

## СЕКЦІЯ 5

### ТЕНДЕНЦІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ Й ЗАСОБІВ ВЕДЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ВІЙНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Керівники секції: к.т.н. старший науковий співробітник  
підполковник Очкуренко О.В.  
Секретар секції: капітан Сердюк О.В.

### ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ ПРИЙМАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ РЛС

*О.М. Саютін; Ю.Г. Ільчишин; В.В. Тонкошкур*  
*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Особливості ведення радіолокаційної розвідки підрозділами РТВ в сучасних умовах, а особливо в зоні АТО, висувають особливі вимоги до чутливості приймальних пристроїв радіолокаційних станцій. Пошук оптимального цифрового фільтра який би реалізовував максимальну чутливість приймального пристрою при заданій формі зондуючого сигналу РЛС і є задачею досліджень. В якості критерію оптимальності обраний класичний максимум відношення сигнал/шум, а для складномодульованих сигналів ще й мінімізація рівня бокових залишків як результату узгодженої фільтрації.

Для пошуку оптимальної за названими критеріями передатної функції цифрового фільтра використовується система рівнянь з відомим очікуваним сигналом і обраною (покривленою) формою сигналу на виході фільтра із яскравовираженим максимумом - для досягнення максимуму відношення сигнал/шум. Для вирішення рівняння фільтрації пропонується спосіб, який використовується при деконволюції сигналів. Особливістю задачі є відсутність жорстких вимог до збереження форми прийнятого сигналу на виході оптимального фільтра. В результаті розрахунків знаходиться необхідна імпульсна характеристика оптимального цифрового фільтра, який виконанням однієї математичної операції згортки досягав би виконання обох критеріїв одночасно в одній мікросхемі цифрового процесора.

### ВИЗУАЛЬНО-ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АПАРАТУРИ ЗАХИСТУ ВІД АКТИВНИХ ЗАВАД РЛС П-18 "МАЛАХІТ"

*В.І. Телюк*  
*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На сьогоднішній день, враховуючи провокативні дії російської авіації вздовж кордонів з Україною, зберігається загроза нанесення ракетно-бомбових ударів по позиціям наших військ та важливим об'єктам нашої держави. Тому виникає необхідність створення надійної системи протиповітряної оборони.

Радіолокаційна станція П-18 "Малахіт" використовується в підрозділах радіотехнічних військ, що задіяні у зоні проведення антитерористичної операції на території східних областей України, як основний засіб для отримання

розвідувальної радіолокаційної інформації про повітряну обстановку. РЛС автоматично видає користувачам радіолокаційну інформацію про повітряні цілі, у тому числі про безпілотні літальні апарати. Виявлення БПЛА, відбувається в умовах ймовірного застосуванням противником постановників активних завад.

Нові підходи та алгоритми, що закладені в сучасній апаратурі захисту від АШЗ РЛС П-18 "Малахит", вимагають їх всебічного вивчення та оцінки ефективності запропонованих технічних рішень. Для цього можуть бути використані візуально-імітаційні моделі, які розкривають алгоритми роботи цієї апаратури в реальному масштабі часу, з можливістю вибору варіанту сигнально-завадової обстановки.

### **ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ АЗИМУТУ ЦІЛЕЙ В ОГЛЯДОВИХ РЛС "СТАРОГО" ПАРКУ**

*О.Л. Лугіна; Є.С. Чекіров; Ю.Д. Новіков; С.С. Сидюк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Серед вимог до радіолокаційної інформації з боку вогневих засобів Повітряних Сил окреме місце займає вимога щодо точності визначення азимуту цілей. В оглядових РЛС "старого" парку для вимірювання цієї координати застосовуються системи передачі азимута, які виконані на сельсинних парах або синусно-косинусних обертових трансформаторах. Потенційно такі системи мають певні похибки при визначенні кутового положення аналізованих об'єктів. Ці похибки обумовлені в більшій мірі принципом дії електромеханічних пристроїв. Тому, актуальним є питання підвищення точності вимірювання азимуту цілей в оглядових РЛС "старого" парку.

В сельсинній парі в якості опорної використовується напруга мережевої частоти. Інформація про кутове положення ротора сельсин-датчика на сельсин-приймач передається по трьох проводах за допомогою відповідно трьох напруг, які зсунуті за фазою на 120 градусів одна відносно одної. Пропонується перетворити сельсинні напруги у меандр з частотою опорної напруги. При подачі трьох сформованих меандрів на схеми порівняння можливо створення цифрових азимутальних імпульсів, а в подальшому – цифрового коду поточного азимутального положення антени.

### **ДОСВІД РОЗРОБКИ МУЛЬТИМЕДІЙНИХ НАВЧАЛЬНИХ ВЕБ-РЕСУРСІВ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОБІЛЬНОГО НАВЧАННЯ M-LEARNING У ВИЩОМУ ВІЙСЬКОВОМУ НАВЧАЛЬНОМУ ЗАКЛАДІ**

*І.М. Невмержицький, к.т.н., доц.; В.С. Семенов; Е.І. Гуйда  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Використання технології мобільного навчання m-learning у вищому військовому навчальному закладі пов'язано і залежить в першу чергу від наявності електронних дидактичних матеріалів, що адаптовані для платформи мобільних

засобів зв'язку. Мобільні пристрої можуть використовуватися в процесі здійснення дистанційного і змішаного типів навчання: з метою відтворення мультимедійних навчальних веб-ресурсів; для забезпечення швидкого доступу до навчальних сайтів, довідників, словників; для навчальної комунікації.

На кафедрі "Бойового застосування радіотехнічного озброєння" накопичений певний досвід щодо розробки та застосування у навчальному процесі мультимедійних навчальних веб-ресурсів, що виконані у вигляді електронних інтерактивних веб-додатків. Застосування таких додатків дає можливість тим, хто навчається мати миттєвий доступ до навчальних матеріалів, що робить навчання своєчасним та персоналізованим.

### **РОЗРОБКА ІНТЕРАКТИВНОГО НАВЧАЛЬНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ БОЙОВОЇ ОБСЛУГИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ П-18 "МАЛАХІТ" ДО ВІДПРАЦЮВАННЯ НОРМАТИВУ "ЗГОРТАННЯ (РОЗГОРТАННЯ) РЕТ"**

*В.А. Матюша*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Як показують реалії, в результаті динамічного розвитку сфери інформаційних і комунікаційних технологій та їх впливу на всі аспекти життя суспільства, підвищується роль електронних засобів навчання в освітньому процесі.

Звичайно, що застосування електронних технологій не оминув і військовою освіту. Слідуючи вимогам сьогодення, на кафедрі бойового застосування радіотехнічного озброєння факультету радіотехнічних військ протиповітряної оборони триває експеримент з використання інноваційних методів навчання. Науково-педагогічні працівники та курсанти випускного курсу активно працюють над розробкою нових та апробацією вже розроблених інтерактивних навчальних додатків. Апробація здійснюється курсантами не тільки під час практичних занять на зразках ОВТ РТВ, тактичних (тактико-спеціальних) навчаннях, а і безпосередньо бойовими обслугами радіолокаційних станцій у військових частинах.

Очікуваний ефект від використання інтерактивного навчального додатку для підготовки бойової обслуги радіолокаційної станції П-18 "Малахіт" до відпрацювання нормативу "Згортання (Розгортання) РЕТ" полягає в допомозі навчаємим краще вивчити послідовність і правильність відпрацювання нормативу і сприятиме якісній підготовці бойового розрахунку РЛС П-18 "Малахіт", при цьому зберігається ресурс ОВТ РТВ.

### **ДОСВІД СТВОРЕННЯ ІНТЕРАКТИВНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ 19Ж6**

*В.Б. Григор'єв*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Сьогодні наявність інтерактивної електронної технічної документації (ІЕТД) на виріб і каталогів запасних частин в електронній формі стають обов'язковою умовою виходу на міжнародні ринки й необхідною умовою

конкурентоспроможності продукції. Такий підхід реалізує концепцію CALS та є фактично є стандартом НАТО. Визначено, що Збройні Сили України повинні досягти повної сумісності зі стандартами НАТО до 2020 року.

Досвід бойового застосування РЛС РТВ під час проведення АТО, свідчить про те що вирішальним фактором є час, тому зменшення часу виконання окремих операцій технічного обслуговування та ремонту за рахунок використання ІЕТД, значно підвищує коефіцієнт готовності радіоелектронної техніки підрозділу. Значна втома обслуги призводить до зниження уваги и як наслідок появи помилок при проведенні обслуговування та збільшення часу пошкоду несправності, наявність ІЕТД дозволить значно знизити вплив цих чинників.

Надана загальна класифікація електронної документації, проведено аналіз сучасної нормативної бази, щодо розробки та видання інтерактивної технічної документації, та розроблено інтерактивний довідник з проведення СО' РЛС 19Ж6.

Сформульовані рекомендації щодо побудови та використання інтерактивної електронної технічної документації.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАХИСТУ РЛС 19Ж6 ВІД УРАЖЕННЯ БАРАЖУЮЧИМИ БОЄПРИПАСАМИ**

*О.М. Плоценко; Р.В. Зіняк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Аналіз застосування військової компоненти в останніх збройних конфліктах та у ході АТО свідчить про те, що здатність збройних сил швидко реагувати на загрози може бути істотно ускладнена для віддалених районів крім того, кількість систем зброї, що зможуть вільно працювати в повітряному просторі насиченому засобами ППО противника достатньо обмежена. Для виходу з такої ситуації пропонується використання баражуючих боєприпасів (ББ).

Проведено аналіз сучасних та перспективних зразків таких боєприпасів. Розглянуто сучасні погляди на їх застосування, показано, що ББ як засіб знищення систем ППО володіють істотно меншим часом реакції у ланцюгу "виявлення – знищення". Отримано залежності ймовірності поразки одиначної РЛС одним ББ від точності системи наведення, маси та типу бойової частини, а також засобів, які використовуються для захисту РЛС від вогневого впливу. Показано, що при досягнутих на теперішній час можливостях систем наведення, без вживання додаткових засобів захисту від вогневого впливу ББ ймовірність знищення засобів радіовипромінювання близька до одиниці. Застосування протиосколкових екранів, які закривають лише борти кабін не ефективно тому, що основна кількість осколків діє на дах кабіни. Наведено практичні рекомендації щодо захисту засобів радіовипромінювання від вогневого впливу ББ з функцією протирадіолокаційних ракет.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО РОЗРОБКИ ВАРІАНТІВ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ТРЕНУВАННЯ ОСІБ БОЙОВИХ ОБСЛУГ РАДІОТЕХНІЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ**

*В.С. Колісник; Д.В. Остапенко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід бойового застосування радіотехнічних підрозділів в умовах проведення Антитерористичної операції (АТО) в окремих районах Донецької та Луганської областей, дії засобів повітряного нападу на малих та гранично малих висотах показує, що ведення радіолокаційної розвідки маловисотних повітряних цілей та видача інформації по ним здійснюється засобами окремих радіолокаційних взводів шляхом створення смуги попередження про політ маловисотних цілей у заданому районі на небезпечних напрямках дій повітряного противника.

Виявлення і супроводження повітряних цілей діючих на малих та гранично малих висотах є важливим і складним завданням для радіотехнічних підрозділів. У зв'язку з тим виникає необхідність підвищення спроможностей бойових обслуг щодо виявлення повітряних цілей.

Для цього пропонуються різні варіанти повітряної обстановки з діями різних класів цілей з повною, не повною, суперечливою інформацією, яка може відобразитися на ПЕОМ для тренування обслуг за допомогою тренувально-імітаційного комплексу "Вираж-РД". Вони дозволять підвищити рівень підготовки бойових обслуг підрозділів не тільки в пунктах постійної дислокації, а при виконанні завдань в зоні АТО.

## **МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ОБСТАНОВКИ ТА ОЦІНКА БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РАДІОТЕХНІЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРЕНАЖНО-ІМІТАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ "ВІРАЖ-РД"**

*А.Ю. Білик; Е.В. Верещака; О.М. Перовський*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Тренажно-імітаційний комплекс (ТІК) "ВІРАЖ-РД" призначений для проведення оперативно-тактичних розрахунків та моделювання бойових дій угруповань родів військ Повітряних Сил в різних умовах радіоелектронної обстановки. Особливістю функціонування ТІК "ВІРАЖ-РД" є забезпечення одночасного моделювання за дві конфліктуючі сторони. Моделювання враховує основні тактико-технічні характеристики (ТТХ) наявного озброєння та військової техніки (ОВТ), вогневе ураження угруповань та придушення зразків ОВТ радіоелектронними завадами.

При моделюванні враховується також вплив рельєфу місцевості, зокрема на можливості засобів радіолокації з виявлення повітряних об'єктів, тактико-технічні та льотно-тактичні характеристики (ЛТХ) засобів повітряного нападу (ЗПН).

За допомогою ТІК "ВІРАЖ-РД" було проведено моделювання дій ЗПН Російської Федерації, що розташовані поблизу Державного кордону на сході України, щодо нанесення ударів по території нашої держави та оцінені можливості угруповання підрозділів радіотехнічних військ (РТВ) стосовно виявлення ЗПН

противника, в тому числі при застосуванні ним безпілотних літальних апаратів (БЛА) і високоточної зброї (ВТЗ) в умовах складної радіоелектронної обстановки (застосуванні з борту літаків противника активних завад).

### **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПОТРІБНОЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДІЙ ЧАСТИН ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І ТАКТИЧНОЇ АВІАЦІЇ ПОВІТРЯНИХ СИЛ**

*О.О. Овсянніков; Ю.Ю. Галаговець; В.К. Мирошніченко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід застосування підрозділів радіотехнічних військ Повітряних Сил в антитерористичній операції виявив проблемні питання в радіолокаційному забезпеченні дій частин зенітних ракетних військ (ЗРВ) і тактичної авіації (ТА) Повітряних Сил.

Для оцінки радіолокаційного забезпечення радіотехнічними підрозділами частин ЗРВ і ТА виникла задача оцінки якості радіолокаційної інформації потрібної для забезпечення успішних дій вищезазначених частин, з метою максимального використання бойових можливостей радіотехнічних підрозділів.

Пропонуються шляхи покращення якості радіолокаційного забезпечення частин ЗРВ і ТА радіотехнічними підрозділами за рахунок використання допоміжної автоматизованої підсистеми збору, обробки та відображення інформації про повітряну обстановку.

Розглядається необхідність уточнення критеріїв оцінки якості радіолокаційної інформації.

### **ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИЯВЛЕННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІДРОЗДІЛАМИ РТВ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ПРОВЕДЕННЯ АТО**

*Д.В. Шимонець; А.В. Пацюк; Д.В. Остах  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Минуло більше чотирьох років з початку антитерористичної операції. Характерною ознакою якої є широке використання БПЛА різних типів та класів в різних діапазонах висот. Вони використовуються для ведення розвідки, корегування вогню артилерії, РЕБ тощо.

Для ефективної протидії БПЛА, необхідне їх своєчасне виявлення. Виявлення може бути візуальне, акустичне, оптичне, радіолокаційне та радіотехнічне.

Радіотехнічні підрозділи РТВ на даний час здійснюють тільки радіолокаційне та візуальне виявлення.

Досвід ведення РПР підрозділами РТВ, що залучені в АТО показав, що дальності радіолокаційного виявлення малорозмірних БПЛА при різних значеннях ЕПР та в залежності від діапазону засобів радіолокації складають від сотні метрів (для ЕПР  $0,01 \text{ м}^2$ ) до 20 км, (для ЕПР  $0,1 \text{ м}^2$ ), що значно ускладнює роботу оператора по їх своєчасному виявленню. З метою підвищення якості виявлення

БПЛА підрозділами РТВ розглядаються пропозиції по об'єднанню інформації від різних джерел різних силових структур з використанням сучасних інформаційних технологій.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЇ СИСТЕМИ ADS-B З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

*П.С. Ковбаса; С.І. Куцмус*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Сучасні умови ведення збройної боротьби, в тому числі в повітрі, висувають жорсткі вимоги до якості та достовірності інформації, що використовується під час оцінки обстановки та прийняття рішень на застосування зброї вогневыми засобами Повітряних Сил. Однією з важливих вимог до інформації про повітряну обстановку, що висувається з боку користувачів є достовірність радіолокаційної інформації. Розгортання допоміжної системи збору, обробки та передачі інформації про повітряну обстановку "Віраж–Планшет" суттєво підвищило інформаційні показники бойових можливостей радіотехнічних військ Повітряних Сил.

Важливим напрямком вдосконалення системи розвідки повітряного простору є інтеграція різнорідних джерел інформації про повітряну обстановку.

Запропоновано метод підвищення достовірності інформації про повітряну обстановку за рахунок використання інформації системи залежного спостереження за повітряною обстановкою ADS-B, що використовує сигнали супутникових навігаційних систем.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПРОТИДІЇ ЗАСОБАМ ВИДОВОЇ КОСМІЧНОЇ РОЗВІДКИ У ПІДРОЗДІЛАХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

*М.В. Дубовий*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Відомо, що основними засобами технічної розвідки є засоби видової космічної розвідки. Основною складністю по приховуванню радіотехнічного підрозділу є наявність характерних для кожного виду позицій демаскуючих ознак, які добре помітні з космосу та розкривають місце розташування радіотехнічних підрозділів та їх бойові порядки. З аналізу сучасного стану та досвіду експлуатації озброєння і військової техніки радіотехнічних військ Повітряних Сил Збройних Сил України відомо, що заходи протидії засобам видової космічної розвідки практично не виконуються та не сформовані. Отже, у теперішній час при виконанні бойових завдань радіотехнічними підрозділами сформувалося протиріччя між необхідністю протидії засобам видової космічної розвідки та сучасним станом справ з цього питання в радіотехнічних військах. Для вирішення указанного протиріччя в роботі розроблено пропозиції щодо протидії засобам видової космічної розвідки противника та зменшення впливу демаскуючих ознак бойових порядків радіотехнічних підрозділів.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ СИГНАЛІВ ЦИФРОВОГО МОВЛЕННЯ СТАНДАРТУ DVB-T**

*В.Р. Петренко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Проведений аналіз розміщення передавачів цифрового ефірного телебачення на території України та типові цифрові сигнали, що використовуються у цифровому телебаченні.

Аналізується можливість використання сигналів цифрового мовлення стандарту DVB-T на території України для створення суцільного радіолокаційного поля з метою покращення показників якості виявлення та визначення просторових координат малорозмірних повітряних об'єктів (ПО) та безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

Запропоновано введення додаткового режиму рознесеного прийому в оглядову радіолокаційну станцію. Для цього в РЛС необхідно реалізувати відповідні канали обробки ехо-сигналів, які зумовлені випромінюванням власних та сторонніх передавачів. Побудовано структурна схема каналів обробки ехо-сигналів оглядової РЛС при об'єднанні методів однопозиційного та рознесеного прийому сигналів. Для об'єднання режимів однопозиційної та рознесеної локації в оглядових РЛС забезпечено комплексування відповідних цифрових приймальних пристроїв та цифрових систем обробки сигналів. Основним принципом комплексування зазначених приймальних пристроїв є інформаційне доповнення без порушення штатних режимів функціонування оглядової РЛС.

Зроблено висновок про покращення показників якості виявлення малорозмірних ПО типу БПЛА при використанні суцільного прихованого радіолокаційного поля сигналів цифрового мовлення стандарту DVB-T.

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕ ОКРЕМОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВЗВОДУ ЩОДО ЗДІЙСНЕННЯ МАНЕВУ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ВЕДЕННЯ АТО**

*Ю.В. Башук; С.О. Мажулін; М.Ю. Харьков*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Окремий радіолокаційний взвод (*орлв*), є тактичним підрозділом РТВ, він призначений для посилення радіолокаційного поля на малих і гранично малих висотах на найбільш імовірних напрямках дій повітряного противника, відновлення боєздатності радіотехнічних підрозділів та нарощування радіолокаційного поля над важливими об'єктами держави.

Аналіз останніх військових конфліктів показує зростання вірогідності здійснення терористичних актів та нанесення ударів з повітря на важливі державні об'єкти. Особливого значення набуває застосування безпілотних літальних апаратів різного призначення.

Все це зумовлює внесення змін до підготовки і бойового застосування окремих



радіолокаційних взводів.

Проведений аналіз виконання завдань окремими радіолокаційними взводами в ході ведення АТО показав ряд проблем та суттєвих недоліків щодо їх бойового застосування.

Розгляд показників *орлв*, на озброєнні яких 19Ж6 (35Д6), таких як: довжина причепів, їх маса, радіус розвороту та особливо час згортання і розгортання показує, що вони є далеко не мобільними.

В сучасних умовах із застосуванням новітніх технологій для комплектування *орлв* потребує розробка та виробництво маневрених, легко броньованих сучасних ЗРЛ з вмонтованими засобами зв'язку, які матимуть малий час розгортання і згортання біля 10-15 хвилин, та будуть здатні виконувати завдання при застосуванні противником стрілецької зброї та зенітно-кулеметного озброєння, а саме головне оперативно змінювати позицію. А кількість одиниць техніки складатиме 1-2 одиниці, та військовослужбовців 5-8 осіб.

Досвід виконання завдань підрозділами РТВ в зоні проведення АТО показує, що потребує впровадження комплексного підходу і до організації наземної оборони та охорони позиції *орлв*. Це завдання слід вирішувати комплексно у тісній взаємодії з усіма учасниками угруповання військ, при цьому питання охорони покласти на підрозділи РТВ, а оборони на підрозділи СВ ЗС України. Найбільш доцільно *орлв* розгортати в бойових порядках, або поблизу, підрозділів сухопутних військ.

Реалізація поданих пропозицій суттєво підвищить бойові можливості *орлв*, як тактичного підрозділу РТВ та основного підрозділу, що буде виконувати завдання оперативного відновлення боєготовності і нарощування зони радіолокаційної інформації чи РЛП батальйону, бригади та угруповання військ Повітряних Сил чи Збройних Сил України в цілому.

## **ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК СПРЯМОВАНІСТІ ЦАР З УРАХУВАННЯМ ФАЗОВИХ ПОХИБОК В АЦП**

*В.А. Андрієвський; М.П. Солтис*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Перспективним напрямом розвитку засобів радіолокації військового призначення є застосування в якості антенних систем цифрових антенних решіток (ЦАР). В роботі наведений алгоритм синтезу ЦАР та результати синтезу, а також наведені пропозиції з технічної реалізації ЦАР.

На етапі обґрунтування вимог до характеристик ЦАР визначено, що сучасні РЛС РТВ повинні реалізувати високий темп огляду простору та режим видачі бойової інформації. Таким вимогам задовольняє діаграма спрямованості (ДС), багатопроменева в кутомісній площині. З аналізу сучасних зразків вітчизняних та закордонних РЛС визначені чисельні вимоги до параметрів ДС ЦАР. За сформульованими вимогами розраховані характеристики ЦАР: розроблена структурна схема ЦАР, розраховані окремих випромінювач та геометрія розташування випромінювачів, сформульовані пропозиції з схемотехнічної реалізації аналого-цифрового приймального модуля (АЦПрМ), розроблений алгоритм обробки сигналу в цифровій системі обробки та розрахована матриця

комплексних вагових коефіцієнтів, за допомогою яких формуються парціальні канали. Проведений аналіз фазових похибок, які виникають при перетворенні сигналу з аналогової в цифрову форму в АЦПрМ внаслідок дискретизації, квантування та шумів джитеру. Показано, що вони можуть суттєво спотворювати характеристики ЦАР та потребують обов'язкового урахування під час синтезу АЦПрМ.

Результати математичного моделювання показали, що характеристики синтезованої ЦАР задовольняють висунутим вимогам.

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МОБІЛЬНОЇ СТАНЦІЇ НАЗЕМНОЇ РОЗВІДКИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ТАКТИЧНИХ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*Д.А. Астанов*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На основі аналізу досвіду проведення антитерористичної операції Збройними Силами України встановлено широке застосування противником безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що обумовлює необхідність застосування засобів озброєння і військової техніки (ОВТ), які можуть забезпечити завчасне виявлення маловисотних малорозмірних БПЛА та розпізнавання їх типів у будь-який час доби в умовах обмеженої оптичної видимості та впливу перешкод.

Показана доцільність використання для цього переносних станцій наземної розвідки (ПСНР) типу 1РЛ133. У той же час функціональні можливості ПСНР 1РЛ133 є обмеженими через застарілість компонентної бази, невідповідність сучасним вимогам до ефективності ведення радіолокаційної розвідки, відсутність сполучення з сучасними системами збору та обробки інформації про повітряного противника.

Для усунення цих недоліків обґрунтовано напрямки проведення її глибокої модернізації. Розроблено пропозиції щодо покращення тактико-технічних та експлуатаційних характеристик які дозволяють забезпечити потрібні показники якості виявлення та розпізнавання як наземних цілей, так і маловисотних малорозмірних БПЛА.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕНОСНОЇ СТАНЦІЇ НАЗЕМНОЇ РОЗВІДКИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОСТІВ ВІЗУАЛЬНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

*О.О. Бездубенко; А.А. Єршомін*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід виконання бойових завдань частинами та підрозділами Збройних Сил України у рамках антитерористичної операції, а також проведення навчань різних рівнів показав необхідність розгортання у частинах та підрозділах Повітряних Сил Збройних Сил України значної кількості постів візуального спостереження (ПВН). При цьому серйозна увага повинна приділятися оснащенню ПВН технічними засобами, які повинні забезпечувати отримання якісної розвідувальної інформації

про наземного противника та маловисотні повітряні цілі у будь-який час доби в умовах обмеженої оптичної видимості.

Виходячи з забезпечуваних тактико-технічних характеристик та проведених експериментальних досліджень щодо розпізнавання різних типів наземних та маловисотних малорозмірних цілей пропонується оснащувати ПВН переносними станціями наземної розвідки типу 1РЛ133. Пропозиція ґрунтується на визначених авторами напрямках глибокої модернізації РЛС 1РЛ133, основною метою яких є покращення її тактико-технічних та експлуатаційних характеристик.

## **ШЛЯХИ ЗБІЛЬШЕННЯ ДЕВІАЦІЇ ЧАСТОТИ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ СИНТЕЗАТОРІВ ЧАСТОТИ**

*І.М. Лашкоул; В.Ю. Дяченко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

При формуванні ЛЧМ сигналів методом прямого цифрового синтезу максимальна девіація  $\Delta f_{c \text{ макс}}$  досягає 0,5...0,75 від тактової частоти  $f_r$ . Оскільки сучасна цифрова елементна база забезпечує стійку роботу з  $f_r \leq 500$  МГц, то  $\Delta f_{c \text{ макс}} = 100...140$  МГц. Це недостатньо для рішення деяких сучасних радіолокаційних завдань.

Існуючі методи підвищення частотного діапазону засновані на використанні фазової синхронізації коливань, фазового автопідстроювання коливань або методів формування, на основі фазової модуляції. Однак багаторазове множення та фільтрація вихідних ЛЧМ сигналів зазначеними методами призводить до множення фазових похибок (спотворень).

В доповіді розглядається метод формування ЛЧМ сигналу, якій дозволяє досить просто сформувати сигнал на високій частоті й одночасно вдвічі збільшити девіацію частоти. Метод заснований на використанні балансних змішувачів в квадратурних каналах та модулюючих сигналів відповідного виду.

Перевагами методу є: формування модулюючого сигналу на досить низькій частоті, що знижує вимоги до діапазону частот формуємих сигналів у ЦСС; перенос спектра сигналу на ВЧ із одночасним збільшенням девіації частоти.

## **СИНТЕЗ ШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ З ЛІНІЙНОЮ ЧАСТОТНОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ, СФОРМОВАНИХ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ЦИФРОВОГО СИНТЕЗУ**

*С.В. Липський; В.М. Моряк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Одним з перспективних напрямків вирішення проблеми виявлення безпілотних літальних апаратів засобами радіолокації є застосування ЛЧМ сигналів. Існує багато способів формування ЛЧМ сигналів але лише сигнали, сформовані цифровими методами, мають передбачувані параметри, такі як частота і фаза в кожен момент часу.

В даний час є велика кількість мікросхем, що дозволяють використовувати цифрові методи формування широкосмугових сигналів з заданими законами зміни амплітуди, частоти і фази вихідного сигналу в смузі частот до декількох ГГц.

Цифрові методи формування сигналів дозволяють забезпечити високу роздільну здатність по дальності, скритність роботи і перешкодозахищеності радіоелектронних систем, задовольняючи жорстким вимогам, що пред'являються сучасними радіоелектронними пристроями до смуги частот сигналу що формується, рівню побічних випромінювань, похибок встановлення амплітуди і фази вихідного сигналу

В доповіді розглядається метод прямого цифрового синтезу ЛЧМ сигналу, який дозволяє отримати ширококутовий сигнал в смузі частот до 1500 МГц з заданими значеннями початкових параметрів вихідних сигналів з можливістю забезпечувати корекцію фазочастотної характеристики сформованих сигналів з рівними побічними складових від – 70 дБ до 95 дБ, і відношенням сигнал шум в діапазоні – 40...80 дБ.

### **ОБМЕЖЕННЯ ЩОДО ЯКОСТІ ОБРОБКИ ПАЧКИ НЕКОГЕРЕНТНИХ РАДІОІМПУЛЬСІВ**

*О.М. Оленін; В.А. Полтавець*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Вдосконалення засобів повітряного нападу та способів їх бойового застосування обумовлює зростання вимог до сучасних зразків радіолокаційного озброєння. Забезпечення радіолокаційного спостереження високошвидкісних та малопомітних маневруючих цілей пов'язано з використанням в РЛС когерентної обробки відбитих від цілей прийнятих радіосигналів.

Можливості забезпечення заданих показників якості виявлення цілей та вимірювання їх координат й параметрів руху обмежені ступенем когерентності прийнятої послідовності радіоімпульсів. Тому має практичну користь дослідження впливу реальних умов виконання РЛС завдань за призначенням на закономірність фазової структури прийнятого радіосигналу.

У доповіді надані результати чисельного оцінювання впливу статистичних характеристик флукуацій фазової структури сигналу на якість його часо-частотної обробки. Проведені дослідження дозволяють визначати умови наближення реальних показників якості радіолокаційного спостереження цілей до потенційних значень.

### **ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ ПАСИВНИХ ЗАВАД В РЛС**

*К.О. Романенко; Р.Р. Романюк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Низька стабільність несучої частоти зондувальних сигналів (ЗС) в деяких РЛС є домінуючим фактором, що призводить до зниження їх захищеності від пасивних завад. Зменшити вплив нестабільності несучої частоти ЗС на ефективність роботи системи СРЦ можна за рахунок корекції спектрів ехо-сигналів  $S_1(f)$ , ...,  $S_k(f)$  для кожної послідовності імпульсів. Для цього в радіолокаційний тракт необхідно вводити спеціальні фільтри-коректори. Їхні частотні характеристики  $K_1(f)$ , ...,  $K_k(f)$  повинні

забезпечувати якісне (в ідеалі – точне) суміщення добутоків  $K_i(f) \cdot S_i(f)$ , ...,  $K_k(f) \cdot S_k(f)$  для ПЗ усіх посилок, що сумісно обробляються в системі СРЦ. Особливістю використання фільтрів-коректорів є те, що їх застосування приводить до трансформації нестабільності несучої частоти ЗС в амплітудні флуктуації ехо-сигналу на виході фільтра. Перестроювання частотної характеристики фільтру-коректора здійснюється у відповідності з вимірною величиною нестабільності несучої частоти ЗС. Величина амплітудних флуктуацій сигналу на виході фільтра однозначно зв'язана з величиною нестабільності несучої частоти ЗС, що дає можливість врахувати змінення амплітуди ехо-сигналів у подальшій обробці за допомогою нормуючого пристрою. Результати розрахунків щодо використання фільтрів-коректорів свідчать, що корекція спектрів ехо-сигналів дозволяє значно збільшити ефективність системи СРЦ. При використанні ЗС з дзвоноюю та середньоквадратичному відхиленні несучої частоти ЗС на 10...20% відносно ширини спектра сигналу, коефіцієнт підзадовоюї видимості навіть для найпростіших систем СРЦ теоретично може бути збільшений на 10...20 дБ.

### **МОЖЛИВОСТІ ЗБІЛЬШЕННЯ ЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ ІНТЕГРАЛЬНИХ ЦИФРОВИХ СИНТЕЗАТОРІВ**

*О.О. Альчаков; С.А. Берестовий*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Сучасний розвиток радіолокаційної техніки характеризується широким застосуванням цифрових методів формування набору високостабільних сигналів з складними законами модуляції амплітудно-частотно-часових параметрів. Перевагами пристроїв цифрового формування сигналів – цифрових синтезаторів (ЦСС), в порівнянні з аналоговими формувачами, є висока технологічність та надійність, точність та відтворюваність параметрів сигналів, що формуються, можливість їх гнучкої зміни в широких межах. Однак при цьому існують обмеження щодо максимального значення несучої частоти та ширини спектру вихідних сигналів ЦСС, що пов'язано з недостатньою швидкодією їх елементної бази.

В доповіді розглянуто існуючі методи розширення частотного діапазону частотномодульованих (ЧМ) сигналів цифрових синтезаторів та варіанти технічної реалізації ЦСС, що забезпечують можливість програмування і адаптивну корекцію всіх параметрів модуляції. Проведено аналіз можливостей сучасних інтегральних прямих цифрових синтезаторів щодо формування радіолокаційних ЧМ сигналів.

Показано можливість реалізації заснованого на використанні квадратурних модуляторів методу перенесення ЧМ сигналу цифрового синтезатора в область частот дециметрового і сантиметрового діапазонів без порушень властивостей сигналу ЦСС та втрат його якості.

## **МОЖЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ТВЕРДОТІЛЬНИХ ІМПУЛЬСНИХ МОДУЛЯТОРІВ ЕЛЕКТРОВАКУУМНИХ ПРИЛАДІВ**

*Ю.І. Дацків; В.Ю. Добреєв*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В сучасних радіолокаційних передавальних пристроях для отримання потужних НВЧ коливань використовуються електровакуумні генераторні та підсилювальні прилади (магнетрони, клістрони та лампи біжучої хвилі), що працюють, як правило, в імпульсному режимі. Для живлення таких приладів використовуються імпульсні модулятори (ІМ), що містять в своєму складі потужний високовольтний ключ і накопичувач енергії. Побудова ІМ за схемою з частковим розрядом ємнісного накопичувача, в порівнянні з іншими типами ІМ, забезпечує можливість оперативної зміни (від імпульса до імпульсу) параметрів імпульсів, що формуються, та кращу їх форму. Але в дійсний час такі модулятори мають низький коефіцієнт корисної дії та не завжди задовільняють вимогам щодо надійності, ваги, габаритів.

Підвищення ефективності та надійності ІМ можливе за рахунок відмови від використання електровакуумних або газорозрядних приладів в ключових каскадах і застосування сучасних високовольтних напівпровідникових транзисторів і діодів.

У доповіді розглянуто питання практичної реалізації малогабаритних високовольтних імпульсних модуляторів на твердотільних ключових елементах.

## **ОБґРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ В РЛС**

*І.С. Максимович; А.А. Щетинкін*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Підвищення інформативності радіолокаційного озброєння неможливе без комплексного застосування в ньому високостабільних простих та складних сигналів з гнучкою зміною часових та частотних характеристик і параметрів.

В доповіді розглядаються питання, пов'язані з підвищенням ефективності радіотехнічного озброєння за рахунок реалізації методів активної і пасивної радіолокації в єдиному активно-пасивному радіолокаційному комплексі (АПРЛК). Якісне виконання завдань такими комплексами забезпечується застосуванням методів і пристроїв просторово-часової та спектрально-кореляційної обробки сигналів, при цьому припускається доцільність виконання обробки сигналів у спектральній області. При обробці спектру сигналу в реальному масштабі часу виправданим є використання Фур'є-процесорів. Для виявлення аеродинамічних та балістичних цілей, наведення на них винищувальної авіації та ракет обґрунтовується доцільність використання як простих, так і складних сигналів із шириною спектра 0,1...15 МГц. Для точного визначення координат балістичних цілей і розпізнавання аеродинамічних цілей пропонується використовувати сигнали з шириною спектра 5...150 МГц. На етапі селекції елементів групової цілі, розпізнавання балістичних цілей і космічних об'єктів перспективними є складні сигнали із шириною спектра 100...600 МГц. В якості такого сигналу, який

задовільнить наведеним вимогам, пропонується обрати фазодульований сигнал, існуючий стан розвитку методів формування якого дає надзвичайно широкі можливості проектувальнику радіолокаційного озброєння.

## **СИГНАЛИ З ФАЗОВОЮ МОДУЛЯЦІЄЮ НЕГАРМОНІЙНОЮ ФУНКЦІЄЮ**

*С.М. Льченко; О.О. Іванов*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Відомим методом формування когерентних багаточастотних сигналів є метод фазової модуляції з використанням гармонійної функції, що модулює. Основним недоліком такого сигналу є високий рівень бічних пелюсток автокореляційної функції. Це обмежує можливості його використання в РТС різного призначення. Так, наприклад, при супроводі повітряних цілей необхідний рівень бічних пелюсток автокореляційної функції становить від  $-16$  до  $-28$  дБ. У сигналів же з гармонійною модулюючою функцією в оптимальному випадку рівень бічних пелюсток автокореляційної функції становить  $-8$  дБ.

Основні шляхи зниження рівня бічних пелюсток автокореляційної функції когерентних багаточастотних сигналів, сформованих методом гармонійної фазової модуляції, зводяться до оптимального вибору індексу фазової модуляції, відносної частоти модулюючої напруги і методам вагової обробки багаточастотних сигналів. Однак вагова обробка, приміром, сполучена з небажаними втратами у відношенні сигнал-шум. Ефективність двох перших шляхів обмежена, так як зниження рівня першої бічної пелюстки автокореляційної функції супроводжується значним ростом віддалених бічних пелюсток.

Таким чином, пропонується використовувати модулюючу функцію більш складної, ніж гармонійна, форми. Добір форми модулюючої функції для забезпечення відповідних автокореляційних властивостей багаточастотного сигналу являє собою досить складне завдання синтезу, тому запропонований наближений метод її розв'язку.

## **ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ З ЗАДАНОЮ ФОРМОЮ АМПЛІТУДНО-ЧАСТОТНОГО СПЕКТРА**

*Р.С. Максимович; Т.М. Калімулін*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Перспективним напрямком розвитку радіолокаційної техніки є адаптація режимів роботи РЛС до будь-яких змін умов ведення радіолокаційної розвідки. Практична реалізація зазначеної можливості, серед іншого, може передбачати можливість гнучкої зміни параметрів зондуючого сигналу з метою повної реалізації тактико-технічних характеристик РЛС в змінюваній радіолокаційній обстановці. В таких умовах перспективним видом зондуючого сигналу можуть стати когерентні багаточастотні сигнали, що формуються методом фазової модуляції.

При формуванні таких сигналів має місце певна залежність форми обвідної амплітудно-частотного спектра (АЧС) від виду модулюючої функції. Так, якщо

при гармонійній модулюючій функції спостерігається високий рівень бічних пелюсток автокореляційної функції, то при використанні модулюючої функції у вигляді суми декількох зважених гармонійних функцій може досягатися наближення форми обвідної АЧС сигналу до гауссової, що, як відомо, призводить до істотного зменшення рівня бічних пелюсток автокореляційної функції. Таким чином, пропонується використовувати модулюючу функцію більш складної, ніж гармонійна, форми і запропонований наближений метод вирішення задачі добору форми модулюючої функції для забезпечення відповідних автокореляційних властивостей багаточастотного сигналу.

## **ПЕРСПЕКТИВНІ ЗАСОБИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ НА РАДІОЕЛЕКТРОННІ ПРИБОРИ**

*А.В. Ковтун; Д.В. Орлов*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В наш час військові конфлікти характеризуються широким застосуванням малорозмірних елементів високоточної зброї, безпілотних літальних апаратів, що з'єднані в єдину інформаційну мережу за допомогою бортових комп'ютерів або спеціалізованих пристроїв. Для протидії таким "розумним" засобам повітряного нападу має сенс застосовувати радіотехнічні системи спеціального призначення, які працюють на нових фізичних принципах, наприклад такі, що здійснюють функціональне подавлення та ураження (ФПУ) бортових радіоелектронних систем (РЕС).

Одним з перспективних напрямків створення засобів ФПУ є розробка багатофункціональних РТС з передавальними фазованими антенними решітками (ФАР), що забезпечують фокусування електромагнітної енергії в задану точку простору. При цьому параметрами, що керують формуванням заданої структури поля і досягненням необхідних рівнів потужності, є не тільки амплітудне та фазове розподілення в апертурі ФАР, але також частотне і часове розподілення. Проводиться огляд методів фокусування електромагнітного імпульсу з різними можливостями керування розподіленням струмів в апертурі ФАР.

## **РАДІОІЗОТОПНО–ПЛАЗМОВА ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ПОГЛИНАЮЧИХ ЕКРАНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕКСАГОНАЛЬНИХ ВКЛЮЧЕНЬ**

*О.М. Піскун; В.І. Самсонюк*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

З метою захисту радіоелектронних засобів (РЕЗ) від впливу потужного імпульсного електромагнітного випромінювання (ЕМВ) запропонована радіоізотопно-плазмова технологія створення поглинаючих екранів з використанням гексагональних включень. Для цього пропонується використовувати напівпровідникові матеріали з радіоізотопними елементами. Це забезпечить значне поглинання ЕМВ в широкому частотному діапазоні за рахунок створення нерівноважного стану електронних підсистем різних шарів матеріалу.



Розроблено узагальнену структуру поглинаючого матеріалу та проведено аналіз фізичних механізмів, що відбуваються за рахунок використання радіоізотопних елементів. Показано, що фізичні механізми, які відбуваються в матеріалі, визначають його діелектричну проникність та її комплексний характер. Виконані оцінки поглинаючих та розсіюючих властивостей матеріалу. Одержані оцінки показують доцільність використання радіоізотопно-плазмової технології з метою створення матеріалів для захисту РЕЗ від потужного ЕМВ, особливо в умовах обмежень на масогабаритні характеристики поглинаючих екранів.

## **ФУНКЦІОНАЛЬНЕ УРАЖЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ**

*Д.С. Сидоренко; О.В. Сова*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В наш час військові конфлікти характеризуються широким застосуванням малорозмірних елементів високоточної зброї, безпілотних літальних апаратів, що з'єднані в єдину інформаційну мережу за допомогою бортових комп'ютерів або спецобчислювачів. Для протидії таким "розумним" засобом повітряного нападу має сенс застосовувати радіотехнічні системи спеціального призначення, які працюють на нових фізичних принципах, наприклад такі, що здійснюють функціональне подавлення та ураження (ФПУ) бортових радіоелектронних систем (РЕС).

Одним з перспективних напрямків створення засобів ФПУ є розробка багатофункціональних РТС з передавальними фазованими антенними решітками (ФАР), що забезпечують фокусування електромагнітної енергії в задану точку простору. При цьому параметрами, що керують формуванням заданою структурою поля і досягненням необхідних рівнів потужності, є не тільки амплітудне та фазове розподілення в апертурі ФАР, але також частотне і часове розподілення. Проводиться огляд методів фокусування електромагнітного імпульсу з різними можливостями керування розподіленням струмів в апертурі ФАР.

## **АНАЛІЗ КАТАСТРОФІЧНИХ ВІДМОВ В РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ БПЛА ПРИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗБРОЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПОДАВЛЕННЯ ТА ПОРАЗКИ**

*Р.Р. Шатіло; В.М. Терещенко*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Аналіз застосування засобів повітряного нападу (ЗПН) показує зростаючу роль застосування БПЛА (дронів) при веденні бойових дій у сучасних локальних конфліктах. Досвід бойових дій в зоні антитерористичної операції (АТО) показує, що найбільш небезпечними для угруповань військ є мікро та міні БПЛА ближньої дії та легкі БПЛА малого та середнього радіусу дії, що виконують роль розвідки бойових порядків військ та корегування вогню артилерії, мінометів та реактивних систем залпового вогню. Знищення БПЛА існуючими вогневыми засобами ППО малоефективне в зв'язку з недостатнім часом обстрілу та розкриттям вогневих позицій засобів ППО. На думку авторів, найбільш ефективним засобом знищення

БПЛА цих класів є застосування електромагнітної зброї з безпосереднім впливом електромагнітного випромінювання на БПЛА з метою ураження або придушення їхнього бортового радіоелектронного обладнання. В узагальненому вигляді можна віднести цю зброю до засобів ФПП. Визначені переваги засобів ФПП перед традиційними вогневими засобами боротьби з малорозмірними та високошвидкісними БПЛА. Розглянуті основні механізми ФПП при фокусуванні електромагнітного поля від рознесених РТС. Причиною катастрофічних необоротних відмов активних радіоелементів РЕС після дії потужного ЕМІ в більшості випадків є тепловий вторинний пробій, а також шнування струму, що приводить до проплавлення структури і руйнування металізації в локальних областях. Ефекти, пов'язані з тепловим вторинним пробоем, в першому наближенні можуть бути в подальшому оцінені за допомогою моделі Вунша-Белла-Таска.

### **ВИЯВЛЕННЯ ТА СУПРОВОДЖЕННЯ БЛА ДЛЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПОРАЖЕННЯ**

*А.В. Харченко; Д.С. Хаяров*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

У доповіді визначені переваги засобів функціонального поразення (ФП) перед традиційно використовуваними вогневими засобами, що застосовуються, у якості протидії малорозмірним засобам повітряного нападу – БЛА.

Визначені характеристики засобу ФП БЛА та можливі варіанти сумісної роботи зі штатними засобами радіолокаційної розвідки, що знаходяться в складі сил та засобів, які виконують завдання пов'язані з виявленням та супроводженням повітряних цілей.

Розглянуті питання видачі цілевказівки на перспективні засоби функціонального поразення БЛА, за допомогою радіолокаційного засобу РПН ЗРК С-300.

Визначено середньоквадратичне відхилення помилки супроводження за кутковими координатами. Проведено перерахунок куткових хвилин в метри.