

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу

Шамаханова Владислава Костянтиновича

«Моделі та методи для аналізу динаміки та керування розгортанням космічного радара на базі офсетної антени», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю **151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

Актуальність теми та загальна характеристика роботи

Дисертація присвячена вирішенню важливої науково-технічної задачі – забезпеченню аналізу динаміки і керування процесами розгортання просторово розвинутих конструкцій (зокрема – офсетних антен та штанг у складі космічних радарів) сучасними моделями та методами, які поєднують розвиток застосованих для космічної техніки моделей та методів аналізу динаміки систем зв'язаних тіл та інтелектуальне керування, спираються на комп'ютерне моделювання.

Багато задач сьогодення відзначено великим попитом на різного виду інформацію, яку надають космічні апарати дистанційного зондування Землі. До актуальних технологій дистанційного зондування Землі належать такі, що потребують використання космічних радарів. Сучасні космічні місії різного призначення, перспективне розгортання великих супутникових систем дистанційного зондування, які створюватимуться на основі групового виводу космічних апаратів, висувають жорсткі вимоги до маси та габаритів орбітальної техніки. Це робить актуальним використання компактно складених трансформерних елементів космічних апаратів. Критично важливим для забезпечення високої якості спостережень Землі радаром космічного базування є застосування антен (зокрема – офсетних антен), які потребують трансформування їх конструкції в умовах космічного польоту. Процес розгортання таких антен має складну динаміку, відзначений наявністю багатьох впливів, які його ускладнюють: асинхронність намотки тросів, тертя в елементах, деформації та вплив невизначених факторів. Ефективне вирішення названих проблем шляхом математичного та комп'ютерного моделювання є актуальною і важливою науково-практичною задачею, що підтверджує значимість роботи.

Розвиток сучасних методів керування складними технічними системами і процесами спирається на застосування інтелектуальних методів, які мають знайти ефективне використання у керуванні орбітальною технікою. Тому застосування запропонованих в дисертаційній роботі методів машинного навчання з

підкріпленням для керування розгортанням стрижневих конструкцій відповідають сучасним актуальним трендам науково-технічного розвитку, попиту на розвиток сучасних інтелектуальних технологій створення і застосування космічної техніки.

Таким чином, об'єкт дослідження дисертаційної роботи (космічний радар на базі офсетної антени) і предмет дослідження (моделі та методи для аналізу динаміки та керування розгортанням космічного радару на базі офсетної антени) є актуальними і важливими для розвитку сучасних космічних систем і технологій їх проектування. Досягнення поставленої автором мети (підвищення якості аналізу динаміки та керування розгортанням космічного радару на базі офсетної антени) забезпечено вирішенням таких задач: аналіз сучасних конструкцій офсетних антен, дослідження впливу сил тертя та гнучкості елементів на динаміку антени, розробка математичних моделей динаміки антени та законів керування, створення алгоритмів керування на основі навчання з підкріпленням, а також вдосконалення методів відцентрового розкриття багатосекційної штанги.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано у відділі системного аналізу та проблем керування Інституту технічної механіки Національної академії наук України та Державного космічного агентства України відповідно до одного з напрямків держбюджетної науково-дослідної роботи: «Розробка та вдосконалення методів системного аналізу, керування та дослідження динаміки, спрямованих на створення об'єктів космічної техніки» (номер держреєстрації 0121U100542).

Ступінь обґрунтованості положень і достовірності результатів

Представлені в роботі результати є достатньо обґрунтованими, логічно пов'язаними та структурованими, достовірними. Обґрунтованість і достовірність спираються на використання апробованих методів динаміки систем зв'язаних жорстких та пружних тіл, а також методу скінченних елементів. Коректність математичних постановок і розв'язку задач забезпечена аналітично обґрунтованою побудовою моделей, підтверджується порівнянням результатів обчислень з відомими теоретичними результатами і чисельними експериментами. Достовірність отриманих результатів і зроблених на їх основі висновків підтверджуються їх відповідністю фізичній природі досліджуваних процесів, апробацією запропонованих методик на тестових прикладах, а також порівнянням з результатами інших авторів, наведеними в науковій літературі.

Наукове та практичне значення отриманих результатів

До найбільш суттєвих наукових результатів, отриманих автором дисертаційної роботи, належать:

- запропоновано асинхронне розгортання офсетних антен, що дозволяє відмовитися від застосування синхронізуючих шарнірів, і розроблені нові закони керування асинхронним розгортанням офсетних антен;
- удосконалено моделі динаміки офсетної антени з урахуванням тертя, деформацій і асиметрії;
- вперше застосовано методи навчання з підкріпленням для керування процесами розгортання стрижневих конструкцій в умовах стохастичних збурень;
- запропоновано модифікований спосіб відцентрового розгортання багатосекційної штанги для мінісупутників.

Можна відзначити значну практичну цінність результатів, отриманих у дисертаційній роботі. Ці результати дозволяють таке:

- підвищити надійність процесу розгортання антен;
- знизити потребу у дорогих експериментальних випробуваннях;
- скоротити терміни розробки нових космічних систем;
- створювати адаптивні алгоритми керування, що можуть удосконалюватися у процесі експлуатації.

Наведені результати новизни і практичної цінності свідчать про суттєвий внесок автора у розвиток теорії та практики аналізу й керування космічними конструкціями. Як головний здобуток роботи слід відзначити внесок автора до комплексного, синергетичного розвитку традиційних моделей і методів аналізу динаміки та керування розгортанням конструкцій та сучасних моделей і методів інтелектуального керування (застосування методів машинного навчання з підкріпленням). Позитивною рисою роботи є її спрямованість на вирішення актуальних задач застосування космічної техніки. І при цьому слід відзначити значно більш широку сферу можливого застосування багатьох отриманих результатів.

Повнота викладу результатів у публікаціях

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 6-х наукових працях. У доробку автора 1 стаття, представлена у зарубіжному виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus та WOS (Q2), та 5 статей у вітчизняних

фахових виданнях категорії Б. Вимоги до представлення у публікаціях результатів дисертаційної роботи на здобуття наукового ступеню доктора філософії повністю виконані.

Результати, представлені автором у дисертаційній роботі, пройшли всебічну апробацію на 6-х науково-практичних конференціях, підтверджені публікаціями у матеріалах цих заходів.

Аналіз змісту і структури дисертаційної роботи

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку джерел та додатків. У роботі наведено 127 рисунків та 6 таблиць.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету й завдання дослідження, окреслено об'єкт і предмет роботи. Перший розділ містить ґрунтовний аналітичний огляд сучасних конструкцій космічних антен та методів дослідження їх динаміки. Проаналізовано вітчизняні й зарубіжні джерела, виділено основні напрями розвитку систем, що розгортаються, та показано проблеми, які залишаються невирішеними. У другому розділі представлено математичні моделі динаміки офсетних антен, які враховують сили тертя в елементах конструкції, деформації гнучких елементів та асиметрію системи. Описано методика числового аналізу, наведено приклади розрахунків і порівняльні характеристики, що підтверджують точність запропонованих моделей. У третьому розділі вперше застосовано алгоритми навчання з підкріпленням для задач керування процесом розгортання стрижневих конструкцій. Розглянуто постановку задачі, описано архітектуру нейронної мережі, сформульовано критерії оптимальності та наведено результати числових експериментів, які демонструють переваги цього підходу. У четвертому розділі досліджено процес відцентрового розгортання багатосекційних штанг. Автор запропонував модифікований підхід, який дозволяє зменшити масу механізму та підвищити надійність роботи. Проведено числове моделювання, побудовано залежності основних параметрів, наведено результати порівняння з відомими методиками. Висновки узагальнюють результати дослідження та відображають повне виконання задач дослідження. Додатки містять список публікацій здобувача за темою дисертації та допоміжні матеріали, що доповнюють основний текст.

Зміст роботи викладено логічно, послідовно, сутність наукового дослідження розкрита повно.

Оцінка академічної доброчесності дослідження

За результатами аналізу дисертаційної роботи і публікацій автора, які відображають її зміст, порушення академічної доброчесності не виявлені. Запозичення і фабрикація результатів відсутні. Посилання на роботи авторів, які працюють за тематичними напрямками, дотичними до змісту дослідження дисертаційної роботи, зроблені повно і коректно. Перевірка дисертаційної роботи, що проводилася із застосуванням спеціалізованої програми StrikePlagiarism показала відсутність текстових збігів і фабрикації тексту. Робота представляє собою оригінальне дослідження з високим ступенем новизни результатів, виконана із повним дотриманням норм академічної доброчесності.

Зауваження і рекомендації до дисертаційної роботи

1. Бажано було б більш акцентовано представити як важливий науковий здобуток одну з головних позитивних рис роботи: відзначити для обраного об'єкту дослідження синергетику розвитку в області традиційних моделей і методів аналізу динаміки механічних систем та моделей і методів інтелектуального керування, виділити вирішений в дисертації комплекс новітніх задач у ракурсі перспективного тренду керування складними механічними системами із застосуванням комп'ютерно-інтегрованих технологій.
2. В розділі 2 не надано належного опису, як визначався натяг сіток антени у робочому стані, та яким чином цей силовий фактор змінюється у процесі розгортання антени.
3. У розділі 3 не приведено ґрунтовних пояснень, чому при застосування навчання з підкріпленням до задачі керування розгортанням стрижневих конструкцій обрано алгоритм проксимальної політики оптимізації.

Зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на позитивну оцінку дисертації.

Загальний висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Шамаханова Владислава Костянтиновича є завершеним самостійним науковим дослідженням. В дисертаційній роботі Шамахановим Владиславом Костянтиновичем зроблено значний внесок у розвиток методології автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у космічних застосунках, робота сприяє синергетичному розвитку традиційних моделей і методів аналізу динаміки та керування розгортанням конструкцій і

сучасних моделей і методів інтелектуального керування. Дисертація характеризується достатнім рівнем наукової новизни та має практичну спрямованість щодо реалізації нових розробок космічних апаратів с радіолокатором з синтезованою апертурою. Значна частина отриманих результатів має більш широку сферу застосування, ніж визначена вибором об'єкту дослідження.

Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків, дисертаційна робота Шамаханова Владислава Костянтиновича «Моделі та методи для аналізу динаміки та керування розгортанням космічного радару на базі офсетної антени», що представлена на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, відповідає вимогам, визначеним пунктами 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 року № 44, а її автор Шамаханов Владислав Костянтинович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Офіційний опонент:

доцент кафедри кібербезпеки та
комп'ютерно-інтегрованих технологій
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара
кандидатка технічних наук, доцентка



Тетяна ЛАБУТКІНА

Підпис Тетяни ЛАБУТКІНОЇ засвідчую

Учений секретар

Дніпровського національного
університету Імені Олеся Гончара
кандидатка фізико-математичних наук, доцентка



Тетяна ХОДАНЕН