

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Гайдар Анастасії Миколаївни

на тему «**Раціональне проектування залізобетонних і полімербетонних будівель із демпферами сухого тертя за допомогою методів ройового інтелекту**», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – Будівельна механіка

Дисертація Гайдар А. М. присвячена дослідженню динамічних властивостей багатоповерхових каркасних будівель із демпферами сухого тертя. Визначено частоти та форми власних коливань, одержано числові розв'язки задач нестационарних коливань під дією періодичних та сейсмічних навантажень. Чисельне моделювання виконано методом скінченних елементів за допомогою програмного комплексу (ПК) ЛІРА-САПР. Запропоновано математичну модель сейсмічного навантаження, яка дозволяє побудувати акселерограми для різних типів ґрунтів. Одержано результати для лінійних та кутових переміщень і прискорень. Досліджено вплив механічних характеристик матеріалу, з якого виготовлено каркас будинку, на динамічні характеристики споруди. Основну увагу у дисертаційній роботі приділено пошуку місць раціонального розташування демпферів сухого тертя, яке б забезпечило підвищену стійкість будівель до динамічних впливів. Для розв'язання цієї задачі розвинуто і застосовано методи штучного ройового інтелекту.

1. Актуальність теми дисертації. В наш час спостерігається стрімке поширення галузей використання нових будівельних полімерних матеріалів. Такі матеріали мають привабливі експлуатаційні властивості, а саме більші міцність, морозостійкість та стійкість до агресивних впливів зовнішнього середовища. Однак, недостатність інформації про поведінку конструкції з полімербетону під дією експлуатаційних навантажень перешкоджає їх впровадженню у будівництво.

Конструкції будівель і споруд знаходяться під впливом різноманітних динамічних навантажень як природного так і техногенного походження.

Всес. № 37 - 05/51
9.04.2021

Стійкість таких конструкцій до дії динамічних навантажень забезпечується за допомогою спеціальних пристроїв: сейсмічної ізоляції, інерційних гасників коливань та демпферів різних типів. В останні роки широке поширення одержали демпфери сухого тертя. Вони відрізняються надійністю конструкції, зручністю монтажу, а також високими дисипативними характеристиками. Простота конструкції та низька вартість виготовлення демпферів сухого тертя сприяли їх промислового виробництву.

Визначення місць розташування демпферів всередині будівлі є складною задачею, яка потребує комплексного аналізу динамічних властивостей споруди і, як правило, не може бути розв'язана у рамках стандартних методів проектування. Тому актуальною проблемою є розробка нових методів розрахунку конструкцій із демпферами сухого тертя, які б дозволяли знаходити раціональні проектні рішення для мінімізації динамічних та сейсмічних впливів.

2. Зв'язок роботи з науковими планами та темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до науково-дослідної теми ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва і архітектури» №55 “Міцність, жорсткість, стійкість і коливання однорідних і неоднорідних стержнів, пластин, оболонок та композиційних конструкцій, включаючи об'єкти біологічного походження” (номер державної реєстрації 0116U006049).

3. Структура роботи. Дисертація включає перелік умовних позначень, вступ, п'ять розділів, висновки, список літературних джерел (84 найменувань) та п'ять додатків (перелік публікацій здобувача, програмний код, свідоцтва про впровадження результатів роботи). Загальний обсяг роботи становить 157 сторінок, у тому числі 54 рисунка і 3 таблиці. Основний текст дисертації складає 110 сторінок.

4. Аналіз обґрунтованості і достовірності наукових положень дисертаційної роботи. Вступ присвячено загальній характеристиці роботи. Висвітлено актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання досліджень. Зазначено методи, які використовуються для розв'язання

поставлених задач, подано відомості щодо наукової новизни одержаних результатів та їх практичного значення. Наведено дані про публікації та апробацію результатів дисертації, а також зазначено особистий внесок здобувача до робіт, написаних із співавторами.

У першому розділі наведено огляд та аналіз наукової літератури за темою дисертації. Розглянуто системи сейсмічного захисту будівель та споруд; методи нелінійної оптимізації, що використовуються при раціональному проектуванні будівельних конструкцій; а також сучасні методи штучного ройового інтелекту.

Другий розділ присвячено теоретичним основам методів ройового інтелекту, що застосовуються для розв'язання нелінійних задач оптимізації. Наведено розрахункові формули методу рою частинок і генетичного алгоритму. На прикладах знаходження екстремумів тестових функцій, виконано порівняльний аналіз цих двох методів, а також досліджено вплив розміру популяції та значень вагових коефіцієнтів на швидкість збіжності чисельної процедури оптимізації.

У третьому розділі запропоновано визначення раціонального розташування демпферів сухого тертя у багатоповерхових будинках з використанням ПК ЛІРА-САПР. Розглянуто плоску схему десятиповерхового каркасного будинку. Виконано модальний аналіз, розрахунок на сейсмічне навантаження та визначено максимальні переміщення рами каркасу. За допомогою системи ДИНАМІКА-ПЛЮС виконано розрахунок нестационарних коливань каркасу, що відбуваються внаслідок періодичного резонансного навантаження з частотою першої форми власних коливань. Для визначення місць раціонального розташування демпферів застосовано метод рою частинок, при цьому цільовою функцією прийнято амплітуду переміщень верхнього поясу каркасу. Знайдений розв'язок забезпечує найшвидше згасання коливань конструкції. Також розглянуто динамічні властивості будинків у випадку застосування різних конструкційних матеріалів. Проведено аналіз динамічних характеристик полімербетонного каркасу та виконано його розрахунок на сейсмічний вплив у ПК ЛІРА-САПР.

Четвертий розділ дисертаційної роботи присвячено розробці аналітичної моделі, що описує динамічну поведінку багатоповерхових каркасних будівель із демпферами сухого тертя. Розглянуто 2D модель шестиповерхового залізобетонного каркасного будинку. Розрахункову схему прийнято у вигляді вертикального консольного стрижня із зосередженими масами та складено систему нелінійних диференціальних рівнянь, що описують рух конструкції. На прикладі плоскої схеми шестиповерхового будинку, виконано порівняльний аналіз власних частот та форм коливань, визначених на основі запропонованої наближеної моделі, із результатами модального аналізу вихідної конструкції у ПК ЛІРА-САПР. Одержані результати добре узгоджуються між собою. Для інтегрування диференціальних рівнянь руху сформульовано чисельну процедуру та наведено розрахункові формули метода Рунге-Кутти.

У п'ятому розділі, на основі запропонованої аналітичної моделі із зосередженими масами, досліджено задачу раціонального розташування демпферів сухого тертя у шестиповерховому каркасному будинку. Розглянуто два типи динамічного навантаження: 1) періодичне резонансне навантаження з частотою першої форми власних коливань та 2) сейсмічне навантаження у вигляді суперпозиції гармонічних хвиль із дискретно заданими частотами і випадковими фазами. Прийнято два типи цільових функцій, які потрібно мінімізувати: максимальні переміщення поверхів та максимальні відносні перекося поверхів. Визначене за допомогою методу рою частинок раціональне розташування демпферів дозволяє зменшити переміщення і перекося поверхів у 2 рази для випадку періодичного навантаження та у 3 рази для випадку сейсмічного навантаження. Визначено динамічні характеристики шестиповерхового будинку, каркас якого виготовлено з полімербетону. Проведено порівняльний аналіз результатів, одержаних для залізобетонного та полімербетонного каркасів будинків.

Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи розроблено на основі загальноприйнятих теоретичних засад за допомогою строгих і коректних методів досліджень. Одержані результати коректно відображають фізичну природу задач та відповідають сучасним уявленням про

механічні властивості будівельних конструкцій. Знайдені в роботі аналітичні та чисельні розв'язки добре погоджуються між собою. Це дозволяє зробити висновок про високий ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертації.

5. Наукова новизна одержаних результатів. Нові наукові положення, запропоновані здобувачем, полягають в наступному:

- Дістали подальший розвиток чисельні та аналітичні моделі, які дозволяють визначати напружено-деформований стан каркасних будинків під дією динамічних навантажень.
- Уточнено розв'язки для власних частот та форм коливань багатопверхових будинків.
- Одержано нові чисельні розв'язки задач нестационарних коливань будинків із демпферами сухого тертя.
- Розроблено математичну модель сейсмічного навантаження та уточнено акселерограми землетрусів в залежності від динамічних параметрів ґрунтів.
- Дістав подальший розвиток метод рою частинок стосовно до задач раціонального проектування будівельних конструкцій.
- Вперше за допомогою методу рою частинок визначено місця раціонального розташування демпферів сухого тертя, що дозволяє мінімізувати деформації будівель внаслідок сейсмічних навантажень.

6. Теоретичне та практичне значення роботи. Рекомендації щодо використання результатів досліджень. Теоретичне значення роботи полягає в розвитку аналітичних і чисельних методів динамічних розрахунків каркасних будинків із демпферами сухого тертя. Знайдені в дисертації розв'язки дають можливість аналізу механічних властивостей будівель та їх реакцій на динамічні впливи.

Практичне значення дисертаційної роботи стосується розвитку методу рою частинок для раціонального проектування будівель. Розвинуті методи і одержані за їх допомогою розв'язки дозволяють визначати раціональне розташування демпферів у будівлях, що дозволяє зменшити амплітуди переміщень і прискорень конструкцій.

Наукові положення дисертації рекомендуються до використання при розробці проектів будинків із підвищеною стійкістю до динамічних навантажень, а також при сейсмічній модернізації існуючих будівель та споруд.

Результати роботи впроваджено: 1) компанією ТОВ «Кіровський» при проектуванні сейсмостійких житлових будівель та 2) до навчального процесу ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» при читанні лекцій студентам магістратури та виконанні магістерських дипломних робіт на будівельному факультеті.

7. Публікації та апробація. Основні результати дисертації викладено у 6 статтях у наукових фахових виданнях, з них 2 статті в іноземному виданні. Ще 2 статті у наукових фахових виданнях додатково відображають результати дисертаційної роботи. Наукові положення дисертації доповідалися на 6 міжнародних наукових конференціях, за результатами яких опубліковано 4 тези доповідей. Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України.

8. Зауваження. В якості зауважень до дисертаційної роботи необхідно зазначити наступне.

1. У першому розділі, огляд методів розв'язання нелінійних задач оптимізації обмежено аналізом відповідних математичних підходів та процедур. При цьому не висвітлено досвід застосування даних методів для вирішення прикладних проблем оптимального проектування будівель та споруд.

2. У дисертації розглянуто плоскі розрахункові схеми каркасних будинків. Бажано було б розвинути запропоновані моделі та методи на випадок тривимірних розрахункових схем. Це б надало можливість більш точно

визначити динамічні реакції будівель, а також дослідити вплив сейсмічних навантажень, що мають різну інтенсивність у напрямках різних осей координат.

3. Одержані розв'язки задач коливань багатопверхових каркасних будинків ґрунтуються на суттєвій ідеалізації розрахункових схем, що не повністю відповідає реальним спорудам. Наприклад, не розглянуто умови роботи вузлів сполучень конструктивних елементів, не враховано зниження адгезії арматури та бетону при багатократних циклічних динамічних навантаженнях, не взято до уваги можливість осідання опор внаслідок сейсмічних впливів тощо.

4. Дію сейсмічного навантаження представлено за допомогою штучно синтезованих акселерограм. Видається доцільним використати записи акселерограм реальних землетрусів та дослідити відмінності динамічних реакцій будівель із демпферами сухого тертя у випадках штучно змодельованих та реальних сейсмічних навантажень.

5. Динамічні впливи являють собою повторні багаточислові навантаження, тому для забезпечення надійності результатів розрахунків необхідна додаткова інформація про деформативні і трібологічні характеристики полімербетонів.

6. В роботі є термінологічні неточності. Так, на мій погляд, слід використовувати термін «легкі конструкції» замість «легковажні конструкції», а також «демпфери в'язкого тертя» замість «в'язкі демфери».

Наведені зауваження є важливими для об'єктивної оцінки роботи, але не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

9. Висновок. Дисертація є завершеною науково-кваліфікаційною працею, в якій одержано нові розв'язки задач коливань будинків із демпферами сухого тертя під дією періодичних і сейсмічних навантажень. Результати роботи в сукупності представляють нове вирішення актуальної задачі раціонального проектування будівель та споруд із підвищеною стійкістю до динамічних впливів. Тема і зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.23.17 – будівельна механіка (пункти 4, 5, 7, 8).

Дисертація написана на високому науковому рівні. Зміст і результати досліджень викладено стисло, логічно і аргументовано. Структура, обсяг та оформлення роботи справляють добре враження. Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації.

Робота відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України до кандидатських дисертацій та положенню про „Порядок присудження наукових ступенів” (пункти 9, 11, 12). Автор дисертації, Гайдар Анастасія Миколаївна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.17 – будівельна механіка.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри цивільної інженерії,
технології будівництва та захисту довкілля
Дніпровського державного аграрно-
економічного університету,
доктор технічних наук,
професор

В. Є. Волкова

«08» квітня 2021 року

Підпис д.т.н., проф. Волкової В.Є. засвідчую:

Вчений секретар ДДАЕУ



О.Ю. Береза