

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Буруніна Андрія Павловича  
на тему «Комплексна автоматизація процесів керування малорозмірним  
безекіпажним надводним судном»,  
що подається на здобуття освітньо-наукового ступеня доктора філософії  
в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування  
за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

### **1. Актуальність теми дисертації**

Актуальність теми дисертаційного дослідження Буруніна Андрія Павловича обумовлена низкою технологічних, наукових, економічних і безпекових чинників, які обумовлюють високий інтерес морських держав до розвитку засобів морської робототехніки.

До головних чинників, які стимулюють розвиток вказаного науково-технічного напрямку в Україні, слід віднести:

зростання потреб у безекіпажних надводних суднах, які викликані необхідністю моніторингу акваторій та охорони водних ресурсів держави та виконання пошуково-рятувальних операцій, необхідністю проведення наукових досліджень та виконання транспортних задач у важкодоступних або небезпечних районах моря;

економічну та стратегічну значущість, оскільки використання автономних суден дає змогу скоротити витрати на експлуатацію таких суден, зменшити людський фактор та пов'язані з ним ризики, а також розширити можливості морських операцій у складних або небезпечних умовах.

відповідність світовим тенденціям розвитку морської техніки та ринку морських транспортних та дослідницьких робіт.

Комплексна автоматизація процесів керування малорозмірним безекіпажним надводним судном (МБНС) є необхідною умовою для створення ефективних, надійних і конкурентоспроможних морських роботизованих систем. Це визначає актуальність даного дисертаційного дослідження.

### **2. Новизна представлених результатів**

Наукова новизна результатів, отриманих у дисертації, полягає у наступному:

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 МБНС 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 малорозмірного судна, що підвищує ефективність функціонування кермового пристрою;

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

Перший і третій пункти наукової новизни утворюють науково-методологічне підґрунтя для комплексної автоматизації МБНС традиційної конструкції та надводно-підводного безекіпажного судна, а другий, четвертий і п'ятий пункти наукової новизни утворюють теоретичну основу для подальшого розвитку систем автоматичного керування окремими його складовими.

### **3. Теоретичне та практичне значення отриманих результатів**

Оцінюючи отримані здобувачем наукові результати, у цілому, можна констатувати, що поставлена ним мета дослідження – розробка науково-методологічного підґрунтя та технічних рішень комплексної автоматизації процесів керування МБНС – досягнута.

Здобувачем запропоновано теоретичну основу комплексної автоматизації таких суден у вигляді генеральної множини основних задач зовнішнього і внутрішнього проектування та множини задач його автоматизації як специфічного засобу морської робототехніки. Крім того, здобувачем запропоновано та досліджено низку окремих технічних рішень для МБНС природоохоронного та транспортного призначення, що сприяє швидкому та ефективному впровадженню у вітчизняну галузь суднобудування нових знань та перспективних технічних рішень, що забезпечить технологічний суверенітет України у майбутньому.

Практичне значення результатів дослідження полягає в їх націленості на підвищення ефективності проектних рішень щодо автоматизації новостворюваних малорозмірних безекіпажних надводних суден,

призначеними для виконання науково-дослідницьких, транспортних та охоронних морських місій в інтересах вітчизняних організацій.

#### **4. Наукова обґрунтованість результатів та їх відповідність темі дисертації**

Ознайомлення з дисертацією Буруніна Андрія Павловича показує, що тема його дослідження, у цілому, відповідає отриманим у ній результатам досліджень. У процесі виконання роботи здобувач використав сучасні методи наукових досліджень – принципи системного підходу для постановки завдань комплексної автоматизації МБНС, рівняння існування морської робота для формування генеральної множини основних задач його комплексної автоматизації, а також методологію комп'ютерного експерименту при перевірці ефективності синтезованих систем автоматичного керування МБНС.

Виконаний аналіз дає можливість стверджувати, що робота має високий рівень обґрунтованості та достовірності отриманих в ній результатів.

Таким чином, отримані здобувачем наукові результати вважаю достатньо обґрунтованими.

#### **5. Оцінка рівня виконання поставленого наукового завдання та оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності**

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 119 найменувань та додатків. Загальний обсяг роботи становить 168 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, показано її зв'язок з науковими програмами й темами, сформульовано мету та основні завдання, сформульовано об'єкт і предмет дослідження, представлено методи дослідження, визначено наукову новизну, достовірність, наукове та практичне значення отриманих результатів роботи, відображено повноту викладення результатів у публікаціях та ступінь апробації.

У першому розділі дисертації наведено загальні відомості про малорозмірне безекіпажне надводне судно як об'єкт автоматичного керування, наведено результати аналізу сучасних систем автоматичного керування такими суднами та обґрунтовано завдання їх комплексної автоматизації. Як результат цієї частини роботи виконано постановку задачі дослідження, формовано мету та задачі дослідження.

У другому розділі дисертації викладено принципи системного підходу та математичного моделювання динаміки МБНС як науково-методологічну основу робіт з його комплексної автоматизації. Здобувач наводить множину роботизованих морських місій МБНС природоохоронного призначення та множину операцій по проектуванню системи автоматичного керування таким судном, а також множини задач зовнішнього і внутрішнього проектування такого судна. Отримані результати утворюють інформаційне підґрунтя для створення МБНС як об'єкта керування, яке призначене для

природоохоронного моніторингу та охорони мілководних акваторій, їх очищення від небезпечних об'єктів антропогенного походження.

У третьому розділі дисертації розглядаються питання синтезу та дослідження системи автоматичної стабілізації на курсі МБНС як однієї з його задач внутрішнього проектування. Здобувач досліджує ефективність ПД-, ПД-, нечіткого та нейромережного регуляторів, які забезпечують автоматичну стабілізацію на курсі судна в умовах дії вітро-хвильових збурень. За результатами комп'ютерного експерименту наведено порівняльний аналіз ефективності цих регуляторів з точки зору точності швидкодії та мінімізації кількості перекладок стерна. Отримані результати, які є корисними для прикладної теорії керування МБНС у цілому, вказали на важливу перевагу нейромережного регулятора, який дає змогу встановлювати припустиму величину відхилення судна від заданого курсу, в залежності від зовнішніх умов та режиму руху судна. Це дає змогу підвищити ефективність роботи автостернового пристрою МБНС у залежності від завдання місії та гідрокліматичних характеристик акваторії.

У четвертому розділі розглянуті питання автоматизації керування МБНС як носієм корисного вантажу широкої номенклатури. Здобувачем на основі застосування принципів системного підходу запропоновано класифікацію корисного вантажу як об'єкту автоматичного керування та показана доцільність його розміщення у спеціальних електрифікованих платформах – автоматичних контейнерах спеціальної конструкції. Здобувачем також запропоновано концепцію модульної автономії для МБНС з таким корисним вантажем, яка передбачає контейнерне транспортування, зберігання і застосування корисного вантажу. Важливим науковим здобутком цього розділу є пропозиція здобувача щодо доповнення існуючої класифікації засобів морської робототехніки малорозмірним безекіпажним надводно-підводним судном. Розроблена ним базова структура обладнання системи «шноркель», яка забезпечує роботу теплового двигуна такого судна при підводному русі, а також запропонована узагальнена структура системи автоматичного керування такою системою енергетики утворює теоретичну основу для синтезу систем автоматичного керування енергетичним обладнанням надводно-підводного судна.

Таким чином, поставлені наукові завдання в дисертаційній роботі повністю відповідають меті роботи, а отримані здобувачем результати характеризуються високим рівнем науково-практичної новизни. Здобувач повністю оволодів методологією наукової діяльності і успішно її впровадив в даній дисертації.

## **6. Зауваження та рекомендації до дисертації**

6.1 При поданні загальних відомостей про МБНС (стор. 24) здобувач не вказав на можливе застосування водневих паливних елементів як перспективних джерел бортової енергії. Вони можуть стати альтернативою традиційним двигунам внутрішнього згоряння. Тому доцільно враховувати

це при планування задач комплексної автоматизації безекіпажних надводних суден.

6.2 Постановку задачі комплексної автоматизації МБНС здобувач формулює лише як забезпечення автономного керування всіма бортовими системами для виконання завдань за призначенням судна та його корисного вантажу (стор. 37). Було б також доцільно вказати значення розглядуваної задачі для автоматизації процесів планування місії МБНС, доповнюючи перелік розрахунків для стратегічного рівня системи керування МБНС (стор. 69).

6.3 При описі математичної моделі об'єкту дослідження здобувач сконцентрував свою увагу лише на малорозмірному безекіпажному судні як об'єкті автоматичного керування. Доцільно було б навести також математичні моделі основних зовнішніх збурень, які діють на судно, що важливо для задач синтезу системи керування.

6.4 Розділ 3 дисертації присвячений оптимізації роботи автостернового МБНС за критерієм мінімізації числа перекладок стерна. Основні комп'ютерні експерименти здобувач виконав за умов дії зовнішніх збурень на судно – швидкості вітру 10 м/с та висоті хвилі 1 м (табл. 3.7). Бажано було б аргументувати вибір величини цих збурень здобувач.

6.5 Базу даних для навчання штучної нейронної мережі (ШНМ) регулятора для стабілізації курсу МБНС здобувач сформував за результатами комп'ютерного експерименту (стор. 106), що може бути першим кроком у навчанні ШНМ. Доцільно було б вказати на подальші кроки застосування більш достовірної бази даних для навчання ШНМ.

6.6 Розділ 4 дисертації присвячений автоматизації керування корисним вантажем МБНС. Приймаючи першочерговою задачу автоматизації автономних ненаселених підводних апаратів як носіїв корисного вантажу палубного розташування, доцільно звернути увагу здобувача на широке застосування також прив'язних підводних роботів. Це зумовить особливості динамічної моделі МБНС як об'єкта керування.

6.7 При розробці алгоритмів керування системою «шноркель» для подачі повітря до теплового двигуна МБНС при його підводному русі (підрозділ 4.4), здобувач не розглядає аварійні режими роботи МБНС і, зокрема, режим заливання цієї системи забортною водою при наявності розвиненого морського хвилювання. Разом з цим, такий режим відноситься до типових і автоматична система керування системою «шноркель» має забезпечувати безаварійне функціонування надводно-підводного судна.

## **7 Загальна оцінка дисертаційної роботи та висновки**

Виходячи з вищевикладеного вважаю, що представлена до захисту дисертація Буруніна Андрія Павловича «Комплексна автоматизація процесів керування малорозмірним безекіпажним надводним судном» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, в якій вирішена актуальна наукова задача створення науково-методологічного підґрунтя комплексної автоматизації

малорозмірних безекіпажних надводних суден як складової інноваційного розвитку вітчизняного суднобудування, що має важливе практичне значення.

Враховуючи актуальність теми дисертаційної роботи, а також достовірні наукові результати, що мають наукову новизну і практичну значимість, та враховуючи повноту висвітлення основних положень дисертаційної роботи в опублікованих працях, вважаю, що представлена дисертаційна робота 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 року № 44 (із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21 березня 2022 року; № 502 від 19.05.2023; № 507 від 03.05.2024), вимогам до оформлення дисертації, затвердженими Наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019), а її автор Бурунін Андрій Павлович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування.

Офіційний опонент  
доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри систем керування  
літальними апаратами  
Національного технічного  
університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Олександр ЗБРУЦЬКИЙ