

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Осокіна Владислава Сергійовича

на тему «Інваріантна до збурень оптимальна система керування оптичною віссю камери»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації

за спеціальністю 173 Авіоніка

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальність теми дисертаційної роботи «Інваріантна до збурень оптимальна система керування оптичною віссю камери» обумовлена швидким розвитком і впровадженням сучасних оптико-електронних систем, що використовуються в багатьох критичних галузях, включаючи військову техніку, аерокосмічну індустрію, безпілотні платформи, системи автоматизованого відеонагляду та моніторингу.

В умовах постійних змін навколишнього середовища, де фактори збурень можуть варіюватися в широкому діапазоні, від точкових вібрацій до атмосферних впливів, важливо забезпечити високу стабільність положення оптичної осі.

У традиційних системах стабілізації зазвичай використовуються методи, засновані на частковій компенсації збурень, однак ці методи часто не враховують всю складність і різноманіття впливів, що може призводити до нестабільності та зниження точності в реальних умовах. Існуючі підходи часто мають обмеження в здатності адаптуватися до змінних зовнішніх впливів, що впливає на ефективність таких систем.

У зв'язку з цим, розробка інваріантної до збурень системи керування, яка оптимально функціонує навіть при неповній або непередбачуваній інформації про характер збурень, є важливим кроком у підвищенні ефективності таких технологій.

Запропонований підхід, спрямований на створення стабільної та високоточної системи керування оптичною віссю, має велике практичне значення для створення новітніх керованих платформ, здатних ефективно функціонувати в динамічних і складних умовах, що є критично важливим для забезпечення надійності та точності операцій в реальному часі.

Ця робота має важливе значення як для розвитку теорії автоматичного керування в області оптико-електронних систем, так і для практичного застосування в ряді високотехнологічних сфер, зокрема, для авіаційних і космічних застосувань.

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

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Розроблено новий підхід до побудови інваріантної до збурень системи керування оптичною віссю камери.

Вперше запропоновано метод формування коригуючого впливу, який базується на наближенні змінної стану до допустимої межі, що забезпечує гарантовану компенсацію збурень і необхідну якість перехідного процесу.

Розроблено ефективний алгоритм інваріантного керування, здатний зменшувати похибку стабілізації, підвищувати точність і зберігати стійкість системи в умовах випадкових, непередбачуваних збурень без обмежень на їхню природу.

Вперше обґрунтовано доцільність застосування підходу оберненої динамічної моделі в системах високого порядку для досягнення стабільності та заданої динаміки незалежно від характеру збурень, що дозволяє функціонування системи без потреби у вимірюванні збурювальних впливів.

Встановлено вплив алгебраїчної, диференціальної та інтегральної складових регулятора гарантування точності на динамічні характеристики системи, що дало змогу оптимізувати параметри регулятора для покращення швидкодії та компенсації похибок при тривалих збуреннях. Також узагальнено математичну постановку задачі гарантування точності керування у вигляді формалізації алгебро-диференціальних рівнянь з обмеженнями, що розширює теоретичні основи побудови високоточних систем автоматичного керування.

Достовірність отриманих наукових результатів забезпечується використанням апробованих математичних апаратів, імітаційного моделювання, чисельних експериментів. Порівняння з існуючими системами стабілізації підтвердило ефективність запропонованого підходу та обґрунтованість висунутих положень. Отримані результати підтверджують можливість практичного впровадження розроблених методів у сучасні оптико-електронні системи.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі систем керування літальними апаратами КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках ініціативної теми під керівництвом професора кафедри, доктора технічних наук, професора Олександра Збруцького.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання підвищення точності систем автоматичного керування оптичною віссю камер шляхом розробки та впровадження інваріантної до збурень системи керування з використанням адаптивного коефіцієнту на основі оберненої динамічної моделі системи, що дозволяє досягти гарантованої точності в умовах

непередбачуваних зовнішніх впливів виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Осокіна В.С. повністю відповідає спеціальності 173 Авіоніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Система керування літальними апаратами та комплексами».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям системи автоматичного керування.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Осокіна Владислава Сергійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

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

Дисертаційна робота написана українською мовою. Дисертаційна робота характеризується логічною послідовністю викладення матеріалу, чіткою структурою та обґрунтованими переходами між розділами. Текст викладено доступною науковою мовою з дотриманням принципів академічної культури письма. Автор послідовно розкриває теоретичні засади дослідження, методологію побудови системи керування, експериментальні результати та їх аналіз. Стиль викладення витримано в межах наукової традиції, без надмірної складності або спрощення, що дозволяє легко сприймати викладене. У роботі використовуються загальноприйняті терміни в галузі теорії автоматичного керування, динаміки систем і математичного моделювання, що сприяє однозначному трактуванню результатів. Ілюстративний матеріал, рівняння та графіки доречно підтримують зміст, забезпечуючи наочність і переконливість представлених висновків.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 194 сторінки.

У вступі автор обґрунтовує актуальність теми, формулює мету й завдання дослідження, окреслює наукову новизну й практичну значущість отриманих результатів, визначає власний внесок у дослідження, а також надає інформацію про публікації та апробацію результатів роботи.

Перший розділ присвячено аналітичному огляду наукових джерел, у яких розглянуто сучасні методи стабілізації й керування оптичними системами. На основі аналізу визначено ключові підходи до побудови високоточної системи керування, а також сформульовано основні вимоги до такої системи.

У другому розділі розроблено математичну модель системи автоматичного керування і стабілізації оптичної осі камери, яка здатна зберігати точність і стійкість у динамічних умовах експлуатації при дії змінних збурювальних факторів.

Третій розділ містить опис алгоритму керування, що забезпечує інваріантність до зовнішніх збурень. Автор запропонував методику формування зворотного зв'язку з використанням оберненої динамічної моделі та додаткового регулювального контуру, що гарантує точну стабілізацію навіть за непередбачуваних відхилень. Запропоновано підхід до визначення параметрів цього контуру з метою забезпечення адаптивності та стійкості системи в умовах змінних режимів роботи.

Четвертий розділ містить результати математичного моделювання роботи розробленої системи. Проведено аналіз її динамічних характеристик, здійснено порівняння з традиційними підходами та підтверджено підвищення якості перехідних процесів і точності стабілізації в умовах дії невизначених збурень.

У висновках узагальнено ключові результати дослідження, що були отримані в процесі виконання дисертаційної роботи. Додатки містять допоміжні матеріали, включно з авторським програмним забезпеченням, що використовувалося для реалізації і перевірки алгоритмів, а також документи, які підтверджують практичне впровадження результатів.

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.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 10 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на 5 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача відповідає вимогам до дисертаційних робіт за спеціальністю, відзначається високим ступенем обґрунтованості результатів, коректністю формулювань, актуальністю тематики та чітким спрямуванням на вирішення поставлених у дисертації завдань. Публікації охоплюють як теоретичні аспекти побудови інваріантної системи керування, так і прикладні результати математичного моделювання та впровадження запропонованих рішень. У наукових працях, опублікованих у

співавторстві, простежується значний особистий внесок здобувача, зокрема у формулювання основних положень, розробку алгоритмів та проведення досліджень. Автор дотримується принципів академічної доброчесності: в публікаціях чітко наведено джерела використаних ідей, відсутні прояви плагіату, а результати репрезентуються прозоро та з урахуванням наукової етики.

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

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

1. Серед незначних недоліків дисертаційної роботи можна відзначити окремі стилістичні неточності та повтори в тексті, які не впливають на змістовну якість дослідження, однак дещо ускладнюють сприйняття матеріалу при першому ознайомленні. У деяких випадках варто було б вдатися до більш стислого та структурованого викладення, зокрема у вступній частині та висновках до розділів.

2. Окремі твердження, які мають критичне значення для обґрунтування ефективності запропонованих підходів, доцільно було б супроводити більш глибоким порівняльним аналізом із вже існуючими методами. Зокрема, відсутність аналітичного зіставлення результатів із альтернативними рішеннями які наведені в аналізі літератури (ADRC, робастні системи, нечітка логіка), що дещо знижує переконливість переваг запропонованих алгоритмів.

3. Наявна частина дослідження значною мірою ґрунтується на моделюванні, при цьому залишилося не до кінця з'ясованим, чи проводилися експериментальні випробування або лабораторні тести із залученням реального обладнання. Це створює враження деякої відірваності від практичного втілення і потребує уточнення в тексті або додатках. Наприклад чи реалізовано ескізний проєкт вказаний в акті про використання результатів КП СПБ «Арсенал».

4. Рис. 3.16 реалізація в середовищі Simulink зовнішніх збурень, але показана реалізація не всіх збурень які перераховані далі. Чи були вони реалізовані?

5. Також варто звернути увагу на те, що застосування передатних функцій із високими коефіцієнтами підсилення (які можуть прагнути до нескінченності в ідеальних умовах) не супроводжується поясненнями щодо передбачених захисних механізмів, які могли б запобігти виникненню помилок або нестабільності в реальній системі. В умовах реального часу, навіть короткочасне перенавантаження може призвести до відмови обладнання.

6. В дисертації зазначено про розроблений програмний інструментарій, але не подано розгорнутої інформації про його структуру, принципи роботи,

інтерфейс чи вимоги до апаратного забезпечення, що було б корисним для потенційного практичного впровадження.

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 здобувача ступеня доктора філософії Осокіна Владислава Сергійовича на тему «Інваріантна до збурень оптимальна система керування оптичною віссю камери» виконана на 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 17 «Електроніка та телекомунікації».

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.

Здобувач Осокін Владислав Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 173 Авіоніка.

#### **Рецензент:**

Професор кафедри  
телекомунікацій  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
д.т.н., професор



Олександр ЛИСЕНКО

«29» квітня 2025 року