ВІДГУК

офіційного опонента – доктора технічних наук,

професора, завідувача кафедри комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

БУРАУ НАДІЇ ІВАНІВНИ

на дисертаційну роботу

САЛЮКА ОЛЕКСАНДРА ОЛЕКСІЙОВИЧА

«Методика проєктування систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів», подану на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Дисертаційна робота є завершеним кваліфікаційним науковим дослідженням, у якому отримані нові науково-обґрунтовані результати, що у сукупності сприятимуть вирішенню проблеми високоточної стабілізації інформаційних та спостережувальних приладів, які експлуатуються на рухомих об'єктах широкого класу. Така проблема є актуальною для приладобудівної галузі України, особливо в умовах військового стану.

Актуальність теми дисертації.

Для ефективного використання вимірювального та спостережувального обладнання, встановленого на рухомих об'єктах, необхідно забезпечити його просторову стабілізацію в умовах комплексного впливу інтенсивних збурень, зумовлених як середовищем використання та динамікою руху об'єкта, так і недоліками встановлення обладнання на об'єкті. Не зважаючи на інтенсивні дослідження в галузі автоматизації та приладобудування, проблема розробки систем високоточної стабілізації та наведення різного за своїм призначенням обладнання на рухомих об'єктах, що експлуатуються в різних фізичних середовищах, залишається актуальною.

Часто системи стабілізації створюються для окремого класу рухомих об'єктів, за звичай, за типовим схемами з подальшим доведенням/ удосконаленням функціональних елементів, оптимізацією структури та алгоритмів керування. Але складні умови експлуатації носіїв обладнання, необхідність розши-

рення функціональних можливостей, вимоги високої точності та надійності виконання поставлених завдань обумовлюють функціональну, методичну, алгоритмічну складність систем стабілізації обладнання, що вимагає нових підходів до їх проєктування.

В дисертаційній роботі запропоновано та обґрунтовано новий комплексний підхід до проєктування систем просторової стабілізації, орієнтований на етапи попереднього та ескізного проєктування, реалізація якого дозволить забезпечити високу точність стабілізації обладнання рухомих об'єктів в складних умовах реальної експлуатації.

Відповідно до викладеного, дисертаційна робота, метою якої є створення сукупності методів та процедур проєктування робастної системи просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів, яка характеризується високим рівнем контролепридатності, вирішує актуальне та важливе науково-практичне завдання.

Оцінка змісту дисертації.

За своїм змістом дисертаційна робота Салюка О.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал дисертаційного дослідження викладено науковою мовою, послідовно та логічно, використання загальноприйнятої термінології у тексті дисертації є коректним.

Дисертація складається з анотації, вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел із 107 найменувань та додатку. Загальний обсяг дисертації складає 150 сторінок.

У першому розділі досліджується стан проблеми та обґрунтовується актуальність теми дисертаційної роботи. Здобувачем виконано аналіз основних прикладних застосувань платформних систем просторової стабілізації, визначено особливості проєктування таких систем. На прикладі представленої в огляді узагальненої структури системи просторової стабілізації виконано постановку задачі проєктування та обґрунтовано необхідність створення сукупності методів та процедур проєктування систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів.

Другий розділ присвячено математичному опису систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів, зокрема, наведено математичні моделі одновісної, двовісної та тривісної систем стабілізації. Для одновісної системи

наведено математичні описи окремих пристроїв, що входять до системи просторової стабілізації, а також запропоновано об'єднану модель об'єкта стабілізації та двигуна, що є актуальним для багатомасових систем.

У третьому розділі представлено метод синтезу структури контролепридатної системи стабілізації. За критерій оптимізації прийнято узагальнений показник контролепридатності та принципи узагальненого формалізованого опису структури системи. Представлено підхід до визначення допустимих значень параметрів системи із урахуванням показників достовірності контролю. Для прикладу горизонтального контуру системи стабілізації обладнання, встановленого на наземних рухомих об'єктах, запропоновано та обґрунтовано вдосконалення методу робастної параметричної оптимізації системи на основі змішаного H_2/H_∞ підходу та ведення двох типів штрафних функцій, які враховують вимоги до стійкості та до найбільш важливих характеристик систем досліджуваного типу.

У четвертому розділі наведено запропоновану методику проєктування робастної системи просторової стабілізації з високим рівнем контролепридатності, до складу якої входить вісім методів та процедур. Наведено процедури вибору основних складових системи просторової стабілізації, адаптивної фільтрації вихідної інформації та моделювання основних складових системи просторової стабілізації та синтезованої системи.

Висновки до роботи показують, що автором вирішено всі завдання досліджень і досягнуто поставленої мети.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження.

Основний науковий результат роботи полягає в науковому обґрунтуванні комплексного підходу до проєктування систем стабілізації обладнання, встановленого на рухомих об'єктах, на основі застосування сукупності запропонованих методів та процедур проєктування робастної системи просторової стабілізації з високим рівнем контролепридатності.

Запропоновані методи та процедури ґрунтуються на методах теорії автоматизованого проєктування, сучасної теорії управління, оптимізації, математичного та імітаційного моделювання. Для дослідження використано апробовані методи, зроблені припущення та спрощення є коректними та обґрунтованими, отримані результати узгоджуються з відомими і є їх подальшим розвитком.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження визначається такими положеннями.

1. Вперше запропоновано та обґрунтовано сукупність методів та процедур проєктування робастних систем просторової стабілізації, які відрізняються від відомих тим, що побудовані на основі нового способу оцінки здатності системи до контролю та модифікованої теорії робастної оптимізації, що забезпечує підвищення точності та надійності систем стабілізації в умовах параметричних та координатних збурень.

2. Вперше запропоновано та обґрунтовано метод синтезу структури контролепридатних систем просторової стабілізації на основі використання модифікованої метрики з урахуванням показників контролепридатності системи, що підвищує надійність систем та їх стійкість до відмов.

3. Вдосконалено метод робастного параметричного синтезу систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів шляхом введення додаткової штрафної функції на підставі основних показників якості системи.

Вважаю, що поставлене в дисертаційній роботі науково-практичне завдання обґрунтування сукупності методів та процедур проєктування робастної системи просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів, яка характеризується високим рівнем контролепридатності, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці методичного забезпечення етапів попереднього та ескізного проєктування, що дає можливість створити перспективні систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів на основі застосування запропонованих методів та процедур. Практичні результати є такими:

1. Розроблено процедуру визначення допустимих значень параметрів системи на основі аналізу інструментальної та методичної достовірностей контролю.

2. Розроблено програмні імітаційні моделі та виконано моделювання синтезованої системи у різних режимах її роботи, у тому числі з урахуванням збурень.

3. Розроблено процедуру обробки сигналів датчика кутової швидкості за рахунок введення адаптації на основі нерекурсивного фільтру, реалізованого на нейромережі із часовою затримкою, що підвищує точність стабілізації в умовах експлуатації.

Практична цінність результатів дисертаційної роботи підтверджується актами впровадження у навчальний процес та науково-дослідну роботу Київсь-

кого авіаційного інституту, а також у науково-виробничу діяльність ПрАТ «РАМЗАЙ» та АТ «ЕЛМІЗ».

Аналіз публікацій за результатами дослідження.

За результатами досліджень опубліковано 2 наукові статті у закордонних періодичних виданнях, що індексуються в наукометричній базі Scopus, та 11 наукових статей у фахових виданнях України. Основні результати роботи були представлені на 11 міжнародних наукових конференціях, з них 9 доповідей у збірниках наукових праць конференцій, які проіндексовано у міжнародній наукометричній базі Scopus.

Науковий рівень публікацій є достатньо високим, про що свідчить наявність двох наукових статей та дев'яти доповідей праць конференцій у виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus. Аналіз публікацій свідчить, що наукові результати, описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача, а їх якість, кількість та обсяг відповідають встановленим вимогам.

Дискусійні питання та зауваження.

1. Наукові дослідження сукупності запропонованих методів та процедур проєктування робастної системи просторової стабілізації з високим рівнем контролепридатності проведено для систем просторової стабілізації обладнання, що встановлюється на різних типах рухомих об'єктів, причому для різних об'єктів досліджуються різні методи та процедури (обґрунтування по проєктуванню зроблено для наземного об'єкта, а напівнатурне моделювання – для літального апарату). Це ускладнює цілісне сприйняття розробленої методики викликає питання щодо узгодженості отриманих результатів для об'єктів з різною динамікою в умовах різних типів збурень.

2. Було б доцільно доповнити Розділ 2 моделями зовнішніх збурень, принаймні для систем просторової стабілізації, призначених для експлуатації на наземних рухомих об'єктах.

3. У роботі відсутній аналіз найбільш поширених методів синтезу систем просторової стабілізації, звичайно робастні методи є сучасними і доцільними у умовах експлуатації, що супроводжується дією збурень, але доцільно було б навести наукове обґрунтування вибору цього підходу у розширеному вигляді.

4. У Розділі 3 не наведено пояснення та аналізу отриманих залежностей, що ілюструють «взаємозв'язок між інструментальною складовою достовірності контролю та точністю і масогабаритними характеристиками гіроскопічного

пристрою» на рис. 3.4. Не наведено пояснень щодо умов експлуатації, типів контролю, не зроблено аналіз встановлених залежностей на рис. 3.5. Відсутні пояснення щодо параметрів системи та параметрів руху, на основі яких записано чисельні складові матриць на с.95. Відсутній аналіз отриманих результатів моделювання на рис. 3.8.

5. У Розділі 4 відсутній аналіз і пояснення наведених на рис. 4.5 перехідних процесів, не показано зв'язку шкали за віссю ординат з діапазоном вимірювання в град/год. При моделюванні замкнених контурів синтезованої системи доцільно було б навести програмну модель та опис, а отримані результати при визначенні динамічної похибки системи (рис. 4.11), при перевірці перерегулювання системи (рис. 4.12) потребують пояснення щодо їх відповідності встановленим вимогам.

6. Висновки до розділів подаються анотовано, містять опис отриманих результатів, але кількісних результатів не наведено.

7. В роботі мають місце синтаксичні та стилістичні помилки, а також помилки друку, серед них: відсутня математична модель двигуна на с.54; відсутні індекси у формулах (2.15) і (2.16); відсутня формула (2.17); відсутня частина рівнянь у формулі (2.20); у деяких формулах не наведено повного опису змінних та параметрів, наприклад, (3.10)-(3.14); невірне посилання на джерело [28] на с.52, с.56, с.60.

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

Загальний висновок

В результаті опрацювання представленої дисертації і наукових праць здобувача можна зробити висновок щодо відповідності дисертаційної роботи вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах) та сформулювати наступне:

1. Дисертація Салюка Олександра Олексійовича на тему «Методика проєктування систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів» є завершеною науковою працею, що характеризується єдністю змісту і в якій одержані нові наукові результати, що в цілому є суттєвими для розвитку комп'ютерно-інтегрованих технологій приладобудування. У тексті дисертації використано сучасну науково-технічну термінологію.

2. Дисертація відповідає спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» із галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

3. Згідно вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року. № 261 (зі змінами і доповненнями від 03 квітня 2019 року № 283), вимогам пп. 6, 7, 8, 9 "Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії", затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, вважаю, що робота відповідає вимогам, що пред'являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а її автор, Салюк Олександр Олексійович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності у галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Офіційний опонент:
доктор технічних наук,
професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих
оптичних та навігаційних систем
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Відділ кадрів і архівної справи № 6

Підпис гр. Надія БУРАУ
ЗАСВІДЧУЮ
Відділ кадрів
14.03.25
підпис пр-ще