

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Савченко Ніни Валеріївни «Коливання та стійкість руху деяких  
неконсервативних механічних систем»,  
поданої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних  
наук за спеціальністю 01.02.01 – теоретична механіка

*Актуальність теми дисертації.* Дисертаційну роботу Савченко Н.В. «Коливання та стійкість руху деяких неконсервативних механічних систем» присвячено ще не вирішеним проблемам сучасної теоретичної механіки, що виникають при дослідженні стійкості руху механічних систем, які описуються звичайними нелінійними диференціальними рівняннями. Зокрема, це стосується дослідженням стійкості руху у так званих критичних випадках, та проблемам забезпечення стійкості руху за частиною змінних. Остання проблема є вельми актуальною для різних розділів науки та деяких інженерних застосувань. Одним із основних підходів до аналізу проблем стійкості руху нелінійних систем різної структури є прямий метод Ляпунова, тобто, метод, де використовуються функції Ляпунова. Саме труднощі, пов'язані з побудовою функцій Ляпунова, визначають актуальність подальшого розвитку методу та отримання на його основі нових критеріїв стійкості руху механічних систем. Таким чином, актуальність теми дисертації не викликає сумнівів.

*Мета і задачі дослідження* складаються з визначення умов асимптотичної стійкості рівномірних обертань несиметричного твердого тіла з нерухомою точкою, яке знаходиться під дією демпфуючого моменту, з дослідження стійкості руху гіроскопа і отримання оцінки впливу демпфуючого моменту на стійкість цього руху, з дослідження стабілізації положень рівноваги деяких маятникових систем, що містять динамічні абсорбери різних конфігурацій, та з дослідження впливу структури сил на стійкість руху лінійної механічної системи з двома ступенями свободи.

*Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень та висновків, сформульованих у дисертації.* Представлені в дисертації матеріали свідчать, що дослідження були проведені на сучасному науковому рівні. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректністю постановок вихідних задач та використанням апробованих методів якісної теорії диференціальних рівнянь. При порівняльній оцінці результати дисертації підтверджуються відомими результатами. Загальні висновки до дисертації повністю відображають результати проведеної роботи, а їх достовірність не викликає сумніву. Результати дисертаційної роботи мають здебільшого теоретичне значення та можуть бути використані для подальшого розвитку теорії стійкості руху неконсервативних механічних систем. Деякі результати можуть бути використані в інженерній практиці при проектуванні динамічних гасителів коливань пасивного типу.

*Наукова новизна результатів дисертації* полягає у наступному. Запропоновано спосіб побудови функції Ляпунова для системи звичайних диференціальних рівнянь порядку  $2m + 1$ , матриця лінійної частини якої має  $m$  пар чисто уявних і  $1$  власних значень, які належать відкритій лівій комплексній напівплощині, а нелінійна частина системи має спеціальний вигляд. Сформульовано і доведено дві теореми, які дозволяють встановити асимптотичну стійкість (нестійкість) тривіального розв'язку системи зазначеного вигляду. Досліджена стійкість стану рівноваги подвійного математичного маятника з динамічним гасителем коливань. Показано, що введення останнього до системи робить нижній стан рівноваги асимптотично стійким. З'ясовано, що додавання динамічного гасителя до маятникової системи веде до рівномірної асимптотичної стійкості за частиною змінних. Описано основні властивості оптимальної конфігурації гасителя коливань. Отримано оцінки власних значень лінійної системи з двома ступенями свободи, що знаходиться під дією сил різних типів, що дає можливість оцінити швидкість загасання коливань системи. Уперше отримано умови асимптотичної стійкості рівномірних обертань несиметричного гіроскопа, що знаходиться під дією демпфуючого моменту спеціального вигляду. Проведено оцінку впливу цього моменту на стійкість руху гіроскопа.

*До зауважень щодо роботи слід віднести наступне:*

1. Зазначу, що, хоча огляд літератури у першому розділі щодо дослідження стійкості руху є вельми широким та основні методи дослідження у другому розділі представлено повністю, загалом розподіл матеріалу у цих двох розділах є дещо непослідовним та носить інколи хаотичний характер. Деякі базові та відомі означення та теореми щодо стійкості руху з'являються в середині другого розділу, хоча їх доцільно було б перенести у перший. Більш того, опис цих відомих результатів можна було б скоротити. Навпаки, представлення основних важливих методів дослідження у пп. 2.3.2.3 та 2.3.4 можна було б розвинути. Зазначу також, що висновки до розділу 2 відсутні.

2. Вважаю, що було б доцільно привести додатково формальне доведення теореми 3.1. Громіздку частину цього доведення можна було б перенести у Додаток.

3. Дослідження стійкості положення рівноваги подвійного маятника з динамічним гасителем коливань можна вважати лише першим кроком у вирішенні задачі гасіння коливань маятника, бо більш важливим є забезпечення невеликих коливань маятника разом зі значними коливаннями гасителя. Сподіваюсь, що у дисертанта в майбутньому буде можливість повернутися до цієї більш складної проблеми. Зазначу також, що вибір мас у прикладі на с.90 є недоцільним з точки зору інженерії, тому що маса гасителя повинна вибиратися значно меншою, ніж маса системи, коливання якої треба загасити.

4. Вважаю, що кількість ілюстративних числових розрахунків у дисертації можна було б збільшити. Зараз дисертація носить дещо «старомодний» характер.

*Огляд змісту та основних результатів роботи.* Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаної літератури. Дисертацію викладено на 144 сторінках друкованого тексту.

У вступі дисертації наведено обґрунтування актуальності роботи, сформульовано мету, задачі та методи дослідження, відзначено наукову новизну, показано зв'язок роботи з науковими темами, відзначено теоретичну та практичну цінність дисертаційної роботи, представлено інформацію щодо апробації результатів роботи.

У першому розділі наведено огляд літературних джерел за тематикою дисертаційної роботи. Перелічено основні результати робіт, що стосуються питань стійкості руху тих нелінійних систем, що містять стійку і нейтральну компоненти, стійкості руху за частиною змінних, дослідження щодо впливу структури сил на динаміку і стійкість руху механічних систем та роботи, присвячені стійкості руху.

Другий розділ роботи присвячено методиці досліджень, яка застосовується для розв'язання поставлених задач. Методика у своїй основі опирається на базові класичні методи дослідження і результати в області динаміки твердого тіла, якісної теорії диференціальних рівнянь, теорії нелінійних коливань. При побудові оцінок власних значень механічної системи пропонується застосування елементів теорії збурень. Для досліджень використовуються також деякі результати теорії матриць. Для розв'язання задачі про стійкість станів рівноваги нелінійних механічних систем здебільшого застосовується прямий метод Ляпунова.

Третій розділ присвячено конструктивному визначенню функцій Ляпунова для деяких класів неконсервативних нелінійних механічних систем у критичних випадках. Доведено дві теореми, що дозволяють конструктивно встановити асимптотичну стійкість (нестійкість) тривіального розв'язку системи спеціального вигляду. У третьому розділі розглянуто також задачу стійкості руху за частиною змінних та здійснено побудову функції Ляпунова для стійкої компоненти у явному вигляді. Розглянуто задачу щодо дослідження стійкості положення рівноваги подвійного маятника з приєднаним динамічним гасителем коливань у вигляді лінійного осцилятора.

У четвертому розділі досліджено вплив структури потенційних, гіроскопічних, дисипативних та циркуляційних сил на стійкість руху лінійної механічної системи з двома ступенями свободи. Отримано, в тому числі з використанням методів теорії збурень, оцінки власних значень характеристичного рівняння даної системи для певних випадків. Оцінюється швидкість загасання збурених рухів системи. Отримані результати проілюстровано на прикладі важкого гіроскопа, що знаходиться під дією демпфуючого моменту.

У п'ятому розділі розглянуто задачу стійкості рівномірних обертань несиметричного гіроскопа, що знаходиться під дією демпфуючого моменту. Також шляхом побудови функції Ляпунова досліджено критичний за Ляпуновим випадок, коли характеристичне рівняння системи лінійного наближення має пару чисто уявних коренів.

5. В дисертації стійкість руху досліджено як методом функцій Ляпунова, так і шляхом аналізу характеристичних показників. Вважав би за доцільне обговорити питання найбільш розумного вибору між цими двома підходами в дослідженні стійкості руху.

6. У дисертації подекуди має місце пропуск деяких позначень, суттєвих для подальшого. Так, на с 70 не вказано, що далі буде розглядатися тільки система з двома степенями свободи, на с .71 – що досліджується саме положення рівноваги системи (3.12). Потребує пояснення і поява у другому розділі, де представлено методи дослідження стійкості руху, п. 2.2 щодо аналізу коренів алгебраїчних рівнянь. А саме, відсутнє пояснення, що відповідні асимптотичні процедури отримання цих коренів будуть використані в четвертому розділі для аналізу характеристичних показників.

Вищезгадані зауваження і побажання не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Н.В. Савченко і не знижують її наукового та практичного значення.

Основні результати досліджень опубліковано у 10 наукових роботах (з яких 6 статей у фахових виданнях, в тому числі одна стаття опублікована у науковому журналі, який включено до наукометричної бази Scopus), що достатньо повно відображують викладені в дисертації результати. Дисертаційна робота пройшла апробацію на міжнародних конференціях високого наукового рівня. Автореферат дисертації повністю відповідає змісту роботи.

Дисертаційна робота Н.В. Савченко «Коливання та стійкість руху деяких неконсервативних механічних систем» є закінченою науково-дослідною роботою, яка за актуальністю проблематики, ступенем обґрунтованості та новизни одержаних наукових результатів, кількістю та рівнем публікацій та апробацій матеріалів дослідження відповідає усім вимогам до кандидатських дисертаційних робіт, зокрема, пп. 9, 11, 12, 13 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор, Савченко Ніна Валеріївна, на мій погляд, заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.01 – теоретична механіка.

Офіційний опонент –  
професор кафедри прикладної математики  
Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»,  
доктор фізико-математичних наук, професор

Ю.В. Міхлін

Підпис проф. Міхліна Ю.В. засвідчую.

Вчений секретар Вченої Ради Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»

О.Ю.Заковоротний

Кандидат  
Вченої ради  
секретар ради  
Канцелярія  
10.05.2018р.  
1. Бродський

