

ВІДГУК

№ 67-72-98/1
30.04.2021

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Алоба Лео Тосіна

на тему «Автоматизація групового керування автономними ненаселеними підводними апаратами пошукового типу», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю

05.13.03 – системи та процеси керування

1. Актуальність теми дисертації

Застосування автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА) як технічний засіб для виконання пошукових, розвідувальних та природоохоронних задач висуває особливі вимоги щодо їх продуктивності під час реалізації різноманітних підводних місій. Одним із способів підвищення продуктивності АНПА є їх групове застосування, коли декілька АНПА одночасно виконують спільну підводну місію.

Для реалізації такого рішення необхідно забезпечити безаварійний рух АНПА в режимах групового переходу та упродовж всього часу проведення підводної місії. Це вимагає синтезу відповідної системи автоматичного керування (САК) окремим АНПА як «агентом» групи, що функціонує автономно, виконуючи спільну підводну місію у складі групи, та рухається без зіткнень з іншими АНПА групи й одночасно контролює максимально припустиме віддалення до сусідніх АНПА для збереження групи.

Питання локальної навігації окремого АНПА як «агента» групи на цей час у повному обсязі в науковій літературі не висвітлені, що й обумовлює актуальність дисертаційного дослідження. Тому вдосконалення системи автоматичного керування безаварійним рухом одиночного АНПА як «агента» групи в умовах навігаційної близькості інших підводних апаратів (ПА) при виконанні ними спільної підводної пошукової місії є актуальною та важливою прикладною науковою задачею.

Тема дисертаційної роботи відповідає напрямам і планам наукових досліджень, що покладені на Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова щодо реалізації окремих складових вказаних програм.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Основні наукові положення дисертації були отримані автором на основі методів класичної теорії автоматичного керування, нечіткої логіки, системного аналізу та наукової класифікації, теорії матриць, комп'ютерного дослідження та натурального експерименту.

Обґрунтованість одержаних результатів дисертаційної роботи забезпечено коректним використанням математичного апарату теорії матриць, правильно побудованою САК веденим АНПА як «агентом» групи підводних апаратів та якісно проведеними комп'ютерними та натурними дослідженнями.

Коректність функціонування запропонованої інтелектуальної САК об'єкта керування підтверджено в результаті проведення натурних випробувань діючого макету телекерованого ненаселеного підводного апарата проєкту «Гідрограф», оснащеного системою сенсорів зовнішнього середовища. Працездатність розробленої САК підтверджено методом комп'ютерного моделювання при застосуванні складеної математичної моделі рушійної частини рушійно-стернового комплексу (РСК) АНПА, вірогідність якої доведено.

Отримані результати натурних випробувань та комп'ютерного моделювання в повній мірі засвідчують функціональну ефективність режимів роботи САК узгодженим рухом АНПА як агента групи, зокрема при реалізації алгоритмів адгезії та когезії. Це свідчить про повну обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

3. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

– вперше на основі реалізації принципів адгезії, когезії та вирівнювання розроблено систему автоматичного керування веденим АНПА як «агента» групи шляхом уведення блоків «Модель навігаційної обстановки», «Ідентифікатор навігаційних загроз», «Бортовий керуючий контролер» та розроблено їх базове математичне забезпечення, що виключає аварійне зіткнення з сусідніми АНПА групи та розпад групи через втрату сенсорного контакту між ними;

– удосконалено систему автоматичного керування рухом одиночного АНПА, що працює у складі групи підводних апаратів, шляхом включення до її складу

нечіткого регулятора дистанції до навігаційно небезпечного сусіднього АНПА групи та нечіткого регулятора курсу власного АНПА, що забезпечило безаварійний рух одиночного АНПА у складі групи;

– удосконалено алгоритм керування безекіпажним морським комплексом у складі безекіпажного надводного судна та групи автономних ненаселених підводних апаратів на борту на всіх основних етапах підводної пошукової місії, що складає теоретичну основу синтезу ефективних САК підводними місіями на віддалених акваторіях та підвищує продуктивність підводних пошукових операцій на них.

Ознайомлення з матеріалами дисертації, основними публікаціями та авторефератом засвідчує успішне виконання поставлених задач. Це знайшло відображення в основних положеннях роботи, які отримані автором особисто і яким властива наукова новизна.

4. Практичне значення отриманих результатів

Основні теоретичні результати дисертаційного дослідження, які мають практичне значення, передані для використання до Державного підприємства «Дослідно-проектний центр кораблебудування» (м. Миколаїв) та впроваджені у навчальний процес Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України при підготовці магістрів за освітньо-професійною програмою «Морська робототехніка» 141 спеціальності – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

5. Структура та зміст дисертації

Структурно дисертація побудована правильно, стиль подання матеріалу забезпечує його однозначне трактування, оформлення дисертації відповідає чинним вимогам. Основна частина дисертації складається зі вступу, 4 розділів та висновків.

У вступі наводиться загальна характеристика дисертаційної роботи: обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, викладено зв'язок з науковими програмами та проектами, подано мету досліджень і завдання, які скеровані на її досягнення. На підставі цього сформульовано об'єкт та предмет дослідження, наведено методи досліджень, що використані у дисертації. Також наводяться отримані нові наукові результати, вказується практичне значення отриманих

результатів та відомості про впровадження результатів досліджень; конкретизовано особистий внесок автора; наведено інформацію про апробацію результатів дисертаційного дослідження та обґрунтовується повнота висвітлення отриманих результатів у публікаціях та обсяг дисертаційної роботи.

У першому розділі дисертації подано загальну характеристику і приклади сучасних малогабаритних АНПА, які призначені для виконання пошукових місій (ПМ) в режимі групового застосування (ГЗ) і розглянуто коротко особливості побудови типового АНПА, що відображає специфіку ПМ, за результатами чого встановлено, що одним з активно розроблюваних її напрямків є групове застосування автономних ненаселених підводних апаратів.

Показано, що концептуально в розвитку технологій ГЗ спостерігається розвиток двох напрямків автоматизації – розвиток індивідуальних характеристик АНПА як «агента» групи та розвиток технологій керування ГЗ АНПА. На основі аналізу сучасних підходів до ГЗ АНПА, автором встановлено три основних способи їх використання – рій, зграя і колектив.

У результаті проведеного аналізу способів організації керування групою пошукових АНПА, автором виділено два основні методи – централізоване і децентралізоване керування групою АНПА, а також додатковий метод – напівдецентралізоване керування, що поєднує в собі деякі властивості двох попередніх основних способів керування групою. Сформульовано списки типових задач керування АНПА в режимах одиночного і ГЗ при навігації в складних навігаційних умовах, завдань навігаційного забезпечення одиночного АНПА і завдання ГЗ АНПА.

Другий розділ присвячено розробці узагальненої структури моделюючого комплексу (СМК) для дослідження ефективності САК групою АНПА, яка виконує пошукову ПМ. До її складу увійшли чотири рівні автоматичного керування підводною місією групи АНПА – глобальний, локальний, базовий та виконавчий. Наведена структура утворює підґрунтя для реалізації комп'ютерної технології дослідження ефективності синтезованих САК груповим рухом АНПА, а також забезпечує моделювання повного циклу підводної пошукової місії.

Автором удосконалено структуру САК рухом одиночного АНПА, що працює у складі групи підводних апаратів, шляхом включення до її складу двох нечітких

регуляторів типу Мамдані з дефазифікацією керуючої змінної за методом центра ваги – регулятора дистанції до навігаційно небезпечного сусіднього АНПА групи та регулятора курсу власного АНПА. Наведена структура надає можливість забезпечити безаварійний рух одиночного АНПА у складі групи.

Третій розділ присвячено синтезу САК груповим рухом АНПА пошукового типу. Автор запропонував класифікацію методів групового застосування АНПА та отримав аналітичні залежності для оцінки необхідної кількості АНПА в групі для пошукової морської операції при наявності та відсутності обмежень технічного характеру.

Автором удосконалено процес керування безкіпажним морським комплексом у складі безкіпажного надводного судна з групою АНПА на борту шляхом уведення десяти етапів його виконання, які охоплюють автоматично виконувани операції переходу безкіпажного надводного судна у задану акваторію, випуск групи АНПА та їх узгоджений рух у район пошуку, виконання пошукових операцій та повернення на безкіпажне надводне судно, а також повернення цього судна на базу. Таке технологічне рішення підвищує продуктивність підводних пошукових операцій на віддалених морських акваторіях.

До безумовних наукових здобутків автора відноситься розроблена структура САК веденим АНПА як «агентом» групи підводних апаратів, яка реалізує основні режими групового руху – вирівнювання, адгезію та когезію; синтезовані основні складові САК – блоки сенсорів навігаційної обстановки, моделювання навігаційної обстановки, ідентифікації навігаційних загроз та бортового керуючого контролера, що виключає аварійне зіткнення сусідніх АНПА групи та розпад групи через втрату сенсорного контакту між ними.

Четвертий розділ присвячено експериментальним дослідженням законів групового керування АНПА як «агентом» групи. Автором представлено блок-схему алгоритму проведення морського натурного експерименту та виконано лабораторні дослідження системи акустичних сенсорів як основної складової системи навігаційної обстановки ведучого АНПА-1. Представлено результати проведених морських натурних випробувань, згідно з якими перехідний процес для режиму адгезії тривав 23 с, мав аперіодичний характер з перерегулюваннями 6,7%,

а перехідний процес для режиму когезії також мав аперіодичний характер з перерегулюванням 2 % та тривалістю 10 с. Отримані здобувачем результати експериментів підтверджують працездатність САК макетом одиночного АНПА як «агента» групи, що працює в умовах навігаційної близькості інших АНПА.

Висновки дисертації узагальнюють отримані результати при виконанні поставлених завдань дисертаційного дослідження і містять інформацію про впровадження наукових результатів.

Список використаних джерел містить 135 найменувань.

Додатки включають програму, методику і протокол натурних випробувань САК АНПА як агентом групи, документи, які підтверджують впровадження дисертаційних результатів, а також список публікацій здобувача за темою дисертаційного дослідження та відомості про апробацію результатів дисертації.

6. Повнота викладення положень дисертації в опублікованих працях

Наукові положення і прикладні рішення дисертації в достатній мірі висвітлені у 17 наукових працях. Серед них 6 статей у фахових наукових виданнях України (у тому числі 2 статті без співавторів), 1 стаття у виданні України, яке включене до міжнародної наукометричної бази Scopus. Додатково наукові результати дисертації відображені в 3 статтях у збірниках наукових праць Національного університету кораблебудування імені адм. Макарова та в 8 матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій.

Автореферат у повній мірі розкриває зміст та отримані наукові та практичні результати дисертації.

7. Зауваження до змісту дисертації

1. За результатами проведених морських натурних випробувань спроектованої САК АНПА отримано значення показників динаміки АНПА-1 у різних режимах та дії різних керуючих впливів, за аналізом яких зроблено висновок про її працездатність. Але у дисертації відсутні дані для порівняння цих показників з показниками відомих САК для отримання висновку, що спроектована САК забезпечує досконалішу реалізацію режимів адгезії і когезії у порівнянні з відомими.

2. При розгляді питань керування безекіпажними морськими рухомими об'єктами доцільним було б конкретизувати функції людини-оператора щодо участі в

процесі керування з використанням інтелектуальної підсистеми прийняття рішень.

3. Автор на основі нечіткої логіки запропонував метод керування РСК АНПА проекту «Сканер», що має один електрорушійний пристрій та хвостове оперення у вигляді вертикального та горизонтального стерна, але не зазначив його тип та технічні характеристики. За відсутності цього, не можливо оцінити величини необхідних змін енергетичних параметрів електродвигунів для керування АНПА.

4. В дисертації описано особливості експериментального дослідження законів керування АНПА як «агентом» групи на основі застосування телекерованого ненаселеного підводного апарата з сенсорами зовнішнього середовища. Проте, варто зазначити, що рушійно-кермовий комплекс представленого АНПА відрізняється від описаного у третьому розділі РСК АНПА з одним електрорушійним пристроєм та хвостовим оперенням у вигляді вертикального та горизонтального стерна. Такі відмінності мають суттєво позначитися на швидкодії перехідних процесів руху об'єкта керування в режимах адгезії та когезії. Бажано було б дослідити вплив конфігурації РСК АНПА на роботу удосконаленої САК з нечіткими моделями керування.

5. Нажаль, автор не розкриває питання технічної реалізації удосконаленої САК веденим АНПА як «агентом» групи підводних апаратів, що не дає змоги оцінити складність її побудови та надійність функціонування.

6. В дисертації не представлено швидкісні та енергетичні параметри макета АНПА-сусіда, у якості якого було застосовано керований по радіоканалу катер. Чи коректно виконувати перевірку відпрацювання САК для групового руху АНПА на прикладі роботи з об'єктами керування, що мають різні масогабаритні показники?

7. Перевірка ефективності роботи САК з нечіткими регуляторами виконана для режиму руху АНПА по синусоїдальній траєкторії, проте в роботі не зазначено, яку саме було задано частоту гармонічного сигналу, чи вона належить реальному діапазону. В роботі також не наводиться інформація про те, як запропонована САК буде відпрацьовувати гармонічні сигнали керування з різною частотою. Це обмежує повноту оцінки динамічних властивостей спроектованої САК з нечіткими моделями керування.

8. В дисертації проведено дослідження синтезованих нечітких регуляторів

дистанції та курсу АНПА, що реалізовані на основі нечіткої моделі Мамдані. Однак відкритим залишається питання порівняльного аналізу ефективності регуляторів такого типу з регуляторами Такагі-Сугено, Цукамото тощо, адже тип моделі нечіткого регулятора суттєво впливає на значення вихідних характеристик сигнала керування та ефективність керування загалом.

9. На основі якої інформації підтверджено працездатність та ефективність запропонованого узагальненого алгоритму функціонування САК веденим i -тим АНПА в режимі групового переходу ?

10. У дисертаційній роботі не наведено конкретних рішень з технічної реалізації розроблених алгоритмів та нечітких моделей керування АНПА та алгоритмів безекіпажних технологій виконання пошукових підводних місій.

11. Відсутня інформація та обґрунтування про те, що отримані параметричні та алгоритмічні степені свободи обох нечітких моделей Мамдані є оптимальними (найкращими). Як і за яким критерієм якості динаміки вони отримувалися ?

12. Не приведено аналізу та порівняння показників модельних та натурних досліджень динаміки руху АНПА у режимах адгезії та когезії при різних типах сигналу керування. Це необхідно для підтвердження коректності технічної реалізації розроблених систем автоматичного керування в експериментальному зразку АНПА-1.

13. На основі якої інформації підтверджувалася вірогідність створених структурних комп'ютерних моделей САК АНПА в додатку Simulink програми Matlab ?

14. В роботі виявлено деякі технічні неточності: некоректний підпис рисунка 2.6 та рисунка 2.7, не позначено осі на рисунках 2.8, 2.9 та 2.10.

Наведені зауваження суттєво не впливають на загалом позитивну оцінку дисертаційного дослідження.

8. Відповідність дисертації вимогам МОН України

Дисертаційна робота Алоба Лео Тосіна задовольняє вимогам “Порядку присудження наукових ступенів” до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, які висуває МОН України. Тема та зміст дисертації відповідають науковій спеціальності 05.13.03 – системи і процеси керування.

9. Рекомендації щодо використання результатів дисертаційної роботи

Результати дисертаційної роботи можуть бути рекомендовані для використання науковими та проектно-конструкторськими організаціями, зокрема, організаціями Державного концерну «Укроборонпром», які займаються проектуванням та прикладними науковими дослідженнями безекіпажних морських систем і комплексів.

Найбільш перспективним є використання синтезованої автором нечіткої САК, яка складається з двох нечітких регуляторів типу Мамдані з дефазифікацією керуючої змінної за методом центра ваги: регулятора дистанції та регулятора курсу. Така система дає змогу забезпечити безаварійний рух одиночного морського рухомого об'єкта у складі групи, що доведено результатами натурного морського експеримента.

Результати роботи доцільно використовувати також у навчальному процесі вищих навчальних закладів освіти при підготовці магістрів та аспірантів у напрямку автоматичного керування морськими рухомими об'єктами.

10. Висновки

Дисертаційна робота Алоба Лео Тосіна «Автоматизація групового керування автономними ненаселеними підводними апаратами пошукового типу» є завершеною науковою роботою, в якій розв'язано актуальне прикладне наукове завдання вдосконалення САК безаварійним рухом одиночного АНПА як «агента» групи в умовах навігаційної близькості інших підводних апаратів при виконанні ними спільної підводної пошукової місії. За актуальністю розглянутих задач, обсягом проведених досліджень, науковою новизною і практичною цінністю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України, які висуваються до кандидатських дисертацій.

Теоретичні результати дисертаційних досліджень впроваджені у Державному підприємстві «Дослідно-проектний центр кораблебудування» (м. Миколаїв) при формуванні пропозицій щодо забезпечення ВМС ЗС України новими засобами морської робототехніки та у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова МОН України при підготовці магістрів за освітньо-професійною програмою «Морська робототехніка».

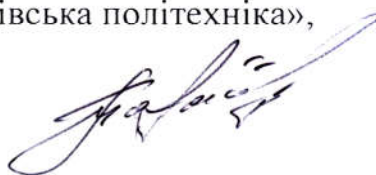
Повнота і рівень публікацій результатів дисертаційної роботи відповідає

вимогам МОН України до кандидатських дисертацій. Автореферат повністю розкриває зміст та отримані наукові і практичні результати дисертації. Наведені зауваження не знижують наукової та практичної цінності роботи у цілому.

За актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних дисертаційних досліджень, повнотою вирішення поставлених наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів вважаю, що дисертаційна робота Алоба Лео Тосіна відповідає вимогам МОН України, що ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 – системи і процеси керування.

Професор кафедри електромехатроніки та комп'ютеризованих електромеханічних систем Національного університету «Львівська політехніка»,

д-р техн. наук, професор
« 15 » квітня 2021 р.



Я.С. Паранчук

Підпис д-ра техн. наук, професора Паранчука Я.С

засвідчую:

Вчений секретар Національного університету «Львівська політехніка»
канд.техн.наук, доцент
« ____ » _____ 20__ р.



Р.Б.Брилинський