського Богдана Юрійовича складається з анотацій (українською та англійською мовами), списку публікацій здобувача за темою дисертації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 138 найменувань, двох додатків. Загальний обсяг роботи складає 152 сторінки, з яких 112 сторінок основного тексту, 67 рисунків, 10 таблиць, 13 сторінок списку використаних джерел та 8 сторінок додатків.

3. Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Представлена до захисту дисертаційна робота оформлена згідно з чинними вимогами МОН України, містить усі необхідні складові.

Зміст анотацій розкриває основні положення та характеризує зміст дисертаційної роботи.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дисертаційного дослідження та його актуальність; представлений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; наведені мета та задачі дослідження; предмет та об'єкт дослідження; розкриті використані методи дослідження; наукова новизна та практичне значення результатів роботи; особистий внесок здобувача; апробація дисертаційної роботи; публікації здобувача за темою дисертації; структура і обсяг роботи.

У **першому розділі** дисертації представлений стан досліджень динамічних задач комплексної системи «наземна частина → фундамент → ґрунт». Відмічено основні види динамічних навантажень та методи дискретизації, а також методи складання рівнянь руху. Підтверджено, що найбільш поширеним методом дискретизації є метод скінченних елементів, який варто застосовувати із врахуванням фактору часу. Розглянуто недоліки та переваги існуючих геометрій моделей, фізичних та механічних властивостей пружних основ Фукса-Вінклера та Пастернака. Проаналізовані фізично нелінійні моделі ґрунтових основ.

Другий розділ присвячений розробці методики моделювання опорних в'язей і основ з "жорсткою" поновлюючою силою у середовищі ПК «Ліра САПР», а також методиці моделювання взаємодії елементів системи «наземна частина → фундамент → ґрунт». Автором запропоновано методику поєднання методів МСЕ та SBFEM, яка дає можливість уникнути проблем, що виникають при розв'язанні задач з необмеженими областями при використанні інших методів. Показана чисельна процедура формування рівнянь руху та, як частинний випадок, рівнянь рівноваги, у задачах, з наявністю «безграничних» областей. Цю процедуру впроваджено у ПК «Ліра САПР», що надає можливість формувати гібридні моделі МСЕ/SBFEM і розв'язувати фізично лінійні та нелінійні динамічні задачі у часі прямим методом, а також методом підсистем. Виконано тестування на відомих класичних задачах механіки твердого деформівного тіла.

Третій розділ дисертації описує виконані чисельні експерименти будівель на динамічні впливи. Розглянуті існуючі методики розрахунку та проведено порівняння з запропонованою методикою.

Проведений динамічний розрахунок будівлі готельного комплексу на Новому молі Одеського морського порту методом нелінійного статичного розрахунку (pushover). Відмічені основні переваги та недоліки методу, та запропоновано подальші розрахунки виконувати прямим динамічним методом, та розроблено автором методикою. Виконано динамічний розрахунок 27-поверхового монолітного будинку на вплив метрополітену неглибокого закладання. Розглянуто питання сейсмічного мікрорайонування на прикладі 13-ти поверхової будівлі, що побудована у м. Одеса. Виконано порівняльний аналіз методики розрахунку, та доведено необхідність створення моделі ґрунтової основи з безперервним проходженням сейсмічних хвиль. Автором відмічено, що запропонована методика чисельних розрахунків на динамічні впливи є універсальною.

Четвертий розділ роботи присвячений чисельному експерименту двадцятиповерхового поверхового монолітного комплексу після шестибального землетрусу. Характер руйнувань, який отримано за розрахунком, задовільно узгоджується з дійсними руйнуваннями елементів споруди після землетрусу. Встановлено, що розрахунки на динамічні впливи фізично нелінійних споруд на безграничній ґрунтовій основі за запропонованою методикою враховують наскрізне проходження хвиль у безграничному ґрунті. Автором підтверджується можливість використання розробленої методики розрахунку системи «наземна частина → фундамент → ґрунт» на динамічні впливи щодо проведення аналізу напружено-деформованого стану споруд будь-якої складності з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів конструкцій системи.

Загальні висновки по роботі відображають отримані у процесі дослідження результати, підтверджують поставлені задачі та обґрунтовують представлену наукову новизну.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи підтверджується проведенням чисельним моделюванням роботи конструкцій будівель за допомогою методу скінчених елементів у ПК «Ліра-САПР», результатами проведеного натурного обстеження двадцятиповерхового монолітного комплексу після шестибального землетрусу, виконаними аналітичними прикладами розрахунків. Результати співставлення отриманих дослідних параметрів підтверджується відповідним порівняльним аналізом.

Результати роботи базуються на математичних методах визначення порівняльних характеристик при порівнянні результатів натурних обстежень та чисельного моделювання, збіжності натурних обстежень і чисельних результатів. Автор застосував методи нелінійної динаміки, методи механіки твердого деформівного тіла, методи будівельної механіки, теорії пружності та пластичності під час виконання дисертаційного дослідження.

Наукову новизну дисертаційного дослідження складають:

– запропонований алгоритм формування матриць жорсткості, демпфування, матриці мас, вектору відгуку прискорень, який реалізований у методі скінченних елементів, що враховує безперервне проходження хвилі у нескінченну область ґрунтового масиву при динамічних впливах;

– наведений алгоритм розв’язання тестових задач прямим динамічним методом комплексної фізично нелінійної системи «наземна частина → фундамент → ґрунт», який враховує безперервне проходження хвилі у нескінченну область;

– удосконалений метод визначення напружено-деформованого стану конструкцій будівель та споруд із урахуванням окремих та сумісних впливів статичних та динамічних навантажень з подальшою чисельною реалізацією у ПК «Ліра САПР»;

– удосконалений практичний спосіб розрахунку та моделювання динамічних впливів на багатоповерхову будівлю, що базується на прямому динамічному методі;

– отримав подальший розвиток алгоритм розрахунку з урахуванням скінченних елементів, запропонованих у методі scaled boundary finite element method.

Практичне значення роботи підтверджується відповідними впровадженнями результатів у практику проектування у ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва» при виконанні робіт з науково-технічного супроводу та використовуються у ТОВ «ЛІРА-САПР» при розробці та реалізації методики розрахунку систем «наземна частина → фундамент → ґрунт» на динамічні впливи.

Розроблені автором алгоритми розрахунку конструкцій будівель та споруд, можуть бути використані при: проектуванні багатоповерхових будівель у сейсмічних районах будівництва; удосконаленні нормативних документів щодо забезпечення конструктивної безпеки будівель та споруд у випадку виникнення динамічного навантаження; у навчальному процесі ВНЗ за ОС «Магістр», які навчаються за спеціальністю 192 – будівництво та цивільна інженерія.

4. Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

Дисертаційна робота не містить порушення академічної доброчесності. Текстові та ілюстративні запозичення мають коректність посилань на першоджерела. Використані ідеї, твердження, отримані результати інших досліджень мають відповідні посилання, які представлені у списку використаних джерел.

По дисертаційній роботі є наступні зауваження:

1). Бажано було б навести визначення основних термінів та понять, які здобувач використовує у роботі в авторській редакції після змісту дисертації: безграничність основи; дисипативні властивості ґрунту; чисельна процедура; прямий динамічний метод; фізична нелінійність; нескінченність ґрунтового масиву, динамічний вплив, тощо.

2). У першому розділі роботи досить стисло представлений аналіз праць провідних наукових шкіл України: д.т.н., проф. Дорофєєва В.С. та його

послідовників д.т.н. Мурашка О.В., д.т.н. Безушка Д.І. та ін., д.т.н., проф. Немчинова Ю.І., д.т.н., с.н.с. Мар'єнкова М.Г., які внесли вагомий внесок у дослідження сейсмостійкості будівель та споруд. Відсутній також аналіз нормативних документів провідних країн Європи, США, Нової Зеландії, Канади, тощо, хоча більшість з них представлена у списку використаних джерел.

3). У п. 2.5, стор. 74 другого розділу роботи наведена методика формування розрахункових схем будівель та споруд із наявними «безграничними» областями. Не є зрозумілим до яких типів будівель або споруд можна застосувати наведену методику? Які граничні умови були покладені в основу цієї методики? Бажано було б навести приклад із детальним алгоритмом її застосування.

4). Із тексту висновків за розділом 2 не є зрозумілим, які саме теоретичні передумови врахування взаємодії елементів складної системи «наземна частина → фундамент → ґрунт»), що відокремлені автором, впливають на розрахунок будівель та споруд при динамічних впливах?

5). У розділі 3 форма представлення результатів порівняльного аналізу виконаних автором чисельних динамічних розрахунків будівель є неприйнятною, оскільки не відображає повністю обсягу виконаних робіт. Наведені лише результати розрахунку деяких параметрів: горизонтальних переміщень верхнього поверху, повздовжнього зусилля у колонах, тощо. Чи виконувалося таке співставлення з будь-якими нормативними методиками та результатами натурних експериментів? Які статистичні результати цього співставлення?

6). На стор. 112 дисертації автором наведено наступне твердження: «...запропонована методика дає можливість створювати коректні моделі будівель і споруд за сейсмічних впливів і оцінювати їх сейсмостійкість». Які ж саме параметри моделі входять до складу запропонованої методики, і яким чином вони впливають на оцінку сейсмостійкості будівель та споруд?

7) На рис. 4.16 та 4.17 показано схему ширини розкриття тріщин та зруйнованих елементів у плиті перекриття від динамічного навантаження за запропонованою методикою, реалізованою автором у ПК «Ліра САПР». Не є зрозумілим на якому рівні за висотою плити зроблені ці рисунки, тому що вони мають однакові підписи.

8). У розділі 4 бажано було б навести більш конкретні результати співставлення (НДС найбільш небезпечних перерізів конструкцій, точок вимірювання ширини розкриття тріщин, відстаней між ними, тощо) запропонованої автором методики із результатами проведеного обстеження монолітної двадцятиповерхової будівлі, яка зазнала сейсмічного впливу.

9). У загальних висновках по роботі бажано було б конкретно вказати на недоліки існуючих підходів та методик, які використовуються для чисельних розрахунків систем «наземна частина → фундамент → ґрунт» при дії динамічних впливів на будівлі та споруди. Відсутнє також чисельне порівняння результатів запропонованих автором методик із нормативними та експериментальними даними будівель при проведенні обстеження.

10) Бажано було б розширити статистичну вибірку дослідних параметрів системи «наземна частина → фундамент → ґрунт» за рахунок не лише експериментальних досліджень за участю здобувача, але й досліджень, проведених іншими авторами.

11) Потребує додаткового пояснення, чому до складу публікацій за матеріалами дисертації не увійшла наукова робота, проіндексована у Scopus, яка містить матеріали, розміщені у тексті дисертації:

Barabash M., Pisarevskiy B., Bashynskiy Y. (2020) Material Damping in Dynamic Analysis of Structures (With LIRA-SAPR Program). *Civil and Environmental Engineering*, 2020, 16(1), pp. 63–70.

12) Не є зрозумілим, чому здобувач використовував різні стилі оформлення «Списоку використаних джерел» за темою дисертаційного дослідження (стор. 130-143). За чинними вимогами можна використовувати будь-який, але єдиний стиль: MLA, APA, Chicago/Turabian style, Harvard style, ACS та ін., або згідно з ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання».

5. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні наукові положення, результати, висновки та практичні рекомендації проведеного дисертаційного дослідження достатньо повно висвітлено у 15 наукових працях, з яких 3 статті у провідних фахових виданнях України, 7 статей у наукових закордонних періодичних виданнях (1 у виданні Хорватії (п.4 входить у WoS), 2 статті за матеріалами міжнародних конференцій (п.7 та п.8 входить у Scopus), 4 – у Російській Федерації (п. 9 входить у Scopus)), 5 тез доповідей за матеріалами міжнародних науково-практичних конференцій.

Зауваження: станом на 7.12.21р. здобувач Писаревський Б.Ю. має три профіля у науково-метричній базі Scopus, сумарна кількість статей у яких становить 4.

[https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218688992;](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57218688992)

[https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57214218331;](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57214218331)

[https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57217165330.](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57217165330)

Бажано було б об'єднати їх в один профіль із відповідною афіліацією за місцем роботи здобувача та єдиним написом прізвища та ім'я у відповідності із чинною транслітерацією.

6. Ідентичність змісту анотацій та основних положень дисертації

Зміст анотацій українською та англійською мовами є ідентичним до наукових положень дисертаційної роботи, відображає її зміст та досить повно представляє необхідну інформацію щодо отриманих результатів та висновків.

7. Висновок щодо відповідності дисертації встановленим вимогам

Зроблені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи і у перспективі можуть бути враховані автором у подальших дослідженнях.

Дисертаційна робота **Писаревського Богдана Юрійовича** на тему: **«Чисельне моделювання конструкцій багатопверхових будівель при**

динамічних впливах», є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково-обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, що в сукупності вирішують наукове завдання щодо визначення впливу динамічної взаємодії системи «наземна частина → фундамент → ґрунт» на напружено-деформований стан відповідальних конструкцій багатоповерхових будівель для галузі будівництва.

Робота відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» (Постанова КМУ від 6.03.2019, №167 із змінами, внесеними згідно з постановами КМУ № 979 від 21.10.2020 та №608 від 09.06.2021), а її автор, **Писаревський Богдан Юрійович** заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – будівництво та цивільна інженерія з галузі знань 19 – архітектура та будівництво.

Офіційний опонент,
професор кафедри будівництва
Національного університету
біоресурсів і природокористування України,
доктор технічних наук, доцент

 І. А. Яковенко

