

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Черепніна Гліба Сергійовича
на тему «Виявлення безпілотних літальних апаратів на тлі неба за їх
радіотепловим випромінюванням»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації
за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка

Актуальність теми дисертації

Одною з актуальних наукових і прикладних проблем сучасності є захист різноманітних об'єктів від впливу безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що несуть потенційну загрозу у військовій, господарській та повсякденній сферах діяльності людини. Відносно невисока вартість БПЛА і труднощі їх спостереження та контролю призводять до підвищення безкарності та масовості протиправних дій з їх використанням. Для вирішення задачі виявлення, розпізнавання та вимірювання координат безпілотних літальних апаратів використовуються оптичний, інфрачервоний, радіолокаційний та акустичний методи та відповідні засоби.

Кожен з відомих методів має свої переваги, недоліки та обмеження, характеризується деякою областю можливостей, яка визначає безліч вимірюваних параметрів з відповідними характеристиками точності і просторово-часовим розрізненням, діапазоном дальностей тощо. Оскільки області можливостей різних методів не збігаються, то з'являється передумова спільного використання систем різного виду, що забезпечує можливість підвищення ефективності їх функціонування.

Активні радіолокаційні станції (РЛС) є традиційним, широко поширеним засобом для виявлення літальних апаратів. Однак основним недоліком таких систем є їхня помітність при випромінюванні зондувального сигналу.

В оптичному методі використовуються відеокамери видимого діапазону хвиль для виявлення БПЛА і при цьому їх досить часто поєднують з нейронними мережами та алгоритмами глибокого навчання на підставі великої кількості знімків БПЛА. Основним недоліком цього методу є залежність від погодних умов та відносно невелика дальність виявлення. Інфрачервоний метод забезпечує гіршу роздільну здатність, ніж оптичний, але він більш стійкий до змін освітленості, а камери спостереження в цьому діапазоні дорожчі, ніж камери видимого діапазону хвиль.

При використанні акустичного методу необхідно враховувати структуру та параметри акустичного сигналу, що випромінюється БПЛА, які залежать від виду об'єкта, його форми, кількості двигунів, кількості гвинтів тощо. Існує безліч порівнянних за своєю ефективністю методів акустичного пеленгування і вибір їх слід проводити з урахуванням наявної апріорної інформації про об'єкти, що спостерігаються, існуючої сигнально-завадової обстановки, з урахуванням конфігурації мікрофонної антенної решітки, кількості елементів і

її геометричних розмірів. Основною перевагою акустичного каналу виявлення БПЛА є його відносна простота та інформативність.

Число публікацій, в яких розглядаються методи і системи, призначені для виявлення і спостереження БПЛА на фоні різноманітних завад, постійно збільшується, а проблема ефективного спостереження і протидії БПЛА (особливо малим БПЛА) до теперішнього часу не має задовільного рішення. Вона є складною, багатогранною, і вимагає комплексного, системного підходу при її вирішенні.

Тому тема дисертації Черепніна Г.С. «Виявлення безпілотних літальних апаратів на тлі неба за їх радіотепловим випромінюванням», спрямована на розвиток методів пасивної радіолокації з метою підвищення ймовірності виявлення БПЛА в різних погодних та тактичних умовах за власним радіотепловим випромінюванням, є безумовно актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та повноти

Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки і рекомендації ґрунтуються на фундаментальних положеннях теорії радіотехнічних систем. Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів забезпечується і підтверджується строгістю теоретичних висновків, коректним використанням сучасного математичного апарату, обґрунтованим вибором допущень і обмежень під час формулювання та постановки розв'язуваної наукової задачі, результатами експериментів, достатньою науковою апробацією в спеціалізованих наукових виданнях, затверджених Міністерством освіти і науки України, у працях міжнародних наукових конференцій.

Також деякі наукові результати здобувача були використані в рамках НДР «Проектування та експериментальне дослідження радіометричного комплексу X, Ka та W діапазонів для всепогодного та високоточного виявлення БПЛА» (№ДР 0121U109600, 2021-2022 р.), що виконувалася на кафедрі аерокосмічних радіоелектронних систем Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

Наукова новизна результатів, отриманих у роботі, полягає у наступному.

Вперше синтезовано метод оптимальної обробки радіотеплових сигналів БПЛА в багаточастотних радіометричних комплексах спостереження об'єктів на фоні випромінювання атмосфери.

Вперше отримано результати з дальності виявлення БПЛА за допомогою багатоканальних радіометричних комплексів в широкому діапазоні погодних умов, з врахуванням багаторічних результатів вимірювань параметрів приймачів та атмосфери у діапазонах частот 10-12 ГГц, 20-22 ГГц, 35-36 ГГц, 94-96 ГГц.

Вперше в результаті експериментальних досліджень отримана база радіометричних зображень і контрастних портретів різних типів та класів БПЛА у широкому діапазоні хвиль, які спостерігаються при різних погодних умовах та різних характеристиках оточуючого середовища. Раніше дослідження

проводились з використанням об'єктів досить простої форми - куля, кутовий відбивач, прямокутна пластина.

Отримали подальшого розвитку структури радіометричних комплексів виявлення БПЛА, які на відміну від існуючих враховують основні етапи обробки сигналів - операції модуляції, калібрування приймачів та термостабілізацію вхідних трактів одразу у чотирьох діапазонах частот.

Створення бази радіотеплових контрастних портретів БПЛА, допоможе підвищити характеристики виявлення БПЛА, створити підґрунтя для подальших досліджень у сфері виявлення БПЛА. Аналогічні бази даних з фотографіями різних типів БПЛА, які використовуються для навчання нейронних мереж, або записи акустичних сигналів різних типів БПЛА, які використовуються в содарах, вже відомі зараз.

Отже, поставлене в дисертаційній роботі наукові завдання з підвищення ймовірності виявлення БПЛА в різних погодних умовах внаслідок оптимізації та удосконалення радіометричного комплексу X , K_a та W діапазонів хвиль виконано повністю, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Черепніна Г.С. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка та напрямам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Телекомунікації та радіотехніка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою роботою і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Черепніна Гліба Сергійовича 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.

Текст рукопису дисертаційної роботи не містить ознак порушення принципів академічної доброчесності.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Розділи та підрозділи мають логічну структуру, матеріал дисертації викладено послідовно науковим стилем з використанням загальноприйнятої фахової та загальнонаукової термінології. У роботі досягнуті тематична повнота та повне розкриття головних наукових ідей здобувача.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та трьох додатків. Загальний обсяг дисертації 200 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано її зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, зазначено, в чому полягають наукова новизна та практична значимість отриманих результатів. Наведено дані про апробацію матеріалів дисертації, особистий внесок здобувача, структуру та обсяг дисертаційної роботи.

Перший розділ роботи присвячений аналізу характеристик сучасних методів та систем виявлення та протидії БПЛА. Розглянуто відомі схеми побудови радіометрів, які є результатом наукових досліджень та інженерного досвіду. Сформовано основні наукові завдання дослідження.

У другому розділі синтезовано оптимальний алгоритм виявлення радіотеплових сигналів БПЛА радіометричним комплексом, в якому комплексування виконується з урахуванням характеристик приймачів і стану атмосфери в заданих діапазонах довжин хвиль. Приведені ймовірнісні характеристики, що отримані за допомогою статистичної теорії оптимізації радіосистем.

У третьому розділі описано процес експериментальних досліджень з виявлення БПЛА, які проводилися напротязі року в різних погодних умовах. Наведено технічні характеристики радіометрів і їх антенних систем, за допомогою яких виконувалися експерименти.

У четвертому розділі на основі розробленого алгоритму запропоновано структурну схему комплексної системи та подано її опис. Розраховано потенційні можливості виявлення об'єктів системою з використанням різної елементної бази.

У висновках сформульовано основні результати дисертаційного дослідження та надано пропозиції стосовно їх практичного застосування.

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 результати дослідження опубліковані у 6 статтях (з них 3 статті у наукових фахових виданнях України, 2 статті входять до м.н.б.д. Scopus, квартиль Q3, одна стаття до м.н.б.д. Scopus, квартиль Q2). Також здобувач є співавтором 1 патенту України на винахід, якій безпосередньо стосується наукових результатів дисертації.

Результати дисертації були апробовані на 2 міжнародних наукових фахових конференціях.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Назва дисертації «Виявлення безпілотних літальних апаратів на тлі неба за їх радіотепловим випромінюванням» описує процес і не визначає елементи науково-методичного апарата, які розробляються або удосконалюються в дисертації.

2. Назва другого розділу дисертації «Теоретичні основи побудови багаточастотних радіометричних комплексів для виявлення БПЛА на тлі атмосферного випромінювання» не зовсім відповідає змісту розділу, в якому розглядається тільки синтез оптимального алгоритму обробки сигналів.

3. На сторінці 11 дисертації вказані відомості про основні публікації з дисертації, але не вказана кількість статей, не вказано також чітко які статті входять до н.б.д. Skopus. Перелік скорочень дисертації є не повним, що ускладнює роботу з текстом.

4. Визначення дальності виявлення БПЛА шляхом перерахування результатів експерименту з малих дальностей на дальності в кілька кілометрів без врахування атмосферного ослаблення радіохвиль по трасі може призвести до формування досить оптимістичних оцінок дальності виявлення об'єктів, особливо в діапазоні 100 ГГц. Проведення імітаційного моделювання не враховує типових значень ймовірностей хибної тривоги і виконано для одного випадку.

Вважаю, що наведені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Черепніна Гліба Сергійовича на тему «Виявлення безпілотних літальних апаратів на тлі неба за їх радіотепловим випромінюванням» 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 Черепнін Гліб Сергійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 Електроніка та телекомунікації за спеціальністю 172 Телекомунікації та радіотехніка.

Офіційний опонент:

д.т.н., професор, завідувач кафедри
медіаінженерії та інформаційних
радіоелектронних систем ХНУРЕ

Володимир КАРТАШОВ

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:

Начальник відділу кадрів

25 червня 2024

