

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
**Малосєд Марини Миколаївни**  
**«Автоматизоване проектування оптимальних систем стабілізації нелінійних динамічних об'єктів»,**

яку подано на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 - системи автоматизації проектувальних робіт

### **Актуальність теми дисертації**

Космічні знімки з високими метричними властивостями знаходять широке використання при вирішенні проблем детальної картографії місцевості, збору та обробки інформації для дослідження ресурсів Землі, екологічного контролю, моніторингу надзвичайних ситуацій, для метеорологічних потреб тощо. Це один з напрямів застосування штучних супутників Землі (ШСЗ), що стрімко розвивається, причому важливим елементом його ефективного використання в процесі фотозйомок є можливість здійснювати точну орієнтацію космічного апарата (КА) шляхом його поворотів навколо центру мас відносно трьох ортогональних осей. Така організація керованого руху супутника суттєво ускладнює планування зйомки та управління засобами спостереження, але значно розширює можливості застосування КА. При цьому система його управління повинна забезпечувати як високу маневреність апарата, так і задовольняти вимоги надзвичайно високої точності стабілізації кінематичних параметрів його руху. Тому представлені в дисертаційній роботі наукові дослідження стабілізації та оптимальної стабілізації руху ШСЗ шляхом автоматизованого проектування є досить актуальними.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, темами та планами**

Робота є складовою частиною науково-дослідних робіт в НАУ згідно з темою №396 Д-07 "Методика побудови комплексної навігаційної системи на основі спрощеного варіанту безплатформної інерціальної та високоточної супутникових систем" плану наукових робіт кафедри авіаційних комп'ютерно-інтегрованих комплексів Факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій.

Основні наукові результати отримано в рамках таких науково-дослідних робіт: 1) Кафедральна НДР № 761-ДБ-11 «Стійкі методи і алгоритми обробки сигналів в інформаційно-вимірювальних системах»; 2) Кафедральна НДР № 75 /22.01.03 «Інформаційні технології в системах радіотехнічного забезпечення польотів»; кафедри авіаційних радіоелектронних комплексів Факультету аеронавігації, електроніки та телекомунікацій НАУ; 3) Держбюджетна НДР № 245-ДБ 19.

Вх. 06/51.03  
Від 26/09/2019

## **Наукова новизна отриманих результатів**

До основних нових наукових результатів, що отримані в дисертації, слід віднести:

- за критерієм узагальненої роботи О.А. Красовського вперше запропоновано і досліджено процедуру синтезу оптимального управління нелінійними об'єктами методами прямого жорстокого синтезу (ПЖС). Разом з методами ПЖС нелінійних систем стабілізації (НСС) цей критерій дозволив будувати оптимальний регулятор без інтегрування як рівняння Ріккати, так і рівняння Ляпунова, що значно спрощує процедуру синтезу системи оптимальної стабілізації об'єкта;

- вперше побудовано шостим методом ПЖС НСС оптимальне стабілізуюче управління математичним маятником, порівняно з результатами М.М. Красовського оптимальної стабілізації такого ж математичного маятника, але за лінійним наближенням, що покращує якість стабілізації;

- вперше синтезовано стабілізуюче та оптимальне стабілізуюче управління кутовою орієнтацією штучного супутника Землі 6-м методом ПЖС НСС, яке дозволяє неперервно здійснювати корекцію кутової орієнтації супутника;

- вперше побудовано 6-м методом ПЖС НСС асимптотично стійкий спостерігач похибок спостереження стану ШСЗ за магнітометричною і швидкісною інформацією з датчика кутової швидкості (ДКШ) в умовах невизначеності, досліджено стабілізацію ШСЗ з використанням цієї інформації. Запропоновано та досліджено при цьому новий підхід до використання процедури стабілізації системи похибок спостереження стану ШСЗ.

### **Повнота викладу результатів в опублікованих працях**

Основний зміст дисертаційної роботи викладено в 21 науковій роботі, з них 6 статей – в спеціалізованих виданнях, що входять до переліку фахових видань ДАК МОН України для здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (серед них 1 – в міжнародному журналі), 4 статті в збірниках праць міжнародних конференцій та 11 тез доповідей на міжнародних конференціях

Аналіз публікацій показує, що вони присвячені різним питанням дисертації і досить повно відображають її зміст.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації та їх достовірність**

Для розв'язання поставлених задач використовувались методи системного аналізу, теорії управління та оптимізації, другий метод Ляпунова, метод косиметризації матричного рівняння Ляпунова, комп'ютерне моделювання в середовищі MatLab.

Спрощення та припущення, зроблені в дисертації, обґрунтовані й узгоджуються з фізичною суттю досліджуваних процесів. Одержані результати не заперечують відомим.

Достовірність положень підтверджена послідовністю висновків, узгодженістю теоретичних та практичних результатів, впровадженням здобутків дисертації в практику. Викладене дозволяє вважати всі основні положення дисертації обґрунтованими, а отримані результати достовірними.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення**

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку джерел із 177 найменувань та 8 додатків.

У вступі до дисертації обґрунтовується актуальність теми дослідження, міститься загальна характеристика роботи, її зв'язок з науковими темами, визначені об'єкт і предмет дослідження, сформульовано мету та задачі дисертаційної роботи, визначено новизну та практичну цінність отриманих результатів, кількість публікацій, особистий внесок здобувача.

У першому розділі пропонується та досліджується структура САПР стабілізуючих регуляторів для нелінійних систем із застосуванням методів ПЖС НСС для нелінійних об'єктів. З метою спрощення процесу їх виробництва розроблено математичне забезпечення САПР, яке: скорочує час проектування об'єкта; створює реальний нелінійний об'єкт у віртуальному просторі ПК; підвищує якість і точність його функціонування; зменшує витрати на виробництво, зокрема на його стендові та натурні випробування.

Другий розділ присвячено аналізу можливих шляхів стабілізації нелінійних систем автоматизованого проектування на основі прямого методу Ляпунова.

Третій розділ присвячено дослідженню та аналізу автоматизованого проектування методів ПЖС нелінійних систем стабілізації.

Нелінійна задача стабілізації математичного маятника у верхньому (нестійкому) положенні рівноваги з інтегральним керуванням розглянута як ілюстративний приклад в четвертому розділі, який показує можливість і ефективність реалізації методу ПЖС НСС та відповідної САПР.

Проаналізовано математичну модель автоматичного регулятора підсилення (АРП). Шостим методом ПЖС НСС розв'язано задачу стабілізації вихідної напруги АРП шляхом синтезу необхідного закону управління.

У п'ятому розділі розв'язана задача САПР стабілізації кутової орієнтації ШСЗ як нелінійного динамічного об'єкта і побудовано оптимальне стабілізуюче управління його орієнтацією. Проведено математичне моделювання руху ШСЗ з оптимальним та неоптимальним стабілізуючим управлінням в середовищі MatLab.

Дисертаційну роботу викладено чітко й послідовно, подання змісту узгоджується з основними етапами проведених досліджень. Робота достатньо проілюстрована графіками та рисунками.

Висновки роботи відповідають її змісту, обґрунтовані. Автореферат повністю розкриває суть дисертаційної роботи.

## **Практичне значення отриманих результатів та рекомендації щодо їх використання**

Запропоновані методи, моделі та програмні засоби дозволяють створювати нові та вдосконалювати існуючі системи автоматизованого проектування ШСЗ.

Основні положення дисертації, впроваджені в навчальний процес у Національному авіаційному університеті при викладанні дисциплін «Теорія оптимального управління механічними системами», «Основи комп'ютерного проектування РЕА», «Математичне моделювання систем та процесів» для студентів напряму 6.050901 «Радіотехніка» спеціальності 8.05090103 «Радіоелектронні пристрої системи та комплекси», що підтверджено актами.

### **Зауваження по дисертації**

1. На мій погляд об'єктом дослідження є не проблеми, а процес оптимального управління і стабілізації нелінійних динамічних систем, а предметом дослідження – методи автоматизованого проектування оптимальних регуляторів для стабілізації нелінійних систем в умовах невизначеності методами ПЖС НСС

2. Основні положення наукової новизни треба було формулювати більш стисло та чіткіше.

3. У першому розділі дисертаційної роботи багато загальної інформації про САПР.

4. На стор. 31 під заголовком «Типи САПР» здійснено перелік різновидів забезпечення САПР.

5. Висновок 2 до першого розділу є досить очевидним.

6. Відсутній будь-який аналіз обчислювальних витрат при проектуванні.

7. Доцільно було б навести критерій якості для синтезу оптимального управління в динамічній задачі ШСЗ ( 5 розділ).

8. Впровадження результатів роботи має бути ширшим, ніж в виробництво на ПАТ «ЗАВОД ПІВДЕНКАБЕЛЬ».

9. В тексті дисертації зустрічаються окремі недоліки оформлення: на рис. 5.7, 5.15 не зазначені одиниці вимірювання величин по осях абсцис та ординат; відсутні назви таблиць 2.1, 3.2, 5.1; недостатня якість зображень на рис. 5.1, 5.3, 5.4.

Незважаючи на зроблені зауваження, слід відзначити, що вони не зменшують наукової цінності роботи та отриманих практичних результатів.

### **Загальна оцінка дисертаційної роботи**

Представлена до захисту дисертація Малоєд М.М. «Автоматизоване проектування оптимальних систем стабілізації нелінійних динамічних об'єктів» є завершеною науково-дослідною працею, яка виконана на належному науковому рівні. В роботі отримано нові науково-обґрунтовані результати, які вирішують актуальну і важливу науково-прикладну задачу розробки та удосконалення методів і засобів автоматизованого проектування оптимальних систем стабілізації

нелінійних динамічних об'єктів, що дає змогу підвищення ефективності результату проектування.

Дисертаційна робота і автореферат відповідають вимогам до науково-технічних текстів, матеріал викладено логічно, текст автореферату і висновки повністю відображають зміст та результати досліджень. Основні результати роботи відображено в опублікованих наукових працях автора.

За актуальністю, науковою новизною, практичною значимістю, важливістю отриманих результатів для науки і практики, обсягом і рівнем публікацій дисертація цілком відповідає вимогам п. 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 року № 567, зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України № 656, які висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор – Малоед Марина Миколаївна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – Системи автоматизації проектувальних робіт.

Офіційний опонент професор кафедри біомедичної інженерії Харківського національного університету радіоелектроніки, доктор технічних наук

І.В. Прасол

Підпис проф. Прасола І.В. засвідчую  
Проректор з інноваційно-корпоративної  
роботи та адміністрування Харківського  
національного університету радіоелектроніки



В.В. Россіхін

20 вересня 2019 р.