

Міністерство освіти і науки України
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Шефер Олександр Віталійович

УДК 621.396.669

ДИСЕРТАЦІЯ

**МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ
БОРТОВИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Спеціальність 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі
05 – Технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О.В. Шефер

Науковий консультант

Козелков Сергій Вікторович
доктор технічних наук, професор

Харків – 2018

ЗМІСТ

<u>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ</u>	28
<u>ВСТУП</u>	30
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТА ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМІВ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БОРТОВИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМ (БРЛС)	43
1.1. <u>Дослідження шляхів удосконалення показників якості БРЛС у реальних умовах їх застосування</u>	43
1.2. Порівняльна характеристика сучасних схемних способів розширення динамічного діапазону радіоприймальних пристроїв (РПП).....	59
1.3. <u>Аналітичний огляд відомих і перспективних теоретичних методів дослідження нелінійних процесів у РПП</u>	66
1.4. <u>Дослідження впливу середовища розповсюдження радіохвиль на показники якості БРЛС</u>	76
1.4.1. <u>Аналіз характеристик середовища розповсюдження радіохвиль</u>	76
1.4.2. <u>Аналітичний огляд факторів збурень середовища розповсюдження радіохвиль</u>	78
1.4.3. <u>Оцінка використання сучасних методів підвищення завадостійкості РПП БРЛС</u>	94
1.5. <u>Формулювання наукової проблеми та постановка завдань досліджень</u>	98
<u>Висновки за розділом</u>	103
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НЕЛІНІЙНИХ ПРОЦЕСІВ БАГАТОКАСКАДНИХ РПП НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ БРЛС	106
2.1. <u>Обґрунтування методу визначення нелінійних передавальних функцій (НПФ) широкого класу багатомірних радіопристроїв (РП) на основі використання нелінійних вхідних сигналів</u>	106

2.2. [Синтез алгоритму визначення ядер Вольтерра оберненого нелінійного аналітичного оператора із застосуванням методу нелінійних вхідних сигналів](#) 112

2.3. [Розроблення методу представлення та дослідження складних нелінійних радіопристроїв високого порядку за допомогою модифікованих структурних матриць систем](#)..... 114

2.4. [Аналіз багатокаскадних РПП БРЛС із урахуванням частотної залежності нелінійних амплітудних характеристик \(АХ\) їх каскадів](#) 118

2.5. [Дослідження впливу обмеженості динамічного діапазону РПП на показники якості БРЛС, внаслідок нелінійності його АХ](#) 124

2.6. Визначення залежності показників якості БРЛС від ширини лінійного динамічного діапазону типового РПП 130

[Висновки за розділом](#)..... 134

РОЗДІЛ 3. СИНТЕЗ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО МЕТОДУ АНАЛІЗУ НЕЛІНІЙНИХ ІНЕРЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У РАДІОПРИСТРОЯХ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ВПЛИВУ НА ЗАВАДОСТІЙКІСТЬ БРЛС136

3.1. [Аналіз особливостей сигналів неконтрольованого випромінювання і обґрунтування математичних моделей ідентифікації процесів бортової навігаційної апаратури](#)..... 136

3.2. [Синтез моделі командно-вимірювальної БРЛС](#)..... 151

3.3. [Оцінка впливу обмеженості лінійного динамічного діапазону РПП БРЛС на стійкість і пропускну спроможність](#)160

3.4. [Синтез алгоритму оптимального оброблення радіосигналів БРЛС](#) 167

[Висновки за розділом](#)... .. 177

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ ПРОХОДЖЕННЯ РАДІОСИГНАЛІВ БРЛС ЧЕРЕЗ ІОНОСФЕРНЕ СЕРЕДОВИЩЕ 179

4.1. <u>Обґрунтування методу підвищення завадостійкості проходження радіосигналів БРЛС.....</u>	179
4.2. <u>Розроблення методу локального зниження щільності іоносферної плівки навколо носія БРЛС для підвищення завадостійкості радіосигналів.....</u>	187
4.3. <u>Метод зондових досліджень енергоефективного від'ємного випромінювання для підвищення якості функціонування БРЛС... </u>	209
4.4. <u>Розроблення експериментальної установки на основі методу зондових досліджень для покращення завадостійкості радіосигналів та її налаштування</u>	216
<u>Висновки за розділом.....</u>	225
РОЗДІЛ 5. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАВАДОСТІЙКОСТІ РПП БРЛС В УМОВАХ НЕОДНОРІДНОСТІ ІОНОСФЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	227
5.1. <u>Розроблення програми і методики експериментальних досліджень методів підвищення завадостійкості РПП БРЛС.....</u>	228
5.2. <u>Умови моделювання впливу збурень іоносфери на стійкість РПП БРЛС... </u>	231
5.3. <u>Синтез моделі розповсюдження радіохвиль у трансіоносферному середовищі.....</u>	240
5.4. <u>Обробка отриманих результатів математичного моделювання.....</u>	246
<u>5.5 Порівняльна оцінка отриманих теоретичних і експериментальних результатів.....</u>	251
<u>Висновки за розділом.....</u>	261
РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНИХ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ БРЛС НА ОСНОВІ СИНТЕЗУ АДАПТИВНИХ КОМПЕНСАТОРІВ.....	264

6.1. Синтез адаптивного алгоритму компенсації нелінійних спотворень у радіопристроях	264
6.2. Оцінювання динамічних характеристик та точності адаптивної компенсації нелінійних спотворень (АКНС) із урахуванням внутрішніх шумів та неідеальності параметрів їх елементів.....	269
6.3. <u>Експериментальне дослідження моделі АКНС.</u>	<u>281</u>
6.4. <u>Практичні рекомендації по розширенню лінійного динамічного діапазону РПП для підвищення показників якості БРЛС... ..</u>	<u>287</u>
<u>Висновки за розділом.....</u>	<u>298</u>
<u>ВИСНОВКИ.....</u>	<u>300</u>
<u>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</u>	<u>303</u>
<u>ДОДАТКИ.....</u>	<u>331</u>

ВСТУП

Актуальність теми. Для забезпечення незалежності й суверенітету, Україна повинна підвищувати рівень економічного потенціалу й народного добробуту держави.

Прогрес у вирішенні комплексу державних завдань із побудови перспективних телекомунікаційних систем тісно пов'язаний із прийняттям "Концепції реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року" [1], котра нерозривна зі Стратегією національної безпеки України [2], а також тенденціями розвитку української космічної програми та удосконаленням науково-технічного і виробничого потенціалу галузі розвитку телекомунікаційної інфраструктури, згідно зі Стратегією сталого розвитку "Україна-2020" [3].

Питання побудови перспективних телекомунікаційних систем та шляхи удосконалення існуючих свідчать, що найбільш ефективним є покращення якості функціонування бортових радіолокаційних систем (БРЛС).

Особливо значне зниження показників якості БРЛС простежується в умовах впливу організованих і несанкціонованих завод на вхід їх радіоприймальних пристроїв (РПП), що характеризує найбільш імовірні, реальні умови функціонування.

Відомий досвід експлуатації БРЛС показав [4-16], що вони мають низькі показники якості функціонування в умовах радіоелектронної протидії (РЕП), тому, з урахуванням перспектив удосконалення засобів РЕП, на передній план висувається проблема підвищення реальних показників якості БРЛС в очікуваних умовах їх використання. Це можливо здійснити на основі більш повної реалізації потенційних можливостей телекомунікаційних систем.

Можливості практичної реалізації потенційних характеристик БРЛС суттєво обмежені низкою внутрішніх (відносно низька апаратурна надійність та нестабільність параметрів телекомунікаційних систем, обмеженість динамічного діапазону приймальних пристроїв БРЛС) і зовнішніх чинників

(нестационарність у часі умов поширення радіохвиль, відхилення носія БРЛС від рівномірного прямолінійного руху, потрапляння завад на вхід РПП БРЛС). Цим насамперед і пояснюється наявне на даний час помітне відставання реальних показників якості БРЛС від їх потенційних можливостей.

Найвагомішим фактором, котрий істотно впливає на якість функціонування БРЛС та їх завадостійкість в умовах РЕП є обмеженість динамічного діапазону реальних РПП внаслідок нелінійності їх амплітудних характеристик (АХ) [4]. Ефект обмеженості динамічного діапазону РПП перевищує дію інших факторів у ряді випадків. Особливо це простежується під час впливу завад різного роду на РПП [17-20].

Практична реалізація потенційних можливостей БРЛС, котрі на даний час суттєво вищі від реально досяжних їх технічних характеристик, є однією із головних задач сучасної теорії і практики телекомунікаційних систем.

На сьогодні можна підвищити якість функціонування БРЛС насамперед застосуванням сучасних радіотехнічних методів, які набули значного розвитку завдяки ґрунтовним дослідженням учених, центральне місце серед яких належить науковим роботам, проведеним М. М. Бугом, С. Грехомом, Дж. Гудменом, М. А. Івановим, С. В. Козелковим, А. В. Корольовим, В. А. Краснобаєвим, С. Маасом, А. І. Погорєловим, С. І. Приходьком, Г. В. Стоговим, В. І. Тіхоновим, С. Е. Фальковичем, А. І. Фальком, Л. М. Фінком, Я. Д. Ширманом та ін.

Необхідно звернути увагу на те, що нелінійні процеси в реальних РПП є мало вивченими й одними з тих, котрі найбільш важко усуваються. Крім того, вони суттєво та багатогранно впливають на якість функціонування телекомунікаційних систем й у загальному випадку недостатньо піддаються суворому й точному опису та обліку. У зв'язку з цим однією з найбільш важливих актуальних задач, спрямованих на підвищення показників якості БРЛС, є розширення динамічного діапазону їх РПП.

Слід також відмітити, що підвищення ступеня лінійності АХ радіоелектронних приладів має дуже важливе значення для удосконалення

систем автоматичного керування (САК). Зокрема нелінійність АХ реальних радіоелектронних приладів – основна перепона на шляху практичного створення інваріантних САК до обстановки за наявності завад.

Однак, відомі способи розширення лінійного динамічного діапазону РПП, до яких належать передусім схеми автоматичного регулювання підсилення (АРП), системи адаптивного регулювання чутливості (АРЧ), а також функціональні підсилювачі (ФП) із нелінійною АХ, не повною мірою придатні для підвищення показників якості БРЛС в умовах РЕП. Дані способи засновані на нелінійному узгодженні динамічного діапазону вхідних впливів із відносно вузьким динамічним діапазоном вихідних сигналів, тому їх застосування супроводжується незворотними втратами частини інформації, зниженням дальності дії БРЛС і значними амплітудними та фазовими нелінійними спотвореннями. Це призводить до суттєвого зниження показників якості телекомунікаційних систем (у ряді випадків їх точність на порядок нижча від точності БРЛС із лінійним РПП через нелінійність АХ), а також до значного погіршення їх завадостійкості.

З іншого боку, для розширення динамічного діапазону РПП БРЛС способи, засновані на застосуванні схем із від'ємним лінійним зворотним зв'язком (ЗЗ) є малопродатними. Це обумовлено зменшенням коефіцієнта передачі РПП і, отже, зниженням його чутливості, що призводить до зниження дальності дії БРЛС і втрати інформації про слабкі радіолокаційні цілі. Груповий характер радіолокаційних сигналів суттєво обмежує можливості застосування методу, заснованого на багаторазовому послідовному в часі використанні лінійної ділянки АХ радіоелектронних приладів. Разом із тим оптимальні в принциповому відношенні відомі лінійні способи розширення динамічного діапазону РПП, засновані на застосуванні схем компенсацій, корекції нелінійних спотворень, а також схем із нелінійним від'ємним ЗЗ, належать до жорстких (тобто постійно включених) заходів захисту, оскільки використовуються детерміновані фільтри з апріорно визначеними й постійними у часі параметрами. У зв'язку із цим дані способи дуже чутливі до неминучих

помилки налагодження, апаратурної реалізації та тимчасової нестационарності параметрів реальних радіопристроїв. Як наслідок, відомі лінійні способи мають недостатню точність пригнічення нелінійних спотворень і задовільно функціонують тільки у відносно вузькому динамічному діапазоні вхідних впливів, поза яким вони неефективні й можуть вносити додаткові спотворення.

Тому досить актуальним на даний час є розроблення адаптивних способів розширення лінійного динамічного діапазону РПП БРЛС, котрі були б вільні від зазначених вище недоліків відомих детермінованих лінійних способів. При цьому, з практичної точки зору, найбільш доцільним і перспективним є синтез адаптивних схем компенсації нелінійних спотворень. Це обумовлено тим, що дані схеми є найбільш простими, мають найвищі потенційні характеристики точності та не знижують надійність БРЛС, оскільки вихід із ладу компенсуючого фільтра не призводить до відмови РПП, на відміну від відомих адаптивних компенсаторів завад у лінійних РПП, котрі в цьому контексті тільки умовно названі лінійними.

Очевидно, що можливості підвищення показників якості БРЛС на основі синтезу нелінійних адаптивних компенсаторів можуть бути успішно практично реалізовані лише на основі адекватного уявлення й точного аналізу нелінійних процесів у РПП з урахуванням частотно-залежного характеру його нелінійних АХ. Крім того, для визначення науково-обґрунтованих вимог до ширини лінійного динамічного діапазону як РПП в цілому, так і окремих його каскадів, для заданих умов застосування БРЛС необхідно провести конструктивне дослідження впливу нелінійності АХ реальних багатокаскадних РПП на показники якості БРЛС. При цьому вірогідність знаходження оптимальних варіантів побудови нелінійних адаптивних компенсаторів і способів їх підключення до РПП значною мірою визначається можливістю наочного представлення досліджуваних РП на різних рівнях їх деталізації і зручністю методики аналізу для аналітичних досліджень і чисельних розрахунків із застосування ЕОМ.

На сьогодні вплив нелінійності АХ РПП на якість функціонування БРЛС вивчений недостатньо. Зокрема, відсутня реальна можливість інтегрально оцінити вплив нелінійних процесів у РПП безпосередньо на показники якості БРЛС, котрі справедливі лише для відносно вузького класу порівняно простих однокаскадних безінерційних РПП. З іншого боку, у процесі аналізу завадостійкості БРЛС виходять, як правило, з припущень про лінійність РПП. Однак нелінійний вплив завад унаслідок неминучої нелінійності АХ реальних РПП значною мірою знижує показники якості телекомунікаційних систем (ТС). Урахування нелінійної інтерференції завад і боротьба з нею дуже ускладнені, порівняно з методами дослідження й підвищення завадостійкості лінійних РПП БРЛС. Отримані на даний час результати аналізу впливу завад на БРЛС із нелінійними РПП мають, як правило, досить обмежену область застосування і носять в основному якісний характер [4].

Дотепер дослідження проводилися зазвичай із умов введення досить серйозних припущень щодо спрощення і недостатньою мірою враховували специфічні особливості проходження суміші радіолокаційних сигналів і завад у складних багатокаскадних РПП. Порівняння результатів із даними аналізу в лінійному наближенні, які були отримані різними методами, у ряді випадків досить ускладнене. Деякі результати недостатньо добре поєднуються із критеріями оцінки нелінійних властивостей РПП, котрі використовуються на практиці.

Отже, *актуальною науково-технічною проблемою* є теоретичне обґрунтування та розроблення методології підвищення якості функціонування бортових радіолокаційних систем на основі удосконалення адаптивних методів компенсації нелінійних спотворень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційні дослідження проводилися в рамках «Концепції реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року» (постанова Кабінету Міністрів України від 30 березня 2011 р. № 238-р) та «Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на

2013-2017 роки” (постанова Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2012 р., № 79) та Національного космічного агентства України шифри: «Впровадження - КС», «Обґрунтування - КС», «Спостереження - НУ», «Інтеграція», «Перспектива – КА»; Міністерства оборони України шифри: «КНК - 58250», «Платан», «Тясмин», «Цямрина - 10», «Метр» відповідно до напрямів наукової діяльності Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління (м. Київ) та Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

Мета роботи і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення якості функціонування бортових радіолокаційних систем.

Для досягнення поставленої мети у дисертаційній роботі сформульовані і вирішені наступні *наукові завдання*:

1. Провести дослідження існуючих та перспективних методів підвищення якості функціонування бортових радіолокаційних систем.

2. Розробити аналітичний метод визначення науково обґрунтованих вимог до частотно-залежних параметрів як у цілому, так і окремих каскадів радіоприймальних пристроїв.

3. Забезпечити подальший розвиток теоретичних основ функціонального методу у напрямку розробки методів визначення ядер Вольтерра багатомірних радіопристроїв високого порядку й обернених нелінійних аналітичних операторів.

4. Провести дослідження функціональної залежності показників якості бортових радіолокаційних систем від ширини лінійного динамічного діапазону.

5. Розробити метод підвищення завадостійкості функціонування бортових радіолокаційних систем шляхом впливу на іоносферне середовище розповсюдження радіохвиль.

6. Удосконалити модель урахування впливу частотно-селективних властивостей трансіоносферного розповсюдження радіохвиль на завадостійкість радіоприймальних пристроїв.

7. Розробити адаптивний метод компенсації нелінійних спотворень у радіопристроях для розширення їх лінійного динамічного діапазону.

8. Провести оцінку ефективності застосування розроблених практичних рекомендацій для підвищення показників якості сучасних і перспективних бортових радіолокаційних систем у найбільш імовірних умовах їх застосування.

Об'єктом дослідження є процес адаптивної компенсації нелінійних спотворень радіосигналу.

Предмет дослідження – радіоприймальні пристрої бортових радіолокаційних систем.

Методи дослідження. Теоретичною базою для вирішення сформульованої науково-технічної проблеми є теорія завадостійкості та статистичної радіотехніки, математичного аналізу й синтезу. У процесі досліджень використані класичні та сучасні методи теорії сигналів і систем, теорії оптимального оцінювання параметрів та станів і теорії виявлення сигналів для визначення вимог до частотно-залежних параметрів системи та функціональної залежності показників якості. Під час вирішення завдань використовувався апарат теорії ймовірностей, функціональний метод рядів Вольтерра для дослідження нелінійних процесів. Методи теорії завадостійкості використані для підвищення надійності зв'язку. Розроблений метод компенсації нелінійних спотворень у радіопристроях ґрунтується на методах виявлення й адаптивного оброблення сигналів для розширення лінійного динамічного діапазону. Основні практичні результати отримано з використанням сучасних методів імітаційного моделювання, обчислювальної математики та прийняття рішень. Одночасно з аналітичними розрахунками отримані експериментальні результати оцінювалися за допомогою методів математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше запропоновано аналітичний метод визначення науково обґрунтованих вимог до частотно-залежних параметрів як у цілому, так і окремих каскадів радіоприймальних пристроїв, котрий відрізняється від відомих методів тим, що базується на урахуванні статистичних і спектральних

характеристик радіолокаційних сигналів і завад, що дозволяє визначити мажоритарні вимоги до динамічного діапазону каскадів.

2. Отримав подальший розвиток метод аналізу впливу нелінійних процесів у багатокаскадних радіоприймальних пристроях за рахунок адекватного опису радіопристроїв високого порядку з максимально повним урахуванням їх нелінійних і динамічних властивостей, що дозволило провести оцінку показників якості бортових радіолокаційних систем в умовах радіоелектронної протидії.

3. Вперше розроблено метод функціональної залежності показників якості бортових радіолокаційних систем від ширини лінійного динамічного діапазону радіоприймальних пристроїв, який, на відміну від існуючих, враховує найбільш імовірні умови їх практичного застосування та дозволяє побудувати адекватну модель нелінійних процесів.

4. Вперше одержано метод локального зниження щільності іоносферної плазми для підтримання надійності зв'язку та підвищення завадостійкості функціонування радіоприймальних пристроїв бортових радіолокаційних систем, котрий відрізняється від відомих методів високою енергоефективністю.

5. Удосконалено модель урахування впливу частотно-селективних властивостей трансіоносферного розповсюдження радіохвиль на завадостійкість радіоприймальних пристроїв, котра відрізняється від існуючих тим, що дає можливість урахувати взаємозв'язок статистичних параметрів передавальних характеристик каналу зв'язку з фізичними параметрами іоносфери та частотними параметрами радіосигналів бортових радіолокаційних систем.

6. Розроблено адаптивний метод компенсації нелінійних спотворень у радіопристроях на основі застосування синтезованих нелінійних адаптивних компенсаторів для розширення лінійного динамічного діапазону радіоприймальних пристроїв, котрий відрізняється від відомих тим, що не призводить до зниження надійності бортових радіолокаційних систем як в апаратному, так і в функціональному сенсі, що дозволило підвищити якість

функціонування бортових радіолокаційних систем.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1. Використання удосконаленого адаптивного методу компенсації нелінійних спотворень у радіопристроях дозволяє підвищити якість функціонування бортових радіолокаційних систем в умовах радіоелектронної протидії у (1,82-2,03) рази, порівняно з існуючими методами, що забезпечує достовірність та якість прийому й оброблення радіосигналів у реальних умовах.

2. Розроблені рекурентні алгоритми та методика знаходження ядер Вольтерра багатомірних радіотехнічних систем високого порядку й обернених нелінійних аналітичних операторів дозволяють покращити точність оцінювання реальних показників якості бортових радіолокаційних систем на (5-7)% у заданих умовах їх функціонування.

3. Розроблений науково-методичний апарат враховує вплив властивостей трансіоносферного тракту й забезпечує компенсацію негативних чинників (поглинання, відбиття та розсіювання радіосигналу) та дозволяє підвищити завадостійкість функціонування радіообладнання носія бортової радіолокаційної системи в середньому на 23%.

4. Розроблений метод системного аналізу впливу нелінійних процесів у багатокаскадних радіоприймальних пристроях бортових радіолокаційних систем в умовах радіоелектронної протидії дозволяє визначати оптимальні значення параметрів і способи підключення пристроїв, призначених для пригнічення нелінійних спотворень у радіоприймальних пристроях та проектувати нелінійні адаптивні компенсатори для розширення їх лінійного динамічного діапазону з урахуванням специфіки функціонування бортових радіолокаційних систем.

Використання розробленої методології дозволить забезпечити запас за завадостійкістю бортових радіолокаційних систем до (8-10)%, що враховує можливі перспективи розвитку засобів радіоелектронної протидії на передбачуваний період експлуатації даних телекомунікаційних систем.

Очікуваний виграш у величині відносного ймовірного показника якості бортових радіолокаційних систем при застосуванні розроблених науково-обґрунтованих рекомендацій становить (0,06-0,26) за відсутності завад, (0,61-0,69) в умовах радіоелектронної протидії (порівняно з бортовою радіолокаційною системою з типовим радіоприймальним пристроєм, ширина лінійного діапазону котрого не перевищує (40-50) дБ.

Застосування нелінійних адаптивних компенсаторів дозволяє отримати необхідні значення параметрів і способи підключення радіопристроїв, призначених для пригнічення нелінійних спотворень у РПП, що дозволить на (6-12)% підвищити надійність функціонування БРЛС.

Достовірність результатів дисертаційного дослідження підтверджується їх співставленням та відсутністю протиріч із основними положеннями теорії статистичних рішень нелінійних радіопристроїв, а також збіжністю отриманих висновків із даними математичного моделювання та експериментальної перевірки.

Результати роботи впроваджені у Центральноукраїнському національному технічному університеті, Центрі прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля Національного центру управління та випробувань космічних засобів, Центральному науково-дослідному інституті навігації і управління, Інституті фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України, Полтавській філії ПАТ «Укртелеком», Державному університеті телекомунікацій, Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка.

Особистий внесок здобувача. Усі основні наукові результати дисертаційних досліджень отримані автором особисто та опубліковані з необхідною повнотою.

Із опублікованих у співавторстві наукових роботах для дисертаційної роботи взяті саме ті ідеї та положення, котрі особисто розроблені здобувачем. Матеріали досліджень опубліковані в 51 друкованій праці.

У роботах зі співавторством автору безпосередньо належить наступне. У [65] запропоновано підходи щодо розширення динамічного діапазону радіоприймальних пристроїв; у [119] структуровано вплив похибок на навігаційні параметрами; в [168] розроблено алгоритм виконання процесу ідентифікації параметрів нелінійних технічних систем; у [169] визначено різницю між апроксимативними і параметричними підходами до задачі ідентифікації та сферу їх коректного застосування; у [172] проведено системний аналіз інтегрального впливу нелінійності амплітудних характеристик реальних радіоприймальних пристроїв; у [173] визначено закономірності впливу негаусівських завад на обробку сигналів неконтрольованих випромінювань та розроблення алгоритмів ідентифікації; у [176] розроблено метод визначення фазових шумів радіопристроїв та алгоритм аналізу впливу нелінійних процесів на показники якості бортових радіолокаційних систем; у [226, 227] визначена залежність, форма та характеристики імпульсного розряду засобів навігації; у [232] розроблена загальна концепція підвищення надійності радіотехнічних пристроїв; у [257, 260] врахування пружних деформацій під час обертання параболічного відбивача та їх вплив на результати експерименту.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційних досліджень, практичні висновки та рекомендації, одержані в процесі досліджень, були апробовані, оприлюднені та отримали позитивну оцінку у ході:

V Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (Полтава, 2014); Регіональної конференції МСЕ «Тенденції розвитку конвергентних мереж: рішення пост-NGN, 4G і 5G» (Київ, 2016); 67-ї, 68-ї та 69-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів ПолтНТУ (Полтава, 2015-2017); Міжнародної науково-практичної конференції «Synergetics, mechatronics, telematics road machines and systems in educational process and science» (Харків, 2017); VIII та IX

Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації» (Київ, 2017); Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв» (Покровськ, 2017); XI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій» (Київ, 2017); XIII Міжнародної науково-технічної конференції «AVIA-2017» (Київ, 2017); XXIV Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of modern power engineering and automation in the system nature management» (Кременчук, 2017); VI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування» (Київ, 2017); III Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми електромагнітної сумісності перспективних бездротових мереж зв'язку (EMC-2017)» (Харків, 2017); III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування» (Тернопіль, 2017); Міжнародної науково-практичної конференції «Mechatronic systems: of innovation and engineering (MSIE-2017)» (Київ, 2017); Регіональної конференції МСЕ «Перспективи надання послуг на основі мереж пост-NGN, 4G і 5G. Організаційні та технічні рішення по їх побудові та захисту» (Київ, 2017); VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Modern power plants in transport and technologies and maintenance equipment (MPPTTME-2017)» (Херсон, 2017); V Міжнародної науково-технічної конференції «Problems of informatization» (Черкаси, 2017); VI Міжнародної науково-практичної конференції «Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем» (Кропивницький, 2017); III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика» (Полтава, 2017); X Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки» (Полтава, 2017); Міжнародної науково-практичної конференції «Modern methods, innovations and experience of practical application in the field of technical sciences» (Радом, Польща, 2017), а також на семінарах

Центрального науково-дослідного інституту навігації і управління та розширених засіданнях кафедри автоматики та електроприводу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

Публікації. Основні результати дисертаційних досліджень опубліковано після захисту кандидатської дисертації в 51 науковій праці, 36 з яких – одноосібні.

Усього опубліковано 29 статей у наукових фахових виданнях та збірниках наукових праць, що входять до переліку рекомендованих МОН України [65, 119, 168, 169, 172, 173, 176, 216, 220, 221, 224, 226, 227, 232, 236, 238, 257, 261], (17 з них одноосібні) у тому числі 11 статей – міжнародні публікації або у збірниках, що входять до міжнародних наукометричних баз [200, 201, 214, 215, 217, 234, 237, 239, 243, 249, 260]. Опубліковано 22 доповіді на наукових, науково-практичних і науково-технічних конференціях (семінарах) різного рівня [17, 87, 111, 112, 114, 134, 147, 150, 171, 186, 197, 210, 211, 213, 218, 219, 223, 225, 233, 235, 240, 259], з яких 16 на міжнародних конференціях [87, 111, 114, 134, 147, 150, 171, 186, 197, 210, 213, 218, 219, 223, 233, 240].

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота містить 388 сторінок: 274 сторінки основного тексту, 79 рисунків і 13 таблиць у тексті, список використаних джерел із 267 найменувань та 9 додатків на 57 сторінках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція реалізації державної політики у сфері космічної діяльності на період до 2032 року / [Електронний ресурс] // <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/238-2011-%D1%80>.
2. Стратегія національної безпеки України / [Електронний ресурс] // <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/287/2015>.
3. Стратегія сталого розвитку "Україна-2020" / [Електронний ресурс] // <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/5/2015>.
4. Букингем М. Шумы в электронных приборах и системах: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 399 с.
5. Литюк В. И. Принципы цифровой многопроцессорной обработки ансамблей радиосигналов / В. И. Литюк. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. – 592 с.
6. Богуш Р. Л. Влияние частотно-селективных эффектов распространения радиоволн на автоматическое слежение за сигналом в приемниках широкополосных систем связи / Р. Л. Богуш, Ф. У. Джульяно, Д. Л. Непп, А. Х. Мишле // ТИИЭР. – 1981. – Т.69, № 7. – С. 21-32.
7. Акимов П. С. Обнаружение радиосигналов / П. С. Акимов, Ф. Ф. Евстратов, С. И. Захаров, А. А. Колосов. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
8. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы / И. С. Гоноровский. – М.: Сов.радио, 1977. – 608 с.
9. Гудмен Дж. Влияние ионосферных эффектов на современные электронные системы / Дж. Гудмен, Ж. Ааронс // ТИИЭР. – 1990. – Т.78, № 3, – С. 59-75.
10. Давенпорт В. Б. Введение в теорию случайных процессов и шумов / В. Б. Давенпорт, В. А. Рут. – М.: Иностранная Литература, 1960. – 468 с.
11. Ванькевич В. В. Теоретические и экспериментальные исследования специфики тропосферного распространения СВЧ и КВЧ радиосигналов /

В. В. Ванькевич, М. А. Иванов, С. В. Козелков // Радиотехника. – Харьков, 1990. – Вып. 92. – С. 106-114.

12. Нефедов В. И. Основы радиоэлектроники и связи / В. И. Нефедов, А. С. Сигов. – М.: В. школа, 2009. – 735 с.

13. Петров А. В. Анализ и синтез радиотехнических комплексов. / Под ред. В. Е. Дуневича. – М.: Радио и связь, 1984. – 248 с.

14. Радиотехнические системы / Под ред. Ю. М. Казаринова. – М.: В. школа, 1990. – 496 с.

15. Лезин С. Ю. Введение в теорию и технику радиотехнических систем / С. Ю. Лезин. – М.: Радио и связь, 1986. – 280 с.

16. Зюко А. Г. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А. Г. Зюко, А. И. Фалько, И. П. Панфилов, Л. В. Банкет. – М.: Радио и связь, 1985 – 272 с.

17. Шефер О. В. Аналіз показників якості бортових радіолокаційних систем для дистанційного дослідження об'єктів / О. В. Шефер // Тези III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика» Полтава, ПолтНТУ. – 4 грудня 2017. – С. 106-107.

18. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. / Под ред. Я. Д. Ширмана. – М.: ЗАО МАКВИС, 1998. – 828 с.

19. Ширман Я. Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я. Д. Ширман, В. Н. Манжос. – М.: Радио и связь, 1981. – 248 с.

20. Егоров Е. И. Использование радиочастотного спектра и радиопомехи / Е. И. Егоров, Н. И. Калашников, А. С. Михайлов. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.

21. Тихонов В. И. Нелинейные преобразования случайных процессов / В. И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1986. – 296 с.

22. Прикладные математические методы анализа в радиотехнике / Ю. А. Евсиков, Г. В. Обрезков, В. Д. Разевиг, В. В. Чапурский, В. М. Чиликин / Под ред. Г. В. Обрезкова. – М.: В. школа, 1985. – 343 с.
23. Тихонов В. И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В. И. [Тихонов](#), В. Н. [Харисов](#). – 3 изд. – М.: Горячая линия-Телеком, 2015. – 608 с.
24. Ван Трис Г. Л. Синтез оптимальных нелинейных систем управления / Г. Л. Ван Трис. – М.: Мир, 1964. – 316 с.
25. Barret J. E. The wie Volterra Series to Find Region of Stability of Nonlinear Differential Equation / J. E. Barret // Info. y. control. – 1965. vol. 3, №3. – P. 209-216.
26. Богданович Б. М. Состояние и использование теории и методов расчета цепей класса Вольтерра-Винера для проектирования приемно-усилительных трактов по критериям нелинейности: Материалы симпозиума “Нелинейные искажения в приемно-усилительных устройствах” / Б. М. Богданович // Радиотехнический институт. – Минск: Изд. РТИ, 1977. – 100 с.
27. Банкет В. Л. Цифровые методы в спутниковой связи / В. Л. Банкет, В. М. Дорофеев. – М.: Радио и связь, 1988. – 240 с.
28. Фомин Н. Н. Радиоприемные устройства. / Н. Н. Фомин, Н. Н. Буга, О. В. Головин, А. А. Кубицкий, В. А. Левин, В. С. Плаксиенко, А. И. Тяжев, А. И. Фалько // Под редакцией Н. Н. Фомина. 3-е изд. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 520 с.
29. Isidori A. Nonlinear control systems / A. Isidori. Springer, 1995. 549 p.
30. Ogunfunmi Tocunbo. Adaptive Nonlinear System Identification (The Volterra and Wiener Model Approaches) / Tocunbo Ogunfunmi // Santa Clara, California, USA, 2007, 229 p.
31. Dunn [Mark R.](#) The Volterra Series and its Application. / [Mark R Dunn](#) // Calif., Davis., USA, 2013, 268 p.

32. Радиоприемные устройства. / Н. Н. Буга, А. И. Фалько, Н. И. Чистяков // Под ред. Н. И. Чистякова. – М.: Радио и связь, 1986. – 320 с.
33. Окунев Ю. Б. Система связи с инвариантными характеристиками помехоустойчивости / Ю. Б. Окунев. – М.: Связь, 1973, – 80 с.
34. Байрамов Р. Б. Климатические воздействия на антенные системы Р. Б. Байрамов, И. В. Баум. – Ашхабад: Ылым, 1988. – 406 с.
35. Космические радиотехнические комплексы / В. В. Гладченко, А. А. Корниенко, И. Ю. Латынский // Под ред. Г. В. Стогова. – МО СССР, 1986. – 625 с.
36. Радиотехнические комплексы для управления дальними космическими аппаратами и для научных исследований / Под. Ред. Е. П. Молотова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 232 с.
37. Кочержевский Г. Н. Антенно-фидерные устройства / Г. Н. Кочержевский, Г. А. Ерохин, Н. Д. Козырев. – М.: Радио и связь, 1989. – 352 с.
38. Машбиц Л. М. Зоны обслуживания систем спутниковой связи / Л. М. Машбиц. – М.: Радио и связь, 1982. – 151 с.
39. Смирнов С. В. Средства и системы технического обеспечения обработки, хранения и передачи информации / С. В. Смирнов. – М.: МГИУ, 2011. – 357 с.
40. Радиосистемы межпланетных космических аппаратов / Р. В. Бакитько, М. Б. Васильев, А. С. Веницкий и др. / Под ред. А. С. Веницкого. – М.: Радио и связь, 1993. – 328 с.
41. Чернышов В.П. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства / В. П. Чернышов, Д. И. Шейнман – М.: Радио и связь, 1989. – 240 с.
42. Энергетические характеристики космических радиолиний / Под ред. О. А. Зенкевича. – М.: Сов. радио, 1972. – 436 с.
43. Харченко В. Н. Методика энергетического расчета спутниковых радиолиний / В. Н. Харченко, А. А. Лаврут, В. П. Кукушкин // Системи обробки інформації. – Вип. 3(9). – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2000. – С. 151 – 156.

44. Харченко В. Н. Особенности энергетического расчета спутниковых радиолиний / В. Н. Харченко, А. А. Лаврут // *Космічна наука і технологія*. – 2001. – № 2/3. – С. 33 – 34.
45. Айнбиндер И. М. Шумы радиоприемников / И. М. Айнбиндер – М.: Связь, 1974. – 328 с.
46. Калинин А. И. Распространение радиоволн и работа радиолиний / А. И. Калинин, Е. Л. Черенкова. – М.: Связь, 1971. – 438 с.
47. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Б. Р. Левин. – М.: Радио и связь, 1989. – 656 с.
48. Перов А. И. Статистическая теория радиотехнических систем / А. И. Перов. – М.: Радиотехника, 2003. – 400 с.
49. Статистические методы в проектировании нелинейных систем автоматического управления / Под ред. Б. Г. Доступова. – М.: Машиностроение, 1970. – 407 с.
50. Методы синтеза нелинейных систем автоматического управления / Под ред. С. М. Фёдорова. – М.: Машиностроение, 1970. – 416 с.
51. Сомов А. М. Спутниковые системы связи. / А. М. Сомов, С. Ф. Корнев. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 244 с.
52. Ашимов Н. М. Помехоустойчивость и помехозащищенность радиолиний управления / Н. М. Ашимов. – М.: ВИУ, 2000. – 375 с.
53. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник; навчальний посібник. / За ред. Ю. Л. Мазора, Е. А. Мачуського, В. І. Правди. – К.: В. школа, 1999. – 838 с.
54. Богданович Б. М. Проектирование приемно-усилительных устройств на микросхемах / Б. М. Богданович. – Минск: В. школа, 1979. – 189 с.
55. Гуткин Л. С. Проектирование радиосистем и радиоустройств. – М.: Радио и связь, 1986. – 288 с.
56. Котельников В. А. Теория потенциальной помехоустойчивости / В. А. Котельников. – М.: Госэнергоиздат, 1956. – 154 с.

57. Максимов М.В. Помехоустойчивость многоканальных радиолиний управления. – М.: Сов. радио, 1970. – 344 с.
58. Игнатов В. И. Теория информации и передачи сигналов / В. И. Игнатов. – М.: Радио и связь, 1991. – 280 с.
59. Расчет помехоустойчивости систем передачи дискретных сообщений: Справочник / В. И. Коржик, Л. М. Финк, К. Н. Шелкунов // Под ред. Л. М. Финка. – М.: Радио и связь, 1981. – 232 с.
60. Пенин П. И. Радиотехнические системы передачи информации / П. И. Пенин, Л. И. Филиппов. – М.: Радио и связь, 1984. – 256 с.
61. Погорелов А. И. Общие вопросы построения сигналов измерительных радиосистем / А. И. Погорелов, Л. Ф. Купченко // Пространственно-временная обработка сигналов – Харьков: ХАИ, 1986. – С. 3-11.
62. Погорелов А. И. Анализ систем обработки сложных пространственно-временных сигналов / А. И. Погорелов // Обработка сигналов в радиотехнических системах. – Харьков. – ХАИ, 1988. – С.164-173.
63. Graham S. W. Nonlinear System Modeling and Analysis with Applications to Communications Receivers / S. W. Graham, L. Ehrman // RADC-TR-73-178, ASIA, AD766278. – Rome-New York, 1973.
64. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь / Дж. Спилкер // Пер. с англ. под ред. В. В. Маркова. – М.: Связь, 1979. – 592 с.
65. Шефер О. В. Удосконалення показників якості бортових радіолокаційних систем у реальних умовах їх застосування / С. В. Козелков, О. В. Шефер, О. В. Шульга // Зв'язок. – К.: ДУТ, 2017. – №4(57). – С. 23-29.
66. Богданович Б. М. Радиоприемные устройства / Б. М. Богданович, Н. И. Окулин. – Минск: В. школа, 1991. – 428 с.
67. Окунев Ю. Б. Теория фазоразностной модуляции / Ю. Б. Окунев. – М.: Связь. – 1979. – 216 с.
68. Окунев Ю. Б. Цифровая передача информации фазомодулированными сигналами / Ю. Б. Окунев. – М.: Радио и связь, 1991. – 296 с.

69. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Под ред. Корн Г. и Корн Т. – М.: Наука, 1984. – 831 с.
70. Калашников Н. И. Системы связи через искусственные спутники Земли / Н. И. Калашников. – М.: Связь, 1969. – 383 с.
71. Карпов А. М. Основные направления развития наземного командно-измерительного комплекса управления космическими аппаратами / А. М. Карпов, М. С. Леонов, А. Н. Жодзитский // Радиотехника. 1996. – № 4. – С. 85-90.
72. Радиорелейные и спутниковые системы передачи / А. С. Немировский, О. С. Данилович, Ю. И. Маримонт и др. // Под ред. А. С. Немировского. – М.: Радио и связь, 1986. – 392 с.
73. Справочник по спутниковой связи и вещанию. / Под ред. Кантора Л. Я. – М.: Радио и связь, 1986. – 356 с.
74. Конин В. В. Системы спутниковой радионавигации: монография / В. В. Конин, В. П. Харченко. – К.: ХОЛТЕХ, 2010. – 520 с.
75. Чернега В. С. Расчет и проектирование технических средств обмена и передачи информации / В. С. Чернега, В. А. Василенко, В. Н. Бондарев. – М.: В. школа, 1990. – 224 с.
76. Acosta R. Advanced Communication Technology Satellite (ACTS): Four-Years System Performance / R. Acosta, R. Bauer // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. Vol. 17, №2, February 1999.
77. Радиоэлектронная борьба. От экспериментов прошлого до решающего фронта будущего / М. С. Барабанов, С. А. Денисенцев, В. Б. Кашин // Под ред. Н. А. Колесова и И. Г. Насенкова. – М.: Центр анализа стратегий и технологий, 2015. – 248 с.
78. Невдяев Л. М. Персональная спутниковая связь / Л. М. Невдяев, А. А. Смирнов. – М.: Эко-Трендз, 1998. – 215 с.
79. Радиоприемные устройства / Под ред. Л. Г. Барулина. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.

80. Системы радиосвязи / Н. И. Калашников, Э. И. Крупицкий, И. Л. Дороднов, В. И. Носов // Под ред. Н. И. Калашникова. – М.: Радио и связь, 1988. – 352 с.
81. Радиотехнические системы передачи информации / В. А. Борисов, В. В. Калмыков, Я. М. Ковальчук, Ю. Н. Себекин, А. И. Сенин, И. Б. Федоров, И. А. Цикин / Под ред. В. В. Калмыкова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
82. Шетсен М. Моделирование нелинейных систем на основе теории Винера / М. Шетсен // ТИИЭР. – 1981. – Т.69. № 12, – С. 44-62.
83. Шахтарин Б. И. Фильтры Винера и Калмана / Б. И. Шахтарин. – М.: Гелиос АРВ, 2008. – 304 с.
84. Капалин В. И. Нейросетевое моделирование систем управления / В. И. Капалин, И. В. Витохин, Нгуен Дун Чинь // Научные ведомости БелГУ. – 2009. – №9(64), вып.11/1. – С. 87-92.
85. Радиосистемы передачи информации / И. М. Тепляков, Б. В. Роцин, А. И. Фомин, В. А. Вейцель / Под ред. И. М. Теплякова. – М.: Радио и связь, 1982. – 264 с.
86. Статистика ошибок при передаче цифровой информации: Сб. переводов / Под ред. С. И. Самойленко. – М.: Мир, 1966. – 304 с.
87. Shefer O. V. Investigation of nonlinear processes in radio devices as a guarantee of increase the quality functioning for radiolocation systems / O. V. Shefer, V. P. Dorohobid // Modern methods, innovations and experience of practical application in the field of technical sciences: International Research and Practice - Conference. – Republic of Poland, Radom, RAЕ. – December, 27-28, 2017. – pp. 48-52.
88. Финк Л. М. Сигналы, помехи, ошибки / Л. М. Финк. – М.: Радио и связь, 1984. – 216 с.
89. Van Trees H. L. Functional techniques for the analysis of the nonlinear behaviour of phase-locked loops / H. L. Van Trees // IEEE. – 1964. – Vol.52, №8. – P. 849-911.

90. Черногор Л. Ф. Нелинейная радиофизика / Л. Ф. Черногор. – Харьков: ХНУ, 1998. – 198 с.
91. Maas S. A. Analysis and Optimization of Nonlinear Microwave Circuits by Volterra Series / S. A. Maas // Microwave. – 1990. – Vol. 33, № 4. – P. 245-264.
92. Maas, Stephen A. Nonlinear microwave and RF circuits / Stephen A. Maas. – 2nd ed. Boston; London: Artech House. – 2003. – 582 p.
93. Чердынцев В. А. Радиотехнические системы / В. А. Чердынцев. – Минск.: В. школа, 1988. – 369 с.
94. Горностаев Ю. М. Перспективные спутниковые системы связи / Ю. М. Горностаев, В. В. Соколов, Л. М. Невдяев. – М.: Горячая линия-Телеком, 2000. – 132 с.
95. Анпилогов В. Тенденции развития спутниковых технологий и критерии оценки их технико-экономической эффективности / В. Анпилогов, Ю. Урличич // Технологии и средства связи. – 2016. - № 2. – С. 46-53.
96. Стратонович Р. Л. Принципы адаптивного приема / Р. Л. Стратонович. – М.: Советское радио, 1973. – 144 с.
97. Ким Д. П. Теория автоматического управления / Д. П. Ким // Том 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
98. Богданович Б. М. Основы теории и расчета малосигнальных электронных усилителей с контролируемыми нелинейными искажениями / Б. М. Богданович. – Минск: В. школа, 1974. – 151 с.
99. Цветков А. Г. Принципы количественной оценки эффективности радиоэлектронных средств / А. Г. Цветков; Под ред. С. Ф. Матвеевского. – М.: Советское радио, 1971. – 201 с.
100. Глинченко А. С. Цифровая обработка сигналов / А. С. Глинченко. – Красноярск: Изд-во КГТУ, 2001. – 199 с.
101. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 / Р. Н. Кветний, І. В. Богач, О. Р. Бойко, О. Ю. Софина, О. М. Шушура // За заг. ред. Р. Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.

102. Madisetti Vijay K. Digital Signal Processing Fundamentals / Vijay K. Madisetti // [Second Edition](#). CRC Press. – 2017. – P. 904.
103. Финк П. М. Теория передачи дискретных сообщений / П. М. Финк. – М.: Советское радио, 1970. – 728 с.
104. Пухов Г. Е. Преобразования Тейлора и их применение в электротехнике и электронике / Г. Е. Пухов. – К.: Наукова думка, 1978. – 180 с.
105. Пупков К. А. Функциональные ряды в теории нелинейных систем / К. А. Пупков, В. И. Капалин, А. С. Ющенко. – М.: Наука, 1978. – 448 с.
106. Landau M. Application of the Volterra Series to the Analysis and Design of an Angle Track Loop / M. Landau, C.T. Leondes // IEEE Trans, 1972. – V. AES-8, № 3. – pp. 306-318.
107. Zhu, A. Dynamic deviation reduction-based Volterra behavioral modeling of RF power amplifiers / A. Zhu, J. C. Pedro, T. J. Brazil // IEEE Trans, 2006. – Microwave Theory and Techniques, no 54 (12), pp. 4323-32.
108. Приходько С. І. Цифрові системи передачі, комутації та управління: навч. посіб. / С. І. Приходько, О. С. Жученко, О. В. Северінов, О. М. Усачов // Укр. держ. акад. залізн. трансп. – Х.: УкрДАЗТ, 2009. – 270 с.
109. Пупков К. А. Статистический расчет нелинейных систем автоматического управления / К. А. Пупков. – М.: Машиностроение, 1965. – 403 с.
110. Пупков К. А. Анализ и расчет нелинейных систем с помощью функциональных степенных рядов / К. А. Пупков, Н. А. Шмыкова. – М.: Машиностроение, 1982. – 150 с.
111. Шефер О. В. Підвищення пропускної здатності радіоприймальних пристроїв, шляхом удосконалення математичного апарату для аналізу нелінійностей, на основі рядів Вольтерра / О. В. Шефер // Тези доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації». ДУТ. – Київ, 12 грудня 2017 р. – С. 81.
112. Шефер О. В. Визначення залежності показників якості від ширини лінійного динамічного діапазону типового радіоприймального пристрою /

О. В. Шефер, Р. В. Мякушко // Тези 67-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 2 квітня – 22 травня 2015 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 11-13.

113. Palm, G. The Volterra Representation and the Wiener Expansion: Validity and Pitfalls / G. Palm, T. Poggio // SIAM Journal on Applied Mathematics. – 1977. – Vol. 33, pp. 195-216.

114. Шефер О. В. Алгоритм визначення ядер Вольєрра зведеного нелінійного аналітичного оператора із застосуванням методу нелінійних вхідних сигналів / О. В. Шефер, В. А. Восканян // Збірник тез за матеріалами V міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів». Полтава 3–4 грудня 2014. – Полтава: ПолтНТУ. – С. 7 – 10.

115. Rugh, W. J. Nonlinear System Theory, The Volterra - Wiener approach / W. J. Rugh // The Johns Hopkins University Press, Baltimore. – 1981. – P. 325.

116. Halme, A. Polynomial operators in nonlinear Systems Theory / A. Halme, J. Orava, H. Blomberg // International Journal Systems Scig. – 1971. – Vol. 2, №1. – pp. 21-26.

117. Engberg, J. Noise Theory of Linear and Nonlinear Circuits / J. Engberg, T. Larsen, // New York: John Wiley and Sons. – 1995. – P. 308.

118. Shankar Sastry. Nonlinear systems: analysis, stability and control / S. Shankar // Springer Science & Business Media, New York, USA. – 1999. – P. 668.

119. Шефер О. В. Геометричний чинник та його вплив на похибку визначення навігаційних параметрів у псевдосупутниковій радіосистемі / О. В. Шульга, О.В. Шефер // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – Вип. 1 (41). – С. 75-77.

120. Ипполито Л. Дж. Влияние условий атмосферного распространения радиоволн на космические системы связи / Л. Дж. Ипполито // ТИИЭР. – 1981. – Т. 69, №1. – С. 29-58.

121. Тейлор М. Радиосвязь через плазму при входе ракеты в атмосферу / М. Тейлор // Зарубежная электроника. – 1968. – № 2 – С. 76-89.

122. [Данилов А. Д.](#) Химия, атмосфера и космос / А.Д. Данилов. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 131 с.
123. Фундаментальные космические исследования. В 2 кн. Кн. 2. Солнечная система / Под ред. Г. Г. Райкунова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 456 с.
124. Кринберг И. А. Кинетика электронов в ионосфере и плазмосфере Земли / И. А. Кринберг. – М.: Наука, 1978. – 215 с.
125. Гельберг М. Г. Неоднородности высокоширотной ионосферы / М. Г. Гельберг. – Новосибирск, Наука, Сибирское отд., 1986. – 121 с.
126. Насыров А. М. Рассеяние радиоволн анизотропными ионосферными неоднородностями / А. М. Насыров // Изд. Казанского университета, 1991. – 149 с.
127. Гуревич А. В. Нелинейные явления в ионосфере / А. В. Гуревич // УФН. – 2007. – Т. 177, №11. – С. 1145-1177.
128. Цытович В. Н. Нелинейные эффекты в плазме / В. Н. Цытович // Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: URSS, 2014. – 286 с.
129. Гершман Б. Н. Механизмы возникновения ионосферных неоднородностей в области F / Б. Н. Гершман // Ионосферные исследования. – 1980. №4. – С. 17-27.
130. Hines C. O. Internal atmospheric gravity waves at atmospheric heights / C. O. Hines // Canad. J. Phys. – 1960. – V. 38. – pp.1441–1481.
131. Степанов, А. Е. Перемещающиеся ионосферные возмущения по данным вертикального зондирования ионосферы на северо-востоке России / А. Е. Степанов, Л. Д. Филиппов, К. Г. Ратовский // Наука и образование. – 2014. – № 1. – С. 11 – 15.
132. Тарашук Ю. Е. Нестационарные процессы в ионосфере Земли и их влияние на распространение коротких радиоволн / Ю. Е. Тарашук, П. М. Нагорский, Б. Б. Борисов. – Томск: изд-во Томского ун-та, 1986. – 344 с.
133. Моргун О. А. Можливості використання апаратури супутникової навігації для балістико-навігаційного забезпечення управління космічними

апаратами / О. А. Моргун, С. В. Козелков, В. М. Тупкало, В. І. Богомья, С. Д. Ставицький // Труды Академії. – К.: НАОУ. – 2006. – №69. – С. 144-148.

134. Шефер О. В. Інноваційний метод забезпечення зв'язку із високошвидкісними рухомими об'єктами / О. В. Шефер // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем» 23-24 листопада 2017 року, Кропивницький. – КЛА НАУ, 2017. – С. 68-70.

135. Костров Л. С. Доплеровское радиозондирование крупномасштабных волновых возмущений в ионосфере, генерируемых мощным радиоизлучением / Л. С. Костров, Л. Ф. Черногор. – М.: 1990, №1.– 159 с.

136. Козелкова К. С. Теоретичні основи й методи побудови перспективних вимірювальних радіосистем ракетно-космічних комплексів з використанням шумоподібних просторово-часових сигналів // дис. ... докт. техн. наук: 05.12.13 / Козелкова Катерина Сергіївна. – К.: 2011. – 414 с.

137. Крейн Р. К. Фундаментальные ограничения, связанные с процессами распространения радиоволн / Р. К. Крейн // ТИИЭР. – 1981. – Т.69, №2. – С. 64-80.

138. Перфилов О. Ю. Радиопомехи / О. Ю. Перфилов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2017. – 110 с.

139. Долуханов М. П. Флуктуационные процессы при распространении радиоволн / М. П. Долуханов. – М.: Связь, 1971. – 183 с.

140. Goodman, John M. Space Weather & Telecommunications / John M. Goodman // Springer-Verlag, New York, USA. – 2005. – P. 382.

141. Деминов М. Г. Влияние продольных токов на структуру ионосферы / М. Г. Деминов, В. П. Ким, В. В. Хегай // Геомагнетизм и аэрономия. – 1979. – Т. 19, №4. – С.743-745.

142. Артюшин Л. М. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам // Л. М. Артюшин, О. А. Машков. – К: КВВА. – 1991. – 89 с.

143. Федоров В. А. Оценка величины концентрации электронов плазмы и ее частоты в окрестности гиперзвукового летательного аппарата при его движении в атмосфере и определение частот распространения электромагнитных волн в данной плазме / В. А. Федоров // Журнал технической физики, 2016. – том 86, вып. 5. – С. 148-150.

144. Заїка В. Ф. Методологія підвищення якості функціонування телекомунікаційної системи радіотехнічного комплексу управління низькоорбітальними космічними апаратами подвійного призначення // дис. ... докт. техн. наук: 05.12.13 / Заїка Віктор Федорович. – К.: 2015. – 402 с.

145. Курина Л. Е. Об особенностях неоднородной диффузии искусственных плазменных неоднородностей при локальном нагреве ионосферной плазмы / Л. Е. Курина // Изв. вузов. Радиофизика. – 1998. – Т. 41. №2. – С. 219-221.

146. Мартин Дж. Вход в атмосферу. Введение в теорию и практику / Дж. Мартин. – М.: Мир, 1969. – 320 с.

147. Shefer Oleksandr. Scientifically-technical solutions that are connected with the increase of satellite telecommunications signals' noise immunity during sc's sea start / O. Shefer. //Modern power plants in transport and technologies and maintenance equipment (MPPTTME-2017). Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference. – Ukraine, Kherson, KhSMA. – September, 28-29, 2017 – pp. 177-178.

148. Деденок В. П. О возможности использования результатов ионосферного зондирования для оперативного прогноза движения национальных КА / В. П. Деденок, С. В. Маловица, В. А. Ямницкий // Системи обробки інформації. – 2007. – № 8 (66). – С. 117-120.

149. Чёрный Г. Г. Газовая динамика / Г. Г. Чёрный. – М: Наука, 1983. – 484 с.

150. Shefer Oleksandr. The analyses of plasma's influence factors on the satellite telecommunications noise immune / O. Shefer. // Proceeding of the XIII

International Scientific-Technical Conference “AVIA-2017”. – Ukraine, Kyiv, NAU.
– 19-21 of April, 2017 – pp. 12.19-12.24.

151. Зеленцов В. В. Основы баллистического проектирования искусственных спутников земли / В. В. Зеленцов, В. П. Казаковцев. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2012. – 174 с.

152. Bradt, H. V. Astrophysics Processes / H. V. Bradt. – Cambridge University Press, 2008. – 536 с.

153. Крюковский А. С. Исследование особенностей распространения коротких радиоволн в неоднородной анизотропной ионосфере / А. С. Крюковский, Д. С. Лукин, Д. В. Растягаев // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2009. – Т. 14. – №8. – С. 17-26.

154. Шевяков И. А. О радиопрозрачности плазменной оболочки гиперзвукового летательного аппарата / И. А. Шевяков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Математика. Механика. Физика». – 2014. – Т. 6, №2. – С. 80-84.

155. Гершман Б. Н. Динамика ионосферной плазмы / Б. Н. Гершман. – М.: Наука, 1974. – 255 с.

156. Гинзбург В. Л. Волны в магнитоактивной плазме / В. Л. Гинзбург, А. А. Рухадзе // 2-е изд. – М.: Наука, 1975. – 254 с.

157. Митяков Н. А. Возмущение ионосферы мощными радиоволнами / Н. А. Митяков, С. М. Грач, С. Н. Митяков // Итоги науки и техники. Серия: Геомагнетизм и высокие слои атмосферы. – М.: ВИНТИ. – 1989. – 138 с.

158. Izhovkina, N. I. Plasma inhomogeneities and radiowave scattering in experiments with electron pulses in the ionosphere / N. I. Izhovkina, N. S. Erokhin, L. A. Mikhaylovskaya // Geomag. and Aeronomy, 2014, vol. 54, no 1, pp. 73-81.

159. Кучер Д. Б. Построение моделей неравновесных состояний электронов в полупроводниковой плазме для сверхпроводящей защиты радиотехнических средств ВСУ / Д. Б. Кучер, А. И. Фык // Системи озброєння і військова техніка. – 2015. – № 4(44). – С. 80-82.

160. Литвина З. Ю. О возможности передачи информации через плазму / З. Ю. Литвина // Системи обробки інформації. – Харків. – 2007. – № 9. – С. 127–128.
161. Коняхин Г. Ф. Устройство для передачи информации со спускаемого летательного аппарата / Г. Ф. Коняхин, А. Ю Мелашенко, З. Ю. Литвина // Системи обробки інформації. – 2001. – № 5(15). – С. 201–204.
162. Wolverson M. Piercing the Plasma: Ideas to Beat the Communications Blackout of Reentry / M. Wolverson // Scientific American. – New York: Scientific American. 2009. – №12. – С. 28-29.
163. Ванькевич В. В. Теоретические и экспериментальные исследования специфики тропосферного распространения СВЧ и КВЧ радиосигналов / В. В. Ванькевич, М. А. Иванов, С. В. Козелков // Радиотехника / Республиканский межведомственный научно-технический сборник. – Харьков, 1990. – Вып. 92. – С. 106-114.
164. Козелков С. В. Методический аппарат повышения качества функционирования системы контроля и анализа космической обстановки / С. В. Козелков // Монография. – К.: НАОУ, 2004. – 386 с.
165. Козелков С. В. Разработка метода оценивания параметров движения космических аппаратов / С. В. Козелков, Н. В. Ньюкин, Д. П. Пашков // Сб. научн. труд. ХВУ. – 1999. – № 2 (24). – С.72-77.
166. Иванов М. А. О динамическом диапазоне многокаскадного соединения радиоэлектронных устройств / М. А. Иванов // Радиотехника. – Харьков. – 1980. – Вып. 55. – С.24-29.
167. Иванов М. А. Согласование многокаскадных частотно-избирательных радиоприемных устройств с входными воздействиями / М. А. Иванов // Радиотехника. – Харьков. – 1983. – Вып. 65. – С.70-73.
168. Shefer O. Algorithm of identification of nonlinear technical systems according to measured data / O. Shefer, V. Galai // Control, Navigation and Communication Systems. – Poltava: Polt NTU, 2014. – no. 3 (31). – P. 91-95.

169. Шефер О. В. Сигнальна і параметрична ідентифікація / А. М. Сільвестров, В. М. Галай, О. В. Шефер // Системи управління навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – вип. 1 (25). – С. 135-137.

170. Красюк Н. П. Влияние тропосферы и подстилающей поверхности на работу РЛС / Н. П. Красюк, В. Л. Коблов, В. Н. Красюк. – М.: Радио и связь, 1988. – 216 с.

171. Шефер О. В. Розроблення методики представлення та дослідження складних нелінійних радіопристроїв високого порядку за допомогою модифікованих структурних матриць систем / О. В. Шефер // Збірник наукових праць за матеріалами X Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми й перспективи розвитку академічної та університетської науки», 6-8 грудня 2017 року – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – С. 287 – 293.

172. Шефер О. В. Дослідження впливу обмеженості динамічного діапазону радіоприймальних пристроїв на показники якості бортових радіосистем / О. В. Шефер, Є. В. Гаврилко // Наукові записки УНДІЗ. – К.: ДУТ, 2017. – №4(48). – С. 18-23.

173. Шефер О. В. Синтез оптимального алгоритму обробки сигналів неконтрольованого випромінювання для ідентифікації об'єктів / О. В. Шульга, О. В. Шефер // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – Вип. 4 (40). – С.11-13.

174. Основы технического проектирования систем связи через ИСЗ. / Под ред. А. Д. Фортюшенко, Г. В. Аскинази, В. Л. Быкова. – М.: Связь, 1972. – 218 с.

175. Крюковский А. С. Исследование влияния локальных неоднородностей ионосферной плазмы на распространение коротких радиоволн / А. С. Крюковский, Д. С. Лукин, Д. В. Растягаев // Вестник Российского нового университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика / М.: РосНОУ, 2010. Вып. 3. – С. 17-25.

176. Шефер О. В. Методика визначення фазових шумів радіопристроїв та оцінка їх впливу на показники якості бортових радіолокаційних систем /

С. В. Козелков, О. В. Шефер, О. В. Шульга // Зв'язок. – К.: ДУТ, 2017. – Вип. 6. – С. 12-16.

177. Крюковский А. С. Метод расширенной бихарактеристической системы при моделировании распространения радиоволн в ионосферной плазме / А. С. Крюковский, Д. С. Лукин, К. С. Кирьянова // Радиотехника и электроника. – М.: Наука, 2012. – Т. 57, №9. – С. 1028-1034.

178. Кварцевые и квантовые меры частоты / Е. Н. Базаров, Н. А. Демидов, Е. Т. Жуков / Под ред. Б. И. Макаренко. – МО СССР, 1989. – 536 с.

179. Козелков С. В. Анализ состояния радиотехнических средств наземной группировки и возможностей ее использования для решения народнохозяйственных задач // Труды XXXVI НТК ХВВКИУ. 16-17 апреля 1992. – Харьков: ХВВКИУ, 1992. – 153 с.

180. Устройство для адресации блоков памяти: А. с. 1575189 СССР, МКИ G 06 F 12/00 / С. В. Козелков, Н. Г. Пархоменко, В. Ю. Лозбенев, В. Г. Черняев (СССР). - № 4486819/24-24; Заявлено 26.09.88; Опубл. 30.06.90. Бюл. № 24. – 4 с.

181. Стогов Г. В. Статистическая обработка результатов измерений по неполной выборке / Г. В. Стогов, А. В. Макшанов, А. А. Мусаев // Зарубежная радиоэлектроника. 1979. – №10. – С. 3-21.

182. Альберт А. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание / А. Альберт. – М.: Наука, 1977. – 224 с.

183. Современные методы идентификации систем: пер. с англ. / Под ред. П. Эйкхоффа. – М.: Мир, 1983. – 400 с.

184. Иванов М. А., Козелков С. В. Анализ условий применения антенных устройств СВЧ и КВЧ диапазонов на спутниках-ретрансляторах. – М.: 1989. – 12 с. Деп. В ЦИВТИ МО СССР, вып. 10, №4238, В1384.

185. Козелков С. В. Повышение автономности функционирования и управления спутников-ретрансляторов за счет совершенствования антенных систем и схем их управления // Труды 9 НТК в/ч 32103. Использование спутников-ретрансляторов на радиолиниях СВЧ и КВЧ диапазонов для

повышения автономности их функционирования и управления. – МО СССР, 1987. – С. 52.

186. Шефер О. В. Науково-методичний апарат для оцінювання можливостей підвищення завадостійкості супутникових телекомунікацій / О. В. Шефер // Матеріали XXIV Міжнародної науково-практичної конференції „Актуальні проблеми життєдіяльності суспільства”. КрНУ ім. Михайла Остроградського. – Кременчук, 20-21 квітня 2017 р. – С. 73.

187. Покрас А. М. Антенны земных станций спутниковой связи / А. М. Покрас // Радиотехника. – 1987. – №5. - С. 50-55.

188. Монаков А. А. Математическое моделирование радиотехнических систем / А. А. Монаков. – М.: Лань, 2016. – 148 с.

189. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Скольника. Радиолокационные станции и системы // Пер. с англ. под ред. М. М. Вейсбейна. – М.: Сов. радио, 1978. – 376 с.

190. Иванов М. А. Некоторые вопросы исследования нелинейных процессов в системах с помощью функциональных рядов Вольтерра / М. А. Иванов // Нелинейные эффекты в радиоприемных и усилительных устройствах. НТОРЭС им. А. С. Попова. – М.: Радио и связь. 1979. – 150 с.

191. Козелков С. В. Синтез алгоритма определения ядер Вольтерра / С. В. Козелков // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. – 4(19). – С. 84.

192. Козелков С. В. Системы наведения и автосопровождения антенных устройств радиолиний СВЧ и КВЧ диапазонов / С. В. Козелков // Труды 10 НТК в/ч 32103. Научно-практические аспекты управления космической и наземной группировками, особенности их применения. – МО СССР, 1989. – С. 223.

193. Козелков С. В. Разработка алгоритма наведения антенных систем / С. В. Козелков, Н. П. Руденко, В. Ф. Столбов, С. А. Тыщук // Системи обробки інформації. НАНУ. ПАНМ, ХВУ. – Харків: ХФВ "Транспорт України". – 2000. – Вип. 4(10). – С. 39-43.

194. Иванов М. А. Об оценке влияния помех на точностные показатели качества РЛС / М. А. Иванов // Радиотехника. Республиканский межведомственный научно-технический сборник. – Харьков, 1980. Вып. 55. – С. 34-35.
195. Монзинго Р. А. Адаптивные антенные решетки: Введение в теорию / Р. А. Монзинго, Т. У. Миллер // Пер с англ. под ред. В. А. Лексаченко. – М.: Радио и связь, 1986. – 448 с.
196. Козелков С. В. Анализ особенностей частотно-избирательного ограничения СВЧ и КВЧ радиоустройств / С. В. Козелков, В. П. Тарахтей, Н. В. Ньюкин // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2000. вип. 15. – С. 199-203.
197. Шефер О. В. Метод підвищення завадостійкості радіосигналів із урахуванням нелінійних інерційних процесів / О. В. Шефер // Тези доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації». ДУТ. – Київ, 13 грудня 2017 р. – С. 81-82.
198. Козелков С. В. Метод оценки пропускной способности объединенного центра управления полетом при управлении космическими аппаратами / С. В. Козелков, К. К. Кулагин, Д. П. Пашков // Ракетно-космічна техніка. – Харків: ХВУ. – 1999. Вип. 1. – С. 131-135.
199. Козелков С. В. Идентификация космических аппаратов по неконтролируемым излучениям / С. В. Козелков // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2000. Вип. 1(7). – С. 169-172.
200. Шефер О. В. Сучасний метод ідентифікації нелінійних сигналів радіотехнічних систем / О. В. Шефер // Науково-технічний журнал «Системи озброєння і військова техніка». Харків: ХНУПС, 2017. – №1 (49). – С.185-189.
201. Шефер О. В. Використання сигнальної і параметричної ідентифікації для підвищення керованості радіонавігаційних систем / О. В. Шефер // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. К.: Нац. ун-т оборони України. – 2017. – № 1(28). – С. 63-66.

202. Жданов А. И. Идентификация по методу наименьших квадратов управлений авторегрессии при аддитивных ошибках измерений / А. И. Жданов, С. А. Кацюба // Автоматика и телемеханика. – 1982. – №2. – С. 29-38.
203. Макшанов А. В. Робастные методы обработки результатов измерений / А. В. Макшанов, А. А. Мусаев // Учеб. пособие – Л.: Изд-во МО СССР, 1980. – 144 с.
204. Гильбо Е. П. Робастное приближение функций в условиях неопределенности / Е. П. Гильбо, И. Б. Челпанов, Г. Л. Шевляков // Автоматика и телемеханика. – 1979. – №4. – С. 51-60.
205. Гильбо Е. П. Обработка сигналов на основе упорядоченного выбора / Е. П. Гильбо, И. Б. Челпанов. – М.: Сов. радио, 1976. – 344 с.
206. Поляк Б. Т. Робастные алгоритмы адаптации / Б. Т. Поляк, Я. З. Цыпкин // Автоматика и телемеханика. – 1980. – №10. С. 91-97
207. Бендат Дж. Применение корреляционного спектрального анализа / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1983. – 312 с.
208. Браммер К. Фильтр Калмана-Бьюсси / К. Браммер, Г. Зиффлинг. – М.: Наука, 1982. – 199 с.
209. Воронов А. А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость / А. А. Воронов. – М.: Наука, 1979. – 336 с.
210. Shefer Oleksandr. Problem of creation noise immunity systems telematic by integrating moving objects and the environment properties / O. Shefer. // Synergetics, mechatronics, telematics road machines and systems in educational process and science. Research Papers Collection on International Scientific Conference Materials. – Ukraine, Kharkov, KhNAHU. – March, 16, 2017 – pp. 7-9.
211. Шефер О. В. Новітній підхід щодо забезпечення надійної телеметрії під час проходженні електромагнітних хвиль через плазму. Тези 69-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 19 квітня – 19 травня 2017 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – С. 23 – 24.

212. Макаренко С. И. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты: монография / С. И. Макаренко, М. С. Иванов, С. А. Попов. – СПб.: Свое издательство, 2013. – 166 с.

213. Шефер О. В. Спосіб покращення електромагнітної сумісності зв'язку з рухомим об'єктом, котрий проходить через плазму іоносфери / О. В. Шефер // Проблемы электромагнитной совместимости перспективных беспроводных сетей связи (ЭМС-2017): Сборник научных трудов третьей международной научно-технической конференции, Харьков 23-24 мая 2017. – Харьков: ХНУРЕ, 2017. – С. 55-57.

214. Шефер О. В. Принципи формування імпульсного плазмового середовища для підвищення завадостійкості радіосигналів / О. В. Шефер // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков: НАУ «ХАИ», 2017. – Вып. 2 (137). – С. 36-43.

215. Shefer O. V. Optimization of satellite telecommunication systems due to the space craft orbit injection / O. V. Shefer // The Scientific Journal “Electronics and control systems”. Kyiv: NAU, 2017.– №. 1 (51). – P. 21-28.

216. Шефер О. В. Інтегральний спосіб підвищення завадостійкості передачі інформації у системі організації зв'язку із космічним апаратом / О. В. Шефер // Зв'язок. – К.: ДУТ, 2017. – Вип. 2. – С. 3-5.

217. Шефер О. В. Формування завадостійкого каналу зв'язку із космічним апаратом шляхом зниження щільності плазми ударної хвилі / О. В. Шефер // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. Харків: ХНУПС, 2017. – №. 2 (27). – С.131-134.

218. Shefer O. Increasing of satellite telecommunication systems exploitation noise immunity on the area of space craft's near-earth orbit injection / O. Shefer. // Proceeding of the V International Scientific-Technical Conference «Problems of informatization». Cherkasy – Baku – Bielsko-Biala – Poltava – Ukraine, Cherkasy, CherkSTU. – November, 13-15, 2017 – pp. 19-20.

219. Шефер О. В. Шляхи побудови надійного телеметричного зв'язку при проходженні радіохвиль через плазму / О. В. Шефер // Збірник матеріалів XI Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми телекомунікацій». НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – Київ, 18-21 квітня 2017 р. – С. 223-225.

220. Shefer O. V. The prospects and peculiarities of plasma with hollow cathode using for satellite telecommunications noise stability increase / O. V. Shefer // Озброєння та військова техніка: наук.-техн. журн. – К.: Центр. НДІ озброєння та військ. техніки ЗСУ, 2017. – № 2 (14). – С. 62-65.

221. Шефер О. В. Сучасний підхід до механізму елементарних процесів тліючого розряду функціональних елементів радіотехнічних пристроїв / О. В. Шефер // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – К.: ДУТ, 2017. – №1(54). – С.67-72.

222. Smirnov Boris M. Theory of Gas Discharge Plasma. Springer Series on Atomic, Optical and Plasma Physics, Switzerland. – 2015. – P 423.

223. Шефер О. В. Нові властивості плазми для ефективного використання сегменту супутникових телекомунікацій / О. В. Шефер // Тези доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми інформатизації». ДУТ. – Київ, 12 квітня 2017 р. – С. 183.

224. Шефер О. В. Аналіз закономірностей зміни властивостей електричного розряду, як запорука покращення якості функціонування радіонавігних систем / О.В. Шефер // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. Вип. 2– (42). – С.13-16.

225. Шефер О. В. Про можливість часткового просвітлення плазми навколо космічного апарату для покращення якості функціонування наземних та супутникових телекомунікацій / О. В. Шефер // Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування. Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції, 8-9 червня 2017 року: збірник тез доповідей – Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2017. – С. 97-99.

226. Шефер О. В. Дослідження особливостей роботи джерел випромінювання плазми у різних режимах для підвищення

перешкодозахищеності КА / О. В. Шульга, О. В. Шефер, Д. М. Нелюба, М. М. Гонтар. Зв'язок. – К.: ДУТ, 2017. – Вип. 3. – С. 12-14.

227. Шефер О. В. Підвищення надійності старту плазмового пальника для подальшого керування виходом у робочий режим пристроїв супутникового радіозв'язку космічних апаратів / О. В. Шульга, О. В. Шефер // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2017.– Вип. 4 (44). – С. 164-169.

228. Райзер Ю. П. [Физика газового разряда](#) / Ю. П. Райзер // Долгопрудный: "Интеллект", 2009. – 736 с.

229. Hantzsche E. Space charge sheaths with electron emission / E. Hantzsche // Proc. 21 EPS Conf. Contr. Plasma Phys., Montpellier, 1994. Pt.II, p. 926- 929.

230. A.[Von Engel](#). Electric plasmas: their nature and uses. London, Taylor and Francis, Ltd., 1983, 254 p.

231. Райзер Ю. П. Диффузия зарядов вдоль тока и эффективный метод устранения счетной диффузии при расчетах разрядов типа тлеющего / Ю. П. Райзер, С. Т. Суржиков // ТВТ. 1990. – Т. 28. – № 3. – С. 439-443.

232. Шефер О. В. Концепція підвищення надійності радіотехнічних пристроїв шляхом експериментальних досліджень запалювання та розвитку розряду у плазмових пальниках / О. В.Шульга, О. В. Шефер, Д. М. Нелюба, М. М. Гонтар // Наукові записки УНДІЗ. – К.: ДУТ, 2017. – №2(46). – С. 65-73.

233. Shefer O. V. Innovations is the noise immune channel direction with the spacecraft formation / O. V. Shefer. // Mechatronic systems: of innovation and engineering (MSIE-2017). Proceedings of the International Scientific-Practical Conference. – Ukraine, Kyiv, KNUTD. – June, 15, 2017 – pp. 119-120.

234. Шефер О. В. Оптимальні умови утворення низькотемпературної плазми для зменшення щільності стохастичного іонізованого середовища навколо космічного апарата / О.В. Шефер // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – Вип. 5 (45). – С.158-161.

235. Шефер О. В. Сучасні аспекти побудови заводостійкого зв'язку під час взаємодії радіохвиль із іонізованим середовищем / О. В. Шефер // Збірник

наукових праць за результатами всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв». – Індустріальний інститут ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 11-12 квітня 2017 р. – С. 272-275.

236. Шефер О. В. Використання каналів втрати енергії електронів плазмової оболонки для мінімізації спотворень та затухань сигналів зв'язку із космічним апаратом / О.В. Шефер // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – Вип. 3 (43). – С.139-142.

237. Шефер О. В. Основні результати експериментальних досліджень напруженості електричного поля і протяжності плазми для радіотехнічних пристроїв та засобів телекомунікацій / О.В. Шефер // Збірник наукових праць харківського національного університету Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба. – Харків: ХНУПС, 2017. – №. 4 (53). – С.134-143.

238. Шефер О. В. Проблема формування геометрії плазмового середовища імпульсних засобів телекомунікацій / О. В. Шефер // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – К.: ДУТ, 2017. – №2(55). – С.69-75.

239. Шефер О. В. Оптимізація іонно-електронних процесів приладів радіотехнічного забезпечення, як запорука якісної телеметрії з літальним апаратом / О. В. Шефер // Системи обробки інформації. – Харків: ХНУПС, 2017.– №4 (150). – С. 31-38.

240. Shefer Oleksandr. Characteristics of plasma environment according to the discharge gap parameters / O. Shefer. // Problems of modern power engineering and automation in the system nature management (theory, practice, history, education). Proceeding of the VI International Scientific-Technical Conference. – Ukraine, Kyiv, NULES. – 15-19 of May, 2017 – pp. 64-66.

241. Чан П. Электрические зонды в неподвижной и движущейся плазме / П. Чан, Л. Талбот, К. Турян. – М.: Мир, 1978. – 203 с.

242. Демидов В. И. Зондовые методы исследования низкотемпературной плазмы / В. И. Демидов, Н. Б. Колоколов, А. А. Кудрявцев. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 235 с.
243. Shefer O. V. Probe studies of localized plasma, as a method of increasing the interference of satellite radionavigational systems on the area of sc's orbit injection / O. V. Shefer // Control, Navigation and Communication Systems. – Poltava: PoltNTU, 2017. – no. 6 (46). – pp. 9-14.
244. Druyvesteyn M. J. [The Mechanism of Electrical Discharges in Gases of Low Pressure](#) / M. J. Druyvesteyn, F. M. Penning. Rev. Mod. Phys. 12, 87 (1979).
245. Bates D. R., and Boyd T. J. M. (1956) Proc. Phys. Soc. A 69, P. 910.
246. Новгородов М. З. Экспериментальное исследование электрических и оптических характеристик положительного столба тлеющего разряда в молекулярных газах / М. З. Новгородов // Труды ФИАН, 1974, т. 78, с. 60-116.
247. Luijendijk S. C. M. Comparison of three devices for measuring the second derivative of a Langmuir probe curve / S. C. M. Luijendijk, J. Van Eck // Physica, 1967, 36, p.49 - 60.
248. Теория электрической связи / К. К. Васильев, В. А. Глушков, А. В. Дормидонтов // под ред. К. К. Васильева. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 452 с.
249. Шефер О. В. Спосіб вимірювання параметрів плазми з метою підвищення завадостійкості супутникових телекомунікацій/ О. В. Шефер // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – Хмельницький: ХНУ, 2017. – №3 (249). – С. 155-160.
250. Коростелев А. А. Пространственно-временная теория радиосистем. – М.: Радио и связь, 1987. – 320 с.
251. Козелков С. В. Разработка метода повышения помехоустойчивости СВЧ и КВЧ РТС / С. В. Козелков, Д. П. Пашков // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ. 1999. – С.147-149.
252. Поляков О. Л. Аналіз можливостей підвищення ефективності системи контролю і аналізу космічної обстановки для навігаційного

забезпечення управління космічними апаратами / О. Л. Поляков., О. П. Рачинський., С. Є. Ломоносов., О. О. Моргун // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІНУ. – 2007. – Вип.1. – С.7-10.

253. Дьяконов В. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров / В. Дьяконов. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 976 с.

254. Лившиц И. И. Использование ИСЗ для связи в диапазоне миллиметровых волн / И. И. Лившиц, В. М. Рожков, Б.А. Рябов // Зарубежная радиоэлектроника. –1987. №5. – С.41-49.

255. Кириллов Н. Е. Помехоустойчивая передача сообщений по линейным каналам со случайно изменяющимися параметрами / Н. Е. Кириллов. – М.: Сов. радио. 1971. – 256 с.

256. Смирнов Н. И. Оптимизация распределения мощности в системах передачи с каналом синхронизации / Н. И. Смирнов, Н. М. Заличев // Электросвязь. – 1982. – №6. – С. 11-14.

257. Шефер О. В. Урахування пружних деформацій у процесі керування складними технічними системами / О. В. Шефер, В. М. Галай // Системи управління навігації та зв'язку. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – Вип. 2 (26). – С. 48-54.

258. Пашков Д. П. Прогнозирование помехоустойчивости радиотехнических систем в условиях возмущения ионосферы / Д. П. Пашков, С. Е. Ломоносов // Системи обробки інформації. – 2007. – № 4(62). – С. 91-93.

259. Шефер О. В. Проблема фільтрації сигналів та аналітичне градування датчиків мехатронних систем / О. В. Шефер В. Д. Дзівіцький // Тези 68-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 19 квітня – 13 травня 2016 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 27 – 29.

260. Шефер О. В. Уточнення рівняння моментів обертових електричних машин пристроїв навігації / О. В. Шефер, Д. М. Нелюба // Вісник Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського. – Кременчук: КНУ, 2017. – Вип. 3(104). – С. 27-32.

261. Шефер О. В. Підвищення завадостійкості радіотехнічних систем шляхом адаптивного перенастроювання та інверсного кореляційного підходу до виявлення корисного сигналу / О. В. Шефер // Наукові записки УНДІЗ. – К.: ДУТ, 2017. – №1(45). – С. 82-88.

262. Барсов В. І. Математичні методи та технічні засоби АСУ / В. І. Барсов, В. А. Краснобаєв, З. В. Барсова. – Х.: Точка, 2012. – 301 с.

263. Rassomahin S. G. Security and noise immunity of telecommunication system: new solutions to the codes and signals design problem. Collective monograph. Edited by Sergey G. Rassomahin and Alexandr A. Kuznetsov, Victor A. Krasnobayev. – ASC Academic Publishing, Minden, Nevada, USA, 2017. – 198 p.

264. Белоус А. И. Космическая электроника. В 2-х книгах. Книга 2 / А. И. Белоус, В. А. Солодуха, С. В. Шведов. – М.: Техносфера, 2015. – 488 с.

265. Чарльз Платт. Энциклопедия электронных компонентов. Том 3 / Чарльз Платт, Фредрик Янссон. – БХВ-Петербург, 2017. – 288 с.

266. Козелков С. В. Пути повышения помехоустойчивости радиотехнических систем на основе адаптивной синхронной перестройки приемопередающего тракта / С. В. Козелков, Д. П. Пашков, С. А. Тыщук // Системи обробки інформації. – Харків: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2003. – Вип. 6 (22). – С. 216-219.

267. Коняхин В. В. Микросхемы для аппаратуры космического назначения. Практическое пособие / В. В. Коняхин и др. – М.: Техносфера, 2017. – 388 с.

