

**Відгук**  
**офіційного опонента на дисертаційну роботу Князя Олександра Ігоровича**  
**«Вдосконалення методів та засобів дистанційного спостереження**  
**навігаційних об'єктів на шляху судна»**  
**представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук**  
**зі спеціальності 05.22.13 - навігація та управління рухом**

**Актуальність теми дослідження.** Суднова РЛС, крім традиційних завдань виявлення й одержання кількісної інформації про рух морських об'єктів, повинна здійснювати їхню селекцію й розпізнавання. Розвиток структури та розширення функцій суднових РЛС може відбуватися різними шляхами, у тому числі й використанням методів поляризаційної селекції, які дозволяють підвищити якість радіолокаційної інформації, а екіпажу судна приймати ефективні рішення в складних метеорологічних умовах. Перспективні суднові РЛС під час навігації на внутрішніх водних шляхах України, можуть використовувати поляризаційну селекцію для проводки по мілководдю, льодової обстановки та інших природних явищ. Суднова РЛС із поляризаційною селекцією дозволить точніше виявляти й спостерігати об'ємні морські, природні й метеорологічні надводні об'єкти.

Тому тема дисертаційної роботи Князя О.І., яка присвячена розробці методів поляризаційної селекції та конструюванню відповідної радіолокаційної апаратури є актуальною.

Крім того актуальність теми дисертаційної роботи обумовлена:

- необхідністю підвищення безпеки судноводіння;
- неефективністю роботи суднових РЛС у складних метеоумовах;
- необхідністю вдосконалювання радіолокаційних методів спостереження морських об'єктів;
- відсутністю радіолокаційного спостереження небезпечних гідрометеорологічних об'єктів;
- відсутністю методології наукових досліджень по вдосконалюванню радіолокаційних методів і суднових технічних засобів дистанційного спостереження навігаційних об'єктів.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення.** Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використованої літератури з 127 найменувань вітчизняних і закордонних авторів, одного додатка. Загальний обсяг дисертації становить 195 сторінок, включає 21 малюнок і 17 таблиць.

**У вступі** наведені актуальність теми дисертаційної роботи, сформульована проблема, мета й завдання дослідження, які вирішуються, рівень наукової новизни і практична значимість отриманих результатів, їх зв'язок з науковими програмами, планами, темами, особистий внесок дисертанта в наукові дослідження, опубліковані у співавторстві з іншими авторами, визначений об'єм і структура дисертації.

**Перший розділ** присвячений інформаційному пошуку, пов'язаному з удосконалюванням методів і засобів дистанційного спостереження навігаційних

об'єктів на шляху судна, впливу атмосфери на виявлення об'єктів судновими РЛС, результати аналізу радіометеорологічної інформації для судноплавства, а також сформовані напрямки дослідження для розробки методів, які забезпечують радіолокаційне спостереження навігаційних об'єктів у складних погодних умовах.

Результати інформаційного пошуку показали на недостатність проведених теоретичних досліджень по забезпеченням безпеки судноводіння судновими РЛС, особливо достовірності інформаційного забезпечення стану зовнішніх об'єктів на етапі проектування суднової РЛС. Для виконання сучасних навігаційних завдань необхідно системно обґрунтувати вибір архітектури суднової РЛС, а на етапі експлуатації – забезпечити належний стан безпеки судноводіння при використанні просторово-часових та поляризаційних характеристик радіолокаційних сигналів.

**Другий розділ** присвячений розробці методичного забезпечення, формуванню наукової гіпотези, мети, головного та допоміжних завдань дослідження. Основна увага приділена підвищенню інформаційної ефективності суднових РЛС шляхом синтезу радіолокаційних параметрів електромагнітної хвилі.

Застосовуючи підходи та методи системного аналізу, запропоновані моделі виявлення та спостереження інформації про стан навколошнього середовища, використані критерії для оцінки достовірності інформації, що надходить та сформовані проблемні питання які представлені у вигляді головної та допоміжних задач. Запропоновано вирішувати завдання за допомогою технологічної карти, в якій наведені методи їх вирішення з подальшим синтезом головного завдання для отримання мети дослідження.

**У третьому розділі** здійснюється рішення першого допоміжного завдання по отриманню математичної моделі поляризаційного процесу, шляхом аналізу зв'язку параметрів об'єкта з радіолокаційними сигналами з використанням фізико-математичної моделі, представленою матрицею Мюллера, у якій електромагнітна хвиля на випромінювання й прийом представлена параметрами Стокса, а при наявності гідрометеорологічних утворень використовується некоординатна інформація, що включає певний клас, геометрію, розміри й електрофізичні параметри поверхні навігаційних об'єктів. Отримані результати у розділі оригінальні та мають наукову цінність.

**У четвертому розділі** здійснене вдосконалення радіолокаційного спостереження навігаційних об'єктів судновий РЛС у складних ситуаційних умовах середовища, установлений вплив природного фона на роботу суднової РЛС, при цьому використана електромагнітна хвиля кругової поляризації, що забезпечує поляризаційну селекцію сигналів об'єктів на фоні опадів, за допомогою розробленого автором суднового поляриметра. За рахунок поляризаційних параметрів, з використанням коефіцієнта деформації, коефіцієнта поляризаційних відмінностей і коефіцієнта неузгодженості просторової орієнтації еліпсів поляризації луно-сигналів, проведено радіолокаційне розпізнавання двох природних об'єктів з різною діелектричною проникністю. Розроблена функціональна схема експериментальної вимірювальної установки, у якій реалізована поляризаційна селекція луно-сигналів від двох речовинних

середовищ, що зустрічаються на шляху судна з комп'ютерною обробкою і представленням поляризаційних параметрів. Розроблено алгоритм реалізації поляризаційного методу виявлення.

Запропонована методика використання електромагнітної хвилі кругової поляризації для реалізації поляризаційної селекції луно-сигналів морських об'єктів, що перебувають у зоні опадів, що випадають. Розроблена функціональна схема суднового поляриметра, дозволяє реалізувати виділення луно-сигналів морського об'єкта з луно-сигналу опадів, а для вирішення завдання розпізнавання морських об'єктів на фоні гідрометеорологічних перешкод використовується ймовірносно-статистичний метод, у якому поляризаційний стан електромагнітної хвилі має чотиривимірний вектор, що полягає з поляризаційних параметрів Стокса. Встановлена залежність радіолокаційного контрасту об'єкта від інтенсивності опадів, і дальності їх маскування. Вирішene завдання прогнозування радіолокаційної наблюдаємості об'єкта за рахунок його властивостей, на фоні опадів, шляхом порівняння граничної відстані з обмірюваною відстанню знаходження об'єкта в судновий РЛС за допомогою створеного експериментального макета для досліджень радіолокатора з випромінювачем у вигляді хрестоподібної щілини в широкій стінці прямокутного хвилеводу.

**У п'ятому розділі** представлені результати експериментального дослідження небезпечних метеорологічних об'єктів на шляху судна за допомогою суднового вимірювального поляризаційного комплексу. Запропоновано алгоритм проведення експериментальних досліджень, що дозволяє виміряти інтенсивність опадів, і швидкість обертання циклонічного вихору. Вимір коефіцієнта анізотропії дозволив не тільки виявити судна на фоні дощу, але й розпізнати тип судна.

У висновках по дисертації наведені основні результати, отримані автором при проведенні теоретичних і експериментальних досліджень.

**У додатку** представлені акти впровадження результатів дисертаційної роботи у виробництво, навчальний процес і в науково-дослідну тематику Національної академії наук України.

Дисертація написана професійною мовою, ретельно оформлена.

Стиль викладу матеріалу дисертаційної роботи відповідає схемі: постановка завдання – метод рішення – чисельний приклад – апробація результатів – висновки.

Оформлення дисертації виконане за допомогою комп'ютерної техніки на професійному рівні з використанням кольорового 3D-зображення.

Автореферат по змісту ідентичний дисертації, написаний професійною українською мовою і ретельно вичитаний.

**Наукова новизна** дисертаційної роботи полягає в системному представленні синтезу методів і технічних засобів дистанційного спостереження навігаційних об'єктів у складних погодних та ситуаційних умовах середовища на шляху судна, які відрізняються від існуючих особливостями використання поляризаційних характеристик сигналів просторово-часової та поляризаційної структури радіолокаційних сигналів суднової РЛС і створеними новими методами поляризаційної селекції при дистанційному спостереженні, виявленні,

розвізнаванні та супроводі об'єктів за допомогою спеціального створеного радіолокаційного поляриметра.

Вперше отримані наступні наукові результати:

- безпека судноводіння в складних атмосферних умовах середовища забезпечується дистанційним виявленням і розпізнаванням наземних об'єктів на шляху судна по параметрах поляризаційних відмінностей сигналів, одночасно відбитих від двох об'єктів, що опромінюються електромагнітною хвилею кругової поляризації суднової РЛС;
- відмінності поляризаційних параметрів електромагнітної хвилі, розсіяної навігаційним об'єктом і гідрометеорологічним фоном, встановлюються по синтезованій процедурі, що використовує ймовірносно-статистичний метод обробки радіолокаційної інформації в сформульованому радіолокаційному каналі, структура якого характеризує семантику сигналів, відповідно до співвідношення априорної інформації про середовище, навігаційні об'єкти й перешкоди з параметрами їх луно-сигналів, що дозволяє виявляти й розпізнавати навігаційні об'єкти в складних атмосферних умовах
- синтезовані методи поляризаційної селекції сигналів, що забезпечують виявлення структури й властивостей спостережуваних об'єктів, що дозволяє отримати необхідну радіолокаційну інформацію про спостережувану ситуацію.

**Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Дослідження, які були проведені в дисертаційній роботі є теоретично обґрунтовані, логічно викладені і зв'язані з реальними задачами, що виникають при розробці системи дистанційного спостереження. Достовірність викладених в дисертації основних наукових положень, висновків і результатів, отриманих здобувачем, забезпечується коректними постановками розв'язуваних у роботі задач та подальшим їх теоретичним аналізом, висновки якого узгоджуються з одержаними практичними результатами.

**Достовірність** отриманих у роботі результатів підтверджується:

- коректним залученням і використанням математичного апарату й основних положень системного підходу, використанням класичних та сучасних методів теорії імовірності й математичної статистики, відповідністю результатів розрахунків, проведених методами аналізу сигналів
- чисельним експериментом на основі методу лінійного аналізу радіофізичних моделей розрахунків параметрів луно-сигналів об'єктів на гідрометеорологічному фоні;
- експериментальною перевіркою, що підтверджується актами про провадження отриманих результатів.

**Наукова цінність** дисертації полягає в удосконаливанні існуючих радіолокаційних методів і технічних засобів спостереження морських об'єктів у складних ситуаціях середовища.

**Практичне значення наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації** полягає в їхній готовності до практичної реалізації при проектуванні нової суднової радіолокаційної апаратури. Основні результати

дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі ОНМА кафедри «Електронних комплексів судноводіння».

**Повнота викладу основних результатів у наукових виданнях та апробація.** Повнота викладу й обговорення змісту результатів дисертаційної роботи підтверджується п'ятьма публікаціями з яких одна стаття за рубежем і в матеріалах чотирьох конференцій.

Усі положення і висновки, методи радіолокаційного виявлення й розпізнавання об'єктів, функціональні схеми побудови суднових РЛС, що представлений у захисті, розроблені й належать авторові особисто.

**Подальше впровадження** отриманих автором результатів дослідження здійснене у:

- технічній службі Одеського морського порту при розробленні перспективних планів розвитку його інфраструктури. Акт впровадження від 12.05.2015 р.
- ІПРІ НАН України при побудові моделюючого комплексу для управління функціонуванням корабельного з'єднання. Акт впровадження від 20.01.2015 р..
- Гідрометцентрі Чорного та Азовського морів при гідрометеорологічному забезпеченні Одеського та Іллічівського торговельних портів. Акт впровадження від 07.05.2015 р.
- філії «Дельта-лоцман» ДП «АМПУ» при контролі за безпекою судноплавства в портових водах. Акт впровадження від 29.09.2015 р.
- Одеській національній морській академії в навчальний процес кафедри електронних комплексів судноводіння. Акт впровадження від 05.11.2015 р.
- науково-дослідній роботі № ДР 0115U001964 «Управління погодними явищами в транспортній системі» Одеської національної морської академії . Акт впровадження від 10.06.2015 р.

Використання отриманих результатів дослідження відбиті у відповідних актів впровадження, які містяться у додатку.

**Зauważення** по дисертаційній роботі наступні:

1. За структурою роботи:

- коефіцієнти кореляції й кореляційна функція носять інформативний характер, і вони не використовуються при вирішенні головних і допоміжних завдань тому ці дані можна не приводити;
- параграф 5.1 структурно більш відповідає четвертому розділу, де необхідно було б його і розглядати, а в п'ятому розділі залишити тільки результати експериментальних досліджень.

2. До методичного забезпечення:

- нажаль, автор дисертації не використовує для розпізнавання об'ємних морських, природних та надводних об'єктів базу даних (або знань), в якій зібрані типові уявлення (зображення) цих об'єктів. Використовуючи, наприклад, базу прецедентів можна достатньо швидко визначити тип об'єкту з великою вірогідністю;

- у другому розділі мал. 2.3 пункти 2 і 3 мають однакові назви, але різний зміст;

- на стор.143 не вказано ким розроблена функціональна схема суднового поляриметра;
- на стор.111 відносна діелектрична проникність позначається  $\epsilon_{\square}$ , а на стор.16 –  $\epsilon$ , тобто різні позначення відносної діелектричної проникності;
- на стор.91 розглядається поляризаційна структура електромагнітних полів, однак не дається пояснення самої поляризації електромагнітної хвилі;
- на стор.15 приводяться в рівняннях 1.3 і 1.4 сумарна діелектрична проникність часток гідрометеорів, однак не пояснюється з яких складових вона складається і як вона обчислюється;
- на стор.49 (формула 2.1) наведені коефіцієнти еліптичності й кута нахилу еліпса поляризації електромагнітної хвилі, однак не пояснюється їхній фізичний зміст;

3. До оформлення роботи й автореферату:

- кореляційний аналіз статистичних характеристик взаємозв'язки показника переломлення атмосфери з визначальними його метеопараметрами надруковані шрифтом, що відрізняються від інших розділів дисертації
- стор.139 мал. 4.9 хвилеводи мають різний розмір
- стор.164  $Z$ , вимірюється в  $\text{dB}Z$ , однак не приводиться пояснення цієї одиниці, теж і в авторефераті на стор.12,13

**Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки.**

Дисертаційна робота Князя Олександра Ігоровича є завершеним науковим дослідженням, в якому вирішено актуальне науково-прикладне завдання по вдосконалюванню методів і засобів дистанційного спостереження навігаційних об'єктів на шляху судна.

Запропоновані в роботі радіолокаційні методи й технічні засоби виявлення й розпізнавання морських об'єктів у складних умовах середовища сприяють підвищенню ефективності роботи судновий РЛС і підвищенню безпеки судноводіння.

Зауваження по дисертації не носять принципового характеру. Орфографічні помилки й неточності в умовних позначках формул і малюнків не впливають на наукові й методичні рівень дисертації.

Вважаю, що дисертація Князя О.І. є завершеною науково-прикладною роботою, у якій отримані нові наукові результати, важливі з погляду їх подальшого використання при створенні нової суднової радіолокаційної техніки.

Зміст автореферату повністю відображає основні положення, наукові й практичні результати дисертації.

Дисертаційна робота пройшла апробацію в спеціалізованих наукових виданнях, у статті, опублікованій за кордоном, у матеріалах наукових конференцій.

Вважаю, що дисертаційна робота «Вдосконалення методів та засобів дистанційного спостереження навігаційних об'єктів на шляху судна» відповідає вимогам п.10 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013, №567, а її автор, Князь Олександр Ігорович,

гідний присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 05.22.13 – навігація та управління рухом.

Офіційний опонент

завідувач кафедри інформаційних управлюючих систем

Національного аерокосмічного університету

ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

доктор технічних наук, професор



О. Є. Федорович

Підпис професора О.Є. Федоровича засвідчує

Вчений секретар

Національного аерокосмічного університету

ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»

Т. П. Цепляєва

