

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту прикладної математики
і механіки НАН України
доктор фізико-математичних наук,
член-кореспондент НАН України



 Ігор СКРИПНІК
08 грудня 2023 року

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Святенка Ярослава Ігоровича

**«Про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів
Лагранжа з ідеальною рідиною»**

яка подається на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 11 Математика та статистика
за спеціальністю 113 Прикладна математика

1. Оцінка роботи здобувача у процесі підготовки дисертації і виконання індивідуального плану навчальної і наукової роботи.

Святенко Ярослав Ігорович виконав у повному обсязі Індивідуальний план освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітня програма в обсязі 48 кредитів ECTS виконана в повному об'ємі. Він успішно пройшов асистентську педагогічну практику (85б.) та склав 12 заліків і іспитів з наступних дисциплін:

Заліки:

- 1) Методологія підготовки наукової публікації та дисертаційної роботи – 87 б.
- 2) Організація науково-дослідницької та викладацької діяльності – 83 б.
- 3) Асистентська педагогічна практика – 85 б.

Іспити:

- 4) Філософія науки та культури – 92 б.
- 5) Іноземна мова професійного спрямування – 96 б.
- 6) Теорія керування детермінованими динамічними системами – 85 б.
- 7) Вибіркові розділи механіки суцільного середовища – 90 б.
- 8) Сучасна теорія графів – 85 б.
- 9) Математичні методи дослідження складних механічних систем – 87 б.
- 10) Динаміка та стійкість руху твердого тіла з пружними відсіками, які містять рідину – 85 б.
- 11) Динаміка та стійкість обертання системи зв'язаних твердих тіл з рідиною – 92 б.
- 12) Комп'ютерна математика і механіка – 93 б.

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

У сучасній авіаційній і ракетно-космічній техніці та в інших галузях народного господарства широко використовуються конструкції з елементами у вигляді систем пружно зв'язаних твердих тіл та твердих тіл з рідиною. У цьому зв'язку виникає питання про вплив рідини та пружних шарнірів на стійкість коливань таких механічних систем. Задача суттєво ускладнюється, коли

треба враховувати опір середовища. Одним з найбільш ефективних підходів спрощення для задач даного класу й отримання аналітичних розв'язків є підхід заснований на розгляді системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною.

Теоретичні, чисельні та експериментальні дослідження обертання у середовищі з опором системи пружно зв'язаних твердих тіл та твердих тіл з рідиною обумовлені постійним розвитком і вдосконаленням різних галузей сучасної техніки: авіації і космонавтики, хімічного і енергетичного машинобудування. В останні роки ці задачі стали особливо актуальними у зв'язку з постійним розвитком і вдосконаленням об'єктів ракетно-космічної, авіаційної та іншої техніки.

Метою дисертаційної роботи є аналітичні дослідження стійкості обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа та системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з порожнинами, які повністю заповнені ідеальною рідиною.

Основні задачі дослідження:

1. Виведення рівнянь збуреного обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа та системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною.
2. Отримання умов стійкості рівномірних обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа та системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною.
3. Вплив дисипації, рідини, постійних моментів, коефіцієнтів пружності шарнірів, масових та інерціальних параметрів механічної системи на умови асимптотичної стійкості.
4. Стабілізація нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з ідеальною рідиною за допомогою гіроскопа, що обертається.
5. Умови стійкості рівномірного обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа і гіроскопа Лагранжа з ідеальною рідиною на підвісі.

Об'єктом дослідження є системи двох пружно зв'язаних динамічно-симетричних твердих тіл та динамічно-симетричних твердих тіл з ідеальною рідиною, які обертаються у середовищі з опором, а **предметом** дослідження – стійкість обертання цих механічних систем.

Методи дослідження. Проведені у роботі теоретичні дослідження ґрунтуються на основних теоремах теоретичної механіки, на рівняннях Ейлера руху ідеальної нестисливої рідини, яка обертається, на функції стану С.Л. Соболева та на теорії стійкості.

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

Дисертаційна робота починала виконуватися в аспірантурі Донецького національного університету імені Василя Стуса на кафедрі прикладної математики, а її тематика була включена в наступні держбюджетні теми кафедри:

- «Розробка методів дослідження міцності та стійкості тонкостінних конструкцій при дії різного виду статичних та динамічних навантажень», 2016–2018 рр., р/н 0116U002522;
- «Розробка методів дослідження міцності та стійкості тонкостінних оболонок та пружних твердих тіл з рідиною при дії різного виду динамічних навантажень», 2019–2021 рр., р/н 0119U100042.

Дисертаційна робота була завершена в аспірантурі Інституту прикладної математики і механіки НАН України і виконувалась в рамках наступних науково-дослідних робіт та грантів:

- «Розробка математичних моделей та методів аналізу, синтезу та керування дискретними і неперервними динамічними системами», 2022–2026 рр., р/н 0122U000118;

- «Конструктивні і якісні методи дослідження нелінійних крайових задач та їх застосування до задач механіки», науково-дослідна робота за конкурсом Науково-дослідних робіт молодих учених НАН України 2023-2024 рр., р/н 0123U103046;
- Грант EFDS-FL2-08 від Європейської федерації академій природничих та гуманітарних наук (ALLEA), 2 лінія фінансування Європейського фонду для переміщених вчених (EFDS), 21.07.23 - 31.12.23;
- Грант Фонду Саймонса № 1160640 (США) «Сучасні проблеми чистої та прикладної математики» за програмою «Президентські вибіркові гранти для підтримки України», 01.06.2023 - 31.05.2024.

4. Особистий внесок дисертанта в отримання наукових результатів та їх новизна.

Особисто автору дисертаційного дослідження належать наступні наукові результати, які наведені в дисертаційній роботі і публікаціях:

- виведення рівнянь збуреного руху у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа та системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною;
- отримання умов стійкості рівномірних обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа та системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною;
- оцінка впливу дисипації, рідини, постійних моментів, коефіцієнтів пружності шарнірів і масових та інерціальних параметрів механічної системи на умови стійкості;
- визначення умов стабілізації нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з ідеальною рідиною за допомогою гіроскопів, що обертаються;
- отримання умови стійкості рівномірного обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з ідеальною рідиною на підвісі.

Наукова новизна отриманих результатів:

- 1) вперше розглянута задача про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних невілних гіроскопів Лагранжа з довільними осесиметричними порожнинами, повністю заповненими ідеальною нестисливою рідиною;
- 2) виведено лічильну систему звичайних диференціальних рівнянь обурених рівномірних обертань у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з рідиною та отримано трансцендентне характеристичне рівняння;
- 3) з урахування основного тону коливання ідеальної рідини отримано у вигляді системи п'яти нерівностей умови асимптотичної стійкості рівномірних обертань у середовищі з опором гіроскопів Лагранжа з рідиною;
- 4) умови стійкості аналітично (якісно) досліджені на двох задачах: задача про можливість стабілізації нестійкого рівномірного гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з рідиною за допомогою другого гіроскопа, який обертається і задача про стійкість рівномірних обертань на підвісі гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з рідиною;
- 5) отримані достатні умови на коефіцієнти пружності шарнірів і перший тон коливання рідини для яких завжди буде можлива стабілізація при великих значеннях кутової швидкості другого гіроскопа. Перший тон коливання рідини повинен бути більше одиниці;
- 6) на прикладі еліпсоїдальної порожнини показано, що вона повинна бути стиснута вздовж осі обертання;
- 7) оцінено вплив дисипації, рідини, постійних моментів, коефіцієнтів пружності шарнірів та масових і інерційних характеристик підвісу на умови стійкості рівномірних обертань системи гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з рідиною;
- 8) проведено порівняння отриманих умов стабілізації з умовами стабілізації за відсутності дисипації і постійних моментів.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і результатів, які захищаються.

Проведені у роботі теоретичні дослідження ґрунтуються на основних теоремах теоретичної механіки, на рівняннях Ейлера руху ідеальної нестисливої рідини, яка обертається, на відомих рівняннях руху системи гіростатів П.В. Харламова, на функції стану С.Л.Соболева, на теорії стійкості та на критерії Ляпунова-Шіпара, записаного в інваріантному вигляді. Достовірність отриманих результатів підтверджується порівнянням з відомими у літературі результатами. Основні результати дисертації опубліковані в фахових журналах і доповідалися на міжнародних наукових конференціях.

6. Наукове, теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Проведені в дисертаційній роботі наукові дослідження мають в цілому теоретичний характер, а отримані наукові результати можуть бути використані при розробці та конструюванні механічних об'єктів в ракетно-космічній техніці, а також в машинобудуванні. Слід зазначити, що отримані умови асимптотичної стійкості й необхідні умови стійкості при відсутності дисипації прості та зручні для проведення чисельних досліджень. Результати досліджень також можуть бути використані при викладанні вибірових курсів за спеціальністю 113 Прикладна математика.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

За матеріалами дисертації опубліковано 6 наукових праць, зокрема 4 статті у фахових виданнях України та 2 статті, що входять до наукометричної бази Scopus. Крім того, результати доповідалися і були опубліковані в тезах 10 вітчизняних і міжнародних конференцій.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

Публікації у наукових виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз:

1. Kononov, Y.M., Svyatenko, Y.I.: Stabilization of unstable spinning of a Lagrange gyroscope in a resisting medium by another spinning gyroscope. International Applied Mechanics 58, 605–612 (2022) DOI: 10.1007/s10778-023-01184-3

2. Kononov, Y.M., Svyatenko, Y.I.: Stabilization of a spinning Lagrange gyro-scope filled with ideal fluid in a resisting medium, International Applied Mechanics 59, 207–217 (2023) DOI: 10.1007/s10778-023-01213-1

Публікації у фахових виданнях України:

3. Кононов, Ю.М., Святенко, Я.І.: О влиянии диссипативного и двух постоянных моментов на устойчивость равномерных вращений связанных гироскопов Лагранжа, Вісник ДонНУ Сер.А Природничі науки 1-2, 4-12 (2019) DOI:10.31558/1817-2237.2019.1-2

4. Кононов, Ю.М., Святенко, Я.І.: Вплив дисипативного і постійного моментів на стійкість рівномірного обертання двох пружно зв'язаних вільних гіроскопів Лагранжа, Праці Інституту прикладної математики і механіки НАН України 33, 132-141 (2019) DOI: 10.37069/1683-4720-2019-33-11

5. Kononov, Y.M., Sviatenko, Y.I.: On the subject of influence of dissipative and constant of moments on the stability of uniform rotations of non-free two elastically connected gyroscopes of Lagrange, Proceedings of the Institute of Applied Mathematics and Mechanics NAS of Ukraine 34, 50–61 (2020) DOI: 10.37069/1683-4720-2020-34-6

6. Святенко, Я.І.: Про стабілізацію нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа за допомогою другого гіроскопа та пружних шарнірів,

Механіка та математичні методи 3(2), 103-116 (2021) DOI: 10.31650/2618-0650-2021-3-2-103-116

8. Апробація матеріалів дисертації.

Результати дисертації доповідалися й обговорювалися на наступних конференціях та семінарах:

1. Кононов Ю.Н., Святенко Я.И. О влиянии диссипативного и двух постоянных моментов на устойчивость равномерных вращений двух упруго связанных гироскопов Лагранжа. XIX Міжнародна конференція "Моделювання та дослідження стійкості динамічних систем" (DSMSI-2019). С. 94-95.
2. Кононов Ю.Н., Святенко Я.И. О влиянии диссипативного и постоянного моментов на устойчивость равномерных вращений двух упруго связанных волчков Лагранжа. VI Міжнародна конференція "Актуальні проблеми Інженерної механіки". Одеса, 2019. С. 144-147.
3. Кононов Ю.М., Святенко Я.І. Про стійкість рівномірних обертань в середовищі з опором двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа. Конференція молодих учених "Підстригачівські читання – 2020", Львів, 2020. <http://iapmm.lviv.ua/chyt2020/abstracts/Kononov.pdf>
4. Кононов Ю.М., Святенко Я.І. Про стабілізацію нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа. XVI Міжнародна наукова конференція для молодих вчених "Сучасні проблеми математики та її застосування у природничих науках та інформаційних технологіях". Харків, 2021. С.20-21.
5. Кононов Ю.М., Святенко Я.І. Про стабілізацію нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа другим гіроскопом, який обертається. Конференція молодих учених "Підстригачівські читання - 2021", Львів, 2021. <http://iapmm.lviv.ua/chyt2021/abstracts/Svyatenko.pdf>
6. Кононов Ю.М., Святенко Я.І. Про стабілізацію нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа за допомогою другого гіроскопа та пружних шарнірів. I Всеукраїнська науково-практична конференція "Прикладні аспекти сучасних міждисциплінарних досліджень", Вінниця, 2021. С.136-139.
7. Святенко Я., Кононов Ю. Про стабілізацію нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа з ідеальною рідиною. Конференція молодих учених "Підстригачівські читання – 2022", Львів, 2022. <http://www.iapmm.lviv.ua/chyt2022/abstracts/Svyatenko.pdf>
8. Кононов Ю.М., Святенко Я.І. Про стійкість обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа на підвісі. Міжнародна наукова конференція "Математичні проблеми технічної механіки – 2023" - Київ, Дніпро, Кам'янське 2023 – С.51-52.
9. Святенко Я.І., Кононов Ю.М. Про стійкість обертання гіроскопа Лагранжа на підвісі у середовищі з опором під дією постійного моменту. Міжнародна наукова конференція "Сучасні проблеми механіки та математики – 2023" - Львів. 2023 – С.73-74.
10. Кононов Ю.М., Святенко Я.І. Про стійкість обертання на підвісі гіроскопа Лагранжа з ідеальною рідиною у середовищі з опором. Міжнародна наукова конференція "Актуальні проблеми механіки - 2023" – Київ, Дніпро, Львів, Харків 2023.

9. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявності текстових запозичень виконано в антиплагіатній інтернет системі Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційна робота виконана самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності. Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

10. Оцінка мови та стилю дисертації.

Матеріал дисертації викладено в логічній послідовності та доступний для сприйняття формі. Дисертація написана науковим стилем мовлення, з використанням коректної термінології, структура дисертації відповідає алгоритму здійсненого автором дослідження.

Зміст, структура оформлення дисертації відповідає вимогам, відповідно, постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 21.03.2022 року №341), Наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» зі змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки України від 31.05.2019 року №759.

11. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту.

За своїм фаховим спрямуванням і науковою новизною робота Святенка Ярослава Ігоровича «Про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною» відповідає спеціальності спеціальністю 113 Прикладна математика.

12. Рекомендація дисертації до захисту.

Дисертаційна робота Святенка Ярослава Ігоровича «Про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною» відповідає вимогам, передбаченим «Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», що затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 44.

Результати дослідження були представлені на розширеному семінарі відділу теорії керуючих систем Інституту прикладної математики і механіки НАН України 06 грудня 2023 року, протокол №1 у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. На розширеному семінарі відділу було одностайно (9 голосів) ухвалено рішення рекомендувати дисертацію Святенка Ярослава Ігоровича на тему «Про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною» до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика з галузі знань 11 Математика і статистика.

Заступник директора з наукової роботи
Інституту прикладної математики і механіки НАН України,
головуючий на засіданні розширеного семінару відділу,
доктор фізико-математичних наук,
доцент

Ольга НЕСМЕЛОВА