

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Карташова Олександра Володимировича

на тему «**Методи адаптації систем радіоакустичного зондування атмосфери**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації

Однією з найважливіших і водночас найскладніших для вивчення природних систем є атмосферна оболонка Землі, і, зокрема, атмосферний прикордонний шар (АПШ), у якому відбувається переважно життєдіяльність людини. Контроль стану атмосфери, динаміки повітряних потоків, особливо поблизу атомних електростанцій, хімічних комбінатів, інших потенційно небезпечних об'єктів, потребує створення та застосування інформативних, недорогих, безпечних та простих в експлуатації систем моніторингу локальної метеообстановки.

Останнім часом увага дослідників та розробників апаратури в різних країнах спрямована на створення, удосконалення та застосування на практиці систем дистанційного зондування атмосфери. В основі систем дистанційного зондування лежить взаємодія акустичних та електромагнітних хвиль (ЕМХ) з повітряним середовищем. Фізичні процеси взаємодії молекул газів, що становлять атмосферу, з ЕМХ різних діапазонів відкривають значні можливості для отримання інформації. Проте низька щільність атмосфери обумовлює досить слабку взаємодію ЕМХ із атмосферою. Значно інтенсивніше з повітряним середовищем взаємодіють акустичні хвилі. Саме тому нині інтенсивно розвиваються методи акустичного та радіоакустичного зондування (АЗ та РАЗ) атмосфери. Достоїнствами цих методів є інформативність, висока роздільна здатність за простором і часом, відносно невисока вартість апаратури. У той же час адекватна інтерпретація результатів зондування потребує як достатньо повних теоретичних моделей динаміки АПШ, так і надійних, теоретично обґрунтованих та експериментально перевірених методик проведення вимірювань та обробки отриманих сигналів. За більш як 60-річний період розвитку акустичних методів зондування АПШ зусиллями багатьох дослідників різних країн накопичено значний обсяг різноманітних наукових результатів. Тим не менш, існує значна кількість практичних питань та наукових завдань, які очікують своїх рішень.

Саме тому дослідження, виконані в дисертації Карташова О.В., що спрямовані на розвиток математичної моделі інформаційного радіоакустичного каналу, яка описує взаємодію акустичного й електромагнітного зондувальних сигналів та формування розсіяного радіосигналу, а також розвиток методів оцінювання інформативних параметрів розсіяного радіосигналу, є актуальними.

Дисертаційна робота Карташова О.В. пов'язана з дослідженнями, що проводяться у Харківському національному університеті радіоелектроніки в рамках держбюджетної НДР: «Моніторинг повітряного простору комплексними засобами для виявлення та спостереження повітряних об'єктів і дистанційного зондування середовища» (державний реєстраційний номер НДР: 0126U002532).

Наукова новизна та достовірність отриманих результатів

1. У роботі показано, що відомі методи частотної адаптації систем РАЗ до змін метеорологічної ситуації не забезпечують вимог практики, з погляду точності та оперативності отримання профілів метеопараметрів. Вони розроблені евристичним шляхом без використання наявних математичних методів оптимізації інформаційних систем, що відомі з теорії оптимального стохастичного керування а також розроблені в теорії інформаційних вимірювальних радіоелектронних систем.

2. Розроблено основні принципи, завдання та послідовність проектування і дослідження систем РАЗ. Відповідно до системного підходу розглядаються наступні основні завдання: синтез (вибір) видів векторних зондувальних радіо й акустичних сигналів; синтез алгоритмів просторової та часової обробки сигналів; розробка алгоритмів керування комплексом і адаптації до зовнішніх умов.

3. Удосконалено математичну модель інформаційного каналу систем РАЗ, яка ґрунтується на просторово-частотному поданні двовимірної функції розсіювання та взаємного енергетичного просторового спектра акустичного й електромагнітного зондувальних сигналів.

4. Удосконалено метод оброблення розсіяного радіосигналу та оцінювання його інформативних параметрів, який формує оцінки максимальної правдоподібності швидкості звуку і дає змогу зменшити систематичну похибку вимірювань. Показано відмінності запропонованого методу від методів, що використовуються на практиці.

5. Вперше з використанням теорії стохастичного оптимального керування розроблено метод керування частотою зондувального радіосигналу для виконання умови Брегга вздовж траси зондування РАЗ. Метод включає операції оцінювання швидкості звуку, стохастичної лінійної фільтрації вектора параметрів стану АХП, та детермінованого керування частотою радіосигналу на основі отриманих даних.

Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів підтверджується чіткою та послідовною постановкою задач дослідження, застосуванням теоретично обґрунтованих методів, узгодженістю результатів моделювання і розрахунків, що виконані за допомогою розроблених методів, з відомими даними, а також результатами апробації на наукових конференціях.

Значимість результатів роботи для теорії та практики

З теоретичних позицій у дисертації створено математичний апарат для дослідження зондувальних сигналів систем РАЗ, оптимізації алгоритмів

обробки прийнятих коливань. Із практичної точки зору розроблені передумови для проєктування оптимальних і близьких до них квазіоптимальних систем зондування.

Розробка нових методів вимірювання характеристик атмосфери в рамках РАЗ повинна тепер включати відповідне теоретичне забезпечення не тільки геофізичного характеру, як це прийнято, але також і системного, апаратурного змісту. Через відсутність (або слабкий розвиток) системної складової теорії й радіоакустичного зондування таке забезпечення найчастіше замінюється в цей час застосуванням класичних алгоритмів обробки, отриманих для точкової радіолокаційної цілі. Останні не враховують наявних особливостей вхідного сигналу, внаслідок чого можуть істотно спотворювати корисну інформацію про стан атмосфери, що міститься в ньому.

Використання оптимального алгоритму обробки сигналів систем РАЗ і розроблені методи частотної адаптації дозволять істотно підвищити основні показники якості розглянутих систем - точність визначення профілів метеопараметрів й оперативність їх отримання.

Результати дисертаційного дослідження доцільно впроваджувати в діяльність профільних науково-виробничих організацій, що займаються проєктуванням засобів дистанційного зондування атмосфери, а також їхній подальший розвиток.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Карташова О.В. відповідає напрямам досліджень відповідно до освітньої програми Телекомунікації та радіотехніка Харківського національного університету радіоелектроніки.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям: радіотехнічні системи дистанційного зондування атмосфери.

За результатами розгляду звіту подібності щодо перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, встановлено, що дисертаційна робота Карташова О.В. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів компіляції, плагіату та запозичень. Виявлені текстові збіги мають коректні посилання на відповідні джерела. За результатами експертного розгляду дисертації ознак порушення принципів академічної доброчесності не встановлено.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 20 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 1 стаття – у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базах WoS та/або Scopus, 8 статей – у періодичних фахових виданнях, що належать до категорії Б; 1 доповідь – на міжнародній науковій конференції, що проіндексована у базі Scopus.

Також результати дисертації були апробовані на 10 міжнародних наукових конференціях.

У процесі підготовки наукових статей, доповідей на конференціях здобувач дотримувався принципів академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Кількісне оцінювання енергетичних втрат унаслідок порушення умови Бреґґа та виграшу від застосування запропонованого методу виконано переважно з використанням модельної залежності (4.2) і заданих значень протяжності акустичного хвильового пакета. Доцільно було б додатково дослідити чутливість отриманих результатів до форми обвідної акустичного сигналу, реальної просторової структури АХП, його тривалості та зміни

2. Ефект від застосування екстраполяції швидкості звуку в наступну точку профілю не відокремлено від ефекту оптимальної фільтрації поточних вимірювань. Для повнішого підтвердження ефективності методу доцільно було б порівняти запропонований алгоритм із варіантами без екстраполяції, з налаштуванням за попередньою точкою профілю та з альтернативними моделями прогнозування.

3. Основні кількісні оцінки точності, енергетичного виграшу, оперативності та потенційного збільшення дальності отримано шляхом математичного й комп'ютерного моделювання. Практичну цінність роботи посилила б експериментальна перевірка замкненого контуру частотної адаптації на реальній системі РАЗ із порівнянням отриманого температурного профілю з незалежними контактними або радіозондовими вимірюваннями.

4. Вплив зовнішніх чинників на роботу запропонованого контуру адаптації розглянуто недостатньо повно. Зокрема, доцільно було б кількісно оцінити вплив зовнішніх акустичних і радіоперешкод, прямого проникнення сигналу передавача до приймального тракту, відбиттів від місцевих предметів, вітрового зносу та деформації акустичного хвильового пакета, а також затримок і скінченної точності перебудови синтезатора частоти.

5. У тексті дисертації не завжди послідовно використовуються терміни «акустичний хвильовий пакет», «звуковий пакет», «акустична хвильова послілка», «звукова послілка» та «акустичний імпульс». Доцільно уніфікувати термінологію й окремо визначити випадки, коли ці поняття мають різний фізичний зміст. У роботі також залишилися окремі граматичні, стилістичні та технічні помилки, які потребують редакційного виправлення.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Карташова Олександра Володимировича на тему «Методи адаптації систем радіоакустичного зондування атмосфери» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 17

Електроніка та телекомунікації. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «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.

Здобувач Карташов Олександр Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Рецензент: старший викладач каф. ІРТЗІ, доцент, к.т.н. **Ликов Ю.В.**

28.07.2026

