

ВІДГУК

офіційного опонента 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

Станції радіоакустичного зондування дозволяють виконувати дистанційне вимірювання метеопараметрів атмосферного прикордонного шару, який грає найбільш значну роль в життєдіяльності всіх живих організмів Землі. Такі системи інтенсивно розвиваються в США, Німеччині, Франції, Італії, Японії, Україні в різних сферах науково-практичної діяльності, де потрібні недорогі і оперативні способи вимірювання та контролю стану атмосфери. Дрібносерійне виробництво таких систем виконується рядом фірм, серед яких, наприклад, німецька фірма Metek, американська Remtech, англійська Biral.

Найбільш потужним обмеженням існуючих систем РАЗ по дальності зондування є винос плями розсіяних коливань з апертури приймальної антени. Також існує необхідність в удосконаленні методів обробки сигналів, в розробці нових ефективних методів вимірювання швидкості вертикального і горизонтального вітру системами РАЗ і оцінки показників якості отриманих з їх допомогою характеристик. Через нестаціонарність протікання атмосферних процесів, значний час отримання температурних профілів системами РАЗ призведе до зростання результуючої похибки. Практичне використання методу і систем РАЗ при вирішенні актуальних задач стримується відсутністю методик метрологічної атестації засобів радіоакустичного дистанційного вимірювання метеорологічних параметрів атмосфери.

Тому актуальною є тема дисертаційної роботи Карташова О.В., в якій поставлена і вирішена науково-прикладна задача щодо вдосконалення моделей та методів радіоакустичних систем, що дозволять підвищити точність вимірювання метеопараметрів такими системами, розширить області їх практичного застосування.

Актуальність дисертаційних досліджень підтверджується також їх зв'язком з держбюджетними науково-дослідними роботами: «Моніторинг повітряного простору комплексними засобами для виявлення та

спостереження повітряних об'єктів і дистанційного зондування середовища» (державний реєстраційний номер НДР: 0126U002532).

Наукова новизна одержаних результатів досліджень

Дисертація містить теоретичне узагальнення та нове вирішення актуальної науково-прикладної задачі, що полягає у створенні узагальненої теоретичної бази для розроблення методів адаптації систем РАЗ, спрямованих на забезпечення підтримки умови Брега під час поширення акустичного хвильового пакета в атмосфері.

В роботі одержані такі нові наукові результати:

1. Аналіз відомих наукових публікацій показав, що відомі методи частотної адаптації систем РАЗ до змін метеорологічної ситуації не забезпечують вимог, що формуються практикою, з погляду точності та оперативності вимірювання профілів необхідних метеопараметрів. Вони отримані розробниками систем зондування евристичним шляхом без використання наявних математичних методів оптимізації інформаційних систем.

2. Показано, що розробку елементів структурної схеми РАВК та комплексного алгоритму його функціонування (виконуваних системою функцій) доцільно відповідно до системного підходу розділити на частини (системи), виконавши декомпозицію. Розділення необхідно проводити таким чином, щоб кожна виділена частина мала власні показники якості, що однозначно пов'язані з показниками якості комплексу в цілому.

3. Удосконалено математичну модель інформаційного локаційного каналу систем РАЗ, яка відрізняється використанням просторових хвильових частотних уявлень зондувальних акустичного та електромагнітного сигналів, що дозволяє на відміну від відомих методів оцінювання, формувати з використанням адекватної моделі каналу оцінки максимальної правдоподібності інформативного параметра сигналу, що є незміщеними, а отже, дозволяє виконувати ефективне управління частотою зондувального радіосигналу в контурі частотної адаптації систем РАЗ.

З використанням запропонованої математичної моделі каналу з'ясовано фізичні причини появи специфічних похибок в результатах вимірювань швидкості звуку радіоакустичними системами. Зазначені види похибок не можуть бути усунені осередненням одиночних результатів вимірювань, а також не можуть бути усунені методами послідовної оптимальної лінійної фільтрації, які використовуються в контурах керування параметрами систем зондування. Наявність систематичної похибки в контурі адаптації буде негативно позначатися також на ефективності функціонування алгоритму

управління частотою зондувального радіосигналу з метою адаптації систем РАЗ до метеоумов, що змінюються по трасі.

4. Вперше розроблено ефективний метод частотної адаптації систем РАЗ до метеорологічної ситуації, що змінюється, з використанням адекватної моделі радіоакустичного інформаційного каналу і на основі теореми розділення, відомої з теорії оптимального стохастичного управління. Метод управління частотою зондувального радіосигналу повинен включати послідовно виконувані операції формування оцінок інформаційного параметра розсіяного радіосигналу, оптимальної лінійної фільтрації отриманих оцінок і детермінованого управління частотою зондувального радіосигналу.

5. Запропоновано використовувати удосконалений метод вимірювання швидкості звуку в каналі частотної адаптації, що відрізняється використанням схеми оцінювання енергетичного параметра радіосигналу, що дозволяє істотно зменшити (практично до нуля) систематичні похибки вимірювань, підвищити точність управління частотою зондувального радіосигналу при налаштуванні на умову Брегга і точність вимірювання висотних профілів метеопараметрів.

Обґрунтованість і достовірність отриманих в дисертації результатів забезпечується і підтверджується, коректним використанням сучасного математичного апарату, обґрунтованим вибором допущень і обмежень під час формулювання та постановки комплексної розв'язуваної наукової задачі. Достовірність наукових результатів підтверджується наведеними аналітичними залежностями, результатами комп'ютерного моделювання, доброю збіжністю теоретичних розрахунків і експериментальних результатів, що відомі в літературі.

Значимість результатів роботи для теорії та практики

Отримані в роботі властивості розсіяних сигналів систем РАЗ доцільно використовувати в процесі проектування станцій, при синтезі оптимальних алгоритмів обробки розсіяних коливань, удосконаленні моделей розсіювання.

Співвідношення й графічні залежності, отримані методом чисельного комп'ютерного моделювання, що визначають зсув, розсіяного сигналу відносно істинно доплерівського зрушення, а також зменшення тривалості радіосигналу при розсіюванні дозволяють здійснювати розрахунок значень одержуваних похибок у режимі виконання вимірів, коли спостерігається порушення умови Брегга, при використанні різних видів простих зондувальних сигналів.

Створення адекватних математичні моделей сигналів, що надходять на вхід функціонуючих станцій РАЗ, дозволяє створювати імітатори сигнально-завадової обстановки. Імітатори обстановки можуть бути затребувані в процесі проектування апаратури, проектування алгоритмів обробки сигналів таких станцій, а також при визначенні якісних показників і метрологічної атестації існуючих станцій зондування. Завдання метрологічної атестації засобів дистанційного зондування атмосфери, у тому числі й систем РАЗ, ще не вирішена повною мірою й створення імітаторів, що формують вхідні сигнали, що відповідають певної метеорологічної ситуації в атмосфері, дозволить зробити значний крок у розв'язку проблеми метрологічної атестації засобів дистанційного зондування атмосфери.

Використання в практиці зондування вдосконаленого алгоритму обробки прийнятих сигналів дозволить підвищити якісні показники систем РАЗ, зокрема забезпечить підвищення точності оцінювання інформативних параметрів сигналів і метеорологічних параметрів атмосфери, а також забезпечить підвищення оперативності зондування й скоротить час одержання профілів метеопараметрів.

Для інженерів, що працюють в області побудови систем радіоакустичного зондування, значний практичний інтерес представляють результати аналізу використовуваних у цей час методів обробки інформаційних сигналів, результати порівняння їх з оптимальними схемами обробки, рекомендованими статистичною теорією синтезу.

Розроблені методи, моделі, алгоритми, і програмні продукти впроваджені в Харківському національному університеті радіоелектроніки при виконанні держбюджетної НДР (державний реєстраційний номер: 0126U002532, 2026-2029 р.), а також у навчальному процесі на кафедрі медіаінженерії та радіоелектронних систем, зокрема при виконанні кваліфікаційних магістерських дослідницьких робіт.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Карташова О.В. повністю відповідає напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми – Телекомунікації та радіотехніка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям з аналізу параметрів звукоізоляції багатошарових конструкцій.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна

робота Карташова О.В. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

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 фахових конференціях.

В 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. На рис. 4.5 (схема оптимального управління частотою зондувального радіосигналу) є зв'язок між елементами схеми: детермінованим регулятором і радіопередавачем, призначення якого не розкрито в роботі.

2. Для визначення поздовжньої просторової координати використовуються позначення r та r' . В чому різниця між ними?

3. Під час аналізу роботи систем РАЗ недостатньо уваги приділене впливу вітру й турбулентності на розсіяний сигнал.

4. У висновках роботи вказано, що розроблено основні принципи і послідовність проєктування та дослідження систем РАЗ. Але розробка повної методології проєктування систем РАЗ, що мають значні особливості стосовно радіолокаційних систем, потребує додаткових досліджень.

5. У роботі не розглянуто використання складних видів зондувальних акустичних і електромагнітних сигналів.

6. У висновках роботи вказано, що в період 1980-2000 р. рівень розвитку метода радіоакустичного зондування атмосфери у Харківському національному університеті радіоелектроніки не поступався світовому рівню. А на якому рівні він знаходиться зараз?

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Карташова Олександра Володимировича на тему «Методи адаптації систем радіоакустичного зондування атмосфери», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка (галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації) 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 відповідає «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ № 44 від 12.01.2022 р. (зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМУ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023 р., № 507 від 03.05.2024 р.), а також «Вимогам до оформлення дисертації», затверджених Наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами від № 759 від 31.05.2019 року), а її автор, Карташов Олександр Володимирович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка» в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
Заслужений діяч науки і техніки України,
завідувач кафедри інформаційних
радіоелектронних технологій і систем
Вінницького національного технічного університету

« 27 » липня 2026 року

 Олександр ОСАДЧУК

ЗАСВІДЧУЮ

Учений секретар
Вченої ради ВНТУ
к.т.н., доцент





Інна ВІШТАК