2

До спеціалізованої вченої ради Д 41.106.01
Національного університету
«Одеська морська академія»
65052, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 8

ВІДГУК
офіційного опонента

доктора технічних наук, професора
Авер'янової Юлії Анатоліївни
на дисертаційну роботу Корбана Дмитра Вікторовича «Підвищення ефективності функціонування суднових радіолокаційних комплексів», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом

1. **Актуальність теми дисертаційної роботи.**

Підвищення ефективності суднових радіолокаційних комплексів (СРК) в умовах атмосферних завад є актуальним завданням забезпечення навігаційної безпеки. Відбиття від опадів можуть маскувати луна-сигнали навігаційних об'єктів, ускладнювати їх виявлення та розрізнення. Дисертація присвячена використанню відмінностей поляризаційних характеристик сигналів об'єкта й атмосферного утворення для їх селекції. Такий підхід розширює інформаційні можливості радіолокаційного спостереження та має практичне значення для судноводіння за складних метеорологічних умов. Актуальність теми визначається зв'язком між розробленням поляризаційних методів оброблення сигналів і потребою в надійнішому виявленні навігаційних об'єктів на шляху судна.

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

Мета дисертації — підвищення ефективності функціонування суднових радіолокаційних комплексів. Об'єктом дослідження є процес радіолокаційного спостереження навігаційних об'єктів на тлі атмосферних завад, а предметом — теоретико-методологічні та прикладні положення використання поляризаційних характеристик сигналів для підвищення ефективності СРК. Комплексне завдання конкретизовано через побудову системи моніторингу поляризаційної структури сигналів, розроблення стратегії формування їх системи та методології підвищення ефективності СРК в умовах атмосферних завад.

Обґрунтованість основних положень забезпечує послідовний перехід від аналізу проблеми до математичних моделей, алгоритмів поляризаційної селекції та їх експериментального дослідження. Використано системний аналіз, аналітичне й чисельне моделювання, матричний опис поляризаційних

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
КАНЦЕЛЯРІЯ
Вхідний № 1576
Надійшло 09 11 2026 р.

перетворень, імовірнісно-статистичні методи та порівняльний аналіз радіолокаційних спостережень. Ці методи відповідають меті та завданням роботи. Параметри Стокса описують інтенсивність і поляризаційний стан хвилі, а матриці Мюллера — перетворення її вектора Стокса в радіолокаційному каналі. Розмежування характеристик сигналу, об'єкта та каналу є суттєвим для інтерпретації отриманих результатів.

Достовірність отриманих наукових результатів, висновків і рекомендацій обґрунтовується зіставленням теоретичних моделей із результатами експериментів, аналізом похибок вимірювання та порівнянням радіолокаційних даних СРПК і метеорологічного комплексу. У підрозділі 6.2 розглянуто поляризаційні та статистичні похибки, зокрема довірчі інтервали оцінок першого параметра Стокса. Наведені матеріали підтримують висновок про працездатність запропонованих методів у досліджених умовах.

Дисертаційну роботу виконано в Національному університеті «Одеська морська академія» відповідно до планів його наукових досліджень. Здобувач брав участь як виконавець у двох держбюджетних науково-дослідних роботах:
«Удосконалення методів безпечного управління судном» (2020–2022 рр.) — розділ 13 «Альтернативний метод визначення характеристик судна»; «Удосконалення методів управління та експлуатації суден» (№ ДР 0123U101463, 2023–2025 рр.) — розділ 4 «Розробка стратегії формування системи радіолокаційних сигналів, що базуються на їх поляризаційних параметрах». Зв'язок із другою темою підтверджено актом використання результатів у науково-дослідній роботі університету.

3. **Наукова новизна положень, висновків та рекомендацій.**

Визначальним у науковому внеску роботи є використання поляризаційних параметрів як ознак розрізнення навігаційного об'єкта та атмосферного утворення. Запропонована методологія пов'язує опис частково поляризованого сигналу, апріорні відомості про атмосферні завади й процедури прийняття рішення. Такий зв'язок надає параметрам Стокса прикладного значення в задачі суднової радіолокаційної селекції.

Вперше розроблено за положеннями наукової новизни дисертації:

- методологію селекції морських навігаційних об'єктів за статистичними властивостями поляризаційних параметрів луна-сигналу та визначенням критеріальних ознак розрізнення об'єкта й атмосферного утворення;
- підходи до виділення навігаційної складової сумарного луна-сигналу з використанням енергетичної матриці розсіювання, матриці когерентності та ступеня поляризації;
- функціональні схеми реалізації методів селекції, які пов'язують виміряні поляризаційні величини з послідовністю операцій оброблення та формуванням результату для оператора.

Удосконалено:

- математичну модель інформаційного потоку СРПК для використання поляризаційних характеристик у задачі розрізнення навігаційного об'єкта й атмосферного утворення;
- технологію аналізу частково поляризованих луна-сигналів складного об'єкта на основі виміряних параметрів Стокса;
- теоретичні та експериментальні методи дослідження поляризаційної селекції, що поєднують модельне обґрунтування ознак і перевірку результатів оброблення.

Набули подальшого розвитку:
- інформаційний опис радіолокаційних сигналів для одержання й оброблення відомостей про об'єкти на шляху судна;
- модель розсіювальних властивостей складного об'єкта за параметрами Стокса падаючих і відбитих хвиль як основа формування ознак селекції;
- використання взаємопов'язаних матричних, поляризаційних і статистичних характеристик для опису та розрізнення складових луна-сигналу.

4. **Наукова значущість та практична цінність отриманих наукових результатів**

Наукова значущість дослідження полягає в розвитку модельного й алгоритмічного забезпечення поляризаційної селекції навігаційних об'єктів. Теоретичне значення має узгоджене використання параметрів Стокса, матричних моделей і статистичних ознак для опису сигналів та їх розділення. Практичне спрямування цих результатів пов'язане з розширенням інформаційних можливостей суднових радіолокаційних комплексів.

Практична значущість отриманих наукових результатів підтверджується матеріалами додатка В. У ньому наведено акти щодо використання результатів у ДП «В.Шипс (Україна)», судноплавній компанії «АРГО», ДП «Морський торговельний порт «Чорноморськ», Гідрометеорологічному центрі Чорного та Азовського морів, Запорізькому обласному центрі з гідрометеорології, а також у навчальному процесі й науково-дослідній роботі Національного університету «Одеська морська академія».

Практичне застосування результатів охоплює радіолокаційне та радіометеорологічне забезпечення судноплавства, підготовку судноводіїв і розроблення засобів поляризаційного оброблення. Документи додатка В конкретизують використання методик, рекомендацій та навчальних матеріалів у цих напрямах.

5. **Аналіз структури та змісту дисертації.**

Дисертація містить анотації українською та англійською мовами, зміст, перелік прийнятих скорочень, вступ, шість розділів, висновки, список використаних джерел і чотири додатки.

Загальний обсяг поданого PDF дисертації становить 353 сторінки. Анотації розміщено на с. 2–24 (23 сторінки), вступ, шість розділів і висновки — на с. 30–269 (240 сторінок), список із 224 джерел — на с. 270–297 (28

сторінок), чотири додатки — на с. 298–353 (56 сторінок). Основна частина містить 45 рисунків і 17 таблиць.

Вступ визначає актуальність теми, зв'язок із науково-дослідними роботами, мету, об'єкт, предмет і завдання дослідження. Наведено методи, положення наукової новизни, практичне значення результатів, відомості про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації.

У **першому розділі** проаналізовано напрями підвищення ефективності СРК і можливості використання поляризаційних характеристик сигналів. Розглянуто інформаційні передумови виділення луна-сигналу навігаційного об'єкта на тлі атмосферного утворення, матричні методи та статистичний підхід до виявлення й розрізнення сигналів.

Проведений огляд визначає місце поляризаційної селекції серед засобів удосконалення радіолокаційного спостереження та формує основу для постановки завдань наступних розділів.

У **другому розділі** обґрунтовано напрям дослідження, мету й комплексне завдання, розглянуто системний і структурний підходи, технологічну карту дослідження та вибір методів. Увагу приділено використанню апріорних відомостей про атмосферні утворення, організації інформаційного потоку та порівняльному аналізу радіолокаційних даних.

Третій розділ присвячено системі моніторингу поляризаційної структури сигналів. Подано структурну й функціональні схеми СРПК, розглянуто всеполяризовану антену в режимах випромінювання та приймання, формування шести поляризаційних компонентів і вимірювання чотирьох параметрів Стокса. Розділ пов'язує математичний опис сигналів з апаратурними засобами їх отримання та оброблення.

Четвертий розділ містить модель основного інформаційного потоку в СРПК, моделі розсіювальних властивостей навігаційного об'єкта, атмосферного утворення та їх сукупності. Розглянуто структуру радіолокаційного каналу й використання матричних характеристик для опису взаємодії електромагнітної хвилі з об'єктами спостереження.

У **п'ятому розділі** розроблено методи поляризаційної селекції з використанням енергетичної матриці розсіювання, матриці когерентності, ступеня поляризації та статистичних характеристик параметрів Стокса. Наведено приклади розв'язання завдань виділення луна-сигналу навігаційного об'єкта із сумарного сигналу. Цей розділ становить алгоритмічну основу запропонованої методології.

У **шостому розділі** розглянуто енергетичну структуру розсіяного поля, оцінювання похибок СРПК та експериментальне дослідження запропонованих методів. Порівняльні спостереження проведено із залученням автоматизованого метеорологічного радіолокаційного комплексу на базі МРЛ-5. До вимог щодо реалізації поляризаційної селекції віднесено:

- збереження дальності радіолокаційного спостереження порівняно з базовим СРК;
- зменшення залишкового луна-сигналу атмосферних утворень після оброблення;

- забезпечення виділення луна-сигналів навігаційних об'єктів на тлі атмосферних завад.

Експериментальні матеріали ілюструють можливості запропонованих методів у розглянутих метеорологічних умовах. Статистичне тлумачення результатів пов'язане з правилом прийняття рішення, розподілами поляризаційних ознак та результатами серії випробувань.

У **висновках** узагальнено результати теоретичних та експериментальних досліджень, визначено можливості використання поляризаційної інформації й напрями практичного застосування розроблених методів.

Головним науковим результатом роботи є методологія поляризаційної селекції навігаційних об'єктів в умовах атмосферних завад, яка поєднує вимірювання параметрів Стокса, моделі розсіювання, алгоритми оброблення сигналів та принципи побудови СРПК. Її значення полягає у створенні теоретичних і прикладних передумов підвищення ефективності радіолокаційного спостереження.

Автореферат відображає мету, завдання, основні положення наукової новизни, зміст шести розділів, висновки та напрями практичного використання результатів дисертації. За основним науковим змістом він відповідає дисертації.

6. **Повнота викладення в опублікованих працях наукових положень,**

висновків і рекомендацій.

У додатку Г дисертації наведено 57 позицій: 27 статей, одну монографію, два патенти, одне свідоцтво про реєстрацію авторського права та 26 праць у матеріалах конференцій. Публікації висвітлюють поляризаційні ознаки сигналів, матричні й статистичні методи селекції та їх реалізацію в СРПК. Окремим виданням є монографія «Радіолокаційні методи поляризаційної селекції морських об'єктів».

За тематикою наведених праць основні результати дисертації оприлюднено з достатньою повнотою. Апробацію представлено доповідями на наукових конференціях, зокрема MINTT, «Navigation, Shipping and Technology» та «Special Ships and Intelligent Systems 2023». У дисертації й авторефераті розкрито особистий внесок здобувача у спільні праці: моделювання радіолокаційного каналу, обґрунтування методів селекції, розроблення експериментальної схеми та використання накопичених даних про атмосферні утворення.

7. **Відомості щодо академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації**

Наведені відомості про особистий внесок дають підстави оцінювати дисертацію як самостійне дослідження здобувача. Оцінку дотримання академічної доброчесності необхідно співвідносити з результатами змістового аналізу запозичень та належно оформленими матеріалами перевірки відповідної версії дисертації.

8. **Зауваження щодо змісту дисертації та автореферату**

За результатами аналізу змісту роботи сформульовано такі зауваження та дискусійні положення:

1. У підрозділі 1.3 (с. 63, формула (1.10)) імовірнісні характеристики вектора ознак, названого предиктором, визначено через закони розподілу параметрів Стокса. Однак зв'язок цих співвідношень із процедурою оцінювання статистичних параметрів і правилом прийняття рішення доцільно викласти чіткіше, з посиланням на підрозділ 5.3.2. Слід також розмежувати відношення правдоподібностей, поріг рішення та ймовірність правильного розпізнавання, зокрема під час інтерпретації прикладу на с. 264.

2. У підрозділі 2.3 (с. 77) описано роль тезауруса — накопичених відомостей про атмосферні утворення — у поляризаційній селекції. Для відтворення запропонованого підходу бажано конкретизувати порядок формування й оновлення цього банку даних, ознаки зіставлення поточних вимірювань з еталонними даними та умови застосовності такого зіставлення для опадів різної інтенсивності й фазового стану.

Також доцільно навести аналіз характеристик різних метеорологічних утворень.

3. У підрозділі 3.1 (с. 91–92, рис. 3.3) зазначено використання аналого-цифрової масштабованої системи у двоканальному лінійному приймачі. Доцільно докладніше пояснити її функції, робочий динамічний діапазон та спосіб забезпечення узгодженості амплітудних і фазових характеристик каналів, оскільки ці характеристики впливають на точність визначення параметрів Стокса.

4. У розділах 4 і 5 доцільно чіткіше відокремити відомі співвідношення поляриметрії від авторських моделей та алгоритмів їх застосування. Зокрема, у поясненні формул (5.3) і (5.4) на с. 158 варто явно визначити прийняту відповідність компонентів вектора Стокса при переході між лінійним і круговим базисами та знакову домовленість для різниці фаз. Індекси фаз у різних базисах не повинні штучно уніфікуватися. Доцільно визначити термін "неполяризована хвиля", який використовується в роботі.

5. У підрозділі 1.3 (с. 59–64) та розділі 4 (с. 122–135) недостатньо пояснено вибір матриці Мюллера розмірності 4 × 4 замість комплексної матриці розсіювання 2 × 2 з елементами HH, HV, VH, VV. Доцільно зіставити фізичний зміст цих подань, вимоги до амплітудних і фазових вимірювань та можливості опису частково поляризованих луна-сигналів. Потребує уточнення й твердження про неможливість використання комплексного матричного опису для селекції складних об'єктів, оскільки на його основі можна формувати статистичні матриці коваріації та когерентності. Слід пояснити, які особливості задачі й реалізованої схеми СРПК обґрунтовують обраний підхід; сама наявність 16 елементів не доводить його інформаційної переваги.

6. У першому розділі та під час обґрунтування методів у розділах 4 і 5 недостатньо розкрито результати сучасних зарубіжних досліджень поляриметричного розсіювання та селекції об'єктів, зокрема праць, уже наведених у списку використаних джерел. Зауваження стосується глибини їх

критичного аналізу, а не відсутності посилань. Бажано конкретизувати, які підходи до використання каналів HH, HV, VH, VV, статистичних матриць і параметрів Стокса розглянуто в цих працях, які їхні обмеження для суднової радіолокації в умовах атмосферних завад і чим від них відрізняється запропонований метод. Фундаментальні джерела з поляриметрії доцільно відокремити від новіших прикладних публікацій.

7. У підрозділі 6.4.1 (с. 239) наведено довжини хвиль МРЛ-5 — 3,2 і 10 см, названо систему «МЕТЕОКОМІРКА» та періоди експериментів. Для оцінювання відтворюваності порівняльних спостережень бажано звести в одному місці характеристики використаних режимів МРЛ-5 і СРПК, параметри калібрування та просторово-часового узгодження вимірювань, а також показати їхній вплив на порівняння результатів. Це доповнило б наведений у підрозділі 6.2 аналіз похибок.

8. Доцільно провести порівняння з сучасними поляриметричними радіолокаційними системами і такими, що встановлюються на морські судна.

9. У роботі не вказано, чи впливає поверхня моря на сигнал, що приймається, та на якій відстані можливо робити надійні вимірювання.

Зауваження стосуються вибору поляриметричного подання, формування еталонних даних, статистичного тлумачення результатів, аналізу зарубіжних досліджень і відтворюваності вимірювань.

9. Загальні висновки щодо дисертаційної роботи

Дисертація Корбана Дмитра Вікторовича є завершеною самостійною науковою працею, у якій розвинуто методологічні та прикладні засади використання поляризаційних характеристик електромагнітних хвиль для підвищення ефективності функціонування суднових радіолокаційних комплексів в умовах атмосферних завад.

Наукове значення роботи визначається розробленням методів селекції за поляризаційними ознаками та їх поєднанням із матричними й статистичними моделями. Математичне обґрунтування, експериментальні матеріали та документоване використання результатів підтримують позитивну оцінку дисертації. Наведені зауваження конкретизують питання для наукової дискусії.

Дисертаційна робота Корбана Дмитра Вікторовича «Підвищення ефективності функціонування суднових радіолокаційних комплексів» за тематикою, науковим змістом, новизною та практичним значенням відповідає спеціальності 05.22.13 — навігація та управління рухом і вимогам до докторських дисертацій, визначеним Порядком присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197. Сукупність отриманих результатів дає підстави для присудження Корбану Дмитру Вікторовичу наукового ступеня доктора технічних наук за зазначеною спеціальністю.

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор,
професор кафедри аеронавігаційних систем
Національного університету
«Київський авіаційний інститут»

Підпис _____ Юлія АВЕР'ЯНОВА

«05» листопада 2026 р.

Підпис Аверьянової Ю. засвідчую
Вчений секретар КАІ
Інна Назба