

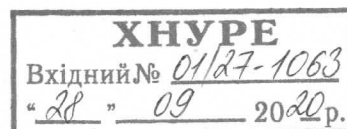
Голові спеціалізованої
вченої ради Д 64.052.03
61166, м. Харків,
пр. Науки, 14

ВІДГУК

офіційного опонента провідного наукового співробітника Наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба доктора технічних наук, професора **Кобзєва Анатолія Васильовича** на дисертаційну роботу **Рябухи Вячеслава Петровича** «Теорія і техніка захисту РЛС з плоскими ФАР від маскувальних шумових, пасивних і комбінованих завад на основі адаптивних решітчастих фільтрів», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи

Актуальність теми дисертації

Аналіз ведення бойових дій в ході військових конфліктів за останні десятиліття показує, що під час нападу з повітря основним способом подолання протиповітряної оборони противника є створення активних завад радіолокаційним станціям (РЛС) контролю повітряного простору. Спостерігається тенденція збільшення потужності створюваних завад і числа постановників завад, що виділяються для заглушення кожної РЛС. Тому вимоги до завадозахищеності РЛС військового призначення постійно зростають. Крім того, будь-яка РЛС схильна до шкідливого впливу ненавмисних пасивних завад у вигляді відбиттів від земної поверхні і місцевих предметів, які надають проблеми при виявленні маловисотних повітряних об'єктів. При спільній дії активних і пасивних завад (комбінованих завад) розв'язання задачі забезпечення завадозахищеності РЛС істотно ускладнюється внаслідок відмінностей способів захисту від таких видів завад и апріорної невідомості характеристик завад. Зазначені обставини вимагають подальшого вдосконалення технічних способів боротьби із завадами двох зазначених видів на основі адаптивної обробки сигналів. При цьому найбільш ефективними способами нейтралізації дії активних і комбінованих завад вважається



адаптивна просторово-часова селекція сигналів і завад. Такі обставини обумовлюють актуальність розроблення і створення високоефективних та практично реалізованих у сучасних РЛС з фазованими антенними решітками (ФАР) алгоритмів і систем захисту від шумових, пасивних і комбінованих завад.

Дисертаційна робота Рябухи В.П. саме й спрямована на розв'язання науково-прикладної проблеми розроблення високоефективних та швидкодіючих структур та алгоритмів адаптивних систем захисту РЛС з плоскими ФАР від маскувальних шумових, пасивних і комбінованих завад, що забезпечує можливість їхньої практичної реалізації в РЛС різного призначення на єдиній уніфікованій основі адаптивних решітчастих фільтрів і на сучасній цифровій елементній базі. Тому тема дисертації є актуальною.

Крім того, про актуальність теми дисертації свідчить те, що дисертація виконувалась у рамках Державної цільової науково-технічної програми щодо створення державної інтегрованої інформаційної системи забезпечення управління рухомими об'єктами (зв'язок, навігація, спостереження) та за напрямом наукових досліджень ряду провідних державних підприємств з розроблення й виробництва радіолокаційної техніки Державного концерну «Укроборонпром».

Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

За результатами аналізу змісту дисертації й автореферату та публікацій дисертанта у фахових наукових виданнях можна стверджувати, що ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації В.П. Рябухи є вельми високою.

Аналіз результатів великої кількості математичних і напівнатурних експериментів та випробувань створених дослідних зразків систем захисту від маскувальних шумових, пасивних і комбінованих завад, їх збігання з теоретичними результатами, порівняння з результатами інших досліджень, дозволяє зробити висновок, що наукові положення, висновки і рекомендації є достовірними.

Наукова новизна отриманих результатів досліджень

Отримані особисто здобувачем результати дисертаційних досліджень мають таку наукову новизну:

1. Розвинуто теорію адаптивних решітчастих фільтрів (АРФ) в наступних напрямках:

- синтезовано нові структури АРФ і визначено їхні характеристики і параметри для використання в адаптивних системах захисту РЛС з плоскими ФАР від шумових, пасивних і комбінованих завад (розділ 1: с. 134–138, 144–145, 155–156, розділ 4: с. 235–247, розділ 7: с. 361–381);

- синтезовано нові алгоритми настроювання АРФ, що забезпечують високу ефективність і швидкодію адаптивних систем завадозахисту (розділ 1: с. 134, 145–148, 157–159, розділ 4: с. 242–246) та розширено можливості АРФ як єдиної структурно-алгоритмічної основи адаптивних систем захисту РЛС з плоскими ФАР від шумових, пасивних і комбінованих завад підвищеної ефективності для їхньої практичної реалізації у вітчизняні перспективні РЛС та РЛС, що модернізуються (розділи 1, 4, 7).

2. Вперше на основі розвинутої теорії адаптивної решітчастої фільтрації розроблено і досліджено цифрову адаптивну систему захисту РЛС з плоскими ФАР від маскувальних шумових завад на основі АРФ з одночасним захистом декількох основних інформаційних каналів РЛС від дії декількох постановників завад з використанням єдиного паралельного АРФ з підвищеною ефективністю і чисельною стійкістю порівняно з відомими адаптивними системами, у тому числі, реалізованими у вітчизняних РЛС:

- синтезовано структуру та алгоритм роботи адаптивної системи просторової обробки сигналів на фоні шумових завад на основі паралельного АРФ та обґрунтовано вибір її параметрів (розділ 1: с. 152–159);

- створено дослідний зразок цифрової системи захисту РЛС з ФАР від шумових завад на основі АРФ на базі сучасної цифрової програмованої логічної інтегральної схеми, випробування якого підтвердили високу його ефективність (розділ 1: с. 159–163).

3. Досліджено особливості вимірювання кутових енергетичних параметрів прийнятих сигналів від нешумливої цілі, яка маскується зовнішніми шумовими завадами:

- визначено статистики й умови, за якими можуть поряд із флуктуаційними виникати й систематичні похибки вимірювання (розділ 3: с. 201–208);

- з використанням розробленої математичної моделі вимірювача оцінено величини флуктуаційних, систематичних й повних похибок вимірювання і надані практичні рекомендації по ситуаціях, коли доцільно і недоцільно вимірювати кутові координати цілей (розділ 3: с. 207–217);

- розроблено новий метод контрольного сигналу для вимірювання кутових енергетичних параметрів сигналів, що забезпечує суттєве зменшення систематичних похибок і порівняно низький рівень флуктуаційних похибок (розділ 3: с. 218–222).

4. Вперше на основі розвинутої теорії адаптивної решітчастої фільтрації розроблено високоефективну цифрову адаптивну систему захисту РЛС від маскувальних пасивних завад на основі послідовного АРФ, що забезпечує високу швидкодію завадозахисту в умовах навчаючої вибірки малого об'єму, а саме:

- синтезовано структуру адаптивної системи міжперіодної обробки (МПО) сигналів на фоні пасивних завад на основі АРФ (розділ 4: с. 227–229, 240–242);

- в алгоритм роботи синтезованої адаптивної системи МПО сигналів для підвищення швидкодії адаптації в умовах навчаючої вибірки малого об'єму введено стрічково-діагональну регуляризацию оцінки максимальної правдоподібності кореляційної матриці завад та обґрунтовано вибір її параметрів, а також запропоновано налаштовувати АРФ за спеціальними алгоритмами (розділ 4: с. 233–240, 242–265);

- створено дослідний зразок такої системи на базі сучасного цифрового сигнального процесору, випробування якого підтвердили високу його ефективність порівняно з неадаптивними системами вітчизняних РЛС (розділ 4: с. 265–274).

5. Вперше проведено порівняльну оцінку ефективності міжперіодної обробки когерентної пачки радіоімпульсів на фоні пасивних завад в імпульсно-доплерівських і когерентно-імпульсних РЛС з урахуванням можливості накладання шарів пасивних завад з різних ділянок дальності у відповідних умовах в імпульсно-доплерівських РЛС, та на основі результатів оцінки надано практичні рекомендації розробникам РЛС контролю повітряного простору та управління повітряним рухом з вибору частоти зондування в умовах дії

пасивних завад, виконання яких дозволить забезпечити високу ефективність завадозахисту (розділ 5: с. 277–297).

6. Проведено теоретико-експериментальну оцінку граничних можливостей систем сумісної, роздільної (послідовної) і комбінованої (на основі послідовних) просторово-часової обробки сигналів на фоні комбінованих завад та реальних можливостей адаптивних роздільних систем у РЛС програмного й кругового огляду, та визначено потенційні втрати неоптимальної роздільної обробки порівняно з оптимальною сумісною обробкою сигналів і реальні втрати адаптивних роздільних систем в умовах флуктуацій оцінки просторового вагового вектора послідовної обробки, некласифікованості навчаючої вибірки шумових і пасивних завад, а також під час фіксації просторового вагового вектора в ході компенсації шумових завад на час міжперіодної компенсації пасивних завад для виключення її небажаної міжперіодної декореляції. Створено і випробувано дослідний зразок цифрової адаптивної системи послідовної просторово-часової обробки сигналів на фоні комбінованих завад на основі АРФ для РЛС програмного огляду (розділ 6: с. 301–332, розділ 7: с. 336–360).

7. Вперше на основі розвинутої теорії адаптивної решітчастої фільтрації розроблено і досліджено цифрову адаптивну систему сумісної просторово-часової обробки сигналів на фоні комбінованих завад на основі двовимірного АРФ для РЛС програмного і кругового огляду, що забезпечує ефективність завадозахисту, близьку до потенційної. При цьому має місце істотне зменшення кількості операцій комплексного множення для спрощення технічної її реалізації та усунення суттєвих недоліків роздільних адаптивних систем. (розділ 7: с. 361–381).

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення отриманих результатів визначається тим, що в дисертації показана можливість реалізації розроблених високоефективних систем захисту від маскувальних завад у вітчизняні РЛС на основі застосування адаптивних решітчастих фільтрів.

Здобувачем отримано наступні нові практичні результати:

➤ надані практичні рекомендації з вибору параметрів адаптивної системи захисту РЛС з плоскими ФАР від маскувальних шумових завад на основі АРФ;

- створено й випробувано дослідний зразок системи адаптивного захисту радіолокаторів від шумових завад на базі паралельного АРФ із використанням сучасної цифрової елементної бази, що дозволяє забезпечити ефективний захист РЛС від дії 1–12 постановників шумових завад;
- створено й випробувано дослідний зразок системи адаптивного захисту радіолокаторів від пасивних завад на базі послідовного АРФ із використанням сучасної цифрової елементної бази;
- сформульовано практичні рекомендації з побудови вимірювача кутових енергетичних параметрів прийнятих сигналів від нешумливої цілі, яка маскується зовнішніми шумовими завадами;
- надані практичні рекомендації розробникам РЛС контролю повітряного простору та управління повітряним рухом з вибору частоти зондування, тобто використання імпульсно-доплерівського або когерентно-імпульсного режимів в умовах дії пасивних завад;
- створено і випробувано дослідний зразок цифрової адаптивної системи послідовної просторово-часової обробки сигналів на фоні комбінованих завад на основі АРФ для РЛС програмного огляду;
- сформульовано практичні рекомендації розробникам РЛС програмного і кругового огляду з вибору параметрів цифрової адаптивної системи сумісної просторово-часової обробки сигналів на фоні комбінованих завад на основі двовимірного АРФ.

Основні результати роботи впроваджуються на підприємствах Державного концерну «Укроборонпром»: Державному підприємстві Науково-дослідний інститут радіолокаційних систем «Квант-Радіолокація», Державному підприємстві Науково-дослідний інститут «Квант», Казенному підприємстві «Науково-виробничий комплекс «Іскра», і в навчальний процес у Харківському національному університеті радіоелектроніки, що підтверджено актами впровадження.

Повнота викладу результатів досліджень в опублікованих працях

Основні результати досліджень повністю викладено Рябухою В.П. в опублікованих працях. На всі 73 наукові праці здобувача є посилання в матеріалах дисертації, які пройшли достатню апробацію на 31-й науковій конференції.

За темою дисертації опубліковано розділ монографії, 28 статей (24 – у науково-технічних журналах, включених до переліку Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки, 4 – у зарубіжних науково-технічних журналах, які індексовані наукометричною базою «Scopus»), патенті на корисну модель та у 43 тезах доповідей у збірниках наукових праць наукових конференцій (12 індексовані НМБ «Scopus»), що задовольняє вимоги Наказу Міністерства освіти і науки України № 1220 від 23.09.2019 за необхідною кількістю публікацій, що розкривають основний зміст дисертаційної роботи.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Усі структурні елементи дисертації оформлені згідно з вимогами Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017. Дисертаційна робота викладена на 606 сторінках машинописного тексту, складається із вступу, 7 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 9 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 311 сторінок друкованого тексту.

У вступі надано загальну характеристику дисертації, сформульовано мету, науково-прикладну проблему, завдання, об'єкт і предмет досліджень, які відповідають темі дисертації. У розділах дисертації повно і вичерпно викладено зміст власних як теоретичних, так і експериментальних досліджень. У висновках по роботі міститься формулювання розв'язаної науково-прикладної проблеми, викладені найважливіші наукові та практичні результати, одержані в дисертації, та рекомендації щодо наукового та практичного використання отриманих результатів.

Список використаних джерел містить 396 найменувань і дозволяє зробити висновок про глибину та ґрунтовність дослідження, достатньо повно інформує про публікації на подібні теми та відображає значну роботу автора зі збору та аналізу інформації.

Дисертація за змістом та отриманими результатами відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Зміст автореферату відповідає основним положенням дисертації.

Зауваження

1. При проведенні в розділі 1 порівняльного аналізу відомих алгоритмів функціонування автокомпенсатора (АК) завод автор зазначає такі недоліки найпростішого в реалізації градієнтного алгоритму, як залежність швидкодії від параметрів завод і можливу нестійкість його роботи. Розглядається досить

складна модифікація, що усуває нестійкість (рис. Б11). Однак з публікацій відомий дуже простий спосіб усунення зазначених недоліків, коли для самонастроювання вагових коефіцієнтів в зворотному зв'язку АК використовуються знакові функції завади компенсаційних каналів. Експериментальні дані показують, що при цьому забезпечується абсолютна стабільність алгоритму.

Саме такі АК в аналоговому виконанні виготовляються на державному підприємстві «НДІ РЕТ» (м. Харків) для застосування в вітчизняних РЛС метрового діапазону хвиль типу «Малахит». Зазначений варіант градієнтного алгоритму в дисертації не аналізується.

2. Розділ 2 присвячений викладу ряду практичних рекомендацій з побудови системи компенсаційних каналів. Тут автор не звертає уваги на таку відому вимогу принципового характеру, як необхідність перевищення коефіцієнта посилення антен компенсаційних каналів над рівнем бічних пелюсток основної антени.

3. Безсумнівним достоїнством дисертації є розробка і випробування експериментальних цифрових пристроїв захисту від перешкод на основі АРФ. На жаль, опис їх складу, характеристик і умов проведення експериментів представлені в дуже стислому вигляді. Цим самим автор не дає можливості в повній мірі оцінити ступінь складності і практичну можливість серійного виробництва таких пристроїв.

4. Не варто було обмежуватися поширенням отриманих результатів дисертаційних досліджень тільки на РЛС із плоскими ФАР. Можна припустити, що вони можуть бути застосовані й для інших радіотехнічних систем і типів антен, що розширює сферу застосування АРФ.

Оцінюючи роботу в цілому, можна вважати, що зазначені зауваження не знижують високий науковий рівень, високу наукову і практичну цінність дисертації.

Висновки

Дисертація Рябухи В.П. є закінченою науковою роботою, у якій розв'язано актуальну науково-прикладну проблему високоефективного й швидкодіючого адаптивного захисту РЛС з плоскими ФАР від маскувальних шумових, пасивних і комбінованих завад на основі адаптивних решітчастих фільтрів, що

забезпечує практичну реалізованість розроблених алгоритмів і структур в РЛС різного призначення та діапазонів хвиль на сучасній цифровій елементній базі.

Отримані здобувачем особисто нові наукові результати, висновки та рекомендації обґрунтовані, достовірні й аргументовані, мають практичне значення і дозволять покращити заводозахисність вітчизняних РЛС.

Дисертація «Теорія і техніка захисту РЛС з плоскими ФАР від маскувальних шумових, пасивних і комбінованих завад на основі адаптивних решітчастих фільтрів» за актуальністю теми, науковим рівнем, новизною і практичною цінністю, обґрунтованістю й достовірністю отриманих результатів, публікаціями та апробацією відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013, які пред'являються до докторських дисертацій, а її автор, Рябуха Вячеслав Петрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор,
провідний науковий співробітник
Наукового центру Повітряних Сил
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

 А.В. Кобзев

Підпис професора Кобзева А.В. засвідчую.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради Д 64.702.01
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

 А.А. Адаменко

