

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Новікової Юлії Вікторівни

«Керування коливаннями та редукція моделей механічних систем з пружними пластинами»,

поданої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.01 – теоретична механіка

Актуальність теми дисертації. Дисертаційну роботу Новікової Ю.В. «Керування коливаннями та редукція моделей механічних систем з пружними пластинами» присвячено дослідженню питань керування та стабілізації руху нескінченновимірної механічної системи, що складається з твердого тіла та пружної пластини Кірхгофа. Математичні моделі такого типу виникають під час дослідження руху супутників з панелями сонячних батарей, до точності яких з часом розвитку космічної техніки приділяються все більш високі вимоги. Тому актуальним стає дослідження проблем керування цими системами, що викликано практичними задачами підвищення якості та надійності реалізації програмних рухів супутнику на орбіті.

Огляд змісту та основних результатів роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків та списку використаної літератури. Дисертацію викладено на 146 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 дослідження моделей пружних пластин та питань моделювання руху космічних апаратів з пружними компонентами. Наведено літературу, яка стосується питань стабілізації та керування обертальним рухом пружних механічних систем.

Слід відзначити великий обсяг літератури, який переглянуто автором.

Другий розділ роботи присвячено методиці досліджень. Наведено необхідні результати з теорії керування рухом механічних систем, що описуються системами лінійних диференціальних рівнянь. Представлено основні положення теорії напівгруп лінійних операторів. Викладено результати другого методу Ляпунова стосовно до проблем стійкості руху нелінійних механічних систем.

У *третьому* розділі розглядається механічна система, яка складається з твердого тіла та пружної пластини Кірхгофа, що шарнірно закріплена на границі своєї області. За допомогою методу Фур'є побудовано нескінченну систему диференціальних рівнянь, яка описує динаміку досліджуваної механічної системи у випадку повільних обертань твердого тіла. На основі критерію Калмана доведено керованість підсистеми зі скінченною кількістю модальних координат (теорема 3.2) та запропоновано умови спектральної керованості нескінченновимірної системи (теорема 3.3). Наведено приклад, у якому розв'язано задачу керованості у випадку трьох низькочастотних мод.

У *четвертому* розділі дисертаційної роботи розв'язано задачу оптимального керування для математичної моделі механічної системи, що описує обертальний рух твердого тіла з тонкою пружною пластиною, для якої враховано полярний момент інерції поперечного перерізу. Також у розділі побудовано функції керування для довільної фіксованої кількості мод коливань (теорема 4.1). На прикладі продемонстровано ефективність застосування оптимального керування, що відповідає підсистемі з трьома низькочастотними модами, до розв'язання двоточної задачі керування для заданих крайових умов.

У *п'ятому* розділі дисертації розглянуто нескінченну систему диференціальних рівнянь, що описує коливання пластини зі скалярним параметром керування. Досліджувану систему зведено до діагонального вигляду у комплексних змінних. Проведено оцінку множин досяжності нескінченновимірної системи (теорема 5.1) за допомогою функцій керування, що одержуються із задачі оптимального керування для скінченної кількості мод коливань (лема 5.1). На окремому прикладі продемонстровано можливість застосування оптимального керування, що відповідає системі зі скінченною кількістю мод, до наближеного розв'язання двоточної задачі для системи вищого порядку.

Шостий розділ дисертації присвячено питанням стабілізації руху механічної системи з пружною пластиною. У даному розділі доведено часткову асимптотичну стійкість тривіального розв'язку лінійної системи по відношенню до функціоналу зі зворотним зв'язком (теорема 6.1). Також розглянуто нелінійну модель обертального руху системи навколо нерухомої точки, яку представлено в операторному вигляді. Для досліджуваної нелінійної системи отримано керування зі зворотним зв'язком, що забезпечує сильну стійкість за Ляпуновим стану рівноваги системи. Доведено

дисипативність інфінітезимального генератора відповідного абстрактного диференціального рівняння.

Наукова новизна результатів дисертації полягає у наступному.

Побудовано математичну модель обертального руху механічної системи, що складається з твердого тіла та пружної пластини. Доведено теорему про спектральну керованість нескінченновимірної системи, яка описує динаміку моделі тіло-пластина. Отримано оптимальне керування для системи диференціальних рівнянь з фіксованою кількістю мод коливань. Здійснено оцінку множини досяжності нескінченновимірної системи. Розв'язано задачу часткової стабілізації тривіального розв'язку моделі коливань пластини Кірхгофа. Запропоновано нелінійну модель обертального руху твердого тіла з пружною пластиною у вигляді диференціального рівняння у гільбертовому просторі та доведено стійкість за Ляпуновим стану рівноваги цієї моделі при використанні керування зі зворотним зв'язком.

Обґрунтованість і достовірність основних положень і висновків.

Усі одержані автором результати, які виносяться на захист, є новими. Їх достовірність ґрунтується на строгому математичному доведенні та не суперечить відомим раніше фактам.

Результати дисертаційної роботи мають здебільшого теоретичне значення та можуть бути використані для розвитку теорії керування та стійкості руху механічних систем з пружними елементами. Деякі розділи роботи можуть бути використані в інженерній практиці при синтезі алгоритмів керування рухом космічних апаратів.

Основні результати досліджень опубліковано у 10 наукових роботах (з яких 6 статей у фахових виданнях), що достатньо повно відображують викладені в дисертації результати. Дисертаційна робота пройшла апробацію на міжнародних конференціях високого наукового рівня. Автореферат дисертації повністю відповідає змісту роботи.

До зауважень щодо роботи слід віднести наступне:

1. Цікавим з механічної точки зору було б дослідження питань керування та стабілізації руху механічної системи з пластиною, яка жорстко закріплена на границі області.
2. У авторефераті теорему 1 доцільно було б почати словами «*Підсистема системи*», що спростило б її розуміння.
3. У дисертаційній роботі є деякі описки. Так, наприклад, у списку

використаних джерел є повторення ([63] та [114]).

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

Дисертаційна робота «Керування коливаннями та редукція моделей механічних систем з пружними пластинами» є закінченою науково-дослідною роботою, яка відповідає вимогам пп. 11–13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» з постанови № 567 КМУ від 24 липня 2013 р. щодо кандидатських дисертацій, а її автор, Новікова Юлія Вікторівна, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.02.01 – теоретична механіка.

Доктор фізико-математичних наук, професор,

головний науковий співробітник,

професор кафедри прикладної

механіки і комп'ютерних технологій

Донецького національного

університету (м. Вінниця)



Кононов Ю.М.

05.04.2016

Підпис засвідчує
декан ФМІТ
А.В. Басів

