



МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ
УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ПОВІТРЯНИХ СИЛ
імені ІВАНА КОЖЕДУБА

“18” 2017 р.

Код 24980799

№ 850/146/51-4/41к

61023, м. Харків, вул. Сумська, 77/79

Вченому секретарю спеціалізованої
вченої ради Д 64.052.03
Харківського національного
університету радіоелектроніки
м. Харків, пр. Науки, 14
д.т.н., проф. Безруку В.М.

ВІДГУК

офіційного опонента професора кафедри авіаційних радіотехнічних систем навігації та посадки Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, доктора технічних наук професора **Костенко Павла Юрійовича** на дисертаційну роботу **Семеняки Андрія Вікторовича** «Комбіновані адаптивні системи міжперіодної обробки сигналів в імпульсних оглядових РЛС» поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

За результатами розгляду дисертації, автореферату, опублікованих праць та особистої бесіди зі здобувачем зроблено наступні висновки щодо поданої роботи.

Актуальність напрямку досліджень.

Дисертаційна робота Семеняки А. В. пов'язана з вирішенням актуальної задачі спектрального оцінювання (СО) неперервних енергетичних спектрів (НЕС) відбиттів різної фізичної природи в імпульсних оглядових РЛС різного призначення. Пасивні завади (ПЗ) таким РЛС спроможні суттєво знизити точність визначення інформаційних параметрів енергетичного спектру відбиттів та селекції рухомих цілей (СРЦ) на їх фоні. Для захисту від таких завад використовують системи з міжперіодною обробкою (МПО) та їх адаптивні варіанти.

На даний час відомо багато класичних та сучасних методів СО, які відрізняються, в першу чергу, роздільною здатністю. Однак результатів їх порівняльного аналізу недостатньо для обґрунтованого вибору та впровадження в практику.

В той же час для використання методів СО в системах МПО з числа «претендентів» може бути виключена група т.з. «власноструктурних» методів СО які застосовуються для дискретних спектрів.

Слід відзначити, що системи МПО у «звичайних» та «метеорологічних» РЛС часто розглядаються незалежно. Однак таке поділення не обов'язкове, тому що етапи адаптивної СРЦ та адаптивного СО багато в чому співпадають. Ця обставина створює передумови для дослідження структури, алгоритмів роботи та «економної» побудови уніфікованих комбінованих адаптивних систем МПО у когерентно-імпульсних оглядових РЛС.



Колу задач, пов'язаних з вибором раціональних засобів створення комбінованих адаптивних систем **МПО** у когерентно-імпульсних оглядових РЛС, їх теоретичних та експериментальних досліджень, обґрунтуванням рекомендацій по практичній реалізації присвячена дана робота, що визначає її актуальність та новизну.

Крім того, актуальність підтверджується зв'язком роботи з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки України та завданнями науково-дослідних робіт, які проводились ПНДЛ радіолокаційних систем спостереження Харківського національного університету радіоелектроніки та відображені у звітах з науково-дослідних робіт, перелік яких наведений у вступі дисертаційної роботи. Використання результатів досліджень підтверджено актами впровадження.

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

Дисертація містить вступ, чотири розділи, перелік використаних джерел із 191 найменувань та додаток, у якому отримані основні розрахункові співвідношення, а також акти впровадження. Структура дисертації логічна, матеріал викладено послідовно і продумано, відповідно до мети і задач досліджень. Розподіл дисертації на розділи та підрозділи обґрунтований, їх назви відповідають змісту.

Зміст дисертаційної роботи відповідає паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

У **вступі** розкрито стан проблеми, сформульовано мету роботи, обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт та предмет дослідження. Крім того, автором показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий вклад автора в дисертаційну роботу та наукові праці.

В **першому розділі** проводиться аналіз сучасних методів відтворення спектрів відбитих сигналів в імпульсних РЛС, розбудовується теорія «розділення-відтворення» **НЕС** випадкових гаусівських процесів різної природи, заданих відліками у дискретні моменти часу, які розділені однаковим часовим інтервалом. Розглядаються два підходи до вирішення задачі відтворення **НЕС** випадкових процесів, заснованих на використанні параметричних та непараметричних методів **СО**. Досліджуються дві структури узагальнених аналізаторів спектру (**УАС**), що реалізують **МПО** на основі трансверсальних фільтрів з імпульсними характеристиками, як залежними, так і незалежними від параметрів кореляційної матриці (**КМ**) процесу, що аналізується. Показується, що в першу структуру вкладається більшість класичних, а в другу – сучасних невластноструктурних «параметричних» методів **СО**, здатних точно відтворювати неперервні спектри гаусівських процесів авторегресії (**АР**) кінцевого порядку. Показується, що в цих умовах відомі методи «надрозділення», які запропоновані для задач квазігармонічного **СО**, можуть розглядатися як різновиди параметричних методів на основі

трансверсальних відбілюючих або обертаючих фільтрів вхідного процесу авторегресії. Таке трактування дозволяє виконати зіставлення й коректування цих методів для відтворення безперервних спектрів і, що більш важливо, для обґрунтування їх модифікацій із практично корисними властивостями.

В **другому розділі** досліджуються граничні та реальні можливості методів відновлення спектрів відбиттів. Обґрунтовується вибір методів відтворення неперервних спектрів міжперіодних флуктуацій відбиттів із числа розглянутих у попередньому розділі для практичного використання в імпульсних РЛС. В основу вибору кладуться результати кількісного аналізу й порівняння їх «граничних» (у гіпотетичних умовах відомої **КМ**) і «реальних» (в умовах використання замість них тих або інших оцінок **КМ**, сформованих по навчальних вибірках скінченного обсягу) можливостей. У розділі обґрунтовуються критерії якості «розділення-відтворення» **НЕС**, аналізуються «граничні» можливості класичних і параметричних методів **СО** за цими критеріями. Розробляється методика їх статистичного аналізу в реальній «адаптивній» ситуації апріорі невідомої **КМ**, визначаються кількісні показники ефективності в цих умовах. Отримані результати покладено в основу рекомендацій для практичного вибору методів відтворення неперервних спектрів відбиттів в імпульсних РЛС.

В **третьому розділі** наводяться результати аналізу та порівняння квазіоптимальних (**КО**) систем **МПО** пачкових когерентних сигналів на тлі пасивних завад (**ПЗ**) різної фізичної природи. Ці системи, що входять до складу більшості сучасних імпульсних РЛС, вирішують задачі нетраєкторної селекції рухомих цілей (**СРЦ**) на тлі **ПЗ**. Важливе місце приділено дослідженням стійкості (робастності) систем **СРЦ** реальних РЛС до впливу різних перешкоджаючих факторів. Результати цих досліджень дозволяють реалістично оцінити можливості систем **СРЦ** і обґрунтувати вимоги до параметрів їх складових елементів. Перехід до цифрової обробки розв'язав цілий ряд важливих проблем **СРЦ**, пов'язаних з міжперіодною стабільністю параметрів приймально-передавального тракту РЛС. Досліджується робастність цифрової обробки при **СРЦ** до факторів природнього й штучного походження. Зокрема, досліджується робастність показників ефективності систем **СРЦ** до «згладжування» імпульсної характеристики когерентного накопичувача імпульсів пачки корисного сигналу на виході фільтра компенсації завад, яке широко застосовується на практиці. Приділяється увага теорії, кількісним оцінкам та пошуку більш робастних **КО** систем **СРЦ**, які в цих умовах не тільки підвищують ефективність селекції, але й спрощують обробку.

В **четвертому розділі** розглянуті комбіновані системи **МПО**, створені на основі адаптивних решітчастих фільтрів (**АРФ**), що вирішують задачі «розділення-відтворення» **НЕС** та «розділення-виявлення» рухомих точкових цілей на їх фоні. Розглядаються принципи побудови комбінованої адаптивної системи (**КАС**) **МПО** й обґрунтовуються раціональні способи її практичної реалізації. Запропонована **КАС** **МПО** досліджується в напівнатурному

експерименті по записах сигналів діючої РЛС. Наводиться методика експерименту. Проаналізовано результати напівнатурних досліджень різних методів відтворення **НЕС** міжперіодних флуктуацій відбиттів. Зіставлені різні структури квазівідбілюючих фільтрів та обґрунтовуються переваги **АРФ**, що ефективно використовують специфічну інформацію про структуру ермітової **КМ**. Запропоновано схеми **КАС МПО** на основі **АРФ** та методи їх адаптивної настройки. Підтверджено, що ці схеми мають переваги порівняно зі штатною системою **СРЦ** РЛС трьохсантиметрового діапазону при відсутності вобулячії інтервалів зондування. Показано, що при наявності пасивних завад якість проводки цілей в адаптивних системах **СРЦ** на основі **АРФ** значно вище, ніж у штатній системі **СРЦ**. Розроблені пропозиції щодо впровадження **КАС МПО** в діючі імпульсні РЛС та такі, що проектуються.

В висновках дисертації автором наведені найбільш значні наукові результати.

В додатках обґрунтовані деякі співвідношення, що використовуються в дисертаційній роботі, та 3 акти впровадження результатів досліджень.

Обґрунтованість та достовірність результатів, отриманих в роботі, обумовлена обґрунтованим використанням припущень і обмежень при розв'язанні поставленої задачі, коректним використанням сучасних моделей та методів спектрального аналізу, результатами напівнатурного експерименту по записах сигналів діючої РЛС, які збігаються з результатами моделювання і теоретичних досліджень.

Завершеність, стиль викладання, публікації. Аналіз сукупності наукових результатів та положень, наведених у роботі, дозволяє зробити висновок про їх внутрішню єдність і засвідчує особистий внесок автора у подальший розвиток теорії та методів адаптивної **МПО** сигналів на тлі пасивних завад різної природи в когерентно-імпульсних оглядових РЛС різного призначення.

Дисертаційна робота Семеняки А.В. є завершеним науковим дослідженням, яка виконана відповідно до вимог, затверджених Атестаційною колегією МОН України. Робота написана зрозуміло та грамотно, з коректним та логічним використанням науково-технічної термінології.

Отримані в роботі нові наукові результати з достатньою повнотою опубліковані в наукових фахових виданнях, рекомендованих Атестаційною колегією МОН України. Зокрема, у 17-ти наукових статтях, 13-ти збірниках трудів, що пройшли необхідну апробацію на науково-технічних міжнародних конференціях та симпозіумах, а також у розділах 8-ми звітів.

Структура і зміст автореферату повністю відповідають тексту дисертації. Дисертація та автореферат відповідають паспорту спеціальності 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Наукова новизна одержаних результатів.

Новими науковими результатами, які отримано в роботі. є:

1. Запропоновані комбіновані адаптивні системи **МПО**, у яких адаптивне «розділення-відтворення» радіолокаційних відбиттів і **СРЦ** на їх фоні вирішуються на одній і тій же структурно-алгоритмічній основі.

2. Розвинена теорія «розділення-відтворення» неперервних енергетичних спектрів випадкових процесів, що з єдиних позицій пояснює «походження» і властивості великої кількості відомих методів **СО** і їх нових модифікацій.

3. Запропоновано додатковий критерій оцінювання, який у сукупності з відомих більш повно характеризує якість «розділення-відтворення» безперервних енергетичних спектрів відбиттів.

4. Вперше оцінені й зіставлені «граничні» можливості відтворення безперервних енергетичних спектрів сукупності методів **СО** і їх властивості в «адаптивній» ситуації, які використані для обґрунтування доцільності їх практичного застосування в імпульсних РЛС.

5. Розвинена теорія «трьох ситуацій», що пояснює залежність енергетичних втрат сукупності квазіоптимальних систем **СРЦ** від доплерівського зсуву частоти корисного сигналу відносно доплерівської частоти спектра **ПЗ** при «згладжуванні» імпульсних характеристик когерентних накопичувачів.

6. Вперше розроблені, теоретично й експериментально досліджені схеми комбінованих адаптивних систем **МПО** на основі адаптивних решітчастих фільтрів (**АРФ**), рекомендовані для практичного використання в існуючих і перспективних імпульсних РЛС.

Практичне значення результатів досліджень.

1. Розроблені методика й критерії ефективності «розділення-відтворення» безперервних енергетичних спектрів випадкових процесів можуть бути застосовані для обґрунтування вибору методів оцінювання цих спектрів. Зокрема, ВАТ «НВО «ЛЕМЗ» в ОКР по розробці доплерівського метеорадіолокатора «ДМРЛ-С» використало результати статистичного аналізу ефективності методів **СО** для обґрунтування вибору методу оцінювання доплерівських спектрів метеоутворень й рекомендації з його практичної реалізації на основі **АРФ**.

2. Огляд і аналіз структур квазіоптимальних систем **МПО** когерентних гаусівських сигналів на фоні гаусівських пасивних завад використані КП «НВК «Іскра» при обґрунтуванні принципів побудови системи просторово-часової обробки сигналів у нових РЛС.

3. Результати напівнатурних випробувань неадаптивної фільтрової системи **СРЦ** і запропонованих алгоритмів і структур адаптивної системи **СРЦ** на основі **АРФ** використані ДП «НДІ радіотехнічних систем «Квант-Радіолокація» для обґрунтування програмно-алгоритмічного забезпечення просторово-часової обробки сигналів на тлі завадових відбиттів в РЛС з двовимірною активною фазованою решіткою.

4. Розроблена комбінована система **МПО** (спільного **СО** і **СРЦ**) на основі **АРФ** може бути використана для модернізації існуючих і впровадження в перспективні імпульсні РЛС. Основні результати роботи реалізовані у ВАТ «НВО «ЛЕМЗ», КП «НБК «Іскра», ДП «НДІ РС «Квант-Радіолокація». Відповідні акти про реалізацію наведені в Додатку Б.

Зауваження щодо роботи.

1. В роботі досліджується **МПО** сигналів в імпульсних оглядових РЛС, яка спирається на модель пасивних завад у вигляді гаусівського стаціонарного процесу **АР** кінцевого порядку. Але не вказуються умови застосування цієї моделі для протяжних об'єктів або їх сукупності з точковими. Наприклад, чому відбиття можна вважати гаусівськими та стаціонарними? Як позначиться на ефективності методів **СО** відхилення від цього припущення.

2. В дисертаційній роботі відсутні посилання на результати досліджень інших авторів що до адекватності апроксимації флуктуацій **ПЗ** стаціонарним гаусівським **АР** процесом.

3. Спектр **ПЗ** неперервний, але параметричний. Для оцінки якості його відтворення автор використовує дві енергетичні метрики які мають різну чутливість до похибки відновлення спектру в діапазонах високих та низьких частот. Їх комплексне використання не дає кількісної оцінки якості відновлення спектру **ПЗ** в середині його частотного діапазону.

4. Стосовно терміну «форма» спектру, який використовує автор. Слід зазначити, що цей термін вербальний, тому не доцільно його використовувати коли потрібно дати кількісну оцінку якості відтворення спектру **ПЗ**.

5. Розглядаються наближення до тьопліцевої **КМ** у адаптивних **КО** системах **СРЦ**. В той же час критерії, за яким порівнювалась якість формування **КМ** при наближенні її до тьопліцевої **КМ**, визначається евклідовою метрикою та «енергетичними» показниками, які у деяких випадках суперечливі. Аналізується багато методів наближення до тьопліцевої **КМ**, їх недоліки та переваги, в тому числі і за критерієм «енергетичної» швидкодії. В той же час рекомендації по вибору алгоритму наближення до тьопліцевої **КМ** робляться тільки на підставі аналізу «енергетичної» швидкодії. Було б доцільно проаналізувати, яким чином пов'язані між собою якість наближення до тьопліцевої **КМ** як за евклідовою метрикою, так і за «енергетичним» показником.

Загальні висновки. Дисертація Семеняки А.В. є закінченою науково-дослідною роботою, яка містить рішення актуальної науково-практичної задачі.

Отримані здобувачем нові науково обґрунтовані результати дозволяють покращити характеристики спектрального аналізу сигналів в РЛС загального та спеціального призначення, що функціонують в умовах пасивних завад та деякого дефіциту апріорної інформації про кореляційну матрицю міжперіодних флуктуацій відбиттів, яка відтворюється різними методами її оцінки.

Отримані у роботі нові наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані та аргументовані.

Дисертаційна робота Семеняки Андрія Вікторовича має наукову новизну і практичну значимість та відповідає вимогам пп. 11, 13, 15 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор, Семеняка А.В., заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи.

Офіційний опонент

Професор кафедри авіаційних
радіотехнічних систем навігації і посадки
Харківського університету Повітряних Сил
ім. Івана Кожедуба

доктор технічних наук, професор



П.Ю. Костенко

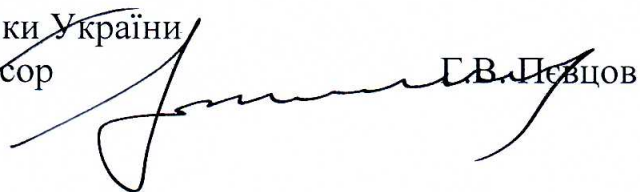
Підпис доктора технічних наук П.Ю. Костенко засвідчую

Заступник начальника Харківського
університету Повітряних Сил імені Івана
Кожедуба з наукової роботи

Заслужений діяч науки і техніки України
доктор технічних наук, професор



.2017



Г.В. Певцов