

Відзив

офіційного опонента 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

в галузі знань 11 Математика та статистика

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Задачі про рух у середовищі з опором систем твердих тіл з рідиною виникають при проектуванні об'єктів ракетно-космічної, морської, авіаційної, залізничної та іншої техніки. Дослідженню стійкості руху у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа та системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною і присвячена дисертаційна робота Я.І. Святенко. Тому тема дисертаційної роботи є актуальною.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів, їх достовірність та новизна.

Об'єктом дослідження у дисертаційній роботі є системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа та системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з рідиною, які обертаються у середовищі з опором. Гіроскопи мають довільну осесиметричну порожнину, повністю заповнену нестисливою рідиною і знаходяться під дією сили тяжіння, дисипативного моменту, що моделює середовище з опором і двох постійних моментів, які підтримують їх обертання. Гіроскопи пов'язані пружним відновлювальним сферичним шарніром, а нижній гіроскоп має нерухому точку в якій на нього теж діє пружний відновлювальний сферичний шарнір. Предметом дослідження є умови асимптотичної стійкості рівномірних обертань цих двох механічних систем. Достовірність отриманих результатів ґрунтується 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 порівнянні отриманих результатів з результатами інших авторів.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, відмічено наукову новизну, практичне значення та апробацію результатів роботи.

В першому розділі наведено огляд та короткий опис змісту робіт, що стосуються задач динаміки та стійкості обертання твердих тіл з рідиною, систем зв'язаних твердих тіл та проведено аналіз методів дослідження цих задач.

Другий розділ присвячено постановці задачі та виведенню основних диференціальних рівнянь збурених рівномірних обертань у середовищі з опором невідної системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною та отриманню характеристичного рівняння з урахуванням основного тону коливання рідини для низки частинних випадків.

У третьому розділі на підставі характеристичного рівняння, виведеного у другому розділі та на основі критерію Льенара-Шіпара, записаного у інваріантному вигляді, отримані та досліджені умови асимптотичної стійкості рівномірних обертань у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа. Ці умови представлені у вигляді системи трьох нерівностей відносно коефіцієнтів пружності сферичних шарнірів. Розглянуто можливість стабілізації нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа за допомогою другого гіроскопа, який знаходиться над ним. Показано, що при досить великій кутовій швидкості обертання другого гіроскопа стабілізація завжди буде можлива за допомогою збільшення коефіцієнтів пружності шарнірів. Отримані умови стабілізації порівнюються з аналогічними умовами за відсутності дисипації. Розглянуто задачу про стійкість рівномірних обертань гіроскопа Лагранжа у середовищі з опором на підвісі. Проведено аналітичні дослідження впливу дисипації, постійних моментів, пружності шарнірів, масових та інерційних характеристик підвіски на умови стійкості. Отримані умови стійкості порівнюються з аналогічними при відсутності дисипації та постійних моментів.

У четвертому розділі узагальнюються основні результати третього розділу на випадок двох гіроскопів Лагранжа, які містять довільну осесиметричну порожнину з ідеальною нестисливою рідиною. З урахуванням основного тону коливання ідеальної рідини отримані у вигляді системи п'яти нерівностей умови асимптотичної стійкості рівномірних обертань. Ці умови виписані відносно кінетичних моментів першого або другого гіроскопів, відносно кутових швидкостей гіроскопів, а також відносно коефіцієнтів пружності сферичних шарнірів. Розглянуті умови стійкості при різних випадках відсутності постійних моментів в інерційній та неінерційній системах відліку, при випадках виродження сферичних шарнірів у шарнір Гука. Розглянуто можливість стабілізації нестійкого обертання у середовищі

з опором гіроскопа Лагранжа з ідеальною рідиною за допомогою другого гіроскопа, який обертається. Отримані достатні умови на коефіцієнти пружності шарнірів і перший тон коливання рідини у довільній осесиметричній порожнині при яких завжди буде можлива стабілізація при великих значеннях кутової швидкості другого гіроскопа. До достатніх умов, які були отримані у третьому розділі, додається умова на перший тон коливання рідини, він має бути більше одиниці. На прикладі еліпсоїдальної порожнини показано, що вона повинна бути стиснута вздовж осі обертання. Отримані умови стабілізації порівнюються з аналогічними умовами за відсутності дисипації. Показано, що при відсутності дисипації еліпсоїдальна порожнина може бути не тільки стиснута але й витягнута. У цьому є принципова різниця в цих двох випадках. Розглянуто задачу про стійкість рівномірних обертань на підвісі гіроскопа Лагранжа з ідеальною рідиною в середовищі з опором. Проведено аналітичні дослідження впливу рідини, пружності шарнірів, масових та інерційних характеристик підвісу на умови стійкості. Отримані умови порівнюються з умовами стійкості за відсутності дисипації.

У дисертаційній роботі отримані наступні нові результати:

- Вперше розглянута задача про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних невільних гіроскопів Лагранжа з довільними осесиметричними порожнинами, повністю заповненими ідеальною нестисливою рідиною.
- Виведено лічильну систему звичайних диференціальних рівнянь збурених рівномірних обертань у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з рідиною та отримано трансцендентне характеристичне рівняння.
- З урахуванням 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.
- 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.
- Отримано 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 колювання рідини повинен бути більше одиниці. На прикладі еліпсоїдальної порожнини показано, що вона повинна бути стиснута вздовж осі обертання.

- 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.
- Проведено порівняння отриманих умов стабілізації з умовами стабілізації за відсутності дисипації і постійних моментів.

Таким чином, у роботі розроблено алгоритм отримання і дослідження умов асимптотичної стійкості рівномірних обертань у середовищі з опором невільної системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа та гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною. На підставі отриманих умов стійкості розглянуті та аналітично досліджені дві основні задачі: задача про стабілізацію нестійкого обертання у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з рідиною за допомогою другого гіроскопа і задача про стійкості обертання на підвісі у середовищі з опором гіроскопа Лагранжа та гіроскопа Лагранжа з рідиною.

3. Практичне значення дисертаційній роботі.

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 і необхідні умови стійкості при відсутності дисипації прості та зручні для проведення чисельних досліджень.

4. Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота Святенка Я.І. написана українською мовою, грамотно, загально прийнятою науковою мовою із використанням сучасної наукової термінології. Робота виконана автором самостійно на високому науковому рівні. В цілому дисертація є закінченою науковою працею, що відповідає спеціальності 113 Прикладна математика. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 6 статтях, дві з яких входять до науково-метричної бази Scopus, а 4 статті опубліковані у фахових журналах категорії Б та пройшли апробацію на семінарах та 10 міжнародних конференціях.

5. Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи.

1. На мій погляд в дисертаційній роботі доцільно було б провести чисельні розрахунки для порівняння з аналітичними (якісними) результатами.

2. Крім того, бажано було б розглянути випадок вільної системи двох гіроскопів.

3. В роботі зустрічаються технічні описки, зокрема, на ст. 30 після формули (1.3) треба у двох виразах замість χ_n поставити K_n .

Однак ці зауваження та побажання не є принциповими, не впливають істотно на зміст дисертації та не зніжують її наукової цінності.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота молодшого наукового співробітника відділу теорії керуючих систем Інституту прикладної математики і механіки НАН України Святенка Ярослава Ігоровича за темою «Про стійкість обертання у середовищі з опором системи двох пружно зв'язаних гіроскопів Лагранжа з ідеальною рідиною» повністю відповідає вимогам до оформлення дисертацій, які затверджені наказом МОН України від 12.01.2017 № 40 зі змінам на поточну дату 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 КМУ від 12.01.2022 № 44 в поточній редакції. Дисертація може бути представлена до захисту, а її автор Ярослав Ігорович Святенко, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика в галузі знань 11 Математика та статистика.

Доктор фізико-математичних наук,
провідний науковий співробітник відділу математичних
проблем механіки та теорії керування
Інституту математики НАН України

