

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента кафедри електричної інженерії
суднових та роботизованих комплексів

Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
Войтасика Андрія 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

Розвиток автономних та безекіпажних транспортних засобів, зокрема у морському секторі, є однією з провідних світових технологічних тенденцій. Малорозмірні безекіпажні надводні судна (МБНС) знаходять широке застосування в екологічному моніторингу, охороні морських кордонів, гідрографічних дослідженнях, навігаційній підтримці, рятувальних операціях, а також у військовій сфері.

Водночас, ефективне функціонування таких суден у складних умовах морського середовища вимагає високого рівня автономності, надійності та адаптивності систем керування. Такі судна мають підвищену чутливість до збурень (зокрема, вітру та хвиль) та обмежені енергетичні та навігаційні ресурси.

На сьогодні більшість реалізованих рішень автоматизації таких суден базуються на автоматизації окремих компонентів або функціональних підсистем МБНС — наприклад, стабілізації курсу, уникнення перешкод або навігації. Проте відсутність єдиного комплексного підходу до побудови системи керування значно обмежує їх ефективність, надійність і масштабованість у реальних умовах експлуатації.

Таким чином, розробка та дослідження методів комплексної автоматизації процесів керування МБНС, виконана здобувачем Буруніним Андрієм Павловичем є своєчасною, науково значущою та практично важливою задачею, вирішення якої сприяє прогресу в галузі морських автономних систем і загальному підвищенню ефективності та безпеки

Новизна отриманих результатів

За результатами проведених досліджень здобувач отримав наступні нові наукові результати:

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.

Наукове значення наведених вище результатів полягає у створенні науково-методологічної основи комплексної автоматизації МБНС, що забезпечує впровадження у вітчизняну галузь суднобудування нових підходів до автоматизації малорозмірних суден, та розробці перспективних технічних рішень з комплексної автоматизації МБНС, що забезпечує технологічний суверенітет України у галузі морської робототехніки.

Підсумовуючи аналіз наукової новизни, можна констатувати, що дисертаційна робота Буруніна Андрія Павловича нові наукові результати, які відповідають спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Відповідність теми дисертації та рівня наукової обґрунтованості результатам досліджень

Тема дисертаційного дослідження Буруніна Андрія Павловича передбачає отримання наукових результатів за двома напрямками:

розробка науково-методологічного підґрунтя комплексної автоматизації процесів керування МБНС на основі системного підходу, що має створити

інструментарій для розробки алгоритмічного забезпечення комплексної автоматизації;

розробка технічних рішень як складових комплексної автоматизації МБНС, що забезпечить підвищення ефективності функціонування судна та застосування його корисного вантажу за призначенням.

У процесі досліджень за вказаними напрямками здобувач застосував необхідні наукові методи дослідження, які забезпечили достовірність отриманих результатів, а саме, системний підхід та методологію «рівнянь існування» МБНС за відомими системними критеріями, методи синтезу систем автоматичного керування, а також методологію комп'ютерного експерименту при перевірці ефективності синтезованих систем автоматичного керування малорозмірного безекіпажного надводного судна.

Таким чином, можна констатувати, що отримані здобувачем наукові результати мають достатню обґрунтованість та відповідають темі дисертації.

Рівень виконання поставленого наукового завдання

Метою дисертаційного дослідження Буруніна Андрія Павловича є розробка науково-методологічного підґрунтя та технічних рішень комплексної автоматизації процесів керування МБНС на основі системного підходу. При цьому, у поняття комплексності здобувач включає не тільки автоматизацію, власне, МБНС, а й автоматизацію його корисного вантажу, тобто приладів робототехніки, які містяться на борту МБНС природоохоронного призначення.

Відзначимо, що така мета дослідження є правильною, виходячи з сучасних підходів до створення вітчизняних засобів морської робототехніки.

Виходячи з поточного стану досліджень у вказаній галузі знань, здобувач поставив перед собою чотири основні науково-технічні завдання:

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.

Послідовний та, у цілому, достатньо повний розв'язок вказаних завдань дає змогу дійти висновку, що мета дисертаційного дослідження досягнута.

Так, за допомогою використання методології системного підходу здобувач запропонував множину напрямків прикладних досліджень комплексної автоматизації МБНС та на прикладі природоохоронного судна сформував узагальнену множину його роботизованих операцій, а також отримав множину основних задач щодо зовнішнього і внутрішнього проектування такого судна як об'єкта автоматизації. Важливою науково-

методологічною складовою роботи є множина основних режимів функціонування МБНС та множина головних задач, які має реалізувати його система автоматичного керування, починаючи від автоматичної діагностики обладнання і до застосування корисного вантажу судна з його призначенням. Запропонована здобувачем узагальнена функціональна схема системи автоматичного керування патрульним МБНС не виглядає оригінальною, але є необхідною основою для синтезу структури та алгоритмічного забезпечення системи керування судном та його корисним вантажем.

Важливою складовою роботи є підвищення одного з ключових показників морехідності МБНС, а саме, його курсової стійкості при дії зовнішніх збурень. При розв'язку цього завдання здобувач із застосуванням технології комп'ютерного експерименту провів комплексне дослідження автостернових пристроїв МБНС, які використовують типові ПІ-, ПІД-, нечіткий регулятори та регулятор на основі штучної нейронної мережі (ШНМ). Результати дослідження дали змогу оцінити ефективність функціонування кожного типу регуляторів, що утворює нові прикладні науково обґрунтовані знання для проектувальників морської робототехніки. Як додатковий та перспективний прикладний науковий результат цієї частини дослідження варто вказати на висновок здобувача щодо доцільності і можливості будувати ШНМ-регулятор автостернового пристрою МБНС з регульованою величиною відхилення судна від заданого курсу. Після додаткових досліджень це дасть можливість адаптувати роботу автостернового пристрою малорозмірного судна у залежності від завдання місії та гідрокліматичних характеристик акваторії.

До важливих наукових результатів здобувача, безумовно, слід віднести введення ним до розгляду малорозмірного безекіпажного надводно-підводного судна (МБНПС) як нового об'єкту автоматичного керування. На основі цього у дисертації доповнено існуючу класифікацію морських безекіпажних апаратів, на принципах системного підходу сформовано генеральну множину задач синтезу систем автоматичного керування малорозмірними МБНПС науково-дослідницького та природоохоронного призначення та множину підзадач автоматичного керування їх просторовим рухом, енергетичною та інформаційною системами. Ці результати утворюють теоретичне підґрунтя для системної розробки алгоритмічного і програмного забезпечення систем керування такими об'єктами морської робототехніки. Невід'ємною та важливою частиною цього дослідження слід вважати розробку базової структури обладнання одної з ключових систем енергетики МБНПС – системи «шноркель» для подачі повітря до теплового двигуна судна при його підводному русі, а також розробку узагальненої структури системи автоматичного керування такою системою енергетики. Отримані результати утворюють теоретичну основу для синтезу систем автоматичного керування енергетичним обладнанням таких суден.

Особливу актуальність та практичну цінність на сьогодні для малорозмірного вітчизняного суднобудування мають наукові дослідження здобувача у напрямку автоматизації керування корисним вантажем МБНС.

Успішний розв'язок цього науково-технічного завдання є невід'ємною складовою комплексної автоматизації МБНС. Здобувач, виходячи з тексту дисертації, ретельно ознайомився з сучасним станом автоматизації корисного вантажу суден, запропонував його класифікацію у вигляді вантажу палубного і контейнерного зберігання та для дослідницького комплексу «Малорозмірне безекіпажне надводне судно – Корисний вантаж» запропонував концепцію модульної автономії, де кожний модуль з корисним вантажем розглядається як окремий об'єкт автоматичного керування. При розв'язку цього завдання здобувач запропонував основні складові конструкцій автоматичних контейнерів спеціальної конструкції для палубного транспортування, зберігання і застосування підводних і повітряних апаратів-роботів та розробив узагальнені алгоритми керування ними. Отримані прикладні наукові результати розв'язку наукового завдання удосконалення систем автоматичного керування корисним вантажем МБНС утворюють теоретичну основу для синтезу систем автоматичної доставки підводних апаратів-роботів та безекіпажних літальних апаратів засобів до їх робочої акваторії та ініціалізації їх використання за призначенням.

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

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Ознайомлення з дисертацією свідчить про достатньо повне оволодіння здобувачем такими складовими методології наукової діяльності, як знання теоретичних основ наукових досліджень та їх застосування до формулювання і розв'язку завдань автоматизації МБНС, вибір адекватних методів наукового дослідження та їх застосування на практиці. Це, у першу чергу, стосується його уміння формулювати наукову проблему, мету та завдання дослідження з урахуванням вітчизняного та світового досвіду автоматизації безекіпажних суден. Це підтверджується також залученням методології системного підходу, теорії автоматичного керування та комп'ютерного експерименту для розв'язку поставлених наукових завдань..

Крім того, здобувач володіє основами логіки наукового пізнання, а саме, аналізом і синтезом систем автоматизації технічних об'єктів, що дало йому змогу запропонувати нові технічні рішення для автоматизації корисного вантажу МБНС.

Сказане дає підстави стверджувати, що здобувач у достатній мірі володіє необхідними знаннями та вміннями для проведення наукових досліджень за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Повнота викладення положень дисертації в опублікованих працях

Результати своїх дисертаційних досліджень здобувач опублікував у 15 наукових публікаціях, у тому числі, у 7 статтях у фахових виданнях категорії «Б» України (одна стаття – одноосібно), та у 8 збірниках матеріалів міжнародних науково-технічних та науково-практичних конференцій.

Загальна кількість публікацій за темою дисертації 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 аналізу 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 відповідні посилання на відповідні джерела.

Зауваження щодо змісту дисертаційної роботи

Вивчення та аналіз результатів дисертаційної роботи дає змогу вказати на наступні зауваження до її змісту.

1) У розділі 1 здобувач сформував основні задачі комплексної автоматизації МБНС, сформульовані на основі системного підходу (рис. 1.5), де, зокрема, сформулював задачу В) «Керування та контроль працездатності систем навігації, зв'язку та системи автоматичного керування». Однак, у дисертації розв'язок перших двох підзадач (навігації та зв'язку) ніяк не пояснений. Виходячи з постановки дисертаційного дослідження, доцільно було б оцінити складність та основні підходи до розв'язку вказаних підзадач.

2) При формулюванні задач автоматизації МБНС здобувач сконцентрував увагу лише на природоохоронному судні (п.р. 2.2), хоча при постановці задачі дослідження (п.р. 1.5) йдеться також про інше за призначенням судно – безекіпажне патрульне судно, призначене для охорони мілководних захищених акваторій України. Якщо задачі автоматизації таких суден схожі, необхідно було б про це чітко сказати.

3) У якості теоретичного підґрунтя для застосування системного підходу при комплексній автоматизації МБНС здобувач прийняв відому концепцію аналізу та синтезу складних систем на основі «рівнянь існування», яку успішно апробовано при синтезі підводних апаратів-роботів. Однак, при її застосуванні для оцінки ефективності автоматизації надводних суден здобувач використовує два схожих критерії – «Функціональність» та «Корисна функція», не пояснюючи різницю між ними.

4) У розділі 3 здобувач виконав порівняльний аналіз ефективності роботи автостернового МБНС за критерієм «Мінімум перекладок стерна». Безумовно, такий критерій забезпечує економію технічного ресурсу автостернового пристрою і, по суті, підвищує його надійність і відмовостійкість. Однак, поза увагою здобувача залишився критерій «Енергоефективність», який визначає економію витрат бортового джерела енергії МБНС при морському переході в умовах відро-хвильових збурень. Очевидно, що такий критерій також є актуальним для малорозмірного безекіпажного судна і його необхідно було б розглянути окремо.

5) У п.р. 4.3 здобувач обмежився розглядом задач автоматизації керування корисним вантажем тільки двох типів – автономного ненаселеного підводного апарату і безпілотного літального апарата. Однак, у практиці застосування МБНС не меншу актуальність мають також прив'язні підводні апарати-роботи – буксирувані та самохідні. Особливу складність с позицій автоматичного керування ними мають лебідки кабель-тросів і кабель-буксирів. Без аналізу та розробки систем автоматичного керування таким корисним вантажем вирішення проблеми комплексної автоматизації МБНС виглядає неповним.

У цілому, слід зауважити, що проблема комплексної автоматизації засобів морської робототехніки на цей час є досить складною, особливо, коли йдеться про малорозмірні надводні судна. Тому вказані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки роботи.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Буруніна Андрія Павловича за темою «Комплексна автоматизація процесів керування малорозмірним безекіпажним надводним судном» є цілісним та завершеним науковим дослідженням, яке виконане за актуальною для України тематикою. Результати дослідження містять прикладні наукові та науково обґрунтовані технічні рішення, які спрямовані на вирішення науково-прикладного завдання – комплексна автоматизація малорозмірних безекіпажних надводних суден.

За науковим рівнем, практичною та науковою цінністю, обґрунтованістю основних результатів та кількістю публікацій 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 р. № 44, а її автор, Бурунін Андрій Павлович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент:

кандидат технічних наук,
доцент кафедри електричної інженерії
суднових та роботизованих комплексів
Навчально-наукового інституту
автоматики та електротехніки
Національного університету
кораблебудування
імені адмірала Макарова

Андрій ВОЙТАСИК