

## **Відгук**

на дисертаційну роботу **Святенка Ярослава Ігоровича**  
**"Про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною",**  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 113 Прикладна математика

Дисертаційна робота Святенка Я.І. присвячена дослідженню умов асимптотичної стійкості рівномірних обертань у середовищі з опором невільної системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з довільними осесиметричними порожнинами, які повністю заповнені ідеальною нестисливою рідиною.

**Актуальність теми** дисертації обумовлена тим, що системи пружно зв'язаних твердих тіл з рідиною знаходять широке застосування у сучасній ракетно-космічній, авіаційній, танкерній та іншій техніці і являють значний інтерес в плані якісного дослідження стійкості методами, розвиненими, зокрема, донецькою школою механіків.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів, їх достовірність та новизна.** В основу дисертаційної роботи покладено відомі рівняння П.В. Харламова руху систем пов'язаних гіростатів та функцію стану С.Л. Соболева ідеальної рідини, що обертається. В роботі виведена лічена система звичайних диференціальних рівнянь, яка описує збурені рівномірні обертання у середовищі з опором двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною і одержано трансцендентне характеристичне рівняння. З урахуванням основного тону коливання ідеальної рідини отримано характеристичне рівняння у вигляді полінома шостого степеня. Розглянуто низку окремих випадків цього рівняння, які мають самостійний науковий та практичний інтерес, а саме: випадок відсутності рідини в першому твердому тілі, у другому або у двох твердих тілах, випадок відсутності постійних моментів у неінерціальній системі відліку або у інерціальній, випадок шарніру Гука та випадок відсутності дисипації і постійних моментів. На підставі критерію Льєнара-Шіпара, записаного у іннормному вигляді, отримані умови асимптотичної стійкості рівномірних обертань двох гіроскопів Лагранжа у вигляді трьох нерівностей. Розглянуто та аналітично досліджено можливості стабілізації нестійкого обертання гіроскопа Лагранжа у середовищі з опором за допомогою другого гіроскопа, який обертається. Показано, що стабілізація завжди буде можлива при досить великій кутовій швидкості обертання другого гіроскопа та за рахунок збільшення значень коефіцієнтів пружності. Проведено порівняння отриманих умов стабілізації з аналогічними умовами при відсутності дисипації. Слід зазначити, що при відсутності дисипації ця задача вперше була

розглянута О.Я. Савченко і досліджена його учнями. Розглянуто задачу про стійкість рівномірних обертань гіроскопа Лагранжа на підвісі у середовищі з опором. Проведено аналітичні дослідження впливу дисипації, постійних моментів, пружності шарнірів, масових та інерційних характеристик підвісу на умови стійкості.

З урахуванням основної форми коливань рідини отримано умови асимптотичної стійкості рівномірних обертань гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною у вигляді системи п'яти нерівностей. Розглянуто можливість стабілізації нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа з рідиною за допомогою другого гіроскопа, який обертається. На прикладі стиснутої еліпсоїдальної порожнини показано, що за досить великої кутової швидкості обертання другого гіроскопа та збільшення значень коефіцієнтів пружності стабілізація завжди буде можлива. Слід зазначати, що при відсутності дисипації ця задача вперше була розглянута Ю.М. Кононовим. Отримані умови стабілізації порівнюються з аналогічними умовами за відсутності дисипації. Розглянуто задачу про стійкість рівномірних обертань на підвісі гіроскопа Лагранжа з рідиною у середовищі з опором. З урахуванням основного тону коливань рідини отримано умови асимптотичної стійкості. Проведено аналітичні дослідження впливу рідини, пружності шарнірів, масових та інерційних характеристик підвісу на умови стійкості. Слід зазначати, що отримані умови стійкості є точними для еліпсоїдальних порожнин та порожнин, утворених співфокусними еліпсоїдами і наближеними для всіх інших осесиметричних порожнин. Для уточнення цих умов стійкості треба враховувати додаткові форми коливання рідини.

Фактично на основі єдиного підходу дисертантом було розглянуто ряд задач, які були досліджені раніше (для верифікації свого підходу) і вивчено деякі нові аспекти в цих задачах, в той же час розглянуто нову задачу про рух системи гіроскопів за умови прояву дисипації середовища.

Достовірність отриманих результатів обумовлена строгістю механічних і математичних постановок задач і ґрунтується на відомих рівняннях П.В. Харламова руху системи гіростатів, функції стану С.Л. Соболева, теорії стійкості та критерії Льєнара-Шіпара, записаного в іннормному вигляді, а також на порівнянні з відомими результатами, отриманими іншими авторами.

У дисертаційній роботі отримані наступні нові наукові результати:

- вперше розглянуто задачу про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних невільних гіроскопів Лагранжа з довільними осесиметричними порожнинами з ідеальною рідиною; виведено лічену систему звичайних диференціальних рівнянь збурених рівномірних обертань у середовищі з опором системи двох пружно

зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною та отримано трансцендентне характеристичне рівняння;

- з урахуванням основної форми коливань ідеальної рідини отримано умови асимптотичної стійкості рівномірних обертань гіроскопів Лагранжа з рідиною у середовищі з опором, які використані для аналітичного дослідження двох задач: про можливість стабілізації нестійкого рівномірного гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з рідиною за допомогою другого гіроскопа і про стійкість рівномірних обертань на підвісі гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з рідиною;
- 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;
- виконані дослідження для порожнини довільної осесиметричної форми, двох постійних моментів різної фізичної природи, порівняння отриманих умов стійкості з умовами стійкості при відсутності рідини або дисипації дозволило оцінити достовірність підходу і глибше проаналізувати особливості впливу нових факторів;
- автору вдалося поєднати прийнятий аналітичний метод дослідження задачі з можливостями сучасних комп'ютерних засобів символічної математики, що в підсумку і дозволило одержати нові якісні результати.

**Практичне значення дисертаційної роботи.** Проведені в дисертаційній роботі наукові дослідження мають в цілому теоретичний характер, а отримані наукові результати можуть бути використані при розробці та проектуванні в сучасній ракетно-космічній, авіаційній, танкерній та іншій техніці.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності.** Текст дисертаційної роботи викладено українською мовою грамотно, логічно та послідовно. Структура дисертації, мова та стиль викладення відповідають вимогам по оформленню дисертаційних робіт. Застосована в роботі наукова термінологія є загально визнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття та використання. В цілому дисертація є закінченою науковою працею, що відповідає вимогам спеціальності 113 Прикладна математика.

**Оприлюднення результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 6 статтях, дві з яких входять до наукометричної бази Scopus, а 4 статті опубліковані у фахових журналах категорії Б. Основні результати роботи пройшли апробацію на семінарах та 10 міжнародних конференціях.

**Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.** По роботі є такі зауваження:

1. Не завжди точно вживається термін «лічена система», «лічена множина».

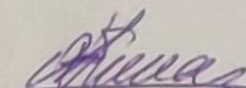
2. В роботі робиться наголос на наявність у складі системи ідеальної однорідної рідини. Проте в постановочній частині роботи використовуються рівняння і ефекти притаманні в'язкій рідини. Недостатню увагу приділено висвітленню процедури одержання спектральної задачі, рівнянням для визначення форм і частот коливань рідини, аналізу їх можливого внеску на різні режими поведінки системи, механізмам їх розвитку.

3. В роботі не розглянуто можливість прояву внутрішнього резонансу у випадку подібних за формою порожнин чи збігу частот коливань рідини при додатковому врахуванні форм коливань.

Вказані зауваження не знижують наукової цінності дисертації Святенка Я.І., яка виконана на високому науковому рівні.

**Висновок.** Дисертаційна робота Святенка Ярослава Ігоровича «Про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною» є самостійною, завершеною науковою роботою, яка за своїм змістом і оформленням повністю відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії, які затверджені наказом МОН України від 12.01.2017 № 40 зі змінам і доповненнями, внесеними наказом МОН України від 31.05.2019 № 759 та вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, який затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 44 зі змінами на поточну дату. Вважаю, що автор дисертаційної роботи, Ярослав Ігорович Святенко, за дослідження циклу задач динаміки тіл з рідиною, що обертаються, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика галузі знань 11 Математика та статистика.

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри  
комп'ютерних методів механіки і процесів керування  
Київського національного університету  
імені Тараса Шевченка

 О.С. Лимарченко

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ  
ВІДЧЕКИ РЕДАКТА НАЧ  
КАРАУСЬКА Н.В.  
01.02.2024р.



