

Голові
разової спеціалізованої вченої ради
Інституту математики НАН України
доктору фізико-математичних наук,
заступнику директора з наукових питань
Інституту математики НАН України

Василику Віталію Богдановичу

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Лагодзінського Олександра Євгенійовича на тему:

“Asymptotic nonlinear theory of steady-state resonant liquid sloshing in a square-based container”

(“Асимптотична нелінійна теорія усталених резонансних коливань рідини в контейнері квадратного перерізу”),

подану на здобуття ступеня доктора філософії
у галузі знань 11 Математика та статистика
за спеціальністю 113 Прикладна математика

Загальна характеристика роботи. Рецензована дисертаційна робота присвячена розвитку аналітичних та асимптотичних методів нелінійної механіки рідини з метою побудови повної класифікації усталених резонансних хвильових режимів у контейнері квадратного перерізу за умови довільних тривимірних малоамплітудних періодичних збурень. Задача, розв'язана в дисертації, є актуальною як з теоретичної, так і з прикладної точок зору: резонансні коливання рідини в баках квадратного перерізу відіграють важливу роль у проектуванні морських та аерокосмічних транспортних засобів, а їхнє теоретичне дослідження залишалося відкритою проблемою протягом понад двох десятиліть.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що: (i) вперше для контейнера квадратного перерізу досліджено асимптотичну нелінійну модальну систему третього порядку типу Наріманова–Моїсєєва в умовах довільних тривимірних збурень; (ii) вперше побудовано аналітичні асимптотичні періодичні розв'язки та досліджено їх стійкість; (iii) виведено та досліджено секулярну систему нелінійних алгебраїчних рівнянь, яка є необхідною умовою існування таких розв'язків; (iv) доведено, що довільні тривимірні резонансні збурення в асимптотичному сенсі зводяться до еліптичних орбітальних поступальних горизонтальних рухів бака; (v) вперше класифіковано всі можливі типи усталених резонансних хвиль та побудовано відповідні амплітудно-частотні криві.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел (188 найменувань) та додатку. Загальний обсяг роботи становить 150 сторінок і містить 18 рисунків. Робота виконана в Інституті



математики НАН України під науковим керівництвом доктора фіз.-мат. наук, академіка НАН України О. М. Тимохи.

Актуальність теми. Тематика дисертації належить до однієї з центральних задач гідромеханіки – аналізу нелінійних резонансних коливань рідини в рухомих резервуарах. Ця задача має безпосереднє прикладне значення у суднобудуванні, авіаційній та ракетно-космічній галузях, де динамічна поведінка рідкого вантажу або палива суттєво впливає на стійкість руху системи. Контейнери квадратного (або майже квадратного) перерізу є типовими для танкерів і в теоретичному відношенні виявляються особливо складними через наявність двох ортогональних власних форм коливань з рівними власними частотами, що неминує призводить до суттєво тривимірних хвильових режимів. Незважаючи на значний прогрес у розвитку чисельних методів, задача класифікації всіх можливих усталених резонансних хвиль для довільних збурень залишалася відкритою теоретичною проблемою, що підтверджує актуальність дисертаційного дослідження.

Наукова новизна та теоретичне значення роботи. Перший розділ містить детальний і системний огляд літератури, у якому чітко окреслено розв'язані та відкриті задачі і аргументовано обґрунтовано вибір теми дослідження.

Другий розділ формулює вихідну крайову задачу з вільною поверхнею та виводить асимптотичну модальну систему типу Наріманова–Моїсєєва, яка є відправним пунктом для подальшого аналізу. Обґрунтованість прийнятих припущень та коректність процедури зведення вихідної безкінечновимірної задачі до скінченновимірної модальної системи не викликають сумнівів.

Третій розділ є центральним у роботі та містить основні наукові результати. Тут побудовано загальну аналітичну теорію усталених резонансних хвиль для довільних орбітальних збурень контейнера: виведено аналітичні асимптотичні розв'язки, секулярну систему нелінійних алгебраїчних рівнянь, доведено теорему про еквівалентне орбітальне збурення, сформульовано чіткі критерії класифікації хвиль. Запропонований ефективний чисельний метод розв'язання альтернативної форми секулярної системи, заснований на параметричному представленні розв'язків з аналітичним виключенням частини змінних, дозволяє знаходити всі допустимі розв'язки, зокрема петлеподібні гілки, що виникають внаслідок нелінійної взаємодії мод.

Четвертий розділ присвячено систематичному числовому аналізу амплітудно-частотних характеристик для чотирьох типів орбітальних збурень: кругових, еліптичних канонічного типу, еліптичних вздовж діагоналі та косих еліптичних. Дослідження виконані з достатньою повнотою і підкріплені значною кількістю розрахункових прикладів.

До безсумнівних досягнень роботи належить такий результат: встановлено, що для кругових орбітальних збурень хаотичні режими відсутні –

на відміну від усіх інших типів збурень. Цей факт є нетривіальним і становить самостійний теоретичний інтерес.

У цілому наукові результати роботи є вагомими, достатньо обґрунтованими і становлять помітний внесок у нелінійну аналітичну механіку рідини.

Практичне значення роботи. Отримані результати мають безпосереднє практичне значення для задач проектування рідинних резервуарів у морській, аерокосмічній та хімічній промисловості. Розроблена теорія класифікації та запропонований чисельний метод можуть бути використані при розрахунку допустимих режимів навантаження танкерів, а також при аналізі динамічної стійкості систем із рідким баластом. Поєднання аналітичних і числових підходів, реалізоване в дисертації, є зразком для подібних досліджень у суміжних галузях.

Апробація результатів та публікації. Основні результати дисертації опубліковано в 9 наукових працях, у тому числі: 1 стаття в журналі Journal of Fluid Mechanics (Q1, Scopus/WoS), 1 стаття у Springer (Scopus), та 1 стаття у фаховому виданні категорії А та 1 стаття у фаховому виданні категорії Б НАН України, а також тези доповідей на 5 міжнародних наукових конференціях. Перелік публікацій відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Стаття у Journal of Fluid Mechanics 894 (2020), A10 заслуговує на окрему увагу: це видання є одним із провідних у галузі механіки рідини, а сам факт публікації в ньому свідчить про міжнародне визнання одержаних результатів.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи

1. У тексті дисертації слово «секулярна» (щодо системи алгебраїчних рівнянь) вживається без пояснення. У класичній механіці термін «секулярний» позначає повільно змінювані або вікові члени. Рекомендується при першому вживанні у розділі 2 або 3 дати коротке визначення або пояснення, що саме мається на увазі під «секулярною системою» в контексті даної роботи, щоб уникнути неоднозначності для читача, не знайомого з традицією Наріманова–Моїсєєва.

2. У розділі 3 доведено, що існує лише чотири типи усталених хвиль: стоячі, майже стоячі, кругові та хаотичні. Чи можливі ситуації, коли при певних параметрах ці типи «перетинаються» (тобто одна й та сама розв'язок задовольняє критеріям двох різних типів)? Просимо роз'яснити межі між категоріями класифікації.

3. Ефективний числовий метод розв'язання секулярної системи, описаний у розділі 3.3, базується на параметричному представленні. Чи аналізувалася збіжність цього методу в зонах, де амплітудно-частотні криві мають петлеподібні гілки? Як метод поводить себе поблизу точок біфуркації?

4. У розділі 4 розглядаються чотири типи орбітальних збурень. Чи можна узагальнити результати на випадок неперіодичних (квазіперіодичних) збурень? Яке прикладне значення мав би такий розгляд?

5. Рисуноків у роботі 18, що для дисертації обсягом 150 сторінок є помірною кількістю. Деякі з рисунків (зокрема у розділі 4) є досить складними для сприйняття. Чи розглядалася можливість використання кольорового кодування або інших засобів візуалізації для полегшення інтерпретації амплітудно-частотних кривих?

Загальний висновок

Дисертаційна робота Лагодзінського Олександра Євгенійовича є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішена актуальна задача нелінійної аналітичної механіки. Робота відрізняється чіткою логічною структурою, строгістю математичних викладок і достатнім обсягом числових ілюстрацій. Здобувач демонструє вільне володіння як аналітичними, так і числовими методами, необхідними для дослідження нелінійних хвильових процесів у рідині.

Зазначені зауваження та запитання носять рекомендаційний характер і не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

Дисертаційна робота і наукові публікації Олександра Євгенійовича Лагодзінського за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідають спеціальності 113 Прикладна математика та задовольняють вимоги чинного законодавства України, що передбачені постановою № 44 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а їх автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 11 «Математика та статистика» за спеціальністю 113 «Прикладна математика».

Офіційний опонент:

Професор кораблебудівного коледжу
Харбінського інженерного університету,
доктор фізико-математичних наук

Дата 23.06.2026 р.



Юрій СЕМЕНОВ

I certify Yuriy Semenov's signature,
Dean of the College of Shipbuilding Engineering
Harbin Engineering University

Professor



Baoyu Ni



Дата 23.06.2026 р.

Документ підписано у сервісі Вчасно (продовження)

Vidguk_YS1.pdf

Номер документу: 1

Документ відправлено (05417207): 09:37 23.06.2026

Документ отримано (05417207): 09:37 23.06.2026

Відправник документу

Електронний підпис

09:37 23.06.2026

Ідентифікаційний код: 2147512879

Семенов Юрій Асафійович

Власник ключа: Семенов Юрій Асафійович

Час перевірки КЕП/ЕЦП: 09:37 23.06.2026

Статус перевірки сертифікату: Сертифікат діє

Серійний номер: 514B5C86A1E5DA1104000000AD31650161DADB05

Тип підпису: кваліфікований

Тип сертифікату: кваліфікований