

Голові спеціалізованої вченої ради
К 26.139.03 Відкритого міжнародного
університету розвитку людини
“Україна”

03115, м. Київ, вул. Львівська, 23

ВІДГУК
офіційного опонента

начальника кафедри автоматизованих систем управління факультету інформаційних технологій Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут, доктора технічних наук, старшого наукового співробітника Сиви Олега Ярославовича на дисертаційну роботу Артабасва Юрія Зуберовича на тему “Методика підвищення точності комплексованих навігаційних систем на основі прогнозуючих моделей з використанням генетичних алгоритмів”, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем

Актуальність теми дисертаційної роботи. Забезпечення гнучкого і безперервного управління пересуванням, зосередженням та маневром різного роду спеціальної техніки, в тому числі військового призначення, неможливе без точної інформації про її місце розташування. Вирішення цієї задачі забезпечується шляхом застосування на рухомих об’єктах засобів навігації. Для цього всі рухомі одиниці, які беруть участь в пересуванні, повинні бути оснащені навігаційними системами (НС) або навігаційними комплексами (НК), здатними безперервно, надійно і точно визначати їх місце розташування, за різних метеоумов та в будь-який час доби і пору року.

Варто зазначити, що управління сучасними високодинамічними засобами, зокрема літальними апаратами (ЛА), є найбільш складним завданням через високі вимоги до точності управління. Системи керування ЛА виробляють сигнали керування на основі вимірювальної інформації від різних систем навігації. При цьому, навігаційні системи мають похибки, які обумовлені як зовнішніми так і внутрішніми чинниками. Забезпечення необхідних якісних характеристик навігаційних систем може здійснюватися двома способами: конструкторським і алгоритмічним.

Конструкторський спосіб передбачає наявність нової технологічної бази, тривалого часу і серйозних фінансових витрат. Алгоритмічний спосіб дозволяє

досягти необхідного результату за короткий час з мінімальними матеріальними та фінансовими витратами. Окрім того, використання алгоритмічного способу дозволяє не обмежувати реалізацію нових конструкторських рішень.

Враховуючи вищезазначене, визначене здобувачем наукове завдання, пов'язане з підвищенням точності навігаційних визначень комплексованих навігаційних систем на основі прогнозуючих моделей з використанням генетичних алгоритмів є важливим і актуальним на сьогоднішньому етапі розвитку навігаційних систем.

Наукова новизна одержаних здобувачем результатів. Дисертаційна робота є продовженням серії наукових досліджень, присвячених підвищенню точності комплексованих навігаційних систем. У ході дослідження розроблено новий науково-методичний апарат з підвищення точності навігаційних визначень комплексованих навігаційних систем. Наукова новизна відображена у наступних отриманих результатах, які характеризуються теоретичною та практичною цінністю:

1. Удосконалено методику підвищення точності навігаційних визначень комплексованих навігаційних систем, яка, на відміну від існуючої, дозволяє формувати інформаційний сигнал корекції навігаційних визначень ІНС на основі прогнозуючих моделей з використанням генетичних алгоритмів.

2. Розроблено метод корекції динамічних похибок блоку датчиків кутової швидкості (ДКШ), який, на відміну від існуючих, дозволяє компенсувати похибки від перехресних кутових швидкостей.

3. Розроблено новий метод корекції автономної ІНС заснований на нелінійній моделі похибок системи і сигналах з датчиків моментів прецесії, що є його відмінною рисою і який не має аналогів в літературних джерелах.

4. Запропоновано метод формування безпосередньо невимірюваних похибок автономної ІНС для корекції системи у вихідному сигналі.

5. Розроблено метод формування вимірювальних сигналів для генетичних алгоритмів, заснований на нелінійній моделі похибок ІНС, що застосовується для компенсації похибок автономної ІНС і передбачення маршруту та виходу в задану точку ЛА для розпізнавання об'єкту та розвідки обстановки. Запропонований метод оцінки заснований на аналізі прогнозу помилок ІНС.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, достовірність одержаних результатів. Обґрунтованість положень і висновків обумовлена вибором адекватних методів дослідження, використанням сучасного апробованого математичного апарата, ясним фізичним трактуванням результатів досліджень та їх несуперечністю відомим даним.

Достовірність наукових положень дисертаційної роботи підтверджується коректною постановкою наукового завдання та часткових наукових задач

дисертаційного дослідження, використанням в роботі теоретично обґрунтованих та широко апробованих на практиці математичних методів, моделей і алгоритмів, а також достатнім обсягом чисельного моделювання та отриманими несуперечливими результатами, які узгоджуються з відомими даними, опублікованими в науковій літературі. Наукові положення дисертаційної роботи дають повне уявлення про зміст та суть досліджень, їх новизну і практичну цінність.

Теоретичне значення роботи полягає у розвитку теорії та методів підвищення точності комплексованих навігаційних систем за рахунок компенсації їх помилок. Запропонований науково-методичний апарат забезпечить підвищення точності комплексованих навігаційних систем, у порівнянні з відомими підходами, при їх реалізації на безпілотному літальному апараті.

Практичне значення отриманих результатів підтверджують акти впровадження результатів дисертаційної роботи. Практична цінність роботи полягає в наступному:

- вибір нелінійної моделі похибок ІНС оптимальної складності дозволив розробити методи високоточної корекції навігаційної інформації автономних систем, які легко можуть бути реалізовані в спецобчислювачі або БЕОМ. Розроблені алгоритми корекції автономних навігаційних систем за рахунок використання тільки внутрішніх зв'язків дозволяють підвищити точність визначення параметрів орієнтації та навігації ЛА як в автономному режимі функціонування систем, так і в умовах корекції від зовнішніх датчиків інформації за рахунок організації ефективних обчислень в БЕОМ;

- запропоновано метод формування вимірювань для генетичних алгоритмів, який застосовується для компенсації похибок автономної ІНС і передбачення маршруту та виходу в задану точку ЛА для розпізнавання об'єкту та розвідки обстановки. Оцінка точності виконання завдань ЛА дозволяє прийняти рішення про зміну сценарію польоту.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені: на Державному підприємстві «Оризон-Навігація» під час виконання ДКР, шифр «Вікно» (акт реалізації № 0060101/1117 від 28. 10. 2021 р.); в ТОВ «Інноваційна компанія «Техенерго-СВ» під час виконання ДКР, шифр «Вектор-СВ» (акт реалізації від 30. 09. 2021 р.) та в АТ «ЕЛМІЗ» під час виконання ДКР «Інерціально-вимірювальний модуль ІВМ-25Л» (акт реалізації від 02. 11. 2021р.).

Мова та стиль викладення дисертації та автореферату дозволяють зрозуміти суть розроблених наукових положень і одержаних практичних результатів. Дисертація у цілому відповідає вимогам, які ставляться до її оформлення відповідно до Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р.

№ 567 (зі змінами) та Вимог до оформлення дисертації, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40. Зміст дисертації викладено послідовно та логічно.

Повнота викладення наукових результатів в опублікованих працях, апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 8 наукових статтях (з них 7 - без співавторів). 5 статей опубліковано у наукових фахових виданнях України, 3 статті опубліковані в наукових закордонних журналах в країнах Європейського Союзу, а також додатково відображені у 10 тезах доповідей на міжнародних та національних наукових та науково-практичних конференціях, семінарах та в 3 звітах про науково-дослідну роботу, одному патенті України на винахід.

Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Аналіз внеску автора в публікаціях щодо питань, висвітлених у дисертації, показав, що внесок здобувача є вирішальним.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому, відповідність встановленим вимогам оформлення дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг становить 140 сторінок машинописного тексту без додатків. Робота містить 50 рисунків та 4 таблиці, список використаних джерел, що містить 70 найменувань.

Дисертація має всі ознаки, що притаманні роботі за кваліфікаційним рівнем кандидатської дисертації, яка за своїм змістом та отриманими науковими результатами відповідає паспорту спеціальності 01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем.

Зміст дисертації відповідає поставленій меті. Викладення матеріалу послідовне та логічне, надається технічною мовою. Оформлення дисертаційної роботи відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

В першому розділі дисертації розглянуті автономні і коректовувані навігаційні системи. Представлені різні способи їх корекції. Досліджено алгоритми компенсації похибок сучасних навігаційних систем ЛА. Виділено найбільш перспективний спосіб корекції навігаційних систем, який може бути використаний в БЕОМ для оптимізації обчислень, що дасть змогу підвищити точності як для автономних, так і коректованих систем. Цей спосіб заснований на застосуванні нелінійної математичної моделі похибок навігаційної системи і використанні інформації з датчиків моменту прецесії. Розглянуто безпілотний ЛА, як багатопроцесорний комплекс, на якому встановлені комплексована навігаційна система (яка складається з супутникової навігаційної системи та

інерціальної навігаційної системи) та далекомір. Сформульовано завдання дослідження.

Другий розділ роботи присвячений аналізу існуючого науково-методичного апарату з дослідження комплексованих навігаційних систем. Досліджено моделі лінійних і нелінійних помилок навігаційних систем ЛА. Представлені нелінійні моделі похибок ІНС оптимального рівня складності, які досить точно відображають основні особливості зміни похибок ІНС і легко реалізовані в спецобчислювачі або БЕОМ ЛА. Проведено аналіз помилок навігаційних систем та, на основі відомих моделей, запропонована власна складна нелінійна модель.

У *третьому розділі* представлені оригінальні методи корекції навігаційних систем ЛА:

- метод корекції автономної ІНС на основі сигналів з датчиків моменту прецесії;

- алгоритм формування сигналів корекції автономної ІНС;

- формування сигналів корекції ІНС з урахуванням нелінійних складових моделі похибок ІНС;

- метод підвищення точності системи вимірювання кутових швидкостей ЛА;

- алгоритм визначення помилки при передбаченні маршруту та виходу в задану точку ЛА для розпізнавання об'єкту та розвідки обстановки з використанням генетичного алгоритму;

- метод побудови прогнозуючих моделей з використанням генетичних алгоритмів;

- алгоритми побудови прогнозуючих моделей помилок автономних ІНС.

Четвертий розділ присвячений експериментальним дослідженням. Проведено моделювання тестової математичної моделі помилок ІНС, сформованих коректуючих сигналів і ГА. Результати математичного моделювання продемонстрували працездатність розроблених методів. Аналіз результатів математичного моделювання показав, що розроблені методи дозволяють підвищити ефективність обчислювань в БЕОМ тим самим підвищують ефективність навігаційних систем в автономному режимі і забезпечують виконання поставлених завдань ЛА.

Відповідність автореферату змісту дисертації. Основні положення автореферату: предмет, об'єкт та методи дослідження; мета і завдання дослідження; наукова новизна отриманих результатів; практичне значення отриманих результатів; зміст розділів; основні результати і висновки роботи; список праць за темою дисертації; характеристика особистого внеску здобувача наукового ступеня – відповідають аналогічним позиціям дисертаційної роботи. Автореферат написано лаконічно та в стислій формі.

Зауваження до змісту й оформлення дисертаційної роботи. Загалом позитивно оцінюючи дане дослідження, слід зазначити, що окремі його положення потребують додаткової аргументації, або викликають певні зауваження та побажання.

1. Дисертація перевантажена загальновідомими відомостями. Автору доцільно було б більше зосередитися саме на представленні наукової новизни та практичної значимості дисертаційного дослідження здобувача.

2. У розділі 3, що присвячений розробці методів корекції навігаційних систем ЛА, відсутні конкретні обмеження, допущення та припущення. Враховуючи зазначене, бажано навести послідовність дій методу, що був обраний базовим для удосконалення та вказати на якому саме етапі застосовується кожна з процедур.

3. У тексті автореферату та дисертації відсутні відомості про те, які параметри еволюційних алгоритмів використано.

4. У розділі 3 відсутні конкретні умови моделювання, за яких були отримані графічні залежності. Бажано було б вказати зазначені обмеження з метою конкретизації наукового дослідження.

5. У тексті дисертації та автореферату відсутні порівняльні дослідження швидкодії відомих та запропонованих наукових результатів.

6. В тексті дисертації та автореферату наявні граматичні та синтаксичні помилки.

Разом з тим, зазначені зауваження не впливають на якість подання дисертації, а їх наявність не знижує практичної, а тим паче наукової цінності одержаних здобувачем результатів.

Загальний висновок. Отже, на основі критичного вивчення дисертації та праць здобувача, опублікованих за темою, об'єктивно встановлено:

дисертаційна робота Артабаєва Ю.З. "Методика підвищення точності комплексованих навігаційних систем на основі прогнозуючих моделей з використанням генетичних алгоритмів" є завершеним науковим дослідженням, містить нові наукові результати, має наукову та практичну цінність, та спрямована на розв'язання важливого науково-прикладного завдання підвищення точності навігаційних визначень комплексованих навігаційних систем на основі прогнозуючих моделей з використанням генетичних алгоритмів;

основні результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані, пройшли належну апробацію на наукових конференціях та семінарах. Автореферат відповідає змісту дисертації та повністю його відображає;

дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем, відповідає вимогам пунктів 9, 10 та 12 "Порядку присудження наукових

ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р., а її автор – Артабаєв Юрій Зуберович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.03 – Математичне та програмне забезпечення обчислювальних машин і систем.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

Начальник кафедри автоматизованих систем управління
Військового інституту телекомунікацій та інформатизації
імені Героїв Крут
доктор технічних наук, старший науковий співробітник

“07” грудня 2021 року



Олег СОВА