

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора кафедри двигунів та енергетичних установок Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

Труніна Костянтина Станіславовича

на дисертаційну роботу Тарчука Андрія Андрійовича

«Удосконалення проектування автономного ненаселеного підводного апарата з радіобуєм для охорони об'єктів морської критичної інфраструктури», яка представлена на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 135 – Суднобудування

Актуальність теми дослідження

Актуальність теми дисертаційної роботи визначається сучасними потребами розвитку вітчизняного суднобудування, морської робототехніки та систем забезпечення безпеки об'єктів морської критичної інфраструктури України. В умовах повномасштабної військової агресії та суттєвого зростання загроз для морських комунікацій, портової інфраструктури, морських газовидобувних комплексів, підводних трубопроводів і кабельних мереж особливої актуальності набуває створення високоефективних роботизованих засобів моніторингу та охорони, здатних функціонувати в автономному режимі протягом тривалого часу.

Світові тенденції розвитку морської робототехніки свідчать про активне впровадження автономних підводних апаратів для виконання спеціалізованих завдань цивільного та військового призначення. Разом з тим існуючі автономні підводні апарати мають суттєві обмеження щодо забезпечення стійкого інформаційного обміну із береговими центрами керування під час роботи в мілководних акваторіях. Це значною мірою обмежує можливості їх використання для безперервного контролю стану об'єктів морської критичної інфраструктури та оперативного реагування на виникнення потенційних загроз.

Запропонована автором концепція дволанкової автономної підводної системи типу «Автономний ненаселений підводний апарат – буксирований радіобуй» є сучасним та перспективним технічним рішенням, яке дозволяє поєднати переваги автономного підводного руху із забезпеченням безперервного двостороннього радіозв'язку з береговим центром керування. Особливої уваги заслуговує використання буксированого радіобуя з дуговими несучими поверхнями, що дозволяє забезпечити стійке положення буя під час руху підводного апарата, підвищити ефективність інформаційного обміну та знизити енергетичні витрати комплексу.

Слід відзначити, що дисертаційна робота має не лише теоретичне, а й важливе практичне значення для розвитку вітчизняних засобів морської робототехніки. Запропоновані автором науково-методологічні положення можуть бути використані під час створення нового покоління автономних підводних роботизованих комплексів для охорони морських стаціонарних

платформ, підводних трубопроводів, портових споруд, підводних кабельних систем та інших стратегічно важливих об'єктів морської критичної інфраструктури України. Таким чином, тема дисертаційної роботи є актуальною, своєчасною та повністю відповідає сучасним науковим і прикладним напрямкам розвитку суднобудування, морської техніки та підводної робототехніки.

Новизна отриманих результатів

Наукові результати, отримані автором у процесі виконання дисертаційного дослідження, характеризуються достатнім рівнем наукової новизни, є взаємопов'язаними між собою та спрямовані на вирішення важливої науково-прикладної проблеми удосконалення проєктування автономних ненаселених підводних апаратів охоронного призначення.

До найбільш вагомих результатів, що визначають наукову новизну дисертації, слід віднести запропоновану автором концепцію дволанкової автономної підводної системи типу «Автономний ненаселений підводний апарат – буксирований радіобуй з дуговими несучими поверхнями», яка забезпечує підвищення ефективності виконання охоронних місій шляхом стабілізації інформаційного зв'язку між підводним апаратом та береговим центром керування, а також зменшення енергетичних витрат під час функціонування комплексу.

Важливим науковим результатом є отримані автором експериментальні залежності коефіцієнтів підйомної сили та гідродинамічного опору дугових несучих поверхонь буксированого радіобуя для різних кутів атаки та різної якості обробки поверхні моделей. Виконані експериментальні дослідження підтвердили працездатність запропонованої конструкції, встановили характер зміни гідродинамічних характеристик дугових крил та створили наукове підґрунтя для їх подальшого інженерного проєктування.

Наукову новизну мають також результати удосконалення методології концептуального та зовнішнього проєктування автономного ненаселеного підводного апарата з буксированим радіобуєм на основі системного підходу. Автором сформовано взаємопов'язані множини конструктивно-компоновочних, гідродинамічних, енергетичних, інформаційних та функціональних задач, що дозволяють комплексно оцінювати доцільність створення такого виду морської робототехніки ще на ранніх стадіях проєктування.

Окремої уваги заслуговує удосконалення методології внутрішнього проєктування автономного підводного апарата шляхом формування генеральної множини основних завдань проєктування та їх систематизації відповідно до чотирьох базових системних критеріїв — «Матерія», «Енергія», «Інформація» та «Корисна функція». Запропонований підхід створює науково-методологічну основу для комплексного проєктування автономних підводних роботизованих систем різного функціонального призначення.

Підсумовуючи аналіз наукової новизни, можна констатувати, що дисертаційна робота Тарчука Андрія Андрійовича має нові наукові результати, які відповідають спеціальності 135 – «Суднобудування».

Відповідність теми дисертації та рівня наукової обґрунтованості результатам досліджень

Зміст дисертаційної роботи повністю відповідає заявленій темі дослідження, а її структура характеризується логічністю побудови та послідовністю викладення матеріалу. Усі розділи дисертації взаємопов'язані між собою, а отримані результати послідовно розкривають поставлену мету та забезпечують вирішення сформульованих у вступі наукових завдань.

Автором проведено ґрунтовний аналіз сучасного стану розвитку засобів морської робототехніки, виконано критичний огляд існуючих технічних рішень у сфері охорони об'єктів морської критичної інфраструктури, сформульовано основні проблеми, що потребують наукового вирішення, та визначено перспективні напрями їх удосконалення.

Наукова обґрунтованість отриманих результатів забезпечується комплексним застосуванням сучасних методів дослідження, серед яких системний аналіз, методологія концептуального проєктування, методи математичного та комп'ютерного моделювання, CFD-аналіз, фізичне моделювання, експериментальні дослідження моделей у гідродинамічній трубі та порівняльний аналіз отриманих результатів.

Особливістю дисертаційної роботи є те, що теоретичні положення органічно поєднані з експериментальними дослідженнями. Отримані результати чисельного моделювання підтверджені результатами фізичних експериментів, що свідчить про достатній рівень достовірності зроблених висновків та практичну цінність запропонованих технічних рішень.

Таким чином, можна констатувати, що рівень наукової обґрунтованості результатів дослідження є високим, відповідає сучасним вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та свідчить про самостійність виконаного наукового дослідження.

Рівень виконання поставленого наукового завдання

Поставлене у дисертаційній роботі наукове завдання виконано автором у повному обсязі. Дисертаційне дослідження має завершений характер, а отримані результати логічно взаємопов'язані між собою та спрямовані на досягнення визначеної мети роботи.

У процесі дослідження автором проведено комплексний аналіз сучасного стану розвитку морської робототехніки охоронного призначення, визначено основні проблеми застосування автономних ненаселених підводних апаратів для забезпечення безпеки об'єктів морської критичної інфраструктури та сформульовано напрями їх подальшого розвитку.

Важливим результатом виконаної роботи є створення науково-методологічних засад проєктування нового типу підводного робототехнічного комплексу — автономного ненаселеного підводного апарата з буксируванням

радіобуєм, який має змогу керовано згортатись у похідне положення. Автором послідовно розроблено концептуальні положення побудови такого комплексу, сформовано систему вимог до його функціонування, визначено основні етапи концептуального, зовнішнього та внутрішнього проектування.

Особливої уваги заслуговує запропонований системний підхід до організації роботизованої системи охорони об'єктів морської критичної інфраструктури, який дозволив сформулювати узагальнену структуру автоматизованої системи управління безпекою на основі застосування автономних підводних апаратів. Побудована автором структура включає взаємодію підсистем виявлення загроз, прийняття рішень та реалізації заходів протидії, що створює цілісну концепцію функціонування сучасної роботизованої системи морської охорони.

Виконані CFD-дослідження дугових несучих поверхонь буксируваного радіобуя, а також проведені експериментальні випробування моделей у гідродинамічній трубі підтвердили працездатність запропонованих технічних рішень та дозволили отримати нові експериментальні залежності гідродинамічних характеристик крил. Отримані результати мають безпосереднє практичне значення для подальшого проектування підводних робототехнічних комплексів та кого типу.

Слід відзначити, що всі поставлені у дисертації завдання успішно розв'язані, взаємно узгоджені та підтверджуються результатами теоретичних і експериментальних досліджень.

Таким чином, у цілому, наукові завдання дисертаційного дослідження можна вважати виконаними у повному обсязі.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Зміст дисертаційної роботи свідчить про високий рівень підготовки здобувача як науковця та його достатнє володіння сучасною методологією проведення наукових досліджень у галузі суднобудування та морської робототехніки.

Під час виконання дисертаційного дослідження автор продемонстрував уміння комплексно застосовувати сучасні методи системного аналізу, методи концептуального проектування складних технічних систем, сучасні технології комп'ютерного моделювання, а також методи фізичного експерименту. Автором коректно сформульовано об'єкт, предмет, мету та основні завдання дослідження, визначено наукову проблему, виконано критичний аналіз сучасного стану досліджень за тематикою дисертації, що дозволило обґрунтувати необхідність проведення власних наукових досліджень.

Високий рівень володіння методологією наукової діяльності підтверджується також застосуванням системного підходу як основної методології проектування автономного ненаселеного підводного апарата з буксируваним радіобуєм. Автором послідовно сформовано взаємозв'язки між концептуальним, зовнішнім та внутрішнім проектуванням, що забезпечило цілісність виконаного дослідження.

Окремо необхідно відзначити грамотне поєднання теоретичних досліджень із експериментальною перевіркою отриманих результатів. Використання сучасних методів комп'ютерного моделювання разом із фізичними випробуваннями моделей у гідродинамічній трубі свідчить про достатній рівень наукової культури автора та його вміння підтверджувати сформульовані наукові положення експериментальними даними.

Результати досліджень належним чином проаналізовані та оформлені відповідно до сучасних вимог, що свідчить про сформовані навички самостійної наукової роботи та здатність здобувача виконувати комплексні науково-дослідні завдання.

Таким чином, рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності можна оцінити як високий і такий, що повністю відповідає вимогам, які ставляться до здобувачів ступеня доктора філософії.

Повнота викладення положень дисертації в опублікованих працях

Основні наукові результати дисертаційної роботи достатньою мірою апробовані та оприлюднені у наукових публікаціях автора.

За темою дисертації опубліковано дванадцять наукових праць, серед яких 3 статті у фахових наукових виданнях України категорії «Б», стаття у міжнародному науковому журналі, що індексується наукометричною базою **Scopus**, а також матеріали 8 міжнародних і всеукраїнських науково-технічних конференцій.

Опубліковані праці достатньо повно висвітлюють основні результати дисертаційного дослідження та охоплюють практично всі його тематичні напрями.

Зокрема, у наукових публікаціях знайшли відображення результати аналізу сучасних засобів морської робототехніки для охорони об'єктів морської критичної інфраструктури, питання концептуального, зовнішнього та внутрішнього проєктування автономного ненаселеного підводного апарата з буксируванням радіобуєм, а також результати дослідження його конструктивних особливостей і гідродинамічних характеристик.

Важливим підтвердженням наукового рівня виконаної роботи є публікація результатів дослідження у міжнародному рецензованому виданні, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus. Це свідчить про відповідність отриманих результатів сучасному світовому рівню наукових досліджень у галузі морської техніки та робототехніки.

Основні положення дисертації також неодноразово апробовані на міжнародних та всеукраїнських науково-технічних конференціях, що дозволило автору отримати фахове обговорення результатів досліджень, врахувати зауваження наукової спільноти та удосконалити окремі положення роботи.

Загалом обсяг, рівень і тематика наукових публікацій по темі дисертації повністю відповідають змісту дисертації та чинним вимогам МОН України щодо апробації результатів дисертаційних досліджень на здобуття ступеня доктора філософії.

Відсутність порушення академічної доброчесності

Аналіз змісту дисертаційної роботи, наукових публікацій автора та представлених результатів дослідження дає підстави стверджувати, що дисертація виконана самостійно, відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить ознак академічного плагіату, фабрикації чи фальсифікації наукових результатів.

За результатами аналізу і перевірки тексту, порушень академічної доброчесності не було виявлено.

Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи

1. У дисертації детально досліджено гідродинамічні характеристики дугових несучих поверхонь буксированого радіобуя, однак доцільно було б ширше розглянути вплив хвильового режиму моря та реальних гідрометеорологічних умов на стійкість функціонування системи «автономний ненаселений підводний апарат – буксирований радіобуй з дуговими несучими елементами».

2. Запропонована автором роботизована система охорони об'єктів морської критичної інфраструктури ґрунтується на сучасному системному підході до процесу проектування, проте в роботі недостатньо уваги приділено практичному застосуванню такого підходу. Зокрема, корисним для практики проектування був би приклад конкретного проекту створення роботизованої охоронної системи або її складової.

3. У роботі наведено результати CFD-моделювання та експериментальних випробувань моделі несучої поверхні радіобуя лише одного радіусу та довжини дуги. Автору слід було б розглянути можливість дослідження несучих поверхонь у більш широкому діапазоні їх геометричних характеристик.

4. При формуванні методології внутрішнього проектування автономного підводного апарата автором запропоновано систематизацію задач за чотирма критеріями: «Матерія», «Енергія», «Інформація», «Корисна функція». Разом із тим, окремі етапи практичної реалізації цієї методології могли б бути проілюстровані більшою кількістю прикладів її застосування, що дало б змогу більш повно оцінити її ефективність.

5. При формуванні задач внутрішнього проектування системи «автономний ненаселений підводний апарат – буксирований радіобуй з дуговими несучими елементами» автором недостатньо уваги приділено питанням динаміки і міцності нового обладнання підводного апарата – ложементу і портативної лебідки з кабель-тросом, які забезпечують розгортання та згортання радіобуя.

Наведені зауваження мають не знижують загальної наукової цінності виконаного дослідження та не впливають на обґрунтованість основних наукових положень і висновків дисертації.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Тарчука Андрія Андрійовича на тему «Удосконалення проектування автономного ненаселеного підводного апарата з радіобуєм для охорони об'єктів морської критичної інфраструктури» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальне науково-прикладне завдання, що має істотне значення для розвитку теорії та практики суднобудування, морської робототехніки та систем забезпечення безпеки об'єктів морської критичної інфраструктури.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертації достатньо обґрунтовані, підтверджені сучасними методами теоретичних та експериментальних досліджень, характеризуються науковою новизною, практичною цінністю та достовірністю отриманих результатів.

Основні результати дослідження пройшли належну апробацію, достатньою мірою опубліковані у фахових наукових виданнях України та міжнародному науковому журналі, що індексується наукометричною базою **Scopus**, а також апробовані на міжнародних і всеукраїнських науково-технічних конференціях.

За актуальністю теми, рівнем наукової новизни, обґрунтованістю отриманих результатів, практичною значущістю та повнотою апробації дисертація відповідає вимогам «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 2022р. №44 (зі змінами), вимогам до оформлення дисертації, затвердженими Наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року №40 (зі змінами).

Вважаю, що Тарчук Андрій Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 135 «Суднобудування» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Рецензент:

доктор технічних наук,
професор кафедри
двигунів та енергетичних установок
Первомайського навчально-науковий інституту
Національного
університету кораблебудування
імені адмірала Макарова _____

Костянтин ТРУНІН