

## РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, доцента,  
професора кафедри морського приладобудування  
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова  
Гордєєва Бориса Миколайовича  
на дисертаційну роботу  
**Буруніна Андрія Павловича**  
**«Комплексна автоматизація процесів керування малорозмірним  
безекіпажним надводним судном»,**  
яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології»

### **Актуальність теми дослідження**

Дисертаційна робота здобувача Буруніна А. П. присвячена розв'язанню актуального для вітчизняного суднобудування прикладного наукового завдання створення науково-методологічного підґрунтя комплексної автоматизації малорозмірних безекіпажних надводних суден (МБНС). Тематика дисертаційного дослідження відповідає магістральному напрямку розвитку вітчизняних засобів морської робототехніки і охоплює як питання подальшого розвитку науково-методологічних основ створення такої техніки, так і питання вдосконалення технічних рішень комплексної автоматизації процесів керування такими суднами.

У зв'язку з інтенсивним розвитком морських безекіпажних транспортних, природоохоронних, охоронних та оборонних технологій у провідних морських країнах світу актуальність дослідження здобувача Буруніна А. П. не викликає сумнівів.

### **Новизна отриманих результатів**

В дисертаційній роботі Буруніна А.П. наведено п'ять пунктів наукової новизни:

вперше на основі застосування системного підходу та методології рівнянь існування сформовано генеральну множину основних задач зовнішнього і внутрішнього проектування МБНС як об'єкта автоматичного керування та множину задач його комплексної автоматизації, що утворює науково-методологічну основу проектування судна, скорочує тривалість та підвищує якість проектних робіт;

вперше на основі застосування системного підходу запропоновано концепцію модульної автономії дослідницького комплексу «Безекіпажний надводний катер – Корисний вантаж» як об'єкту автоматичного керування, яка передбачає контейнерне транспортування, зберігання і застосування корисного вантажу, та розроблено узагальнені алгоритми керування корисним вантажем як теоретичну основу ефективного використання таких засобів морської робототехніки для дослідження морського середовища;

отримали подальший розвиток класифікація засобів морської робототехніки шляхом уведення до її складу надводно-підводного безекіпажного судна природоохоронного призначення та множина задач синтезу його системи автоматичного керування, що утворює науково-методологічну основу комплексної автоматизації засобів морської робототехніки такого класу;

отримала подальший розвиток нейромережна система стабілізації на курсі малорозмірного безекіпажного надводного судна при його русі в умовах вітро-хвильових збурень шляхом навчання штучної нейронної мережі, налаштованої на мінімальну кількість перекладок керма судна, з використанням бази даних, сформованої шляхом математичного моделювання динаміки МБНС, що підвищує ефективність функціонування кермового пристрою судна;

удосконалено узагальнену структуру системи автоматичного керування системою «шноркель» надводно-підводного безекіпажного судна транспортного типу, яка забезпечує подачу повітря до теплового двигуна судна при його підводному русі, що забезпечує можливість його експлуатації у складних погодних умовах.

Аналіз отриманої здобувачем наукової новизни свідчить про наступне:

здобувач вперше розглядає завдання автоматизації малорозмірного безекіпажного надводного судна у комплексній постановці, тобто, формулює завдання для рівнів зовнішнього і внутрішнього проектування систем автоматизації малорозмірного безекіпажного надводного судна; це утворює необхідне науково-методологічне підґрунтя для проектних робіт з комплексної автоматизації таких об'єктів морської робототехніки;

здобувач вдало застосовував сучасні технології наукових досліджень, зокрема, принципи системного підходу та теорії штучного інтелекту, у результаті чого отримав нові результати з автоматизації окремих механізмів і систем малорозмірних безекіпажних надводних суден, що підвищує ефективність їх функціонування;

окрему наукову цінність має запропонована здобувачем класифікація засобів морської робототехніки, яка доповнена новим її видом – надводно-підводним безекіпажним судном, що утворює науково-методологічну основу комплексної автоматизації засобів морської робототехніки такого класу.

Підсумовуючи, можна констатувати, що дисертаційна робота Буруніна Андрія Павловича має ознаки наукової новизни в достатньому об'ємі для присудження здобувачу наукового ступеня доктора філософії.

### **Відповідність теми дисертації та рівня наукової обґрунтованості результатам досліджень**

Тема дисертації, у цілому, відповідає наведеним у ній результатам досліджень. Рівень обґрунтованості отриманих у дисертації результатів, у цілому, базується на використанні сучасних методів наукових досліджень, які пройшли відповідну апробацію та являються визнаним, як об'єктивні та достовірні, а саме:

принципів системного підходу при формулюванні завдань комплексної автоматизації МБНС та рівнянь існування такого судна при формулюванні генеральної множини основних задач його зовнішнього і внутрішнього проектування як об'єкта автоматичного керування;

методів синтезу систем автоматичного керування та методології комп'ютерного експерименту при перевірці ефективності синтезованих систем автоматичного керування малорозмірним безекіпажним надводним судном.

Отже, дисертаційна робота Буруніна Андрія Павловича містить достатню обґрунтованість наукових результатів досліджень.

### **Рівень виконання поставленого наукового завдання**

Наукове завдання дисертаційної роботи Буруніна Андрія Павловича містить наступні чотири пункти:

формування науково-методологічних основ комплексної автоматизації МБНС на принципах системного підходу;

вдосконалення технічних рішень щодо систем автоматичного керування МБНС, націлених на підвищення морехідності таких суден;

розширення складу МБНС за рахунок нового виду МБНС – малорозмірного безекіпажного надводно-підводного судна, та розробка системи автоматичного керування ним;

удосконалення систем автоматичного керування корисним вантажем МБНС як головним інструментом для реалізації безлюдних технологій дослідження й охорони територіальних вод України.

За першим пунктом завдання у роботі шляхом застосування методології системного підходу сформовано перелік напрямків прикладних досліджень комплексної автоматизації малорозмірних безекіпажних надводних суден. На прикладі природоохоронного судна сформовано узагальнену множину його роботизованих операцій та отримано множину основних задач щодо зовнішнього і внутрішнього проектування такого судна як об'єкта автоматизації. Здобувач запропонував множину основних режимів функціонування такого судна та множину головних задач, які має реалізувати його система автоматичного керування, починаючи від автоматичної діагностики обладнання і до застосування корисного вантажу судна з його призначенням. Здобувач запропонував також узагальнену функціональну схему системи автоматичного керування безекіпажним патрульним судном як теоретичну основу для синтезу структури та алгоритмічного забезпечення системи керування судном та його корисним вантажем. Отримані результати, у цілому, можуть слугувати науково-методологічною основою комплексної автоматизації МБНС. Однак, слід вказати на необхідність у подальших дослідженнях використовувати й інші загальновизнані принципи комплексної автоматизації суден, зокрема, принцип ситуаційної обізнаності, принцип кібербезпеки тощо. Підсумовуючи аналіз повноти виконання вказаного пункту наукового завдання в цілому, можна вважати його виконаним.

За другим пунктом завдання здобувач виконав комплексне дослідження керованості МБНС при дії зовнішніх вітро-хвильових збурень. Ним виконано дослідження ефективності ПД-, ПІД-, нечіткого та нейромережного регуляторів стабілізації судна на курсі. Для серії з двох МБНС одного класу проведено серію комп'ютерних експериментів з метою порівняння ефективності цих регуляторів за критерієм мінімуму перекидачок стерна МБНС. У результаті досліджень, окрім отримання порівняльних характеристик цих регуляторів, отримала подальший розвиток нейромережна система стабілізації на курсі МБНС, яка підвищує ефективність роботи стернового пристрою судна. Нажаль, автор сконцентрував свою увагу лише на ходовості й керованості як показниках морехідних якостей МБНС. Інші показники морехідних якостей судна (хитавість, непотоплюваність та інші) залишились поза увагою здобувача. Проте, у цілому другий пункт можна вважати виконаним.

За третім пунктом здобувач запропонував доповнення класифікації засобів морської робототехніки шляхом введення до її складу малорозмірного надводно-підводного безекіпажного судна. Таке доповнення утворює наукове підґрунтя для подальшого розвитку морської робототехніки науково-дослідницького та природоохоронного призначення, а запропонована здобувачем множина задач синтезу його системи автоматичного керування утворює науково-методологічну основу комплексної автоматизації засобів морської робототехніки такого класу. Виключно важливе значення для ефективного застосування таких роботів має запропонована здобувачем узагальнена структура системи автоматичного керування системою «шноркель» надводно-підводного безекіпажного судна транспортного типу, яка забезпечує подачу повітря до теплового двигуна судна при його підводному русі. Це утворює теоретичну основу для синтезу систем автоматичного керування енергетичним обладнанням надводно-підводного судна. Нажаль, поза увагою здобувача залишились питання розробки заходів щодо безпечної підводної навігації такого судна, проте, у цілому, сформульоване завдання наукового дослідження можна вважати виконаним.

За четвертим пунктом наукового завдання здобувач запропонував низку новацій, які, у цілому, забезпечують подальший розвиток систем автоматичного керування корисним вантажем МБНС як головним інструментом для реалізації безлюдних технологій дослідження й охорони територіальних вод України. Зокрема, здобувач запропонував концепцію модульної автономії дослідницького комплексу «Малорозмірне безекіпажне надводне судно – Корисний вантаж» як об'єкту автоматичного керування, розробив узагальнені алгоритми керування корисним вантажем як теоретичну основу ефективного використання таких засобів морської робототехніки. Нажаль, у переліку можливих бортових засобів робототехніки МБНС здобувач обмежився тільки автономними підводними апаратами та безпілотними літальними апаратами. Однак, у цілому, сформульоване завдання наукового дослідження можна вважати виконаним.

### **Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності**

Ознайомлення з матеріалами дисертаційної роботи показало, що Бурунін Андрій Павлович володіє базовими знаннями та вміннями, які необхідні для проведення наукових досліджень за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Зокрема, здобувач опанував сучасні теорії наукових досліджень, зокрема, основи теорії автоматичного керування морськими рухомими об'єктами, принципи системного підходу, теорії нечіткої логіки та штучних нейронних мереж.

Особливу прикладну наукову цінність мають навички здобувача з підготовки та проведення масових комп'ютерних експериментів, які присвячені дослідженню ефективності синтезованих ним регуляторів для підвищення ходовості й керованості МБНС при на нього дії вітро-хвильових збурень.

Нажаль, у дисертації відсутні відомості про басейнові та морські натурні дослідження синтезованих здобувачем систем автоматичного керування судном. Це дещо знижує рівень володіння здобувачем повного спектру сучасних методів наукового пізнання в галузі керування судном.

Одна вважаю, що цей недолік суттєво не впливає на загальний високий рівень підготовки здобувача Буруніна Андрія Павловича, який у достатній мірі володіє методологією наукової діяльності для подальшої самостійної наукової роботи.

### **Повнота викладення положень дисертації в опублікованих працях**

Основні результати дисертації висвітлені у 15 публікаціях, зокрема у 7 статтях у фахових виданнях категорії «Б» України, та у 8 збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференцій.

Кількість публікацій відповідає пункту 8 «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.

### **Відсутність порушення академічної доброчесності**

За результатами вивчення рукопису дисертаційної роботи Буруніна Андрія Павловича, а також аналізу наданого їм звіту щодо перевірки тексту рукопису електронним сервісом Turnitin від 15.05.2024 р., порушень академічної доброчесності не було встановлено.

Використанні здобувачем окремі наукові положення і результати інших науковців мають посилання на відповідні джерела.

### **Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи**

Незважаючи на загальний високий рівень представлених результатів наукових досліджень, слід вказати на наступні зауваження до змісту роботи.

1. У розділі 1 (стор. 24) здобувач неточно класифікує безекіпажні надводні судна за ступенем їх автономності. Наведені три ознаки правильніше було б класифікувати за рівнем автоматизації керування, оскільки ознака «Автономність» здебільшого характеризує енергетичні можливості безекіпажного судна та, зокрема, його можливості виконувати тривалі за часом морські природоохоронні місії.

2. У п.1.3.2 (стор. 37) при формулюванні основних задач комплексної автоматизації малорозмірного безекіпажного надводного судна здобувач не вказав на необхідність розробки заходів з кібербезпеки таких суден. При формуванні завдання Г) у таблиці 1.1 це завдання доцільно було б вказати окремо.

3. При формулюванні задач створення та критеріїв управління безекіпажним надводним судном для роботи на мілководних морських акваторіях здобувач вказує на необхідність розробки роботизованої операції взяття проб донного ґрунту та води на заданій акваторії, але у подальших дослідженнях цю задачу не розглядає. Враховуючи важливість автоматизації такої природоохоронної операції варто було б розглянути її можливе приладове й алгоритмічне забезпечення більш детально.

4. У розділі 3 здобувач прийняв як об'єкт дослідження малорозмірні швидкісні судна довжиною, відповідно, 15 і 19,8 метри. Для них у результаті багатоваріантного комп'ютерного експерименту ним сформульовано науково обґрунтовані узагальнення і рекомендації щодо підвищення морехідності в умовах вітро-хвильових збурень. Однак, вітчизняна і зарубіжна практика свідчить про все більш широке застосування малорозмірних суден довжиною 5-10 метрів. Здобувач ніяк не узагальнює отримані ним результати на судна такого розміру. Це дещо звужує використання отриманих автором результатів для групи малорозмірних суден вказаних розмірів.

5. У розділі 4 (стор. 114-116) здобувач не вказує місце розроблених ним систем автоматичної стабілізації на курсі малорозмірного безекіпажного надводного судна в узагальненому алгоритмі функціонування системи автоматичного керування МБНС (рис. 4.1). Надання такого пояснення б дало змогу більш повно оцінити рівень комплексної автоматизації малорозмірного безекіпажного надводного судна та внесок здобувача у її наукове обґрунтування.

Вказані зауваження можна розглядати як у форматі дискусії щодо викладених в роботі результатів, так у форматі подальшого розвитку наукових досліджень.

### **Загальна оцінка дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Буруніна Андрія Павловича за темою «Комплексна автоматизація процесів керування малорозмірним безекіпажним надводним судном» є завершеним науковим дослідженням, яке за науковим рівнем, практичною та науковою цінністю, обґрунтованістю основних результатів та кількістю публікацій 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 2022 р. № 44, а її автор, Бурунін Андрій Павлович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент:

доктор технічних наук, доцент  
професор кафедри морського  
приладобудування  
Національного університету  
кораблебудування  
імені адмірала Макарова

\_\_\_\_\_ Борис ГОРДЄЄВ