

АНОТОВАНИЙ ЗВІТ

за завершеним прикладним дослідженням або завершеною прикладною розробкою,
виконання яких здійснювалось у 2019–2020 роках

Назва Підвищення ефективності когерентно-імпульсних радіолокаційних станцій в складних умовах функціонування (розробка)

Керівник роботи: Піза Дмитро Макарович

Номер державної реєстрації: 0119U100366

Номер облікової картки заключного звіту:

Повна назва організації-виконавця: Національний університет «Запорізька політехніка»

Назва пріоритетного тематичного напрямку організації-виконавця _____

Строки виконання: початок – 01.01.2019 р, закінчення – 31.12.2020 р.

Обсяг коштів, виділених на виконання НДР за весь період (згідно із запитом / фактичний)
855,23/ 605,665 тис. грн.

1. КОРОТКИЙ ЗМІСТ ЗАПИТУ (до 30 рядків тексту):

1.1. Для компенсації активної шумової завади (АШЗ), яка діє по боковим пелюсткам діаграми спрямованості антени (ДСА), застосовують адаптивні просторові фільтри, які використовують відмінності в напрямках дії корисного сигналу та завади. Однак, якщо при скануванні антени АШЗ починає діяти по головному променю ДСА, то просторові відмінності поступово зникають і діаграма спрямованості спотворюється. При цьому виникає проблема, пов'язана з погіршенням точності вимірювання кутових координат цілей та зниженням чутливості приймального пристрою РЛС. Проблемною в умовах дії комбінованих завад є також ортогоналізація АШЗ в компенсаційних каналах просторового фільтра, яка може бути виконана методом Грама-Шмідта*.

1.2. Об'єкт і предмет дослідження і розробки. Об'єкт дослідження і розробки: процеси обробки радіолокаційних сигналів в складних умовах функціонування РЛС. Предмет дослідження і розробки: Методи, моделі та технічні рішення, які можуть бути використані при проектуванні завадозахищених РЛС, що діють в складному сигнально-завадовому оточенні.

1.3. Мета і основні завдання дослідження і розробки.

Мета – підвищення ефективності когерентно-імпульсних РЛС в складних умовах функціонування шляхом розробки та удосконалення методів обробки радіолокаційних сигналів. Завдання на вирішення яких спрямовано проект:

- розробка принципово нових методів побудови систем завадозахисту когерентно-імпульсних РЛС з структурною адаптацією підсистем просторової обробки сигналів в часовій та частотній області;
- розробка алгоритму управління підсистемами просторової обробки сигналів на основі поточного аналізу розподілу модулів вагових коефіцієнтів по дальності;
- дослідження та співставлення різних алгоритмів міжканального кореляційного аналізу наявності пасивної завади на інтервалах дальності шляхом імітаційного моделювання;
- удосконалення процедури паралельно-послідовної обробки радіолокаційних сигналів за методом Грама-Шмідта в складних умовах функціонування РЛС.

* При формуванні проекту авторами проекту була допущена помилка і замість методу паралельно-послідовної ортогоналізації сигналів Грама-Шмідта було вказано метод Пауела, який є прискореним градієнтним методом і не забезпечує ортогоналізацію сигналів в каналах прийому. Тому при виконанні проекту назву «метод Пауела» змінено на «метод Грама-Шмідта»

1.4. У випадку, якщо відбувалися коригування мети, предмету дослідження або розробки, основних завдань, відхилення від запланованого календарного плану роботи – описати це у звіті.

У зв'язку з тим, що в процесі розробки проекту було знайдено більш раціональне технічне рішення, друге завдання проекту уточнено і викладено у наступній редакції: «розробка алгоритму управління підсистемами просторової обробки сигналів на основі аналізу розподілу *модулів вагових коефіцієнтів* по дальності».

2. ОПИС ПРОЦЕСУ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ АБО РОЗРОБКИ (до 50 рядків тексту):

2.1. Описати підхід щодо проведення дослідження і розробки, визначити, у чому її новизна.

Підхід щодо виконання завдань проекту полягає у використанні додаткової апостеріорної інформації, отриманої шляхом поточного аналізу модулів вагових коефіцієнтів просторового фільтра. Це надало можливість реалізувати структурно-параметричну адаптацію просторових фільтрів на відміну від відомих фільтрів з параметричною адаптацією. Ще одним чинником при реалізації підходу була можливість використати міжканальний кореляційний аналіз складових комбінованої завади в реальному часі для формування класифікованої навчальної вибірки, породженої тільки активною завадою. Новизна визначеного підходу підтверджується отриманими патентами.

2.2. Розкрити основні ідеї дослідження і розробки, як вони втілювались.

Основною вимогою до ДСА компенсаційного каналу просторового фільтра є «накриття» нею бокових пелюстків основної антени. При цьому в умовах, коли приймальні пристрої РЛС мають однакові коефіцієнти підсилення, то, при дії активної завади з напрямку бокових пелюстків, рівень завади в компенсаційному каналі просторового фільтра завжди більший, ніж в основному каналі. При цьому модуль вагового коефіцієнта менше одиниці. Коли активна завада починає діяти по головному промені, то рівень завади в основному каналі перебільшує рівень завади в компенсаційному каналі і модуль вагового коефіцієнта зростає. Таким чином, модуль вагового коефіцієнта може слугувати ознакою зміщення джерела активної завади з напрямку бокових пелюстків діаграми спрямованості антени на напрям головного променя і навпаки та забезпечити структурну адаптацію систем завадозахисту РЛС. При цьому, якщо модуль вагового коефіцієнта перевищує рівень одиниці, що відповідає дії АШЗ по головному променю ДСА, то формується управляючий сигнал, по якому вихід просторового фільтра під'єднується до його основного входу. Компенсація АШЗ в цьому випадку не виконується, а діаграма спрямованості не спотворюється, а пасивна завада, що діє в компенсаційному каналі, та модулюється ваговими коефіцієнтами, на вихід просторового фільтра не надходить. Це надає можливість підвищити ефективність подальшої обробки сигналів в РЛС. Вагові коефіцієнти в просторовому фільтрі продовжують формуватися і, коли джерело АШЗ зміщується на напрям бокових пелюстків, а модуль вагових коефіцієнтів стає меншим за одиницю, вихід просторового фільтра знову під'єднується до віднімача автокомпенсатора. Відповідно до цього шляхом використання поточного аналізу значення модуля вагового коефіцієнта просторового фільтра розроблено нові методи побудови систем завадозахисту в часовій та частотній області, та удосконалена процедура паралельно-послідовної обробки радіолокаційних сигналів за методом Грама-Шмідта.

2.3. Навести основні гіпотези дослідження і розробки, як вони підтверджувались або спростовувались, визначали формування науково-прикладних результатів.

Основними гіпотезами дослідження було наступне:

- при реалізації методу структурно-параметричної адаптації гіпотезою була можливість реалізації структурної адаптації просторових фільтрів в часовій та в частотній області. Практично, можливість структурно-параметричної адаптації підтверджена результатами моделювання. Встановлено, що при структурно-параметричній адаптації просторового фільтра спотворення діаграми спрямованості основної антени РЛС не виникає.

- при реалізації міжканального кореляційного аналізу для формування класифікаційної навчальної вибірки для адаптації вагових коефіцієнтів просторових фільтрів гіпотезою була можливість обчислення модуля міжканального коефіцієнта кореляції на інтервалах дальності РЛС в реальному часі. Гіпотеза також підтвердилась результатами моделювання.

2.4. Представити нові або оновлені методи та засоби, методику та методологію дослідження або розробки, що створені авторами у ході виконання роботи; обґрунтувати, чим вони відрізняються від існуючих.

Вперше запропоновано метод структурно-параметричної адаптації просторових фільтрів (патент №142436). Використання методу надає можливість виключити можливість спотворення головного променя діаграми спрямованості антени ДСА РЛС і, як наслідок, підвищити точність вимірювання просторових координат цілей та чутливість приймального пристрою, а також виключити вплив модуляції пасивної завади, що діє в компенсаційному каналі, на її часову кореляцію при зміщенні джерела АШЗ на напрям головного променя. Відсутність модуляції пасивної завади на виході просторового фільтра підвищує ефективність її компенсації в процесі подальшої обробки радіолокаційних сигналів. При удосконаленні методу Грама-Шмідта (патент №141813) також реалізуються наведенні переваги.

2.5. Описати особливості структури та складових виконання дослідження або розробки.

Складовими структури розробки та досліджень є розробка методів, структурних схем, технічних рішень, а також визначення їх ефективності шляхом імітаційного моделювання.

3. ОДЕРЖАНІ НАУКОВО-ПРИКЛАДНІ РЕЗУЛЬТАТИ (до 100 рядків тексту)

3.1. Результати етапів (відповідно до технічного завдання) відобразити у таблиці:

Таблиця 1

Номер етапу, строки	Назва етапу згідно з технічним завданням	Заплановані результати	Отримані результати
Етап 1 (2019р.)	Розробка методів, структурних схем та технічних рішень.	Опис методів побудови систем завадозахисту з структурною адаптацією.	Розроблено метод побудови систем завадозахисту з структурною адаптацією та удосконалена обробка сигналів за методом Грама-Шмідта.
	Розробка методів побудови систем завадозахисту з структурною адаптацією просторового фільтра в часовій та в частотній області.	Структурні схеми обробки радіолокаційних сигналів.	Розроблено структурні схеми обробки радіолокаційних сигналів в часовій та в частотній області.
	Розробка структурних схем просторового фільтра з кореляційним аналізом наявності пасивної завади в часовій та в частотній області.	Структурні схеми кореляційного аналізатора.	Розроблено структурні схеми міжканального кореляційного аналізатора в часовій та в частотній області.
	Розробка алгоритмів (у) управління та технічних рішень для структурної адаптації просторового фільтра.	Алгоритм управління та технічні рішення для реалізації структурної адаптації просторового фільтра.	Алгоритм управління та технічні рішення, які забезпечують структурно-параметричну адаптацію просторового фільтра.
	Удосконалення паралельно-	Структурні схеми удосконаленого методу	Структурні схеми удосконаленого методу

	послідовної обробки радіолокаційних сигналів за методом Грама-Шмідта.	паралельно-послідовної обробки радіолокаційних сигналів.	паралельно-послідовної обробки сигналів за методом Грама-Шмідта..
Етап 2 (2020р.)	Розробка математичних моделей, запропонованих методів та технічних рішень. Аналіз їх ефективності.	Математичні моделі та їх опис, результати моделювання.	Розроблені математичні моделі, результати моделювання, оцінка ефективності.
	Розробка математичної моделі підсистеми завадозахисту з просторовою обробкою радіолокаційних сигналів та структурною адаптацією в частотній області.	Математична модель підсистеми завадозахисту, її опис та результати моделювання в частотній області.	Розроблена математична модель підсистеми завадозахисту, її опис та результати моделювання в частотній області. Оцінена ефективність структурної адаптації.
	Розробка математичної моделі підсистеми завадозахисту з просторовою обробкою радіолокаційних сигналів та структурною адаптацією в часовій області.	Математична модель підсистеми завадозахисту, її опис та результати моделювання в часовій області.	Розроблена математична модель підсистеми завадозахисту, її опис та результати моделювання в часовій області. Оцінена ефективність структурної адаптації.
	Розробка інтегрованої математичної моделі системи завадозахисту в часовій та частотній області. Розробка методики оцінки виграшу в ефективності паралельно-послідовної обробки сигналів.	Математична модель інтегрованої системи завадозахисту. Методика розрахунку.	Така модель не розроблялась, це пояснюється тим, що ефективність інтегрованої моделі при послідовній реалізації визначається її складовими. Методика розрахунку.

3.2. Докладно розкрити одержані прикладні наукові результати щодо створення нового наукового знання або навести описи технологій, конструкторської, технологічної та програмної документації, дослідних зразків, положень, регламентів, стандартів, проектів нормативно-правових і методичних документів, що були створені, змінені та/або доповнені авторами у процесі виконання проекту.

При використанні просторових фільтрів для компенсації АШЗ, діючої по бокових пелюстках ДСА, проблемним є те, що при зміщенні джерела активної завади на напрям головного променя

він суттєво спотворюється. Це приводить до погіршення точності вимірювання кутових координат цілей та погіршення чутливості приймального пристрою РЛС. Погіршення чутливості виникає внаслідок збільшення рівня власних шумів компенсаційного каналу при компенсації АШЗ, діючої по головному промені ДСА. Запропоновано новий метод структурно-параметричної адаптації просторових фільтрів. Метод надає можливість завдяки додатковому використанню апостеріорної інформації щодо зміщення джерела АШЗ з напрямку бокових пелюстків ДСА на напрям головного променя оптимізувати обробку сигналів в просторовому фільтрі. При цьому не погіршується ні точність вимірювання кутових координат цілей, ні чутливість приймального пристрою РЛС. На відміну від відомих методів побудови просторових фільтрів з параметричною адаптацією запропонований метод завдяки зміні структури обробки сигналів дозволяє виключити спотворення ДСА РЛС. Для підтвердження ефективності запропонованого методу структурно-параметричної адаптації просторових фільтрів були розроблені математичні моделі систем завадозахисту як в часовій, так і в частотній області (після когерентного накопичення сигналів). Реалізація запропонованого алгоритму роботи просторового фільтра з структурно-параметричною адаптацією та його дослідження здійснювалося за допомогою пакета графічного розширення SimuLink системи математичного моделювання MatLab. На основі розроблених структурних схем були розроблені відповідні математичні моделі. Була сформована заводова обстановка для проведення досліджень як відомої схеми просторового фільтра з параметричною адаптацією, так і запропоновані схеми з структурно-параметричною адаптацією. При скануванні ДСА, в залежності від азимута α в діапазоні кутів $(-2,4^\circ \dots +2,4^\circ)$, дисперсія АШЗ при дії по головному промені та в перших бокових пелюстках змінювалось по закону $\sin x/x$. Це моделювалось меандром імпульсів з довжиною 1,5 мкс. При цьому максимальна дисперсія АШЗ відносно власних шумів дорівнювала 40 дБ в максимумі головного променя ДСА. Дисперсія АШЗ в компенсаційному каналі складала 25 дБ в діапазоні досліджень. В процесі моделювання проведено дослідження як відомої схеми просторового фільтра з параметричною адаптацією, так і запропонованих схем з структурно-параметричною адаптацією. В прийнятих умовах моделювання при дослідженні, в залежності від азимута дії АШЗ, встановлено:

- при функціонуванні просторового фільтра з параметричною адаптацією, коефіцієнт подавлення АШЗ, що діє з напрямку максимуму головного променя ДСА при $\alpha=0^\circ$ з дисперсією 40 дБ обмежується на рівні 26 дБ. Це обумовлено зростанням модуля вагового коефіцієнта до 5 одиниць. При цьому в 5 разів підвищується рівень власних шумів компенсаційного каналу, що обмежує як компенсацію АШЗ, так і погіршує чутливість приймального пристрою на виході просторового фільтра. Погіршення точності вимірювання кутових координат цілей залежить від величини спотворення головного променя ДСА. Величина спотворень в межах головного променя ДСА визначається зменшенням просторових відмінностей в напрямках дії АШЗ і максимуму головного променя антени РЛС;

- при функціонуванні просторового фільтра з параметричною адаптацією при дії АШЗ по бокових пелюстках ДСА на азимутальних напрямках $\alpha=-1,6^\circ$ та $\alpha=+1,6^\circ$, що відповідають максимумам перших бокових пелюстків діаграми спрямованості основної антени коефіцієнт подавлення активної завади дорівнював 22 дБ. При дисперсії АШЗ, що дорівнювала 25 дБ. Таке значення коефіцієнта подавлення відповідає граничному значенню, що підтверджує адекватність розробленої математичної моделі;

- при структурно-параметричній адаптації в результаті моделювання встановлено, що при дії АШЗ по бокових пелюстках як в часовій, так і в частотній області також реалізується максимально можливий коефіцієнт подавлення активної завади, який також дорівнює 22 дБ. При дії АШЗ по головному променю ДСА як в часовій, так і частотній області зміна структури обробки радіолокаційних сигналів дозволяє виключити можливість погіршення чутливості РЛС та точності вимірювання кутових координат цілей;

- інтегрована математична модель системи захисту в частотній та часовій області не розроблялась. Це пояснювалось тим, що ефективність інтегрованої моделі при послідовній реалізації визначається її складовими;

- за отриманими результатами також встановлено, що при структурній адаптації пасивна завада, яка разом з АШЗ діє по головному промені ДСА і надходить на вхід компенсаційного каналу та модулюється ваговими коефіцієнтами, на вихід просторового фільтра не надходить, що підвищує ефективність виявлення корисних сигналів на фоні пасивних завад;

- при удосконаленні методу Грама-Шмідта, що забезпечувалось кореляційним методом формування класифікованої навчальної вибірки та введенням структурної адаптації в блоки компенсації АШЗ (на відміну від блоків ортогоналізації) виключається можливість спотворення головного променя ДСА. При цьому, якщо на компенсаційні входи блоків компенсації разом з АШЗ надходить пасивна завада і модулюється ваговими коефіцієнтами, то на вихід блоків компенсації вона не проходить, що підвищує ефективність виділення корисних сигналів на фоні пасивних завад.

Таким чином, впровадження в процес ортогоналізації завад по методу Грама-Шмідта структурної адаптації в блоки компенсації завад унеможливорює спотворення діаграми спрямованості антени в умовах дії АШЗ по головному променю і, як наслідок, підвищує точність вимірювання координат цілей та чутливість приймального пристрою РЛС.

В результаті моделювання встановлено, що виграш в ефективності за рахунок структурної адаптації просторового фільтра залежить від величини різниці в напрямках дії корисного сигналу і АШЗ, і коли ці напрями співпадають, то виграш досягає максимуму. Тому розроблена методика оцінки виграшу заснована на використанні імітаційного моделювання.

3.3. Визначити, які із результатів і як само були науково обґрунтовані та доведені, як вони пов'язані із закономірностями організації та розвитку природи, суспільства людини, їх взаємозв'язків (і якими саме). Які результати розробки було створено виключно на основі узагальнення практичного досвіду і не вимагали науково-технологічних досліджень.

Відомі методи захисту РЛС від впливу АШЗ по бокових пелюстках ДСА використовують просторові відмінності в структурі корисних сигналів і активних завад. При цьому використовується рознесений прийом сигналів основним та компенсаційним каналом та параметрична адаптація вагових коефіцієнтів просторового фільтра. При цьому, якщо просторові відмінності зменшуються, і АШЗ починає діяти по головному промені ДСА, то компенсація АШЗ погіршується. Крім цього, погіршується точність вимірювання кутових координат цілей та чутливість приймального пристрою РЛС і, якщо в компенсаційному каналі одночасно з АШЗ діє пасивна завада і модулюється ваговими коефіцієнтами, то на виході просторового фільтра з параметричною адаптацією суттєво погіршується її часова кореляція, що обмежує виявлення корисних сигналів. Авторами проєкту проведено додаткові дослідження і запропоновано принципово новий метод структурно-параметричної адаптації просторових фільтрів, за яким не погіршується ні точність вимірювання кутових координат цілей, ні чутливість приймального пристрою РЛС. При структурно-параметричній адаптації пасивна завада, що діє в компенсаційному каналі і модулюється ваговими коефіцієнтами не надходить на вихід просторового фільтра. Це підвищує часову кореляцію пасивної завади, що є важливим для її подальшої компенсації.

3.4. Довести наукову і науково-прикладну новизну результатів роботи на основі їх змістовного порівняння із існуючими аналогами у світовій науці, техніці і технологіях на основі посилань на конкретні публікації. Список цих публікацій навести у Додатку 1. Довести переваги отриманих науково-прикладних результатів над аналогами, суміжними науково-прикладними напрацюваннями світової спільноти вчених, конструкторів, технологів, програмістів.

До існуючих аналогів можна віднести просторові фільтри з параметричною адаптацією, що досліджені в монографії [1], в якій підтверджено спотворення діаграми спрямованості основної антени просторового фільтра при дії АШЗ по головному промені. При цьому також відзначається погіршення чутливості РЛС та точності вимірювання кутових координат цілей. В статтях [2, 3]

відзначається, що до основного недоліку просторової фільтрації можна віднести неможливість подавлення завад, напрям яких близький до напрямку приходу корисного сигналу. Патент [4], як елемент адаптації просторового фільтра з прямим обчисленням вагових коефіцієнтів використаний при розробці проєкту. Таким чином ці посилання на публікації та наявні патенти у авторів проєкту на структурно-параметричні просторові фільтри підтверджують наукову та науково-практичну новизну запропонованих рішень.

3.5. Обґрунтувати цінність очікуваних результатів для світової та вітчизняної науки, техніки і технологій.

Цінність отриманих результатів полягає в розробці нових та в удосконаленні існуючих методів обробки радіолокаційних сигналів. Підвищення ефективності функціонування когерентно-імпульсних радіолокаційних станцій в умовах дії комбінованих завад підвищує їх конкурентоздатність на світових ринках.

4. ПРАКТИЧНА ЦІННІСТЬ ДЛЯ СУСПІЛЬСТВА ТА ЕКОНОМІКИ

(до 100 рядків)

4.1. Визначити та обґрунтувати використання очікуваних результатів для конкретної галузі, потреб розвитку науково-технологічної сфери, вирішення світових проблем; довести відповідність потребам суспільства та економіки країни. Навести результати проведених маркетингових досліджень щодо просування науково-прикладних результатів на світовий ринок, визначити потенційних замовників (Додаток 2), навести перелік реальних майбутніх користувачів, з якими вже встановлено попередні договірні стосунки (Додаток 3).

Постійне підвищення заводо захищеності радіолокаційних засобів в останні десятиліття свідчить про актуальність цієї проблематики як в Україні, так і в світі. Виконання досліджень в межах проєкту підтримано керівництвом Казенного підприємства «Науково-виробничий комплекс «Іскра». В сучасних радіолокаційних станціях вітчизняного виробництва використовуються просторові фільтри з параметричною адаптацією. При виконанні досліджень розроблено принципово нові методи побудови просторових фільтрів з структурно-параметричною адаптацією, розроблені алгоритми структурної адаптації та математичні моделі просторових фільтрів з структурно-параметричною адаптацією в часовій та частотній області. Отримані результати моделювання підтверджують можливість забезпечення високої точності вимірів кутових координат цілей та чутливості приймального пристрою РЛС при зміні напрямку джерела шумової завади з бокових пелюстків ДСА на напрям головного променя. Основні технічні рішення як по побудові просторових фільтрів з структурно-параметричною адаптацією, так і по удосконаленні паралельно-послідовної обробки сигналів по методу Грама-Шмідта розроблено і запатентовано у співпраці з співробітниками КП «НВК «Іскра».

4.2. Довести цінність результатів для підготовки фахівців у системі освіти, зокрема вищої кваліфікації. Відокремити використання очікуваних результатів від науково-методичних завдань, що виконуються викладачами у межах їх основної педагогічної діяльності. Навести у Додатку 4 теми досліджень магістрантів (студентів), аспірантів і докторантів, кількість місяців їх роботи за темою з оплатою.

В межах тематики проєкту розроблено та захищено дві магістерські роботи.

В межах тематики проєкту також:

- розроблено і захищено одну кандидатську та одну докторську дисертацію. Дані про дисертації наведені в підрозділі 5.8;
- розроблено конспект лекцій «Основи радіолокації» за спеціальністю 173 «Авіоніка»;
- розширено курс лекцій з дисципліною «Проектування радіолокаційних систем» для підготовки фахівців за спеціальністю 172 «Радіотехніка та телекомунікації»;
- удосконалено лабораторні роботи "Дослідження адаптивних просторових фільтрів", "Цифрові виявлювачі радіолокаційних сигналів" та "Дослідження доплерівських фільтрів"

5. ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРОБКИ

Зараховуються виключно роботи, серед авторів яких 50% і більше належать до колективу виконавців, визначеного у Таблиці 11. Оцінюючи наукові праці на відповідність темі, меті, предмету та завданням дослідження, експерт має право не зараховувати їх у разі повної невідповідності.

5.1. Перелік опублікованих за темою статей в журналах, що індексуються БД Scopus та/або Web of Science Core Collection (WoS) (або Index Copernicus для соціо-гуманітарних наук) (окремо за кожною наукометричною базою)

Таблиця 2

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; <u>підкреслити</u> <u>прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	Наукометр. база даних
1	Оценка эффективности дискретных алгоритмов адаптации весовых коэффициентов при пространственно-временной обработке радиолокационных сигналов <u>Пиза Д.М.</u> , Семенов Д.С., <u>Морщавка С.В.</u> Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника.-2019. №1-С. 8-15. Режим доступа: http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347019010023	Scopus
2	Повышение эффективности компенсации активной составляющей комбинированной помехи <u>Пиза Д.М.</u> , Романенко С.Н., Семенов Д.С. Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2019. – №3 –С. 7-14 Режим доступа: http://ric.zntu.edu.ua/article/view/184126	WoS
3	Improving the efficiency of coherent-pulse radar under the impact of combined interferences Semenov, D.S., <u>Piza, D.M.</u> 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165436 Режим доступа: www.ieeexplore.ieee.org	Scopus
4	Method for selecting a classified training sample for radar's elevation channels Семенов Д.С., <u>Пиза Д.М.</u> Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2020. – №1 –С. 36-42 Режим доступа: http://ric.zntu.edu.ua/article/view/201594	WoS
5	Метод структурно-параметрической адаптации пространственного фильтра <u>Пиза Д.М.</u> , Семенов Д.С. Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2020. – №3 –С. 22-30 Режим доступа: http://ric.zntu.edu.ua/article/view/214541	WoS
6	Повышение эффективности пространственно-временной обработки радиолокационных сигналов в условиях воздействия комбинированных помех <u>Пиза Д.М.</u> , Семенов Д.С. Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника.- 2020. Т63, №5. С. 300-309. Режим доступа: http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347020050040	Scopus
7	Enhancing Efficiency of Space-Time Processing of Radar Signals under Exposure of Combined Interferences <u>Piza, D.M.</u> , Romanenko, S.N., Semenov, D.S. Radioelectronics and Communications Systems, 2020, 63(5), с. 257-264 Режим доступа: http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347020050040	Scopus

Анотації статей українською мовою, які представляють основні результати дослідження, навести у Додатку 5

5.2. Перелік опублікованих за темою англomовних статей та тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються БД Scopus або WoS (або Index Copernicus для соціо-гуманітарних наук) (окремо за кожною наукометричною базою)

Таблиця 3

№	Повні дані про статті та тези доповідей з веб-адресою електронної версії; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	Наукометр. база даних
1	Improving the efficiency of coherent-pulse radar under the impact of combined interferences Semenov, D.S., <u>Piza, D.M.</u> 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165436 Режим доступу: www.ieeeexplore.ieee.org	Scopus

5.3. Перелік опублікованих за темою статей, у журналах що входять до переліку фахових видань України (окремо статті у журналах, що рекомендовані секціями Наукової ради МОН), а також статей у закордонних журналах, які не увійшли до п.5.1 і 5.2

Таблиця 4

№	Повні дані про статті з веб-адресою електронної версії; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців
	<i>статті у журналах, що рекомендовані секціями Наукової ради МОН</i>
1	Оценка эффективности дискретных алгоритмов адаптации весовых коэффициентов при пространственно-временной обработке радиолокационных сигналов <u>Пиза Д.М.</u> , Семенов Д.С., Моршавка С.В. Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника.-2019. №1-С. 8-15. Режим доступу: http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347019010023
2	Повышение эффективности компенсации активной составляющей комбинированной помехи <u>Пиза Д.М.</u> , Романенко С.Н., Семенов Д.С. Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2019. – №3 –С. 7-14 Режим доступу: http://ric.zntu.edu.ua/article/view/184126
3	Improving the efficiency of coherent-pulse radar under the impact of combined interferences Semenov, D.S., <u>Piza, D.M.</u> 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165436 Режим доступу: www.ieeeexplore.ieee.org
4	Method for selecting a classified training sample for radar's elevation channels Семенов Д.С., <u>Пиза Д.М.</u> Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2020. – №1 –С. 36-42 Режим доступу: http://ric.zntu.edu.ua/article/view/201594
5	Метод структурно-параметрической адаптации пространственного фильтра <u>Пиза Д.М.</u> , Семенов Д.С. Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2020. – №3 –С. 22-30 Режим доступу: http://ric.zntu.edu.ua/article/view/214541
6	Повышение эффективности пространственно-временной обработки радиолокационных сигналов в условиях воздействия комбинированных помех <u>Пиза Д.М.</u> , Семенов Д.С. Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника.- 2020. Т63, №5. С. 300-309. Режим доступу: http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347020050040
7	Improving the efficiency of coherent-pulse radar under the impact of combined interferences Semenov, D.S., <u>Piza, D.M.</u> 2019 International Conference on Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics, UkrMiCo 2019 - Proceedings, 2019, 9165436 Режим доступу: www.ieeeexplore.ieee.org
8	Enhancing Efficiency of Space-Time Processing of Radar Signals under Exposure of Combined Interferences <u>Piza, D.M.</u> , Romanenko, S.N., Semenov, D.S. Radioelectronics and Communications Systems, 2020, 63(5), с. 257-264 Режим доступу: http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347020050040

5.4. Перелік опублікованих за темою монографій

Таблиця 5

№	Повні дані про монографії; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців
1	

Анотації монографій українською мовою навести у Додатку 6

5.5. Перелік опублікованих за темою підручників, навчальних посібників, словників, довідників

Таблиця 6

№	Повні дані про підручники, навчальні посібники, словники, довідників; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців
1	

5.6. Перелік отриманих за темою охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності України або інших країн (патенти, авторські свідоцтва)

Таблиця 7

№	Повні дані про охоронні документи; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців
1	Пат. 138636 Україна, МПК G01 7/36, H04B 15/00. Пристрій компенсації активних шумових завад/ <u>Піза Д.М., Мороз Г.В., Бондар Б.І.</u> , (Україна) ;заявник і патентовласник НУ "Запорізька політехніка". – № u201904634; Заявл. 02.05.2019; Опубл. 10.12.2019, Бюл. № 23.
2	Пат. 139442 Україна, МПК G01 7/36, H04B 15/00. Спосіб захисту імпульсної радіолокаційної станції від активної складової комбінованої завади, діючої по бокових пелюстках діаграми спрямованості антени/ <u>Піза Д.М., Семенов Д.С.</u> (Україна) ;заявник і патентовласник НУ "Запорізька політехніка". – № U201905456; Заявл. 21.05.2019; Опубл. 10.01.2020, бюл. № 1.
3	Пат. 141813 Україна, МПК G01 7/36, H04B 15/00. Багатоканальний пристрій адаптивної компенсації завад, діючих по бокових пелюстках діаграми спрямованості антени / <u>Піза Д.М., Семенов Д.С.</u> (Україна) ;заявник і патентовласник НУ "Запорізька політехніка". – № U201910675; Заявл. 01.11.2019; Опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8.
4	Пат. 142436 Україна, МПК G01 7/36, H04B 15/00. Спосіб захисту когерентно-імпульсних радіолокаційних станцій від активної складової комбінованої завади, діючої по бокових пелюстках діаграми спрямованості антени / <u>Піза Д.М.</u> (Україна) ;заявник і патентовласник НУ "Запорізька політехніка". – № u201910632; Заявл. 28.10.2019; Опубл. 10.06.2020, Бюл. № 11.

5.7. Створено та передано для використання поза межами організації-виконавця методик, технологій, зразків, проектної і конструкторської документації, інформаційно-аналітичні матеріали, рекомендації, пропозиції до органів влади тощо, зокрема на основі укладеного договору на науково-технічну продукцію, що підтверджується довідкою від бухгалтерії закладу вищої освіти (наукової установи) із зазначенням обсягів фінансування виконаних робіт

Таблиця 8

№	Передані методики, рекомендації, пропозиції, інші документи; <u>підкреслити прізвища авторів</u> , які належать до списку виконавців	З них на основі укладеного договору на науково-технічну продукцію	Обсяг фінансування за договором, тис. грн
1.			

5.8. Перелік захищених кандидатських і докторських дисертацій виконавцями

Таблиця 9

№	Повні дані про дисертації
1	Самойлік С.С. Розвиток методів та моделей аналізу хвильоводно-резонаторних систем з частковим багатошаровим заповненням: дис. к-та тех. наук: 01.04.03. Науковий керівник

	д.т.н., професор Д.М. Піза. 2019. Харків. ХНУРЕ, 141с.
2	Шило Г.М. Статистично-орієнтовані методи допускового проектування радіоелектронних пристроїв: дис. доктора тех. наук: 05.13.12. Науковий керівник д.т.н., професор Д.М. Піза. 2019. Львів. НУ «Львівська політехніка», 250с.

Анотації дисертацій навести у Додатку 7

5.9. Кількість грантів, за якими працювали виконавці, що фінансувались закордонними організаціями (з відповідним підтвердженням від закладу вищої освіти (наукової установи), посиланням на сайт грантового проекту або офіційним листом від грантодавця)

Таблиця 10

№	ПІБ виконавців	Назва гранту	Фінансування, тис. грн
1			

Короткий зміст (анотації) досліджень за грантами навести у Додатку 8

6. ВИКОНАВЦІ ПРОЕКТУ (з оплатою в межах запиту)

- доктори наук: 1 кандидати наук: 4;
- молоді вчені до 35 років 2, з них кандидатів 1, докторів -; докторантів: -; аспірантів 1;
- наукові працівники без ступеня 2;
- інженерно-технічні кадри: -, допоміжний персонал -;
- студенти -.

Р а з о м : 7

Таблиця 11. Виконавці проекту* (з оплатою в межах запиту)

№	Прізвище, ім'я, по батькові	Науковий ступінь	Вчене звання	Посада і місце основної роботи	Вік
1	Піза Дмитро Макарович	д.т.н.	професор	Проректор з науково-педагогічної роботи та питань перспектив розвитку	72
2	Бугрова Тетяна Іванівна	к.т.н.	доцент	Доцент кафедри радіотехніки та телекомунікацій	61
3	Морщавка Сергій Володимирович	к.т.н.	доцент	Завідувач кафедри радіотехніки та телекомунікацій	46
4	Романенко Сергій Миколайович	к. фіз.-мат.н.	доцент	Доцент кафедри захисту інформації	71
5	Мінзак Наталія Вікторівна	-	-	Завідувач лабораторії ліцензування та акредитації	42

*вносяться дані про всіх виконавців за весь час виконання робіт, окрім допоміжного персоналу та студентів

Рішення вченої (наукової, науково-технічної) ради від _____ протокол № _____ щодо завершення роботи

Керівник роботи

ПІБ: Піза Д.М.

Підпис, дата: _____

Проректор із наукової роботи та міжнародної діяльності

ПІБ: Наумик В.В.

Підпис, дата: _____

МП

Додаток 1. Список основних публікацій закордонних та вітчизняних вчених, на які посилаються автори роботи для доведення наукової новизни власних результатів

№	Повні дані про статті
1	Ширман, Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех [Текст]/Я.Д. Ширман, В.Н Манжос. -М.: Радио и св'язь, 1981. -416 с
2	Харламов А.В. Построение адаптивной пространственно-поляризационной системы защиты РЛС от активных шумовых помех с произвольной пространственной структурой. Системы обробки інформації. 2010. Вип. 2. С. 182-187.
3	Khadka Surendra, Dr Anuradha M. S., Padmasree Ch. Study of the Effect of Barrage and Deception Jamming Radar System along with their Mitigation Technique. International Journal of Science and Research (USR). 2015. Vol. 4, №9. P. 98104.
4	Patent 1 599 035 United Kingdom G01S 7/36 13/52 Adaptive cancellation arrangement [electronic resource]/Jack Gordon McQueen; filed 3 i Mar. 1977; published 30 Sep. 1981, index at acceptance H4D 259 265 36X 40X, access mode: http://www.directorypatent.com/GB/1599035-a.html .

Додаток 2. Список потенційних замовників

№	Реквізити замовників, з якими велися переговори	Документи, якими зафіксовано переговори
1	КП НВК «Іскра»	Відбулися переговори з керівником КП НВК «Іскра» щодо можливого впровадження отриманих результатів в тематичних планах підприємства, що підтверджується листом №844/172/186 від 06.11.2020р.

Додаток 3. Список реальних замовників

№	Реквізити замовників, з якими укладено договори щодо передачі результатів розробки або документи, що підтверджують використання їх замовником	Документи, якими зафіксовано використання результатів
1		

Додаток 4. Дані про магістрантів (студентів), аспірантів і докторантів, які працювали за темою з оплатою праці.

№ з/п	ПІБ	Статус	Тематика досліджень	Кількість місяців їх роботи за темою з оплатою
1				

Додаток 5. Анотації українською мовою статей у журналах, що входять до БД Scopus та/або Web of Science Core Collection (WoS) (або Index Copernicus для соціо-гуманітарних наук) і представляють результати дослідження.

№ статті у Таблиці 2	Анотації
1	Проведено порівняльний аналіз ефективності роботи адаптивних просторових фільтрів при різних методах формування класифікованої навчальної вибірки в умовах одночасного впливу активних шумових і пасивних завад. На підставі запропонованої методики проведено аналітичні розрахунки змін міжканальних фазових зрушень при дискретних алгоритмах адаптації вагових коефіцієнтів просторового фільтра в різних режимах роботи РЛС 36Д6. Показано, що при скануванні антенної системи на інтервалах пауз в адаптації вагових коефіцієнтів виникають міжканальні фазові неузгодженості, величина яких залежить від кутової швидкості обертання антенної системи і від періоду повторення імпульсів РЛС. Проведено оцінку коефіцієнта придушення, що реалізується в кінці паузи в адаптації вагових коефіцієнтів з урахуванням міжканального фазового неузгодження. Розроблено рекомендації щодо вибору методу формування класифікованої навчальної вибірки в умовах впливу комбінованих завад з урахуванням втрат, що виникають при дискретній адаптації вагових коефіцієнтів просторового фільтра.
2	Актуальність. При одночасному впливі активної шумової та пасивної завади остання декорелює активну складову комбінованої завади, що істотно обмежує її компенсацію. Крім того, при впливі активної завади по бічних пелюстках діаграми спрямованості при скануванні рознесеної в просторі антенної системи виникають міжканальні затримки завадових сигналів, що також призводить до погіршення компенсації. Мета. Підвищення ефективності компенсації активної складової комбінованої завади, що діє по бічних пелюстках діаграми спрямованості, при одночасному впливі пасивної завади. Метод. Вдосконалений алгоритм обробки радіолокаційних сигналів з прямим обчисленням вагового коефіцієнта адаптивного просторового фільтра і узгодженої фільтрацією сигналів основного і компенсаційного каналів. При цьому вплив пасивної завади на процес адаптації вагових коефіцієнтів просторового фільтра усувається використанням режекторних фільтрів. Результати. Розроблено структурну схему вдосконаленого просторового фільтра. Створено математичну модель. В процесі імітаційного моделювання встановлено, що запропонований алгоритм обробки радіолокаційних сигналів в секторі бічних пелюсток діаграми спрямованості антени $[3^\circ-30^\circ]$ відносно головного променя забезпечив вииграш в компенсації активної шумової завади, який склав від 6,0 до 6,4 дБ в порівнянні з відомою схемою адаптивного просторового фільтра. Висновки. Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні алгоритму обробки радіолокаційних сигналів шляхом прямого обчислення вагового коефіцієнта просторового фільтра з використанням режекторних фільтрів і узгодженої фільтрації

	сигналів основного і компенсаційного каналів. Практична новизна полягає в створенні структурної схеми і математичної моделі вдосконаленого адаптивного просторового фільтра. Результати імітаційного моделювання підтвердили досить високу ефективність запропонованого алгоритму обробки радіолокаційного сигналу. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні або модернізації РЛС різного призначення.
3	Проблематика. В умовах впливу комбінованих завад ефективність роботи радіолокаційних засобів істотно погіршується. Це обумовлено декореляцією точкових джерел активної маскуючої завади просторово-розподіленим характером пасивної завади. Мета. Кількісна оцінка ефективності частотного методу формування класифікованої навчальної вибірки при впливі активної маскуючої завади як по головному, так і по бічних пелюстках діаграми спрямованості антени. Методи. Експериментальне дослідження компенсації активних завад при формуванні вагових коефіцієнтів поляризаційного і просторового фільтра. Результати. Оцінено ефективність частотного методу формування навчальної вибірки при впливі активної маскуючої завади по головному променю діаграми спрямованості антени і по бічних пелюстках. Висновки. При впливі активної складової комбінованої завади по головному променю частотний метод формування навчальної вибірки забезпечує високу якість придушення завад. У разі впливу активної завади по бічних пелюстках виникають обмеження, обумовлені формуванням вагових коефіцієнтів на частоті, що відрізняється від частоти завади, що діє в сигнальних колах автокомпенсатора.
4	Актуальність. При одночасному впливі активної і пасивної завади остання декорелює активну складову комбінованої завади в прийомних каналах РЛС виявлення і супроводу, що істотно знижує ефективність її компенсації. Тому при просторово-часовій обробці радіолокаційних сигналів необхідно тим чи іншим методом сформувати класифіковану навчальну вибірку, породжену тільки активною шумовою завадою для адаптації вагових коефіцієнтів просторового фільтра. Метод. Аналітична оцінка розподілу найбільш потужних купчасто-дощових хмарних систем виду S_b з подальшим математичним моделюванням ефективності придушення активних завад з використанням різних методів формування навчальної вибірки. Результати. На підставі проведених аналітичних розрахунків показано, що у верхній частині зони огляду типової РЛС виявлення і супроводу в секторі кутів місця від 6° до 30° верхня межа хмар виду S_b не перевищує 75 км, що гарантує відсутність пасивних завад в кінці дальності дії РЛС. Це дозволяє сформувати навчальну вибірку на часовому інтервалі, розташованому перед випромінюванням чергового зонduючого імпульсу. У нижній частині зони огляду в секторі кутів 0° до 6° верхня межа хмар розташовується на дальності 75–270 км, що не дозволяє сформувати навчальну вибірку в кінці дальності дії РЛС. Запропоновано використовувати кореляційний метод, при якому часовий інтервал для формування навчальної вибірки визначається шляхом поточного аналізу величини модуля міжканального коефіцієнта кореляції. Вибір інтервалу з найбільшим значенням міжканальної кореляції протягом періоду повторення дозволяє сформувати навчальну вибірку з найменшим впливом пасивної завади на процес компенсації активної складової комбінованої завади. В результаті моделювання встановлено, що використання навчальної вибірки істотно зменшує тривалість перехідного процесу при формуванні вагових коефіцієнтів просторового фільтра і, відповідно, покращує якість придушення активної завади. Висновки. Наукова новизна роботи полягає в тому, що вперше вирішена задача індивідуального вибору класифікованої навчальної вибірки для кутомісцевих каналів РЛС виявлення і супроводу. Практичне значення полягає в розробці методики аналізу розташування найбільш потужних хмарних систем по дальності в зоні огляду РЛС з різним ступенем

	ураження кутомісцевих каналів пасивними завадами у реальній сигнальнозавадовій обстановці. До практичної новизни також слід віднести результати імітаційного моделювання, які підтверджують необхідність вибору методу формування класифікованої навчальної вибірки в різних кутомісцевих каналах зони огляду РЛС.
5	Актуальність. При захисті радіолокаційних станцій від активних шумових завад, діючих по бокових пелюстках діаграми спрямованості антени, використовують просторову фільтрацію, яка реалізується шляхом використання антен, рознесених в просторі. В цьому випадку відмінність напрямів прийому корисного сигналу і завади, дозволяє сформувати оптимальне значення вагових коефіцієнтів адаптивних просторових фільтрів для компенсації завади. Однак, якщо джерело завади зміщується на напрям головного променя, то просторові відмінності між корисним сигналом і завадою зменшуються. Це приводить до суттєвого спотворення діаграми спрямованості основної антени. В результаті цього погіршується точність виміру кутових координат, а також чутливість приймального пристрою. Мета роботи полягає в підвищенні ефективності функціонування радіолокаційної станції в умовах можливої дії завади по головному променю діаграми спрямованості основної антени як при переміщенні джерела завади в просторі, так і при скануванні антенної системи. Метод реалізується шляхом використання як параметричної адаптації відомих просторових фільтрів, так і структурної адаптації системи завадозахисту. Структура обробки радіолокаційних сигналів змінюється шляхом поточної оцінки напрямку дії завади. При цьому управляючий сигнал для структурної адаптації формується по поточному значенню модуля вагового коефіцієнта просторового фільтра. Результати. Розроблена структурна схема просторового фільтра з структурно-параметричною адаптацією вагових коефіцієнтів, яка забезпечує ефективну роботу радіолокаційної станції в умовах дії активної завади, діючої як по бокових пелюстках діаграми спрямованості, так і по головному променю. Розроблена і протестована математична модель просторового фільтра з структурно-параметричною адаптацією. В результаті проведеного моделювання підтверджені можливості підвищення точності виміру кутових координат та чутливості приймального пристрою радіолокаційної станції.
6	При одночасному впливі активних шумових і пасивних завад завадозахищеність РЛС істотно знижується. Це обумовлено декореляцією активної завади пасивною, а також порушенням межперіодної кореляції пасивної завади при адаптації вагових коефіцієнтів просторового фільтра. У статті запропоновано і досліджено новий метод формування класифікаційної навчальної вибірки (КНВ), заснований на міжканальному кореляційному аналізі сигналів по дальності. Метод дозволяє в поточному періоді зондування за максимальним значенням модуля міжканального коефіцієнта кореляції визначити інтервал дальності, на якому пасивна завада має найменший рівень, і сформувати оптимальне значення вагового коефіцієнта просторового фільтра для його використання в наступному періоді зондування. Метод також дозволяє при пачковій обробці сигналів в останньому періоді зондування поточної пачки сформувати оптимальний ваговий коефіцієнт для компенсації активної шумової завади у всіх періодах зондування наступної частотної пачки. В процесі моделювання встановлено, що при цьому також виключається модуляція пасивної завади, що діє в компенсаційному каналі. Це може істотно підвищити ефективність виділення корисних сигналів на тлі пасивних завад при частотної обробці на другому ступені просторово-часової фільтрації сигналів в РЛС. Також встановлено, що використання КНВ дозволяє істотно зменшити тривалість перехідного процесу при адаптації вагових коефіцієнтів просторового фільтра, що дозволяє підвищити ефективність придушення активних шумових завад при одночасному впливі нестационарних пасивних завад.

7	При одночасному впливі активних шумових і пасивних завад завадозахищеність РЛС істотно знижується. Це обумовлено декорреляцією активної завади пасивною, а також порушенням межперіодної кореляції пасивної завади при адаптації вагових коефіцієнтів просторового фільтра. У статті запропоновано і досліджено новий метод формування класифікаційної навчальної вибірки (КНВ), заснований на міжканальному кореляційному аналізі сигналів по дальності. Метод дозволяє в поточному періоді зондування за максимальним значенням модуля міжканального коефіцієнта кореляції визначити інтервал дальності, на якому пасивна завада має найменший рівень, і сформувати оптимальне значення вагового коефіцієнта просторового фільтра для його використання в наступному періоді зондування. Метод також дозволяє при пачковій обробці сигналів в останньому періоді зондування поточної пачки сформувати оптимальний ваговий коефіцієнт для компенсації активної шумової завади у всіх періодах зондування наступної частотної пачки. В процесі моделювання встановлено, що при цьому також виключається модуляція пасивної завади, що діє в компенсаційному каналі. Це може істотно підвищити ефективність виділення корисних сигналів на тлі пасивних завад при частотній обробці на другому ступені просторово-часової фільтрації сигналів в РЛС. Також встановлено, що використання КНВ дозволяє істотно зменшити тривалість перехідного процесу при адаптації вагових коефіцієнтів просторового фільтра, що дозволяє підвищити ефективність придушення активних шумових завад при одночасному впливі нестационарних пасивних завад.
---	--

Додаток 6. Анотації українською мовою до монографій, які представляють результати дослідження і наведені у Таблиці 5

№ моногр. у Таблиці 5	Анотації

Додаток 7. Анотації захищених кандидатських і докторських дисертацій виконавцями, що наведені у Таблиці 9

№ з/п	Назви дисертацій та їх анотації
1	Самойлик С.С. Розвиток методів та моделей аналізу хвильоводно-резонаторних систем з частковим багатошаровим заповненням - Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.03 - радіофізика. - Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2019. У роботі розв'язана актуальна наукова задача аналізу хвильоводно-резонаторних систем з частковим багатошаровим заповненням. Завдяки розвитку методу інтегральних рівнянь у поєднанні з методом областей, що частково перетинаються створено математичні моделі, які описують зазначені структури. Сформульовано основні положення та визначені особливості математичної реалізації методу інтегральних рівнянь та методу областей, що частково перетинаються при вирішенні внутрішніх крайових задач електродинаміки, пов'язаних з моделюванням резонаторних систем НВЧ діапазону. Для ряду найбільш розповсюджених конструкцій (резонатор а діелектричними пластинами, резонатор з циліндричними неоднорідностями) представлені результати чисельної реалізації моделювання. Для прохідного резонатора з сильним та слабким зв'язком, проведено чисельний аналіз на базі створеної математичної моделі, який дозволив обчислити потужності, що поглинаються багатошаровими неоднорідностями, визначено коефіцієнти проходження та відбиття для кожної структури. Ключові слова: резонатор, інтегральне рівняння, функція Гріна, діелектричне заповнення,

	метод областей, що частково перетинаються, електромагнітне поле.
2	Шило Г.М. Статистично-орієнтовані методи допускового проектування радіоелектронних пристроїв. – На правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – «Системи автоматизації проектувальних робіт». Національний університет «Львівська політехніка», Міністерство освіти і науки України, Львів, 2018. У дисертаційній роботі вирішено науково-прикладну проблему підвищення надійності та точності радіоелектронних пристроїв шляхом розроблення та застосування методів та засобів призначення допусків на електричні та конструктивні параметри елементів, які враховують технологічні та експлуатаційні обмеження, забезпечують багатокритеріальну оптимізацію допусків, а їх програмна реалізація інтегрована з системами автоматизованого проектування. Обґрунтовано використання стратегій проектування для розв'язку оберненої задачі призначення допусків з урахування особливостей технологічного процесу або цінових характеристик. Розроблено методи та алгоритми призначення допусків для різних стратегій проектування з урахуванням законів розподілу параметрів та дії зовнішніх чинників. Запропоновані методи та алгоритми використано для розробки програмного забезпечення для допускового проектування радіоелектронних пристроїв. Програмне забезпечення надає можливість обчислювати допуски за математичними моделями вихідних характеристик або на основі заданих таблицею функцій, отриманих за результатами роботи зовнішніх програм моделювання схем електричних принципових або інших систем автоматизованого проектування. Запропоновано технології інтеграції програмного забезпечення допускового проектування з різними системами автоматизованого проектування радіоелектронних пристроїв. Ключові слова: допускова область, область працездатності, синтез допусків, радіоелектронні компоненти, закон розподілу, експлуатаційне навантаження, мінімізація собівартості.

Додаток 8. Короткий зміст (анотації) досліджень за грантами, що наведені у Таблиці 10

№ з/п	Назви грантів та їх анотації
1	

Керівник роботи

ПІБ: Піза Д.М.

Підпис 

Дата: 12.12.2020р.