

## ВІДГУК

офіційного опонента Стрельнікової О. О. на дисертаційну роботу Лебеденко Яни Олександрівни на тему «Дослідження резонансних стаціонарних режимів та перехідних процесів у нелінійних системах з обмеженою потужністю», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 11 Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика

### **Актуальність теми дисертації.**

Дослідження динаміки систем з обмеженою потужністю (або так званих неідеальних систем) є важливим насамперед для теорії нелінійних коливань, аде також і для застосувань в сучасній інженерії.

З точки зору нелінійної динаміки інтересним є дослідження складних нелінійних резонансних коливань систем з кількома степенями свободи. Додаткове ускладнення в неідеальних системах пов'язано з тим, що в таких системах врахована обернена дія пружної підсистеми на джерело збудження. В умовах резонансу це призводить до виникнення пружних коливань з великою амплітудою, причому частота таких коливань заздалегідь невідома. Тому розв'язання таких непростих задач потребує використання ефективних сучасних аналітичних методів та комп'ютерних процедур. В даному випадку інтересним для теорії є побудова як резонансних стаціонарних, так і перехідних процесів в системі.

З точки зору прикладних досліджень зазначу, що дуже поширеною в інженерії, зокрема, в машинобудуванні, є ситуація, коли в умовах резонансу між частотою коливань пружної підсистеми та частотою збудження в неідеальних системах спостерігається так званий ефект Зомерфельда, пов'язаний з суттєвим зворотним впливом пружної підсистеми на двигун. В цьому випадку значна частина енергії збудження йде на підтримання резонансних пружних коливань з великими амплітудами. Крім прямого дослідження резонансної поведінки неідеальних систем, безумовно, важливим для практичних застосувань є дослідження можливого зниження амплітуд пружних коливань, що може досягатися як вибором параметрів неідеальних систем, так і застосуванням пасивних гасителів коливань.

Таким чином, постановка задачі, що розглядається в дисертації Лебеденко Я.О., приводить до необхідності розв'язання низки достатньо складних і важливих для теорії та практики задач нелінійної динаміки. Зважаючи на це, вважаю, що тема дисертаційної роботи, в якій досліджуються резонансні

стаціонарні та перехідні процеси в неідеальних системах, є безумовно актуальною.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в отриманні наступних пріоритетних результатів:

- вперше за допомогою наближеного аналітичного методу, а саме, методу багатьох масштабів, побудовано стаціонарні режими в кількох неідеальних нелінійних системах, що описуються динамічними системами з 3 степенями свободи, в околі резонансу 1:1;

- проведені числові розрахунки демонструють, що навіть тоді, коли в системі існують резонанси різного порядку, рухи системи зі збільшенням часу системи наближаються до стаціонарних режимів поблизу вказаного резонансу;

- вперше в розглянутих неідеальних системах поблизу резонансу побудовано, з використанням дрібно-раціональних апроксимацій Паде, що містять експоненти, перехідні процеси, що наближаються до стаціонарного резонансного розв'язку зі збільшенням часу;

- досліджено можливість суттєвого зниження амплітуд пружних резонансних коливань при зміні параметрів вказаних систем, а також з використанням динамічних гасителів коливань.

Всі отримані результати є достовірними, про що свідчать використання відомих, гарно апробованих аналітичних та числових процедур, добра збіжність аналітичних результатів та результатів перевірених числових розрахунків. Достовірність підтверджується також рівнем наукових публікацій здобувачки, представленням основних результатів дисертації на провідних міжнародних конференціях. Зазначу повноту викладення результатів у дисертації. Відзначу, що основні результати дисертаційної роботи можуть бути використані при дослідженні нелінійної динаміки багатьох інших систем з кількома степенями свободи.

Таким чином, можна зробити висновок, що сформульоване в дисертаційній роботі Лебеденко Я.О. наукове завдання виконано успішно, здобувачка володіє методологією наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувачки Лебеденко Яни Олександрівни повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 113 Прикладна математика та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Прикладна математика.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувачки у науковий напрям «Динаміка систем з обмеженою потужністю».

Звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння свідчить, що дисертаційна робота Лебеденко Яни Олександрівни є результатом самостійних досліджень здобувачки. Дисертація не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідні джерелі.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана грамотною українською мовою. Результати викладені у логічній послідовності з використанням загальноприйнятої термінології.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатку. Обсяг основного тексту дисертації складає 124 сторінки.

У вступі обговорено актуальність теми дисертаційної роботи, мета, завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження, зазначено наукова новизна отриманих результатів, цінність роботи для теорії та практичних запроваджень. Наведені дані щодо впровадження результатів роботи, особистого внеску здобувачки, апробацію та публікацію основних результатів.

У першому розділі дисертаційної роботи зроблено ретельний огляд колишніх та сучасних досліджень динаміки неідеальних систем. Зроблено короткий, але змістовний огляд теорії асимптотичних методів, а також огляд досліджень з проблеми гасіння коливань за допомогою пасивних гасителів, починаючи з робіт засновників, що свідчить про високий рівень підготовки та ерудицію автора дисертаційного дослідження.

У другому розділі дисертаційної роботи надано, по-перше, опис основних моделей нелінійних неідеальних систем з 4 степенями свободи, що аналізуються в роботі. Детально описано метод багатьох масштабів, що використовується для побудови стаціонарних режимів та перехідних процесів в околі резонансу 1:1. Крім того, представлені комп'ютерні програми, які використовуються в подальшому.

У третьому розділі здійснено побудову стаціонарних режимів руху систем з обмеженою потужністю в околі резонансу з використанням методу багатьох масштабів. Добра точність отриманих результатів підтверджується порівнянням отриманих аналітичних результатів з числовими результатами.

Четвертий розділ роботи присвячено побудові перехідних процесів в розглянутих неідеальних системах в околі резонансу. Для цього використовуються нестандартні дрібно-раціональні апроксимації Паде, які містять експоненти. Перевірні числові результати демонструють добру точність представленої процедури. Комп'ютерне моделювання демонструє, що фазові траєкторії рухів в системах, що досліджуються в роботі, наближаються до траєкторій отриманих у третьому розділі стаціонарних режимів, навіть при наявності інших резонансів.

У п'ятому розділі наведені результати числового моделювання для дослідження можливості зменшення амплітуд стаціонарних коливань. Виділено

деякі параметри неідеальних систем, зміна яких найбільшим чином впливає на таке зменшення.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в учбовий процес кафедри прикладної математики НТУ «ХП», а також використано у звітах до гранту Міністерства науки та освіти України “Розробка теорії і методів розв’язання задач нелінійного деформування елементів конструкцій з сучасних композиційних матеріалів”

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Основні результати дисертації опубліковано у 12 друкованих працях, серед яких: 2 статті у фахових наукових виданнях України, 1 стаття у зарубіжному науковому виданні видавництва Springer, що індексується у базі даних Scopus, у виданні, віднесеного до четвертого квартиля (Q4) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank, 1 стаття у працях міжнародної наукової конференції з нелінійної динаміки, 8 тез доповідей на міжнародних наукових конференціях достатньо високого рівня та на науково-практичних конференціях.

Наукові результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на 9 міжнародних конференціях, серед яких 4 закордонних.

Таким чином, результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувачки.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

До дисертаційної роботи є кілька зауважень та побажань.

1. Вважаю, що доцільно було б привести рівняння руху першої розглянутої системи до безрозмірного вигляду, як це зроблено для інших систем. Також доцільно було б уніфікувати позначення коефіцієнтів, що визначають основні сили в рівняннях руху.
2. В якості побажання зазначу, що було б доцільно провести також дослідження режимів руху поблизу другого резонансу – між частотами двигуна та гасителя коливань, щоб показати, що перехід до другого резонансу зменшує амплітуди пружних коливань.
3. В дисертаційній роботі є деякі описки. Як приклад, наведу деякі з них: На с. 3 – «з обмеженою потужність»; на с. 5 – «лвигуни»; на с.6 – «пов’язані з дослідження»; на с. 10.є зайве слово «ьністю»; на с.13 – «біли викладені»; на с.14 – «вперше лав»; на с.22 – «кубічної пружиною»; на с.37 – «про побудові» та ін.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувачки ступеня доктора філософії Лебеденко Яни Олександрівни на тему «Дослідження резонансних стаціонарних режимів та перехідних процесів у нелінійних системах з обмеженою потужністю» виконана на достатньо високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 11 Математика та статистика. Робота містить значущі новітні результати. Вражає кількість нових числових результатів та їх ретельне обґрунтування.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Вважаю, що здобувачка Лебеденко Яна Олександрівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 11 Математика та статистика за спеціальністю 113 Прикладна математика.

### **Офіційний опонент:**

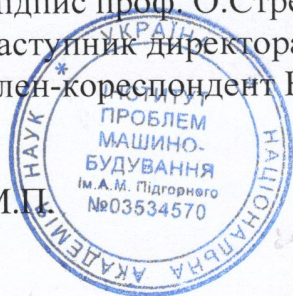
Провідний науковий співробітник  
відділу термогазодинаміки енергетичних машин  
Інституту проблем машинобудування ім. А. Підгорного НАН України

д.т.н., проф.

Олена СТРЕЛЬНІКОВА

Підпис проф. О.Стрельнікової підтверджую,  
Заступник директора з наукової роботи  
член-кореспондент НАН України

М.П.



Андрій КОСТИКОВ

« 29 » 01 2024 року