

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію
Константінова Олександра Володимировича
«Нелінійні задачі динаміки та керування конструкціями з рідиною в режимі
вимушених коливань та параметричної взаємодії»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.02.01 – теоретична механіка

Постійне ускладнення умов експлуатації ракетно-космічних об'єктів та інших об'єктів цивільного будівництва, транспортних систем повітряного, наземного і морського призначення, підвищення вимог до надійності й точності виконання ними своїх функцій роблять актуальну задачу створення ефективних засобів відпрацювання перспективних варіантів конструкцій та режимів їх експлуатації на етапі проектно-конструкторських робіт.

Початковий інтерес до задач динаміки конструкцій з рідиною практично повністю визначався проблемами літако- та ракетобудування. Останнім часом все більш зростає зацікавленість до задач динаміки обмеженого об'єму рідини у зв'язку з новими проблемами транспортування та збереження різних рідинних вантажів. Екологічні вимоги, які стають більш жорсткішими, і постійне використання екологічно шкідливих, вибухонебезпечних, токсичних, радіоактивних рідин у різних технологічних процесах на виробництві і на транспорті викликають підвищений інтерес до наукових досягнень у цих напрямках. Зокрема, значний інтерес викликає поведінка таких конструкцій в умовах дії сейсмічних навантажень, наявності впливу вибухових хвиль в момент вибуху окремих елементів промислового устаткування тощо. Ще більше проблем виникає в процесі транспортування рідинних вантажів. Баки з рідиною у літаках, танкерах, залізничних та автомобільних цистернах суттєво впливають на стійкість руху та якість керування транспортними засобами. З точки зору екології дуже важливим є моделювання аварійних ситуацій, які виникають при зіткненні транспортних засобів із перешкодами або при втраті керування.

Окремим напрямком науково-дослідних та конструкторських робіт є проектування конструкцій типу морських платформ, які застосовуються у береговій зоні. Баки з рідиною можуть бути розташовані як в зоні дії сильних морських хвиль або поривів вітру, так і на морських платформах, що знаходяться під впливом вібрацій та інших зовнішніх сил. Крім того, для модельного опрацювання таких конструкцій часто здійснюють випробування у лабораторних басейнах, в яких за допомогою генераторів хвиль необхідно створювати різni типи хвильового руху рідини.

Тому дуже важливо поруч з розвитком експериментальних методів дослідження динамічних процесів в системах тіло-рідина створювати

ефективні теоретичні розрахункові моделі динаміки, які базуються на урахуванні найбільш загальних механічних властивостей конструкцій, які досліджуються. Для адекватного розв'язання всіх вище названих задач такі моделі повинні бути орієнтовані на дослідження перехідних процесів, а тому: 1) враховувати достатньо велику кількість форм коливань вільної поверхні рідини, щоб на необхідному якісному та кількісному рівні відображати процеси хвилеутворення на вільній поверхні рідини; 2) враховувати сумісність руху резервуара та рідини з вільною поверхнею, оскільки в реальних конструкціях маса рідини, яку містять ці конструкції, набагато перевищує масу власне резервуарів та допоміжного обладнання, а тому рухомість рідини суттєво впливає на динаміку резервуара і навпаки; 3) враховувати додаткові (за необхідністю, всі) ступені вільності резервуара та особливості його закріплення; 4) враховувати вплив активних зовнішніх сил або моментів, які діють на конструкцію з боку середовища як збурення або є підведенними керуваннями. Всі ці вимоги знайшли своє відображення у дослідженнях автора роботи, що й обумовлює актуальність обраної теми дисертації.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

- побудовано узагальнення класичної задачі Фарадея (за наявності додаткових ступенів вільності – можливості переміщення у горизонтальній площині й, особливо, здійснення кутових коливань), здійснено аналіз перехідних процесів у нелінійних коливаннях механічної системи «резервуар – рідина», виявлено нові механічні ефекти;
- досліжені типові режими поведінки систем тіл із рідиною для узагальненої задачі Фарадея з додатковою можливістю здійснення поперечного поступального і кутового руху, з'ясовано роль механізму вимушених коливань у задачі про параметричні коливання тіл із рідиною, який у класичній постановці не проявляється взагалі;
- створено алгоритми керування системою «резервуар – рідина» на основі лінійної моделі у збуреннях із використанням методів модального керування, еталонної моделі й мінімізації квадратичного функціоналу якості; здійснено апробацію створених алгоритмів керування на нелінійній багатомодовій дискретній моделі і з'ясування границь їхнього можливого застосування (режими руху, амплітуди й частоти збурення вільної поверхні, прийнятна тривалість перехідних процесів тощо);
- створено алгоритми керування системою «резервуар – рідина» на основі методу компенсації головного вектору гідродинамічних сил й варіаційного принципу найменшого примушення Гауса; зроблено порівняння обраних підходів з результатами керування, отриманого на основі лінійних моделей; здійснено апробацію створених алгоритмів керування на нелінійній багатомодовій дискретній моделі для здійснення програмних рухів за високо інтенсивних навантажень на систему «резервуар-рідина»;

– досліджено особливості розвитку перехідних процесів у системі «резервуар-рідина» за наявності додаткових факторів під дією зовнішнього силового збудження руху (капілярність, узагальнена дисипація); виявлені характерні частотні діапазони і умови та особливості виходу на усталений режим коливань вільної поверхні рідини під дією зовнішньої сили, вивчено закономірностей прояву модуляції і супергармонік при формуванні коливань рідини і тіла–носія в різних частотних діапазонах.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується їх узгодженістю з відомими експериментальними та теоретичними результатами інших авторів, практичною збіжністю алгоритмів, які були розроблені або використовувались, кількісною та якісною узгодженістю результатів, що отримані на основі аналітичних викладок та чисельних розрахунків.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційного дослідження підтверджується результатами математичного моделювання і детальним теоретичним їх аналізом, а також публікаціями в рецензованих наукових виданнях та обговоренням їх положень і висновків на наукових семінарах і наукових українських і міжнародних конференціях.

Отримані в дисертаційній роботі результати, в тому числі, запропоновані механічні моделі, виконані постановки задач, створені алгоритми керування та зроблені висновки робити можуть бути використані при подальших дослідженнях механіки багатокомпонентних механічних систем з урахуванням сумісності руху і додаткових ступенів вільності та наявності зовнішніх силових або параметричних збурень.

За темою дисертаційної роботи автором опубліковано 30-ох наукових статей та 6 тез конференцій. Основні результати дисертації з достатньою повнотою викладені в 27 статтях, серед яких 8 статей у виданнях квартиля Q3, внесених до наукометричної бази даних Scopus, та 19 статей у наукових фахових виданнях України. До публікацій, що додатково відображають наукові положення дисертації, належать 3 статті, опубліковані у матеріалах міжнародних конференцій.

Основні положення і результати дисертації пройшли також достатню повну апробацію на наукових семінарах, українських та міжнародних конференціях.

Автореферат дисертації повно і всебічно відображає основні ідеї, положення та висновки дисертаційної роботи, а також зміст проведених досліджень.

Вважаю за необхідне зазначити наступні дискусійні питання та зауваження до поданої роботи.

1. Для більш глибокого розуміння механізмів формування процесів в поведінці системи при параметричному резонансі (особливо для випадку маятникового закріплення резервуару) було б доцільно порівняти рух системи з випадком руху подвійного маятника.

Відповідно виникає питання: чи можливі прояви ефектів типу системи Лоренца для системи резервуар–рідини?

2. При проведенні розрахунків коефіцієнтів рівнянь руху треба з високою точністю визначати значення функцій Бесселя і їх похідних, розв'язувати трансцендентні рівняння. При похибках таких обчислень виникнуть проблеми щодо симетрії і додатної визначеності відповідних матриць. Відомо, що визначення функцій Бесселя з високою точністю не є простим. Тому виникає питання: який алгоритм обчислення значень функцій Бесселя використовувався в роботі?
3. Частина результатів роботи одержана аналітично з розв'язання матричних рівнянь, в яких елементами матриць є поліноми. Це дуже трудомісткий процес. Як одержувалися ці результати і як здійснювався контроль коректності цих розв'язків.
4. В роботі розглянуто питання формування нелінійних поверхневих хвиль в резервуарах обмежених розмірів. Чи можливе використання розвиненого підходу до задач поверхневого хвилеутворення у випадку не обмежених вільних поверхонь рідини?

Втім, ці зауваження не змінюють загального позитивного враження щодо змісту роботи, новизни положень і обґрунтованості висновків і не применшують її наукового і практичного значення.

Таким чином, вважаю, що дисертаційна робота Константінова О.В. на тему «Нелінійні задачі динаміки та керування конструкціями з рідиною в режимі вимушених коливань та параметричної взаємодії» відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів» (Постанова Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 зі змінами) щодо докторських дисертацій, а її автор, Константінов Олександр Володимирович, за отримані наукові результати досліджень заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.01 – теоретична механіка.

Офіційний опонент:

в.о. завідувача кафедри математики, статистики
та інформаційних технологій Центральноукраїнського
державного педагогічного університету
імені Володимира Винниченка,
доктор фізико-математичних наук,
професор

О.В. Авраменко



Сігнум О.В. Авраменко заєднено.
Учесець секретар С.В. Олійник
Національний
08.09.2021р.