

ВИСНОВОК
про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації

на тему:

«Регулярна і хаотична динаміка в механіці хрестоподібних хвиль»,

здобувача ступеня доктора філософії

Печук Василь Дмитрович

з галузі знань 13 – Механічна інженерія

за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

1. Актуальність теми досліджень визначається широким розповсюдженням і проявом хрестоподібних поверхневих хвиль в рідині. Основою для розуміння поведінки хвиль в рідині є вивчення особливостей їх усталених режимів, які можна розділити на два класи: хаотичних і регулярних, що реалізуються з плином часу. Важливо відзначити, що перейти від одного класу режимів до іншого без застосування додаткових джерел енергії принципово неможливо. Поведінка і характеристики хвиль в рідині суттєво відрізняються для хаотичних і регулярних режимів.

Вивченню хаотичних і регулярних рухів у рідких середовищах присвячена велика кількість теоретичних та експериментальних робіт, причому накопичено багато цікавих і несподіваних результатів, котрі показують складну структуру перекачки енергії від коливань конструкційних елементів у коливання та хвилі в рідині.

І все ж зроблено порівняно мало для здобуття ясного уявлення про те, що приводить до появи хаосу і що відбувається в хаотичних режимах. Зараз, коли дослідженню хаосу в гідромеханіці присвячені численні роботи, стає зрозуміло, що він виникає в системах, поведінка яких адекватно описується в часі системою диференціальних рівнянь третього і більш високих порядків, а також в системах з запізнюванням будь-якого порядку, тобто виникнення хаосу обумовлене наявністю навіть дуже малих за величиною зв'язків. Пов'язаність рухів рідини і конструкції – ось що може ставати причиною, котра приводить до переходу від регулярних до хаотичних режимів взаємодії.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалась в рамках напрямків фундаментальних досліджень Інституту гідромеханіки НАН України і Київського національного університету будівництва і архітектури. Зокрема, результати

досліджень увійдуть у звіт по темі "Генерація та властивості хрестоподібних хвиль у басейнах скінченних розмірів" (державний реєстраційний номер: 0124U000988).

3. Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизна роботи полягає у:

- побудові моделі і визначенні закономірностей хрестоподібних хвиль в прямокутному басейні скінченних розмірів, що безпосередньо збуджуються коливаннями хвилепродуктора;
- доведенні можливості перекачки енергії від хвилепродуктора до хрестоподібних поверхневих хвиль;
- визначенні параметрів усталених режимів коливань хрестоподібних хвиль в прямокутних басейнах;
- встановленні можливості збудження хаотичних хрестоподібних поверхневих хвиль;
- розробці нового чисельного методу для інтегрування систем з запізнюванням;
- розробці покращеного а також нового алгоритму підрахунку показників Ляпунова;
- дослідженні впливу запізнювання на динаміку хрестоподібних хвиль.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні результати проведених досліджень, які мають істотне значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Теоретичне значення дисертаційного дослідження створює новий формат вивчення та чисельного дослідження механіки хрестоподібних хвиль, а також динамічних систем із запізнюванням взагалі. Створюється новий підхід до підрахунку динамічних характеристик, таких як старший показник Ляпунова. Що дає змогу якісно краще оцінювати динамічний режим системи що описує хрестоподібні хвилі, або інших дисипативних динамічних систем.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вироблене розуміння сутності регулярних і хаотичних режимів доцільно використовувати при розрахунку і конструюванні різного роду пристроїв, що коливаються в рідині, випромінювачів, а також механізмів, призначених або придушувати, або створювати динамічний вплив. Результати дисертації можуть бути використані в суднобудівництві при проектуванні кораблів на повітряній подушці, де також виникають хрестоподібні хвилі. Також відзначимо, що проблема коливань пружних пластин, що контактують з рідиною при силовому навантаженні, є ключовою для розуміння динаміки конструкцій в акустиці судна.

5. Використання результатів роботи.

Результати дисертації впроваджено в Інституті гідромеханіки НАН України (довідка про впровадження № 54-142-1/6 від 10.10.2024).

6. Особиста участь автора:

- розв'язання системи, що описує хрестоподібні хвилі;
- участь у проведенні експериментів;
- розробка нового чисельного методу для інтегрування систем з запізнюванням;
- розробка нового і покращеного алгоритму підрахунку показників Ляпунова;
- комп'ютерне моделювання систем що описують хрестоподібні хвилі;
- комп'ютерне дослідження систем що описують хрестоподібні хвилі;

Дисертаційна робота виконана на кафедрі будівельної механіки Київського Національного університету будівництва і архітектури, науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельної механіки Козак Андрій Анатолійович.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, зроблено висновок, що дисертаційна робота Печука В.Д. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Максимальний відсоток співпадіння, виявлений у системі перевірки: Strike Plagiarism – двадцять шість цілих дев'яносто п'ять сотих процентів (26,95 %). Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 6 наукових праць, у тому числі: одна стаття у наукових фахових виданнях України категорії «А»; чотири статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б» і одна стаття опублікована у виданні включеному до міжнародних наукометричних баз.

За результатами досліджень зроблено доповіді на чотирьох міжнародних конференціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

а) статті у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України (в т.ч. включених до переліку наукових фахових видань України з присвоєнням категорії «А»):

1. Печук В.Д. Про оцінку старшого показника Ляпунова моделі хрестоподібних хвиль у прямокутному каналі скінченних розмірів / В.Д. Печук, Т.С. Краснопольська // Математичні методи та фізико-механічні поля,

Львів, Т. 65, № 1-2, 2022, с. 209-215.
<https://doi.org/10.15407/nmmpmf2022.65.1-2.209-215>. *Особисто автором виконано суттєве покращення алгоритму Бенеттіна, чисельна реалізація, чисельне дослідження.*

2. Pechuk V.D. Estimation of the largest Lyapunov exponent for a model of cross-shaped waves in a rectangular channel of finite size/ V.D. Pechuk, T.S. Krasnopolskaya //Journal of Mathematical Sciences, Springer, - 2024, - Vol. 282, No. 5, p. 862 – 869. <https://doi.org/10.1007/s10958-024-07221-x>(Видання включено до міжнародних наукометричних баз). *Особисто автором виконано суттєве покращення алгоритму Бенеттіна, чисельна реалізація, чисельне дослідження.*

б) статті у науковому виданні, включеному до переліку наукових фахових видань України категорії «Б» :

3. Бондаренко Н.В. Моделювання динамічних систем з запізнюванням за допомогою узагальнених методів Рунге-Кутта / Н.В. Бондаренко, В.Д. Печук // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 2019. – Випуск 96, с. 3-11. <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2019.96.3-11>. *Особисто автором виконано узагальнення методів Рунге-Кутти на випадок скінченної кількості змінних запізнювань, сформульовано і доведено відповідні теореми.*

4. Бондаренко Н.В. Побудова явних методів Рунге-Кутти для моделювання динамічних систем з запізнюванням / Н.В. Бондаренко, В.Д. Печук // Прикладна геометрія та інженерна графіка, № 99 – 2020. ст. 16-27. <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2020.99.16-27>. *Особисто автором розроблено явний гібридний метод Рунге-Кутта n'ятого порядку збіжності для динамічних систем з запізнюванням, а також розроблено основні принципи побудови даних методів старших порядків збіжності.*

5. Печук В.Д. Явні гібридні методи п'ятого порядку збіжності для динамічних систем з запізнюванням / В.Д. Печук, Н.В. Бондаренко // Прикладна геометрія та інженерна графіка, № 101 – 2021, ст. 168-180. <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2021.101.168-180>. *Особисто автором розроблено явний гібридний метод Рунге-Кутта n'ятого порядку збіжності для динамічних систем з запізнюванням, для змінного кроку чисельного інтегрування. А також отримана оцінка локальної похибки даного методу.*

6. Печук В.Д. Універсальний алгоритм оцінки старшого показника Ляпунова в дисипативній динамічній системі/ В.Д. Печук, Т.С. Краснопольска, Є.Д. Печук // Прикладна геометрія та інженерна графіка, № 105 – 2023, с. 190-199. <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2023.105.190-199>. *Особисто автором розроблено новий алгоритм оцінки старшого показника Ляпунова в дисипативній динамічній системі, виконані чисельна реалізація та чисельне дослідження.*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

1. Pechuk V.D. Accuracy Improvement of the Highest Lyapunov Exponent Estimation / V.D. Pechuk, T.S. Krasnopolskaya, E.D. Pechuk. // The 14-th CHAOS 2021 International Conference, Greese, 8-11 June, 2021, p.92.

2. Pechuk V.D. Maximum Lyapunov Exponent Calculation / V.D. Pechuk, T.S. Krasnopolskaya, E.D. Pechuk. // CHAOS 2021 International Conference, Greece, 8-11 June, 2021, Proceedings, p. 351-359.

3. Pechuk V.D. Maximum Lyapunov Exponent Calculation / V.D. Pechuk, T.S. Krasnopolskaya, E.D. Pechuk //materials CHAOS 2021: 14th Chaotic Modeling and Simulation International Conference, Springer Proceedings in Complexity. Springer,, 2022, p. 327–335.

4. Pechuk V.D. Modeling of time-delay dynamical systems by explicit hybrid methods of the fifth order of convergence / V.D. Pechuk, N.V. Bondarenko // The 2st International Conference on Emerging Technology Trends on the Smart Industry and the Internet of Things, "TTSIIT-2023" 24-25 January, Ukraine-Iraq-Poland, p. 78-82.

5. Pechuk V.D. Chaos in hydrodynamic system with delay / V.D. Pechuk, N.V. Bondarenko, E.D. Pechuk, T.S. Krasnopolskaya // 16th Chaotic Modeling and Simulation International Conference Heraklion, Crete, Greece, 13 – 16 June, 2023 Hybrid.

6. Pechuk V.D. A Universal Algorithm for Estimating the Lyapunov Exponent in a Dissipative Dynamical System / V.D. Pechuk, T.S. Krasnopolskaya, E.D. Pechuk // 16th Chaotic Modeling and Simulation International Conference Heraklion, Crete, Greece, 13 – 16 June, 2023 Hybrid.

7. Краснопольська Т.С. Хрестоподібні хвилі у прямокутних басейнах / Т.С. Краснопольська, В.Д. Печук // Комп'ютерна гідромеханіка: Матеріалі дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції, Київ. 1-2 жовтня 2024р. - Київ: ІГМ НАН України. – 2024, с. 47-48.

Особистий внесок здобувача: розробка нового та покращеного алгоритмів оцінки старшого показника Ляпунова в дисипативній динамічній системі, побудова явних гібридних методів Рунге-Кутти для динамічних систем з запізнюванням, оцінка локальної похибки даного методу п'ятого порядку збіжності, чисельне моделювання, чисельне дослідження. Розвинення системи, що описує хрестоподібні хвилі.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Печука В.Д. на тему «Регулярна і хаотична динаміка в механіці хрестоподібних хвиль», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 5, 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КНУБА зі спеціальності 131 «Прикладна механіка».

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу «Регулярна і хаотична динаміка в механіці хрестоподібних хвиль», подану Печуком Василем Дмитровичем на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 131 «Прикладна механіка», до захисту.

2. Головою спеціалізованої вченої ради призначити:

– доктора технічних наук, професора Лізунова Петра Петровича, професора, завідувача кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури;

Рецензентами призначити:

– доктора технічних наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України Іванченко Григорій Михайловича, професора кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури;

– кандидата технічних наук, доцента Костіну Олену Володимирівну, доцента кафедри будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури.

Опонентами призначити:

– кандидата фізико-математичних наук, доцента Лук'янова Павла Володимировича, доцента кафедри гідрогазових систем Національного авіаційного університету;

– кандидата фізико-математичних наук, Дмитрієву Наталію Федорівну, вченого секретаря Інституту гідромеханіки НАН України, асистента кафедри фізики енергетичних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Рішення прийнято одногосно (за – 20, проти – немає, утримались – немає).

Головуючий розширеного засідання кафедри
будівельної механіки КНУБА
доктор технічних наук, професор



Петро ЛІЗУНОВ

Секретар розширеного засідання кафедри
будівельної механіки КНУБА
доктор технічних наук, професор



Юрій МАКСИМ'ЮК

Підписи П.П. Лізунова та

Ю.В. Максим'юка засвідчую

Секретар вченої ради КНУБА



Микола КЛИМЕНКО