

Вченому секретарю  
спеціалізованої вченої ради Д.64.052.03  
Харківського національного  
університету радіоелектроніки  
61166, м. Харків, пр. Науки, 14

### Відгук

офіційного опонента, провідного наукового співробітника, професора кафедри теоретичної радіофізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, доктора технічних наук, старшого наукового співробітника Бикова Віктора Миколайовича на дисертаційну роботу Тимошук Олени Миколаївни на тему: «Структурний синтез просторово-розподілених надширококустових радіометричних комплексів», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

#### *Актуальність теми дисертації.*

Пасивні радіолокаційні, тобто радіометричні, системи і комплекси широко застосовуються у якості систем неруйнівного контролю на промисловості, у сільському господарстві для контролю і прогнозування посівів, в системах дистанційного зондування Землі при прогнозуванні погодних явищ, в процесі вияву розливів нафтопродуктів, лісних пожеж, а також в системах і комплексах навігації і наведення високошвидкісних літальних апаратів на різного роду об'єкти-цілі при вирішенні задач воєнного характеру. Основними достоїнствами пасивних радіометричних систем, у порівнянні з активними радіолокаційними системами і комплексами, є досить висока скритність функціонування завдяки роботі систем «на прийом сигналу», а також малі масо-габаритні характеристики. Побудова радіометричних систем у надвисокочастотних радіодіапазонах, сантиметровому і міліметровому діапазонах, наділяє ці системи і комплекси, на відміну від оптичних систем, високою надійністю роботи у несприятливих погодних умовах (дощах великої інтенсивності, пилових утвореннях, димах, тощо).

Наряду з вузькосмуговими радіометричними системами сантиметрового і міліметрового діапазонів усе більшого застосування набувають ширококустові і надширококустові системи і комплекси, які забезпечують більш високу флук-

туаційну чутливість радіометричних приймачів, більш високу розрізнявальну здатність по інформаційному параметру та точність місцевизначення. При застосуванні надширокосмугових систем з'являється можливість розробити пасивні радіотехнічні системи тривимірного картографування, насамперед, протяжних об'єктів. Такі системи, на відміну від активних радіолокаційних систем картографування, хоча і характеризуються меншою точністю, але не потребують сигналу зондування.

В наш час існують протиріччя, яке обумовлене тим, що, з однієї сторони є необхідність переходу до обробки надширокосмугових сигналів, та просторово-часових надширокосмугових полів, і є необхідна елементна база, а з іншої сторони статистична теорія надширокосмугових пасивних радіотехнічних систем і комплексів має не закінчений, фрагментарний характер, що потребує проведення ґрунтовних досліджень та узагальнення. З цього протиріччя виникає актуальна наукова проблема подальшого розвитку статистичної теорії структурного синтезу та аналізу надширокосмугових пасивних радіотехнічних систем і комплексів і розробки на основі даної теорії високоточних комплексів дво- та тривимірного картографування об'єктів.

У зв'язку з цим тема дисертаційної роботи Тимошук О.М., яка присвячена подальшому розвитку статистичної теорії структурного синтезу пасивних радіотехнічних комплексів, розробці, на основі даної теорії, комплексів дво- і тривимірного картографування протяжних об'єктів з дослідженням їх потенційних характеристик, є важливою і актуальною.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.** Одержані висновки, результати і рекомендації дисертаційної роботи обґрунтовані завдяки використанню положень математичної статистики, функціонального аналізу при вирішенні задач статистичного синтезу структур пасивних надширокосмугових радіотехнічних комплексів дво- та тривимірного картографування протяжних об'єктів, методів спектрально-кореляційного аналізу і математичного апарату V-перетворень, методів імітаційного моделювання для підтвердження достовірності синтезованих алгоритмів обробки сигналів та розроблених методів вторинної обробки радіометричних зображень.

**Достовірність одержаних результатів** підтверджується адекватністю теоретичних обґрунтувань результатам математичного моделювання і їх збігом в граничних випадках з відомими результатами.

## *Новизна одержаних результатів.*

### *Вперше:*

- введено нові та удосконалено ряд наявних визначень, які традиційно використовуються для опису вузькосмугових сигналів, для адекватного визначення фізичної сутності статистичних характеристик надширокосмугових просторово-часових сигналів і алгоритмів їх обробки;
- отримано точні явні рішення задач структурного синтезу пасивних надширокосмугових радіотехнічних комплексів високоточного формування радіометричних зображень об'єктів, які розміщені у дальній зоні Фраунгофера, на випадок використання антенних систем з довільним числом елементів;
- надано фізичну інтерпретацію радіометричних зображень, отриманих багатоканальними пасивними радіометричними комплексами, зокрема, показано, що вони представляють собою вагові усереднення радіометричних зображень, отриманих на континуумі робочого діапазону частот;
- в результаті вирішення зворотних задач формування радіометричних зображень розроблено метод інверсної просторової фільтрації первинних двовимірних радіометричних зображень, який передбачає попереднє оцінювання узагальненої функції невизначеності комплексу і наступне відновлення зображень з точністю, яка суттєво вища за ту, яка визначається функцією невизначеності системи на кожній з частот у межах робочого діапазону; особливістю запропонованого методу є те, що він може застосовуватися для обробки зображень, які, окрім протяжних, містять хоча б одне точкове джерело радіовипромінювання;
- запропоновано, синтезовано та ґрунтовно досліджено пасивні радіотехнічні системи тривимірного картографування протяжних об'єктів, які на відміну від активних систем картографування характеризуються меншою точністю, але не потребують сигналу зондування і у майбутньому при удосконаленні елементної бази для обробки надширокосмугових сигналів здатні будуть конкурувати по точності з активними системами;
- запропоновано новий критерій вузькосмуговості, широкосмуговості та надширокосмуговості для пасивних радіотехнічних комплексів, який на відміну від відомих, передбачає аналіз функції невизначеності пасивного радіометричного комплексу і, відповідно, залежить не тільки від відношення ширини робочої смуги частот до центральної частоти налаштування приймача, а й від

розміщення антенної системи; цей критерій усуває наявні розбіжності у визначенні належності систем до вузькосмугових, широкосмугових та надширокосмугових.

2. **Удосконалено** метод заповнення області просторово-спектральної чутливості систем апертурного синтезу надширокосмуговими просторово-часовими сигналами і показано, що запропонований спектральний метод апертурного синтезу відрізняється від відомих паралельного і послідовного методів апертурного синтезу, визначеним автором, законом нерівномірного заповнення області просторово-спектральної чутливості, що не спостерігалось раніше; це вперше дозволило обґрунтувати можливість переходу від обробки надширокосмугових до багатосмугових просторово-часових сигналів з нееквідистантним кроком по частоті.

3. **Отримали подальший розвиток** моделі надширокосмугових просторово-часових сигналів, які на відміну від відомих дозволяють врахувати кривизну хвильового фронту поля між просторово-рознесеними антенами для дослідження об'єктів у ближній зоні Френеля, що дозволило формалізувати оптимізаційну задачу структурного синтезу пасивної радіотехнічної системи тривимірного картографування протяжних об'єктів.

**В дисертаційній роботі одержано новий прикладний результат:** на основі запропонованих методів синтезу, розроблені принципи побудови та оцінки ефективності перспективних високоточних пасивних радіотехнічних систем і комплексів дво- і тривимірного картографування та контролю акваторій, які можуть бути використані для створення перспективних прибережних систем виявлення та супроводження надводних суден.

**Дисертація являє одноособове написану кваліфікаційну наукову працю,** яка містить сукупність результатів та наукових положень, виставлених автором для публічного захисту, має внутрішню єдність і свідчить про особовий внесок автора в науку.

Запропоновані автором нові рішення належним образом *аргументовані*, мають місце **критичні оцінки** отриманих результатів порівняно з відомими науково-технічними рішеннями.

**Рекомендації по практичному використанню одержаних автором наукових результатів роботи.** Результати, одержані в дисертаційній роботі, а саме методи і моделі апертурного синтезу мають самостійне значення і можуть бути використані як при модернізації, так і при створенні нових перспективних

пасивних радіотехнічних систем і комплексів.

*Зміст* дисертації логічний, *дисертація у цілому має завершений вигляд, оформлена відповідно* вимогам Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України.

Дисертація і автореферат написані технічно грамотною мовою, стиль викладу лаконічний і цілком відповідає тематиці наукового дослідження.

*Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях.* Результати дисертаційних досліджень досить повно викладені автором у 23 наукових статтях у періодично видаваних збірниках наукових праць, що відповідають переліку, затвердженому Атестаційною колегією Міністерства освіти і науки України. Крім того, результати пройшли апробацію на 13 науково-технічних конференціях і семінарах, і увійшли у збірники праць конференцій.

*Зміст автореферату відповідає* основним положенням дисертаційної роботи.

#### **Недоліки:**

1. У третьому розділі роботи (стор.156) приведені наступні ствердження: «точні алгоритми оптимізації обробки...», «точні аналітичні вирази...», але питання перевірки точності у даному розділі не розглядаються.

2. У четвертому розділі (стор.202) наведено про розроблення «узагальненої структурної схеми наскрізної обробки сигналів і підвищення якості радіометричних зображень». Але не обґрунтовано необхідність та доцільність розроблення схеми, також не наведений приблизний рівень підвищення якості радіометричних зображень.

3. В роботі (п'ятий розділ) автор використовує поняття «протяжний об'єкт», але не наведено можливі розміри цих об'єктів, а також не надається оцінка якості виявлення об'єктів у залежності від їх розмірів.

4. Формування поточних зображень здійснюється пасивним радіотехнічним комплексом (системою) в умовах обмеженого часу, тому у якості інформаційних датчиків повинні застосовуватися багатоканальні (матричні) датчики. Представлені в дисертаційній роботі моделі, методи та алгоритми, оцінки ефективності синтезованих пасивних радіотехнічних систем і комплексів розроблені без аналізу процесу створення зображень і не враховують необхідну кількість каналів систем.

Необхідно відмітити, що вказані недоліки не знижують вагомості отриманих в дисертації результатів.

### **Загальні висновки.**

Дисертаційна робота Тимошук Олени Миколаївни є завершеною науковою працею, в якій вирішені поставлені наукові задачі. Отримані нові наукові результати в сукупності вирішують важливу наукову проблему – подальшого розвитку статистичної теорії структурного синтезу пасивних радіотехнічних систем і комплексів.

Зміст дисертаційної роботи відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи, задовольняє вимоги «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вчених звань», що пред'являються до докторських дисертацій, а її автор Тимошук Олена Миколаївна заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук.

Офіційний опонент

провідний науковий співробітник,

професор кафедри теоретичної радіофізики

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

В.М. Биков

ПІДПИС ЗАСВІД  
Начальник відділу  
кадрів



*Владислав С. Бурлака*