

РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу
КОЗАКА АНДРІЯ ВІТАЛІЙОВИЧА
НА ТЕМУ “РОБОТА АКУСТИЧНИХ СИСТЕМ В УМОВАХ
ШУМОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ”

представлену на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 171 Електроніка

Актуальність теми дисертації.

У зв'язку із зростаючими вимогами до систем повітряного спостереження та розвідки, а також з необхідністю вдосконалення засобів маскування автономних рухомих і нерухомих повітряних літаючих об'єктів, виникає необхідність постановки та розв'язку завдань виявлення джерел шуму та вимірювання характеристик основних фізичних полів, що беруть участь у процесі пеленгування.

Така задача маскування може бути поставлена і розв'язана для акустичного поля щодо скалярних і векторних представлень поля акустичних тисків. Виявлення та вимірювання основних характеристик акустичного поля при цьому може бути зведено до організації багатоканального приймача звуку.

Зважаючи на сучасний стан розвитку акустичних систем, такий напрямок розвитку акустотехніки представляється актуальним і перспективним. Порядок роботи таких систем базується на принципах максимального, фазового, фазо-амплітудного та кореляційного пеленгування. Крім того, система має працювати в області часу, області частот та проводити обчислення інтенсивності звукового поля. Тому необхідність подальшого вирішення задач з уніфікації та наочності шляхів апаратно-програмної реалізації засобів підводного та повітряного шумопеленгування, визначила актуальність обраної теми дисертації Козака Андрія Віталійовича.

Треба додати, що актуальність досліджень, які виконані у дисертації, також обумовлена необхідністю первинного виявлення та спостереження засобами шумопеленгаційних систем повітряних ширококутових випромінюючих об'єктів різного призначення, а також збільшення якості первинного виявлення, впровадження в тактику боротьби з БПЛА нетрадиційних методів виявлення, що пов'язана з використанням особливостей фізичних полів різних типів.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

При виконанні досліджень у дисертаційній роботі поставлені *мета і задачі*.

Метою наукового дослідження є створення системи шумопеленгування повітряних об'єктів за допомогою сучасного програмного забезпечення. При цьому має бути розв'язано ряд задач з уніфікації та наочності шляхів апаратно-програмної реалізації засобів підводного та повітряного шумопеленгування. Автор досяг поставленої мети з використанням класичних методів дослідження, що наведені у розділах дисертації.

Для досягнення мети в дисертаційній роботі вирішені *наступні завдання*:

1. Дослідити основні системи та методи шумопеленгування.
2. Розглянути можливі способи реалізації системи шумопеленгування.
3. Дослідити умови виявлення і пеленгування у повітрі.
4. Розробити тракт виявлення і пеленгування в програмі LabView.
5. Перевірити роботу розробленого тракту в лабораторних і натурних умовах.

Об'єктом дослідження є процес шумопеленгування, що включає огляд простору, виявлення, вимірювання параметрів поля та пристрою за допомогою приймачів тиску і коливальної швидкості.

Предметом дослідження є пристрій повітряного шумопеленгування.

Об'єкт і предмет визначені вірно.

Наукова новизна одержаних в роботі результатів полягає в наступному:

1. Адаптація принципів шумопеленгування в повітряному та у морському середовищі до принципів пеленгування в повітрі;
2. Вперше для повітряних об'єктів розрахована енергетична дальність виявлення БПЛА типу КРИЮ;
3. Вперше використано середовище LabView для моделювання алгоритму і структури пристрою шумопеленгування;
4. Вперше програмно були об'єднані пристрій виявлення і вимірювання параметрів виявленого сигналу в комплексі, тобто підвищення надійності забезпечувалося паралельним використанням трьох трактів виявлення;
5. Вперше була запропонована акустична антена, конструкція якої дозволяє працювати як з полем тиску, так і з коливальною швидкістю;
6. За результатами розробки було створено макет пристрою шумопеленгування, функціональні можливості якого, було перевірено в практичних умовах із залученням БПЛА квадрокоптерного типу в лабораторних та натурних умовах.

Достовірність результатів підтверджується використанням для акустичних вимірювань комп'ютерної техніки, мови програмування та апаратури для реєстрації акустичних характеристик сучасною апаратурою.

В дисертаційній роботі заявлено 6 пунктів наукової новизни отриманих результатів, серед яких 4 – вперше. Положення наукової новизни відображено в публікаціях, що забезпечують повноту викладення здобувачем основних результатів дисертаційної роботи.

Методами досліджень є класичні методи дослідження спектральних характеристик, а саме: застосування методу швидкого перетворення Фур'є (ШПФ); застосування теореми Вінера-Хінчіна; використання методів кореляційної обробки сигналу. При цьому достовірність забезпечується класичними методами пеленгування, в частині виявлення та вимірювання параметрів виявленого об'єкта. А також забезпечується збіг характеристик комп'ютерних моделей у частині збігу розрахункових та експериментальних даних.

Математичні положення цієї роботи не мають кожна окремо новизни, але в сукупності використання всіх чинників призводить до того, що з'являється абсолютно новий пристрій. Створення пристрою, в макетному виконанні, яким було реалізовувати задачу повітряного шумомеленгування, є одним з розроблених автором методом досліджень.

Методи дослідження є сучасними та достовірними.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі акустичних та мультимедійних електронних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського у відповідності з освітньою складовою освітньо-наукової програми «Електроніка» за спеціальністю 171 Електроніка в рамках ініціативних НДР «Проблеми звукопідводного зв'язку», номер державної реєстрації 0113U008183 та «Сучасні задачі гідроелектропружності», номер державної реєстрації 0113U008184 під керівництвом професора кафедри акустичних та мультимедійних електронних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» доктора технічних наук, професора Коржика Олексія Володимировича

Практичне значення отриманих у дисертаційній роботи полягає в подальшому розвитку прикладних аспектів повітряного шумопеленгування, а саме створення оригінальних комбінованих пристроїв виявлення БПЛА та впровадження віртуальних інструментів для пеленгування і виявлення на основі лабораторного пакету програм LabView та MathLab.

Автором

-виконані роботи зі створення програмного забезпечення по алгоритмам виявлення об'єктів та вимірювання їх характеристик;

-розроблені постановка і проведення лабораторного та натурного експерименту, аналіз та інтерпретація результатів.

Отже, в дисертаційній роботі поставлені наукові завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Козака Андрія Віталійовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 Електроніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми

Електроніка. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Електроніка і телекомунікації. Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Козака Андрія Віталійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації та плагіату.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Результати дослідження представлені у доступному для сприйняття та використання стилі.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 119 найменувань та 17 додатку. Робота містить 88 рисунків (з них 1 повністю займає площу сторінки) та 5 таблиць. Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 159 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, описано методи дослідження шумопеленгування БПЛА, надана інформація про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі відзначена актуальність проблеми повітряного шумопеленгування широкосмугових шумовипромінюючих об'єктів. Проведено аналіз інформації про конструкції та аеродинамічні характеристики безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Описані труднощі, які властиві розробкам нових систем шумопеленгування на основі скалярних і векторно-фазових приймників. Здійснено огляд проблем, що виникають при розгляді найефективніших систем, зокрема мультисенсорних систем, які комбінують методи акустичної, оптичної та радіолокаційної детекції.

Автор подав опис різноманітних методів виявлення та пеленгування, таких як на основі інтенсивності звукового сигналу, за допомогою просторового спектру, через акустичну сигнатуру, пеленгування за допомогою взаємних спектрів та фазовим методом. Висвітлено використання багатомікрофонних масивів на різних ділянках охоронюваного середовища, що дозволяє точно локалізувати дрони. Автор відзначає погіршення характеристик виявлення через атмосферну турбулентність, кореляційні ефекти шумів та вплив ефекту Доплера.

У другому розділі визначено та досліджено математичні та фізичні засади методології виявлення та пеленгування БПЛА, включаючи прогнозовану дальність виявлення. Зазначено, що прогнозовані дальності в 1000 м для БПЛА типу крило і 200 м для БПЛА типу квадрокоптер є реально досяжними (розрахунки наведені в додатку). Автор провів дослідження існуючих методів та алгоритмів обробки та аналізу шумів повітряного середовища, розмістивши їх у цьому розділі дисертації. Запропоновано використання тракту спектрального аналізу як перспективного засобу виявлення літальних апаратів. Автор рекомендує впровадження цього тракту у склад нового мультисенсорного

комплексу виявлення та пеленгування. Розглянуті шумоподібні сигнали та завади в задачах шумопеленгування, інформацію використано для майбутньої реалізації системи шумопеленгування повітряних об'єктів у програмному середовищі LabView. Такий вибір програмного середовища обґрунтований, що дозволяє автору приступити до розробки мультисенсорного комплексу виявлення та пеленгування.

У *третьому розділі* пропонується власне технічне рішення для впровадження шумопеленгатору. Автор детально оцінив якість та переваги програмного середовища LabView, наголосивши на його здатності автоматизації використання обчислювального та вимірювального лабораторного обладнання.

Описано важливі аспекти трактів виявлення та пеленгування літальних апаратів, що впливають з результатів наукового дослідження методології акустичного виявлення повітряних об'єктів (всі необхідні дані наведено у другому розділі дисертації). Здійснено компонування схеми та подано детальний опис роботи реалізації тракту виявлення і пеленгування, включаючи всі компоненти схеми та їх характеристики у складі пристрою для виявлення і шумопеленгування.

Розроблено мультикомпонентну векторну акустичну антену для пристроїв виявлення та пеленгування, забезпечивши можливість реєстрації як скалярних, так і векторних характеристик. Продемонстровано застосування адитивних операцій для формування характеристик направленості різних типів.

Четвертий розділ присвячено проведенню експериментальних досліджень, які відбувалися шляхом лабораторного та натурного експерименту. Описано підготовку матеріальної бази та схеми експерименту, збирання вимірювального стенду та самі результати.

Для виконання вимірювань був задіяний комплекс, що включав в себе акустичну антену із 5 мікрофонами, звукову карту та персональний комп'ютер. Мікрофони були розташовані на висоті 2 метри над асфальтованою поверхнею, з відстанню 0,5 метра між ними (акустична база). Основний процес обробки включав третин-октавну та напів-октавну фільтрацію запису в частотному діапазоні від 250 до 500 Гц. Додатково застосовувалось швидке перетворення Фур'є для розрахунку спектральних характеристик. Усі необхідні компоненти для правильної роботи алгоритму були визначені. Отримано завершений вигляд трактів виявлення та пеленгування, які були успішно застосовані як в лабораторних, так і в натурних умовах. Встановлено стенд та підготовлено апаратуру для вимірювань.

Результати експериментів свідчать про практичну цінність проведеної дисертаційної роботи.

Слід відзначити, що обсяг огляду літератури в дисертації є достатнім для того, щоб автор зміг визначитися з методом і використати отриману інформацію для застосування у майбутній реалізації системи шумопеленгування повітряних об'єктів

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Основні наукові результати дисертації висвітлені у 14 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України до категорії Б за спеціальністю 171 Електроніка; 1 патент України на корисну модель; 3 статті, що додатково відображають результати дисертації. Також результати дисертації були апробовані на 7 наукових фахових конференціях.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Відсутній розділ "Перелік умовних позначень", що утруднює розуміння окремих аббревіатур в тексті дисертації.

2. Пункти 3 та 4 наукової новизни є невдало сформульованими.

3. В оглядовому Розділі 1 анонсується аналіз методів обробки сигналів, що можуть бути використані для виявлення БПЛА, але при цьому не надається відповідних аналітичних співвідношень, що є нетиповим для дисертацій науково-технічного напрямку.

4. В Додаток винесено аналітичні викладки, що стосуються розрахунку параметрів поля та енергетичної дальності, проте в Розділі 2 дисертації не наведені основні результати виконаних автором досліджень.

5. В Розділі 2 розміщено забагато інформації оглядового характеру, яку доречно було би розмістити частково в Розділі 1, а частково в Додатках.

6. В тексті дисертації не повністю наведено посилання на літературні джерела - це стосується як окремих тверджень, так і багатьох запозичених рисунків.

7. Підрозділи 3.4 та 3.5 краще було би в значній мірі перенести в Додатки, оскільки наведений матеріал носить загально-інформаційний характер.

8. Висновки до Розділів 1 та 4 сформульовано недостатньо чітко.

9. Текст дисертації не вільний від орфографічних, синтаксичних та граматичних помилок, що утруднює сприйняття матеріалу.

Зазначені зауваження не є визначальними, не знижують цінності дисертаційної роботи і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Козака Андрія Віталійовича на тему "Робота акустичних систем в умовах шумових навантажень", 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 Козак Андрій Віталійовича заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 171 – Електроніка.

Рецензент:

професор кафедри акустичних
та мультимедійних електронних систем
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
доктор технічних наук, професор,



«27» січня 2024 року

