

**ВІДГУК**  
**офіційного опонента**  
на дисертаційну роботу Алоби 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 обраної теми та мета дисертаційної роботи**

Групове застосування автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА) належить до сучасних технологій виконання пошукових, науково-дослідних, інспекційних та інших видів підводних робіт. Однією з головних задач керування процесами групового застосування АНПА є безаварійність їх руху та зберігання цілісності групи, що досягається підтриманням бажаної дистанції між окремими «агентами» групи. При зменшенні дистанції виникає небезпека зіткнення, а при збільшенні – втрата зв'язку з сусідніми АНПА та розпад групи.

Це обумовлює необхідність удосконалення алгоритмів групового керування АНПА та синтезу системи автоматичного керування (САК) окремим АНПА як «агентом» групи.

Таким чином актуальність дисертаційного дослідження Алоби Л.Т. не викликає сумнівів. Мета дисертаційної роботи відповідає її темі та сформульованому науковому завданню.

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

Вирішення поставленого наукового завдання забезпечено використанням теорії нечітких множин для синтезу регуляторів САК керування рухом АНПА, чисельного розв'язку систем диференціальних рівнянь та комп'ютерного моделювання для дослідження динаміки руху АНПА. Імітаційна модель динаміки АНПА розроблена на основі раніше створених в Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова та добре апробованих на практиці математичних моделей його елементів.

Наукові результати, отримані в дисертації, підтверджуються комп'ютерним моделюванням та морським натурним експериментом. Таким чином, наукові положення, висновки і рекомендації обґрунтовані в повній мірі.

**3. Наукова новизна отриманих результатів**

Наукова новизна результатів, отриманих в дисертації Алоби Л. Т., полягає в наступному:

– вперше розроблено систему автоматичного керування автономним ненаселеним підводним апаратом як «агентом» групи з реалізацією

принципів адгезії, когезії та вирівнювання, введенням блоків моделі навігаційної обстановки, ідентифікатору навігаційних загроз, бортового керуючого контролеру, що забезпечує безаварійний рух АНПА в групі;

– удосконалено систему автоматичного керування АНПА в складі групи підводних апаратів використанням в її структурі нечітких регуляторів (дистанції до сусіднього АНПА та підтримки заданого курсу), що забезпечує безаварійний рух АНПА;

– удосконалено алгоритм керування пошуковим безекіпажним морським комплексом, який включає безекіпажне надводне судно-носії та групу розташованих на ньому автономних ненаселених підводних апаратів і який призначений для роботи на віддалених акваторіях, що утворює теоретичну основу для синтезу ефективних систем автоматичного керування таким комплексом.

#### **4. Практичне значення отриманих результатів**

Перспективним у практичних задачах автоматизації керування одиночними АНПА в складі групи вбачається реалізація принципів адгезії та когезії, які забезпечують безаварійний режим руху апарата в умовах навігаційної близькості інших апаратів при виконанні спільної підводної місії.

Практичне значення отриманих наукових результатів підтверджується їх використанням в Державному підприємстві «Дослідно-проектний центр кораблебудування» державного концерну «Укроборонпром», а також впровадженням в навчальний процес Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

#### **5. Структура та зміст дисертації**

Дисертаційна робота Алоба Л. Т. відповідає «Вимогам до оформлення дисертації», затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40, зі змінами, затвердженими наказом Міністерства освіти і науки України від 31.05.2019 р. № 759.

Основна частина дисертаційної роботи Алоби Л.Т. містить вступ, чотири розділи та висновки.

У вступі сформульовано актуальність, мету та завдання дослідження, наведено відомості про наукову новизну, використані методи дослідження, особистий внесок здобувача, апробацію наукових результатів, їх практичне значення та впровадження.

В першому розділі виконано аналіз сучасного стану групового застосування АНПА для пошукових, інспекційних, наукових та інших видів робіт. Основними напрямками дослідження в груповому керуванні є розвиток власних систем безаварійного руху самих АНПА та методів забезпечення руху всієї групи. В якості основних підходів до групового керування автором виділено наступні: ройовий, зграйний та колективний. Організація керування груповим рухом може забезпечуватися

централізованим, децентралізованим та напівцентралізованим способом, вибір якого залежить від кількості апаратів в групі та складності місії. Автором сформульовано головні задачі дисертаційного дослідження.

Другий розділ присвячений математичному моделюванню групового керування АНПА. В ньому наведено математичну модель руху одиничного АНПА як «агента» групи, яка була складена на основі відомих рівнянь його складових. Розроблено двоконтурну систему автоматичного керування плоским рухом одиничного АНПА в складі групи підводних апаратів, яка містить два нечітких регулятори: дистанції та підтримання курсу; і забезпечує безаварійний режим руху підводного апарата.

Комп'ютерне моделювання роботи регулятора підтверджує його працездатність в режимах адгезії, когезії та гармонійного сигналу керування.

Представлено узагальнену структуру моделюючого комплексу для дослідження ефективності системи керування групою АНПА, які виконують спільну підводну місію. Пропонований комплекс має ієрархічну структуру, складається з чотирьох основних рівнів: виконавчого, базового, локального та глобального, що забезпечує моделювання повного циклу виконання підводної місії. Дана структура є основою для реалізації комп'ютерної моделі дослідження синтезованих САК групового керування АНПА.

У третьому розділі представлені основні види руху апаратів при централізованому та децентралізованому принципі керування групою. Для автоматичного планування місії отримано аналітичні залежності часу її виконання в залежності від кількості АНПА в групі, що є основою для синтезу САК ведучого АНПА.

Для підвищення продуктивності підводних місій на віддалених акваторіях автором запропоновано використовувати безекіпажний морський комплекс, який включає в себе безекіпажний надводний судно-носій та групу розташованих на ньому АНПА, які забезпечують безпосереднє виконання пошукової місії.

Розроблений алгоритм виконання підводної місії з використанням даного комплексу повністю охоплює виконання всіх режимів – від переходу до віддаленої робочої зони до повернення до місця базування, що утворює теоретичну основу для синтезу ефективних САК групою автономних ненаселених підводних апаратів.

Четвертий розділ присвячено натурним випробуванням узгодженого руху двох АНПА. В розділі представлено дослідження роботи САК АНПА, яка містить акустичні сенсори відстані, та перевірено її працездатність. Була перевірена працездатність САК АНПА у режимах адгезії, когезії та синусоїдального керуючого сигналу.

Представлені результати випробувань підтверджують працездатність синтезованої САК одиничного АНПА як «агента» групи.

Робота завершується висновками, списком використаних джерел і додатками.



## 6. Повнота викладення положень дисертації в опублікованих працях

Результати дисертаційної роботи Алоби Л. Т. повністю висвітлені в 17 наукових працях, серед яких 6 статей у фахових виданнях України (2 одноосібно), 1 стаття включена до міжнародної наукометричної бази Scopus.

Додатково наукові результати дисертації відображені в матеріалах 8 науково-технічних конференцій та 3 статтях у збірнику наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

## 7. Зауваження до змісту дисертації

7.1 В роботі доцільно було б навести сигнали керування, які передаються безпосередньо на двигуни виконавчих механізмів АНПА, а також кути відхилення оперення та кутову швидкість гвинта. Це дало б змогу оцінити величини гранично-допустимих вхідних впливів, які може успішно відпрацювати система, а також дослідити питання енергозбереження при роботі рушійно-стернового комплексу АНПА.

7.2 Органи керування, якими оснащений АНПА, зумовлюють необхідність зміни орієнтації для керування рухом центру мас. Тому течія буде створювати збурюючі моменти. Однак автор використовує припущення, що сили зовнішніх збурень прикладаються до центру мас АНПА і не створюють диферентів і кренів.

7.3. В схемі, показаній на рис. 2.2, не вистачає давача кутової швидкості курсу. Далі в дисертації вказано, що для дистанції та курсу використовуються ПД-регулятори. Однак сигнал кутової швидкості, на відміну від сигналу похідної дистанції, на рис. 2.2. відсутній.

7.4. Не обґрунтовано твердження, що спіраль Архимеда дозволить обстежувати кругову зону з максимальною продуктивністю. Не ясно чи враховував автор час виходу АНПА на вихідні позиції для отримання такого висновку.

7.5. З тексту дисертації не ясно навіщо керувати дистанцією до найвіддаленіших АНПА, якщо для недопущення розпаду групи достатньо мати зв'язок лише з найближчим апаратом.

7.6. В дисертації відсутнє обґрунтування вибору кількості сенсорів, які контролюють напрямки появи можливих небезпек для  $i$ -го АНПА групи. Не розглянуте питання побудови САК для великих груп АНПА.

7.7. Значення дистанцій, вказані на рис. 3.8-а, занадто малі з урахуванням розмірів АНПА.

7.8. Нажаль в роботі не наводяться параметри математичної моделі АНПА, для якого виконувалося імітаційне моделювання та випробування. Їх наявність дала б змогу порівнювати якість розробленої системи керування з результатами, отриманими іншими методами, а також більш широко використовувати результати дисертації в навчальному процесі інших університетів.



7.9. У роботі виявлено деякі технічні неточності. Наприклад у формулах (3.28), (3.29) повторюються вирази для  $V_{H3-M1}$ , в п. 8 висновків вказаний час перехідного процесу 23 с, а в п. 4.3 на стр. 147 – 25 с, та інші.

Означені зауваження не знижують наукової цінності дисертаційної роботи та не впливають на її загальну позитивну оцінку.

## **8. Відповідність дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України**

Дисертаційна робота Алоби Лео Тосіна відповідає діючим вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету міністрів України від 24.07.2013 р. № 567 зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 15.07.2020 р. №607, які висуваються до кваліфікаційних наукових робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Дисертація за змістом та отриманими в ній науковими результатами відповідає науковій спеціальності 05.13.03 – системи та процеси керування.

## **9. Рекомендації щодо використання результатів дисертаційної роботи**

Отримані автором наукові та практичні результати доцільно використовувати у наукових та проектно-конструкторських організаціях, які займаються створенням та використанням безекіпажних морських комплексів пошукового та інспекційного призначення.

Перспективним є використання принципів адгезії та когезії при керуванні окремим АНПА як «агентом» групи, що забезпечує його безаварійний рух під час проведення підводної місії.

Результати роботи рекомендується використовувати у навчальному процесі вищих навчальних закладів при підготовці магістрів в напрямку автоматизації керування рухомими об'єктами, зокрема, у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова, Національному університеті «Одеська морська академія», Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Національному авіаційному університеті, Національному аерокосмічному університеті імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

## **10. Висновки**

Дисертаційна робота Алоба Лео Тосіна на тему «Автоматизація групового керування автономними ненаселеними підводними апаратами пошукового типу» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові наукові результати. Їх використання дало змогу розв'язати актуальне наукове завдання вдосконалення системи автоматичного керування групою автономних ненаселених підводних апаратів, зокрема безаварійним рухом

одиначного апарата як «агента» групи в умовах навігаційної близькості інших апаратів. За рівнем отриманих наукових результатів дисертаційна робота відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, які висуваються до кандидатських дисертацій.

Автореферат повністю розкриває зміст та отримані наукові і практичні результати дисертації.

Наведені зауваження носять рекомендаційний характер і не знижують наукової цінності дисертаційної роботи.

З урахуванням вищезазначеного вважаю, що дисертація відповідає паспорту спеціальності 05.13.03 – системи та процеси керування та вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, які висуваються до кваліфікаційних наукових робіт на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор Алоба Лео Тосін заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.03 – системи та процеси керування.

Офіційний опонент,  
доцент кафедри систем керування  
літальними апаратами Національного  
технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»,  
кандидат технічних наук  
«28» 04 2021 р.



В.В. Бурнашев

*Підпис доцента кафедри СКЛА, канд. техн. наук Бурнашева В.В. засвідчую:*

Вчений секретар Національного  
технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»  
«28» 04 2021 р.




В.В. Холяvко