

## СЕКЦІЯ 7

### ТАКТИКА РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК, РОЗВИТОК ТА БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ РТВ. ОСОБЛИВОСТІ ВЕДЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ ООС

Керівники секції: полковник Л.В. Бейліс;  
д.т.н. проф. полковник Худов Г.В.  
Секретар секції: к.т.н. майор Додух О.М.

### ВИБІР ПОКАЗНИКІВ ОЦІНЮВАННЯ ЖИВУЧОСТІ УГРУПОВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК

*Л.В. Бейліс<sup>1</sup>; С.Ю. Гогоняніч<sup>2</sup>; В.М. Крищенко<sup>3</sup>; О.М. Колеснік<sup>4</sup>*

*<sup>1</sup>Командування Повітряних Сил Збройних Сил України;*

*<sup>2</sup>Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського;*

*<sup>3</sup>Головний Командний центр Збройних Сил України;*

*<sup>4</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Викладені загальні положення удосконаленої методики оцінювання живучості угруповання радіотехнічних військ під час участі у відбитті удару повітряного противника. Методика є аналітичною і описує залежність втрат угруповання радіотехнічних військ від способів застосування при відбитті удару повітряного противника. В основу методики покладені методи аналітико-стохастичного моделювання бойового застосування угруповання радіотехнічних військ та, на відміну від існуючих, теорії ігор для обґрунтування доцільності зміни позиції радіотехнічного підрозділу при загрозі вогневого ураження. Критерієм оцінювання живучості є математичне сподівання потрібної кількості збережених радіотехнічних підрозділів за відповідним варіантом застосування, при якому здійснюється радіолокаційне забезпечення споживачів із потрібним рівнем ефективності. Дані показники в доповнення до існуючих дають можливість порівняльної оцінки живучості типових радіотехнічних підрозділів в однакових умовах застосування. Використання наведених вище показників та критерію може дати можливість підвищити об'єктивність і інформативність результату оцінювання живучості угруповання РТВ під час участі у відбитті удару ЗПН противника за рахунок врахування впливу додаткових факторів. Показано, що використання стохастичних та аналітичних моделей для оцінки показників живучості угруповання за рахунок обмеження деталізації при проведенні розрахунків, дозволяє отримати потрібну оперативність розрахунків, але результати таких розрахунків не враховують динаміку та характер дій повітряного противника та варіанти протидії підрозділів РТВ, що є суттєвим недоліком, який можливо виправити лише при використанні імітаційного моделювання та потребує використання імітаційних моделей типу "Віраж-РД" для остаточної перевірки ефективності обраних варіантів застосування підрозділів РТВ.

Методика може бути використана в інтересах опису закономірностей впливу на показник живучості способів застосування угруповання радіотехнічних військ та обґрунтування відповідних рекомендацій щодо забезпечення живучості.

## **ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНИХ ТОЧНОСТЕЙ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ В БАГАТОПОЗИЦІЙНІЙ ПАСИВНІЙ СИСТЕМІ**

*Г.В. Худов, д.т.н., проф.; Г.В. Місюк; О.В. Сова  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Досвід ведення сучасних гібридних війн, антитерористичної операції та операції Об'єднаних сил на сході України свідчить про зростання ролі маловисотних та малорозмірних повітряних об'єктів, в першу чергу, безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які довели свою здатність значно ефективніше вести повітряну розвідку у порівнянні з пілотованими літаками та виконувати інші завдання бойового забезпечення.

Відомо, що при виявленні сучасних та перспективних малопомітних та малорозмірних повітряних об'єктів спостерігається погіршення можливостей визначення просторових координат радіолокаційними станціями, які знаходяться на озброєнні радіотехнічних військ. В роботі для підвищення точності визначення координат повітряних об'єктів запропоновано використання багатопозиційної системи приймачів. У якості приймачів в системі використовуються приймачі ADS-B.

Для порівняльної оцінки потенційної точності визначення координат повітряних об'єктів обрані кутомірний, дальномірний, різницево-дальномірний та суммарно-дальномірний методи.

Формалізована задача визначення просторових координат повітряного об'єкта з урахуванням прийнятих обмежень та припущень. Отримано математичний вираз для кореляційної матриці помилок виміру просторових координат повітряного об'єкта. Проведено уточнення математичного виразу кореляційної матриці для різних методів визначення просторових координат.

Досліджено вплив точності початкових умов на результуючу потенційну точність виміру просторових координат повітряного об'єкта. Розглянуті можливі джерела отримання апріорної інформації щодо положення повітряного об'єкта (початкові умови). Встановлено, що у якості джерела отримання апріорної інформації щодо положення повітряного об'єкта доцільно використання радіолокаційних станцій радіотехнічних військ.

Наведені залежності потенційної точності виміру координат від часу спостереження повітряного об'єкта різними методами. встановлено, що для визначення просторових координат повітряного об'єкта в багатопозиційній пасивній системі найбільш доцільно використання різницево-далекомірного методу.

Визначені напрямки подальшого дослідження, яке спрямовано на знаходження оптимальної кількості та оптимального розташування приймачів багатопозиційної пасивної системи.

## **МЕТОД ЗБІЛЬШЕННЯ ЗОНИ ВИЯВЛЕННЯ МАЛОРОЗМІРНИХ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ В ОГЛЯДОВИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЯХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК**

*С.М. Ковалевський, к.т.н.; А.А. Лук'янчиков; С.М. Ільченко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Аналіз особливостей виконання завдань військовими частинами (підрозділами) радіотехнічних військ (РТВ) при веденні операції Об'єднаних сил свідчить про актуальність питання виявлення малорозмірних повітряних об'єктів на малих та гранично малих висотах. Основною особливістю малорозмірних повітряних об'єктів, що ускладнює їх виявлення за допомогою оглядових радіолокаційних станцій (РЛС) РТВ, є мале значення ефективної поверхні розсіяння (ЕПР), яке обумовлено малими розмірами повітряних об'єктів та використанням композитних матеріалів. Це приводить до зменшення розмірів зони виявлення оглядових РЛС.

Проведена оцінка можливості виявлення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) оперативного-тактичного та тактичного рівня. Проведено аналіз можливостей РЛС РТВ з виявлення БПЛА оперативного-тактичного рівня на прикладі БПЛА російського виробництва типу "Орлан-10" та "Форпост". У якості РЛС РТВ обрано сучасні РЛС типу 35Д6, 19Ж6, П-18 "Малахіт" та П-18МА. При проведенні дослідження використовувалися розрахункові значення ЕПР БПЛА "Орлан-10". Розрахунковим способом отримано оціночні характеристики форм та розмірів зон виявлення БПЛА оперативного-тактичного призначення для РЛС П-18 "Малахіт" (П-18МА) та 19Ж6 (35Д6).

Проведені розрахунки дозволили визначити, що сучасні РЛС, які знаходяться на озброєнні частин та підрозділів РТВ, можуть забезпечити виявлення БПЛА типу "Орлан-10" на висотах від 100 м – на дальностях 15-30 км, на висотах більше 500 м – на дальностях 50-60 км, та на висотах більших 1000 м – на дальностях 70-90 км. Встановлено, що радіолокаційна розвідка БПЛА оперативного-тактичного рівня може здійснюватись так само як і розвідка аеродинамічних цілей типу "крилата ракета".

В роботі запропоновано метод збільшення зони виявлення малорозмірних повітряних об'єктів на малих та гранично малих висотах в оглядових РЛС РТВ. Метод базується на додатковому використанні випромінювань зовнішніх джерел. При цьому здійснюється поєднання енергій власного випромінювання оглядової РЛС та енергії зовнішніх джерел випромінювань. Крім того забезпечується ефективне використання взаємодоповнюючих властивостей моностатичної та бістатичної ЕПР при зміні ракурсу повітряного об'єкта.

## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПОБУДОВИ БАГАТОКАНАЛЬНИХ РЛС НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ ХАОТИЧНИХ СИГНАЛІВ**

*К.С. Васюта, д.т.н., проф.; Ф.Ф. Зоц, к.т.н.; О.В. Очкуренко, к.т.н.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Під час створення багатоканальних РЛС важливим завданням є розділення каналів прийому. Класично це завдання вирішується рознесенням каналів по частоті. При модернізації РЛС здійснено перехід від простих зондуючих сигналів до складних. При цьому зокрема в РЛС РТВ Малахіт та Пелікан

застосовуються ЛЧМ сигнали. Але відомо, що ЛЧМ сигнали навіть в порівнянні з ФКМ сигналами мають меншу скритність. В РЛС зарубіжного виробництва, які будуються за принципом LPI радарів застосовуються сигнали з більш складними видами частотної та фазової модуляції, наприклад на основі кодів Костаса та Френка. Тобто в сучасних РЛС використовуються широкосмугові сигнали, що не завжди дозволяє реалізувати частотне розділення каналів через обмеження частотного діапазону роботи РЛС. Таким чином доцільно перейти від частотного розділення каналів до кодового. Одним із шляхів вирішення цієї задачі є застосування в РЛС хаотичних сигналів.

Хаотичні сигнали, на відміну від гармонійних коливань, мають властивості, які притаманні звичайним випадковим процесам, а саме: суцільний спектр потужності і експоненційно спадаюча кореляційна функція, що свідчить про високу роздільну здатність, непередбачуваність на великих інтервалах часу. Аналіз властивостей і характеристик хаотичних сигналів показав, що ці сигнали мають вищу енергетичну і структурну скритність, ніж гармонійні сигнали з різними видами модуляції. Особливою властивістю хаотичних сигналів є їх висока чутливість до початкових умов формування, тобто сигнали сформовані в одному частотному діапазоні за різних умов не корельовані. Так, наприклад, на основі полінома Чебишева можна цифровим методом отримати безліч ортогональних хаотичних сигналів шляхом зміни початкового значення формування. Виходячи з цієї особливості даного класу складних сигналів авторами запропоновані варіанти побудови багатоканальної РЛС в якій реалізується паралельний огляд простору в кутомісцевій площині методом парціальних променів. При цьому в кожному промені випромінюється широкосмуговий хаотичний сигнал з заданим початковим значенням формування.

Таким чином представлені пропозиції щодо побудови багатоканальних РЛС на основі застосування та особливостей хаотичних сигналів, які дозволять здійснити перехід від частотного розділення каналів до кодового та покращити характеристики РЛС.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ, ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ТЕХНІЧНИЙ СТАН РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ**

*О.М. Колеснік<sup>1</sup>, к.т.н, с.н.с.; А.А. Шетінкін<sup>1</sup>; В.Ю. Дьяченко<sup>1</sup>;  
Д.А. Дончак<sup>2</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Командування радіотехнічних військ Повітряних Сил*

Проведено аналіз існуючих підходів для автоматизованого контролю працездатності радіолокаційних засобів. Розроблені пропозиції щодо практичної реалізації методу автоматизованого контролю працездатності радіолокаційних засобів за інтегральним показником та запропоновано варіант структурної схеми пристрою, який реалізує запропонований експериментально-розрахунковий метод визначення працездатності радіолокаційного засобу за інтегральним показником. Запропоновано для аналогових РЛС старого парку в яких відсутній автоматичний контроль технічних параметрів, але, які обладнані радіолокаційними екстракторами або

пристроями "АЦПРЛ", в якості ознаки погіршення параметрів зони виявлення використовувати результати контролю просторово-енергетичного розподілення віддзеркалень від місцевих предметів, яке притаманне повністю працездатному стану зразка РЛС та відсутності аномальних природних явищ.

Розроблено пропозиції щодо практичної реалізації методики оцінювання змін параметрів радіолокаційного поля, обумовлених змінами технічного стану радіолокаційних засобів у вигляді спеціального програмного забезпечення. Запропоновано варіанти графічного інтерфейсу для відображення результатів.

Розроблено пропозицій щодо удосконалення інформаційного забезпечення системи управління інженерно радіоелектронного забезпечення РТВ, які передбачають втілення нових засобів РЕТ з вбудованими автоматизованими системами контролю або вбудовування до застарілих РЛС цифрових пристроїв контролю технічного стану, впровадження нової системи обміну даними про технічний стан РЕТ, впровадження системи АРМ з відповідним програмним забезпеченням керівного інженерного складу та автоматизованої бази даних по засобам РЕТ, організації електронного документообігу. Проведене обґрунтування вимог до спеціального програмного забезпечення АРМ головного інженера РТВ та алгоритмів автоматизації процесів аналізу і прогнозу технічного стану РЕТ керівним інженерним складом РТВ, яке повинне забезпечувати збір даних, обробку та виконання розрахункових задач управління інженерно радіоелектронного забезпечення.

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПОВІТРЯНОГО ОБ'ЄКТА ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ MLAT

*А.В. Федоров; О.В. Сердюк; Б.А. Андрієвський  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Відомо, що поряд з активними первинними радіолокаційними станціями (РЛС) в цивільній авіації для контролю повітряного простору використовують технологію системи мультилатерації (MLAT). В якості приймачів в системі MLAT використовуються приймачі ADS-B. В основу роботи системи MLAT покладений відомий різницево-далекомірний метод визначення координат повітряного об'єкта (ПО).

В якості приймачів системи MLAT запропоновано використовувати приймачі ADS-B, які розташовані певним чином, створюючи необхідну геометрію розташування в системі, ще забезпечує визначення координат ПО з підвищеною точністю в необхідній зоні та значно підвищує живучість системи.

В роботі проведені розрахунків щодо визначення координат ПО. В результаті проведених розрахунків для двох варіантів розміщення приймачів системи отримані наступні кореляційні матриці помилок визначення координат ПО  $K_C$ :

Варіант 1 (кількість приймачів 5) :      Варіант 2 (кількість приймачів 1) :

$$K_C = \begin{pmatrix} 33,946 & 11,988 & -6,329 \\ 11,988 & 33,948 & -6,33 \\ -6,329 & -6,33 & 39,689 \end{pmatrix} \quad K_C = \begin{pmatrix} 550,045 & 275,033 & -91,67 \\ 275,033 & 550,018 & -91,67 \\ -91,67 & -91,67 & 61,111 \end{pmatrix}$$

Діагональні елементикореляційних матриць відповідають значенням квадратів похибок координат ПО ( $\sigma_x^2, \sigma_y^2, \sigma_z^2$ ), де

$\sigma_x^2$  – квадрат похибки по координаті X;

$\sigma_y^2$  – квадрат похибки по координаті Y;

$\sigma_z^2$  – квадрат похибки по координаті Z.

Решта елементів кореляційної матриці відповідають значенням коефіцієнтів кореляції еліпсоїду розсіювання і показують орієнтацію еліпсоїда розсіювання у просторі. Таким чином, використання системи MLAT дозволяє підвищити точність вимірювань координат ПО.

На прикладі продемонстровано можливості підвищення точності вимірювань координат ПО при застосуванні багатопозиційної системи MLAT. Середня квадратична похибка по координатам X та Y зменшилась приблизно у 16 разів, по координаті Z – приблизно у 1,5 рази. Наведене свідчить про підвищення точності визначення координат ПО із застосуванням багатопозиційної системи MLAT.

### **МЕТОДИКА СИНТЕЗУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ**

*О.О. Олексенко; І.А. Таран, к.т.н., доц.; Г.В. Худов, д.т.н., проф.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Проведено аналіз підходів до оцінки ефективності варіанту ведення бойових дій повітряним противником. Запропоновано показники ефективності, що дозволяють використовувати їх, як критерій ефективності ведення бойових дій противника, забезпечення зниження (ураження) об'єктів удару визначеного переліку з заданим ступенем при мінімальному рівні втрат засобів повітряного нападу. Розглянуто підходи щодо розрахунку витрат ресурсів повітряним противником. Виходячи з того, що варіанти дій повітряного противника порівнюються і вибирається найбільш оптимальний, можливо не враховувати постійну складову витрат противника, яка не залежить від варіанту його дій.

Розглянуто підходи до розпізнавання варіанту ведення бойових дій повітряним противником методом динамічного програмування, мультиагентним методом.

Запропоновано використання генетичного алгоритму для синтезу раціональної структури системи радіолокаційної розвідки. Структура системи розвідки представляється у вигляді двомірної матриці інцидентності. Ця матриця використовується як хромосома операторами генетичного алгоритму. Елементи матриці інцидентності, що описують зв'язки між елементами структури системи розвідки, у генетичному алгоритмі являються генами. В кожному циклі генетичного алгоритму здійснюється попарне схрещування хромосом, в ході якого здійснюється обмін частини генів, що для досліджуваної системи розвідки означає появу та зникнення відповідних зв'язків між елементами. Розрахунок значень цільової функції (ефективності ведення бойових дій) пропонується здійснювати з використанням

мультиагентного алгоритму, при цьому для кожної хромосоми поточної популяції спочатку розпізнається варіант дій повітряного противника.

Подальші дослідження можуть бути направлені на розробку методики синтезу раціональної структури системи радіолокаційної розвідки з визначенням складу елементів системи та їх розташування на місцевості.

## **МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ В МУЛЬТИРАДАРНІЙ СИСТЕМІ НА БАЗІ ОГЛЯДОВИХ ДВОКООРДИНАТНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СТАНЦІЙ**

*В.М. Лиценко*

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

Як свідчить аналіз досвіду ведення локальних і гібридних війн та збройного конфлікту на сході України, основними напрямками розвитку сучасних засобів повітряного нападу є збільшення кількості та інтенсивності використання малогабаритних, безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

У таких умовах було б економічно доцільним використовувати існуючі радіолокаційні станції (РЛС), як елементи мультирадарної системи (МРС), це відповідає загальносвітовій тенденції у техніці – об'єднання окремих пристроїв та модулів у системи.

МРС з потенційною результуючою точністю радіолокаційної інформації, яка може бути отримана, вище, ніж у сукупності окремих РЛС. Крім того, існують можливості використання системних ефектів.

МРС з сумісним прийомом має очевидні енергетичні переваги. Позиції прийому такої системи можуть приймати ехо-сигнали з повітряного простору, які опромінюються як власними передавачами, так і передавачами з інших позицій. Одним з ключових питань, що визначають можливість створення таких систем, є забезпечення узгодженого спостереження за простором усіма просторово-розташованими РЛС. Можливість реалізації когерентного повітряного спостереження за допомогою просторово розташованих радарів залежить від методу спостереження повітряного простору, який використовується в радарях. В роботі запропоновано провести розрахунки МРС за принципами побудови розрідженої антенної решітки.

Виходячи з виконаних в роботі розрахунків проведених за допомогою математичного моделювання малобазової МРС можна зробити наступні висновки: максимальна дальність виявлення повітряних об'єктів може зрости удвічі у порівнянні з автономною РЛС. При цьому практично не скоротяться розміри зони виявлення системи, що є доволі актуальним питанням для оглядових багатопозиційних систем. Такий ефект досягається завдяки нарощуванню енергетики системи, використанню сумісної обробки радіолокаційної інформації, збільшенню спрямованих властивостей розрідженої антенної решітки, елементами якої розглянуті автономні оглядові РЛС.

## **МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ МАЛОПОТУЖНИХ НАЗЕМНИХ ПЕРЕДАВАЧІВ АКТИВНИХ ШУМОВИХ ПЕРЕШКОД ДЛЯ СТВОРЕННЯ РЕАЛЬНОЇ ПЕРЕШКОДОВОЇ ОБСТАНОВКИ РАДІОЛОКАЦІЙНИМ СТАНЦІЯМ РАДІОТЕХНІЧНИХ ВІЙСЬК**

*В.Й. Климченко, к.т.н., доц.; В.О. Тютюнник, к.т.н., с.н.с.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Традиційними засобами постановки перешкод оглядовим радіолокаційними станціями (РЛС) радіотехнічних військ є спеціалізовані літаки-постановники перешкод. При цьому для визначення показників захисту РЛС від активних шумових перешкод в прийнятих методиках користуються поняттям еквівалентного джерела перешкод. Мініатюризація елементної бази відкрила можливості з використання малопотужних мініатюрних передавачів перешкод, які можуть доставлятися різними способами в райони розташування радіоелектронних засобів для подавлення їхньої роботи. Це спричиняє перегляд, як показників захищеності РЛС від активних шумових перешкод, так і методики використання таких постановників перешкод.

Аналізуються варіанти створення реальної перешкодової обстановки для РЛС з використанням спеціальних наземних малопотужних передавачів активних шумових перешкод. Визначені припустимі межі щодо місць їх встановлення відносно точок стояння РЛС метрового і сантиметрового діапазонів хвиль. Встановлено зв'язок між енергетичними параметрами реальних постановників перешкод і наземних малопотужних передавачів з урахуванням впливу підстильної поверхні. Наведені методики використання наземних малопотужних передавачів перешкод для імітації дії реальних постановників перешкод на РЛС різних діапазонів хвиль.

## **РОЗРАХУНОК І ВІДОБРАЖЕННЯ ЗОН ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЕЙ ОГЛЯДОВИМИ РЛС, РОЗГОРНУТИМИ НА КОНКРЕТНИХ ПОЗИЦІЯХ**

*В.Й. Климченко, к.т.н., доц.; О.С. Малайренко, к.т.н., с.н.с.  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Зона виявлення цілей оглядовими радіолокаційними станціями (РЛС) характеризується набором її горизонтальних перетинів на заданих висотах. Розрахунок та відображення горизонтальних перетинів зони виявлення цілей здійснюється на основі математичної моделі (апроксимуючої функції) діаграми направленості антени (ДНА) РЛС в кутомісцевій площині для кожного режиму огляду простору. Математична модель ДНА розробляється за даними підприємства-розробника, які надаються в табличному або графічному вигляді.

Існують два основні методи оцінки зони виявлення цілей на заданих висотах: знаходження дальності виявлення цілі тільки з урахуванням кутів закриття, що розраховуються з використанням цифрових карт місцевості, і з урахуванням впливу підстильної поверхні на формування результуючої ДНА.

Перший метод вимагає менше часу на рішення і менший об'єм пам'яті для зберігання початкових даних і результатів рішення. Другий метод точніший, особливо для РЛС, що працюють в метровому і дециметровому діапазонах радіохвиль, але збільшує об'єм обчислювальних операцій.



Розглядається комбінований метод визначення зон виявлення цілей, який поєднує в собі переваги і першого, і другого відомих методів. Сутність запропонованого методу полягає в тому, що урахування інтерференції прямої і відбитої від підстильної поверхні радіохвиль доцільне для позицій або окремих секторів, в яких розмір ділянки, істотної для віддзеркалень радіохвиль, перевищує дальність до найближчих перешкод, що створюють затінювання (кути закриття).

### **АНАЛІТИЧНО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА СТИСНЕННЯ ЗОНИ ВИЯВЛЕННЯ ЦІЛЕЙ ОГЛЯДОВОГО РЛС ЗА УМОВ ДІЇ АКТИВНИХ ШУМОВИХ ПЕРЕШКОД**

*В.Й. Климченко<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; О.В. Белавін<sup>2</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Командування Повітряних Сил Збройних Сил України*

Для експериментального визначення коефіцієнта стискання зони виявлення радіолокаційних станцій (РЛС) необхідно здійснювати обльоти РЛС під незмінним кутом місця. Витримати таку траєкторію польоту літака, враховуючи кривизну Землі, досить складно. Тому обльоти здійснюються на середніх, великих і стратосферних висотах на постійній висоті відносно земного геоїда, а на малих висотах – з огинанням рельєфу. Звідси набуло поширення визначення коефіцієнта стискання зони як відношення дальності виявлення цілі із заданою ефективною площею розсіювання (ЕПР) при фіксованій висоті польоту в умовах без перешкод до дальності її виявлення на тій же само висоті за наявності перешкод або навпаки.

Але отримане у такий спосіб значення коефіцієнта стискання зони є умовним і справедливим тільки для конкретної висоти і для конкретного типу цілі. Поширювати його на інші висоти польоту цілей не можна. Для отримання повної картини стискання зони необхідно здійснювати обльоти на інших висотах з певною дискретністю. Тобто процедура обльоту значно ускладнюється.

Доведено, що за відомої форми діаграми направленості антени у вертикальній площині можна за результатами обльотів на одній певній висоті визначити істинний коефіцієнт стискання як відношення дальності виявлення цілі під одним і тим само кутом місця за наявності і за відсутності перешкод.

За відомим значенням істинного коефіцієнта стискання і за відомої форми ДНА у вертикальній площині можна визначити і коефіцієнт стискання зони виявлення цілей на будь-якій висоті.

### **АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС РОЗРАХУНКУ РІВНІВ ПСС І СГП ФШ ЦИФРОВИХ І КОМБІНОВАНИХ СИНТЕЗАТОРІВ СИГНАЛІВ**

*М.П. Кандирін, к.т.н., с.н.с.*

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

Відомо, що найважливішими параметрами всіх синтезаторів частот і сигналів є паразитні спектральні складові (ПСС) і спектральні густини потужності фазових шумів (СГП ФШ) у сформованих сигналах.

На практиці про їхні рівні довідаються з експериментально знятих залежностей, але вони, як правило, дані тільки для невеликого ряду частот. Отже, існує потреба у пошуку шляхів розрахунку рівнів ПСС і СГП ФШ для інших частот.

Для цих цілей автором був розроблений апаратно-програмний комплекс розрахунку рівня ПСС і СГП ФШ будь-яких видів сигналів для довільних вихідних і тактових частот. Апаратно - програмний комплекс містить у собі великий набір математичних моделей для розрахунку подібних видів перекручувань. Програмна частина комплексу реалізується в середовищі MathCad.

У доповіді наводяться приклади практичного проектування цифрових і комбінованих синтезаторів на різній елементній базі із застосуванням апаратно-програмного комплексу для попереднього аналізу відповідності рівня шумів заданим значенням.

Комплекс дозволяє з достатньою точністю робити теоретичні розрахунки вище перерахованих шумів і порівнювати їх з необхідними, що дозволяє прискорити процес проектування й вибору елементної бази без використання фізичного моделювання.

### **НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ АРМ СУЧАСНИХ РЛС ТА КЗА**

*Г.Г. Камалтинов, к.т.н., с.н.с.; Д.А. Гриб, к. військ.н., доц.;*

*Г.В. Рибалка, к.т.н., с.н.с.*

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

Розглядаються сучасні вимоги до інформаційних моделей (ІМ) автоматизованих робочих міст (АРМ) відображення повітряної обстановки. Наводиться перелік нормативних документів, які регламентують вимоги до ІМ, зокрема державні стандарти з ергономіки, тактико-технічні вимоги, які діють у Повітряних Силах, вимоги ІСАО, стандарти НАТО. Аналізується задача ІМ, склад інформації, яка повинна відображатися на АРМ радіолокаційних станцій (РЛС) та АРМ комплексів засобів автоматизації (КЗА). Особлива увага приділяється розгляду розбіжностей реалізації ІМ у різних типах РЛС, відсутності єдиних підходів к формуванню ІМ: до складу, палітри кольорів, змісту полів та вікон, відображенню картфону, принципів відображення обстановки, інструментів керування ІМ. Наводяться приклади практичної реалізації ІМ різними виробниками РЛС та КЗА України.

Обговорюються питання можливої сумісності ІМ, прийнятих у Повітряних Силах Збройних Сил України, з ІМ, реалізованих у системі обміну даними ASDE НАТО.

Відмічається необхідність розробки або адаптації бібліотеки умовних знаків, які наведені у MIL STD 2525D та APP-6, відсутність нормативного документу у Збройних Силах України з вимог відображення обстановки з урахуванням стандартів НАТО.

Наводяться пропозиції щодо можливих підходів відображення повітряної обстановки, виходячи з сучасних вимог. Аналізується досвід розробки ІМ у КЗА "Ореанда-ПС". Пропонуються шляхи удосконалення ІМ та перспективи їх уніфікації.

## **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЇ У СИСТЕМІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ**

*Г.Г. Камалтинов, к.т.н., с.н.с.*

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

Розглядається стан обміну інформацією між джерелами радіолокаційної інформації та комплексами засобів автоматизації. Наводиться перелік нормативних документів, які регламентують вимоги до організації обміну інформацією про повітряну обстановку. Аналізується перелік протоколів, які використовуються на фізичному, каналному, мережевому та транспортному рівнях згідно з класифікацією ISO 7498. Open Systems Interconnection у радіотехнічних військах Повітряних Сил Збройних Сил України. Особлива увага приділяється розгляду розбіжностей реалізації протоколів обміну різними підприємствами на рівні представлення даних згідно з ДСТУ 4528:2006.

Відмічається необхідність розробки технологічних протоколів керування режимами роботи сучасних цифрових радіолокаційних станцій (РЛС) та передавання діагностичної інформації про технічний стан РЛС, даних польотної інформації, яка отримується каналами вторинної локації та державного впізнання.

Обговорюються питання можливої сумісності протоколів між автоматизованої системою управління "Ореанда-ПС" та системою обміну даними ASDE НАТО. Наводяться пропозиції щодо організації обміну інформацією з системами ADS-B та AIC.

Пропонуються шляхи удосконалення обміну даними про повітряну обстановку у радіотехнічних військах у перспективі та можливості уніфікації апаратних засобів обміну.

## **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО МОБІЛЬНИХ АВТОМАТИЧНИХ НЕОБСЛУГОВУВАНИХ РЛС НАРОЩУВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ПОЛЯ**

*Д.А. Гриб, к.військ.н., доц.; В.О. Тютюнник, к.т.н., с.н.с.*

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

Розвиток високоточних засобів повітряного нападу і систем радіоелектронної розвідки дозволили стороні, що наносить удари завчасно викривати побудову і бойові можливості протиповітряної оборони (ППО). Інтеграція засобів розвідки з автоматизованими і інформаційно-розрахунковими комплексами дозволяють виявляти активні засоби ППО під час застосування повітряних засобів ураження і корегувати їх маршрути польоту.

Наявна система радіолокаційної розвідки не дозволяє створити радіолокаційне поле з потрібними параметрами і автоматизовано управляти ним. Наявні засоби радіолокаційної розвідки не дозволяють управляти режимами і параметрами випромінювання у темпі, що буде адекватним застосуванню повітряних засобів ураження.

Одним з перспективних напрямків забезпечення ведення радіолокаційної розвідки відповідно до вимог сучасності є застосування мережі автоматичних мобільних необслуговуваних радіолокаційних станцій (АМНРЛР).

Увімкнення, зміна режимів огляду і обробка отриманої радіолокаційної інформації здійснюється в єдиній мережі автоматизованого управління радіолокаційною розвідкою. Місце АМНРЛР у загальній системі радіолокаційної розвідки слід визначати, як засоби для нарощування зони виявлення у місцях із складним рельєфом, або місцях із складними умовами для забезпечення виконання завдань особовим складом.

Для набуття властивостей мобільності АМНРЛР мають висуватись додаткові вимоги до маса габаритних характеристик і енергоспоживання, для забезпечення їх розгортання і передислокування бойовою обслугою до 4-х чоловік. Вимоги до необслуговуваності мають забезпечувати експлуатацію АМНРЛР в умовах бойового застосування (включаючи режим знаходження у прихованому резерві) на протязі періоду ведення операції.

Для досягнення нового рівня вказаних характеристик необхідно змінювати підхід до технологій виготовлення радіолокаційної техніки, основними властивостями техніки має стати: висока інформатизація, використання сучасних цифрових, оптичних і нанотехнологій формування, обробки і передачі радіолокаційних сигналів і інформації; мінімізація складу систем (життєдіяльності, відображення, управління, охолодження); забезпечення природних режимів охолодження і підігріву; використання високоекономних систем електроживлення; відсутність робочих місць для роботи особового складу.

Проведено розрахунки енергетичних і масогабаритних характеристик для забезпечення вимог до реалізації заданих зон виявлення і вимог до мобільності і автономності.

## **ВИКОРИСТАННЯ COTS-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ РЛС 5Н84А**

*М.Р. Арасланов, к.т.н., с.н.с.; В.В. Сидоров, к.т.н., с.н.с.;*

*М.П. Кандирін, к.т.н., с.н.с.; В.Д. Батиєв, к.т.н., с.н.с.*

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

Досвід експлуатації радіолокаційних станцій (РЛС) типу 5Н84А свідчить про наявність проблемних питань з підтримання їх працездатності та покращення технічних характеристик. Це пов'язано з використанням в апаратурі РЛС елементної бази (електровакуумні лампи, транзистори та ін.), яка нині відсутня та не виробляється. У теперішній час активно впроваджуються COTS-технології, що ґрунтуються на використанні готових уніфікованих модулів. Актуальною є задача використання таких модулів для заміни застарілих штатних блоків з апаратурою в РЛС 5Н84А.

У доповіді розглядаються можливості і шляхи використання COTS-технологій для модернізації апаратури прийому та обробки радіолокаційної інформації в РЛС 5Н84А. Як приклад практичного використання COTS-технологій, наведено діючий макет блоку захисту від пасивних та несинхронно-імпульсних завад для РЛС 5Н84А, що розроблений в науковому центрі Повітряних Сил. Блок по своєму функціональному призначенню замінює цілу стійку з апаратурою (шафа 202) РЛС 5Н84А, а по технічним і експлуатаційним можливостям має переваги над штатною апаратурою.

Приведені результати експериментальних досліджень розробленого блоку, що проводились в одній з частин радіотехнічних військ.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ДЕРЖАВНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ**

*С.П. Ярош, д.військ.н., проф.; Д.О. Меленті  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Аналіз військових конфліктів, локальних війн показує, що для управління вогневими засобами кожна із протидіючих сторін має на меті забезпечити надійне розпізнавання повітряних, надводних та наземних об'єктів ("свій" або "чужий") з метою виключення поразення їх своїми вогневими засобами.

Отримання такої інформації забезпечується системою вторинної радіолокації до якої належить система державного радіолокаційного розпізнавання.

У світі існує дві системи: "Пароль" в державах СНД та Мк-ХА, Мк-ХІІ, що використовують країни-члени НАТО.

В сучасних умовах система державного розпізнавання є обов'язковою складовою забезпечення бойових дій. Несправність чи відсутність її може призвести до неминучих втрат особового складу та техніки.

На сьогоднішній час Збройні Сили України беруть участь у багатонаціональних навчаннях в рамках міжнародного співробітництва сумісно з країнами-членами НАТО, що унеможливує розпізнавання державної належності об'єктів зі складу іноземних партнерів.

Виходячи з цього основними напрямками розвитку системи державного радіолокаційного розпізнавання повинні бути:

1. Модернізація наземних запитувачів системи "Пароль".
2. Переобладнання радіолокаційних станцій, для роботи у режимах системи радіолокаційного розпізнавання "Пароль" та Мк-ХА.
3. Запровадження системи розпізнавання на полі бою в лініях "земля – земля" і "повітря – земля" до окремого зразка ОВТ, військовослужбовця.

У ході прикриття військ (сил), об'єктів підрозділами зенітних ракетних військ (ЗРВ) та під час багатонаціональних навчань реалізація даних напрямків дасть змогу забезпечити якісну взаємодію між частинами ЗРВ з радіотехнічними військами і авіацією, щодо недопущення поразення бойової авіації "дружнім вогнем" та безпечний проліт цивільних повітряних суден через зони поразення зенітних ракетних комплексів над територією України.

## **МЕТОДИ Й СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ РІВНЯ ПАРАЗИТНИХ СПЕКТРАЛЬНИХ СКЛАДОВИХ І СПЕКТРАЛЬНОЇ ГУСТИНИ ПОТУЖНОСТІ ФАЗОВИХ ШУМІВ У ВИХІДНИХ КОЛИВАННЯХ ЦИФРОВИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИНТЕЗАТОРАХ**

*М.П. Кандирін, к.т.н., с.н.с.; В.Д. Батисев, к.т.н., с.н.с.; О.М. Мішуков  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Відомо, що при будь-якому методі формування сигналів виникають побічні, паразитні й комбінаційні спектральні складові. Часом вони складають такий великий рівень, що використати такі синтезатори в радіоелектронних системах просто неможливо.

Тому зменшення рівня як поза смугових паразитних спектральних складових (ПСС) так і усередені смугових завжди була актуальним завданням.

У доповіді розглядаються найпоширеніші методи й способи зменшення таких перекручувань при цифрових методах формування складних сигналів, це методи - передискретизації, смугової фільтрації, рандомизації, боротьба з "глітчамі", перетворення спектрів та активної слідкуючої фільтрації (АСФ). Показується який з методів або способів застосуємо в тім або іншому випадку й наскільки він ефективний.

Наведено структурні схеми пристроїв для зменшення таких перекручувань, проведене математичне моделювання результатів дії таких методів і способів, а також безліч результатів експериментальних досліджень.

Проводиться аналіз кожного методу по граничному зменшенню рівня ПСС і їхньої ефективності застосування в кожному конкретному випадку.

Даються також рекомендації й по зменшенню спектральної густини потужності фазових шумів у цифрових обчислювальних синтезаторах шляхом оптимального вибору коефіцієнта множення тактової частоти, вихідної частоти й розрядності квантування амплітуди й фази.

### **СТАНДАРТИЗАЦІЯ ЗАГАЛЬНИХ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО ЗАСОБІВ СИСТЕМИ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВПІЗНАВАННЯ. ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ І ХАРАКТЕРИСТИК ЧУТЛИВОСТІ**

*О.С. Маляренко, к.т.н., с.н.с.*

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

Стандартизація основних технічних характеристик засобів систем державного радіолокаційного впізнавання (РЛВ) гарантує сумісність запитувачів і відповідачів, які розробляються різними підприємствами, сумісність нової розроблюваної апаратури з апаратурою, що вже функціонує у складі наземних, надводних та повітряних об'єктів. У системах РЛВ НАТО таку сумісність забезпечує стандарт STANAG 4193, який містить детальні вимоги до забезпечуваних функцій і технічних характеристик. Для системи РЛР "Пароль" такого документу не існує, винятком є розроблений у ХНУПС ДСТУ В 8822:2018, який визначив вимоги до наземних запитувачів, планується розробка вимог до літакової апаратури.

Існує низка проблем стандартизації характеристик засобів РЛВ, які пов'язані з невизначеністю або розбіжністю і навіть помилками в опису технічних характеристик і функцій, які наведені в технічній документації і які повинні бути збереженими. Розрахунки енергетичних параметрів виявлення одиночних імпульсів та багатоімпульсних сигналів запиту або відповіді показують можливість визначення чутливості приймальних пристроїв або приймально-декодуєчих трактів. Еквівалентність цих параметрів в умовах розбіжності технічної реалізації вимірювачів забезпечується відповідними перерахунками рівнів контрольних вхідних сигналів, амплітуда яких може розрізнятися для кожного методу вимірювання і заданої імовірності виявлення (декодування) на (0,4...1,9) дБ.

## **ВПЛИВ РАКУРСУ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ЯКІСТЬ ЇХ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ШИРОКОСМУГОВИХ ЗОНДУЮЧИХ СИГНАЛІВ**

*С.П. Леценко, д.т.н., проф.*

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

Проблеми радіолокаційного розпізнавання повітряних об'єктів (ПО) досліджуються з 60-х років минулого століття. Для вирішення цієї задачі досліджувалося використання різноманітних ознак: амплітудних, поляризаційних, спектрів вторинної модуляції, радіолокаційних дальнісних портретів (РЛДП), що отримуються при використанні широкосмугових зондуючих сигналах. Як показали виконані дослідження для розпізнавання типу ПО, а не його класу, найбільш підходить в якості ознаки РЛДП.

Основним недоліком більшості проведених досліджень є обмеженість кількості типів (класів) ПО, що розпізнаються, та обмеженість ракурсів їх спостереження. Відомо, що РЛДП суттєво залежить від ракурсу спостереження ПО. Іноді зміна ракурсу ПО на доли градуса приводить до значної зміни форми РЛДП. Протяжність РЛДП при спостереженні ПО з "бортових" ракурсів скорочується. Виконані дослідження показують, що якість розпізнавання повітряних об'єктів по їх РЛДП суттєво залежить від ракурсу спостереження. Для умов моделювання вірогідність розпізнавання змінюється на 40%, а кількість інформації розпізнавання на 68%. Найгірші значення показників якості розпізнавання відповідають спостереженню об'єктів під бортовими ракурсами, але і для цього випадку, вірогідність розпізнавання на порядок перевищує вірогідність вгадування. Якість розпізнавання більша при спостереженні ПО у передню напівсферу чим у задню. Найбільша якість розпізнавання забезпечується при відхиленні лінії візування приблизно на 30° від лінії вісьової симетрії ПО.

## **РОЗРОБКА АПАРАТНО ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ СПРЯЖЕННЯ РІЗНОРІДНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ТА ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПОВІТРЯНУ ОБСТАНОВКУ**

*С.І. Бурковський, к.т.н., с.н.с.; Д.Ю. Свистунов, к.т.н., с.н.с.;*

*Я.О. Белевицук, к.т.н., с.н.с.*

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

Основними джерелами інформації про повітряну обстановку для системи "Віраж-планшет" є РЛС частин та підрозділів РТВ. Спосіб введення інформації про повітряну обстановку в систему визначається в залежності від типу РЛС.

РЛС нового парку, що мають канал обміну інформацією за протоколом TCP/IP дозволяють здійснювати підключення ПЕОМ безпосередньо без додаткових пристроїв спряження. До таких РЛС відносяться П-18 Малахіт, 35Д6М, 79К6.

В якості джерел інформації про повітряну обстановку можуть виступати автоматизовані системи (АС) цивільного та військового призначення, РЛС старого парку (П-18, П-19, П-37, 5Н84А), що обладнані радіолокаційним екстрактором А1000М, та сучасні РЛС (П-18МА, П-19МА, 5Н84МА). Для забезпечення автоматичного одержання інформації про просторове

положення та характеристики повітряних об'єктів від таких джерел та введення даних в систему "Віраж-планшет" було розроблено та впроваджено у війська апаратно програмний комплекс спряження різнорідних систем передачі та відображення інформації про повітряну обстановку.

Підключення пристрою спряження до цих систем можливо через відповідні фізичні інтерфейси їх апаратних засобів обміну із споживачами інформації. Для зазначених джерел інтерфейс обміну з АРМ споживачів інформації уніфіковано. Взаємодія АРМ з джерелом інформації реалізовано з використанням комунікаційного протоколу RS232C та на фізичному рівні відбувається через стандартний для цього протоколу з'єднувач DB25. При значній відстані від джерел передача інформації до АРМ споживачів може здійснюватись за допомогою апаратури передачі даних (професійних мережевих модемів типу TAINET 288 або TAINET 366), комунікаційний інтерфейс якої також відповідає протоколу RS232C.

### **ОЦІНКА КУТОМІСНИХ КООРДИНАТ ЦІЛЕЙ В РЛС МЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ПРИ НЕПОВНІЙ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ТРАСУ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОХВИЛЬ**

*В.Ф. Зюкін, к.т.н., с.н.с.; А.А. Артеменко; О.А. Кононова  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Розвідка повітряних об'єктів за допомогою оглядових РЛС РТВ метрового діапазону довжин хвиль ведеться в області істотного перевідбиття радіохвиль земною поверхнею. Неконтрольовані інтерференційні спотворення діаграми направленості антени утрудняють можливості вимірювання і розрізнення кутомісних координат цілей. У доповіді, стосовно РЛС метрового діапазону з багатоярусними (двохярусними) антенними ґратами, розглядаються варіанти кутомісного (внутрішньо-імпульсного) сканування діаграмою направленості антени РЛС при відповідній просторово-часовій модуляції зондуючого сигналу, які забезпечують підвищення якості кутомісних вимірів при перевідбитті радіохвиль. Просторово-часова модуляція реалізується шляхом багаточастотного випромінювання, а також за рахунок різних варіантів управління формою діаграми направленості антени РЛС. У алгоритмах просторово-часової обробки використовується доступна апіорна інформація про властивості ділянки місцевості, істотна для перевідбиття радіохвиль. При неповній інформації про трасу розповсюдження радіохвиль вирішується завдання знаходження максимально правдоподібних оцінок невідомих параметрів, використання яких дозволяє підвищити точність кутомісних вимірювань. Аналізується вплив пропонованих варіантів просторово-часової модуляції зондуючого сигналу на точність, а також на усунення неоднозначності кутомісних вимірювань.



## **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ БОЙОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РАДІОТЕХНІЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ОЗБРОЄНИХ МОБІЛЬНИМИ АВТОМАТИЧНИМИ НЕОБСЛУГОВУВАНИМИ РАДІОЛОКАЦІЙНИМИ СТАНЦІЯМИ НАРОЩУВАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ПОЛЯ**

*Д.А. Гриб, к.військ.н., доц.; І.М. Трофимов, к.т.н.; А.А. Лук'янчиков  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Покращення характеристик бойової авіації і в першу чергу безпілотної, дозволяє здійснювати подолання системи ППО по складним маршрутам, які прокладаються поза зонами радіолокаційного поля системи розвідки угруповання військ. Комбіноване використання літальними апаратами гранично малих висот і широкого діапазону швидкостей, зменшення їх ЕПР, застосування перешкод обумовлює необхідність пошуку нових сил і засобів, форм та способів застосування, здатних забезпечити виконання завдань розвідки повітряного противника в цих умовах. Одним із можливих способів забезпечення суцільного маловисотного РЛП є перехід від підрозділів, побудованих за однопозиційним принципом застосування РЛС, до підрозділів з багатопозиційними радіолокаційними системами.

Враховуючи особливості розміщення радіотехнічних підрозділів на позиціях, що мають перевищення по висоті над рештою місцевості стає неможливим виявлення цілей, що знаходяться нижче лінії радіогоризонту, а саме у каньйонах і лощинах.

Можливим напрямком створення суцільного РЛП на загрозованих напрямках дій повітряного противника є оснащення мобільних радіотехнічних підрозділів мобільними автоматичними необслуговуваними радіолокаційними станціями, які дозволять створити багатопозиційну радіолокаційну систему.

В роботі розроблені пропозиції щодо підвищення бойових можливостей перспективних радіотехнічних підрозділів та змін у їх завданнях.

## **МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ КОГНІТИВНОЇ МОДЕЛІ ПЕРЕДКОНФЛІКТНОЇ СИТУАЦІЇ**

*В.М. Більчук, д.т.н., проф.; І.Г. Дзевєрін, к.в.н., с.н.с.;  
О.О. Хмелевська, к.т.н., с.н.с.*

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

Розглядаються методичні основи побудови та визначення когнітивної моделі передконфліктної ситуації, яка формується об'єктивно в момент часу  $t = \tau$  під впливом накопиченості непогодженостей впливів факторів політичної, економічної, соціальної та інших природних спрямованостей двох сторін чи двох коаліцій сторін. Наявність впливів визначених факторів подаються випадковими подіями, які природно не є масовими, а їх взаємовпливовість сприяє формуванню нечіткого нестохастично невизначеного середовища, для формалізованого подання якого доцільно прийняти когнітивне моделювання. Методичні основи когнітивного моделювання передбачають для визначених множин факторів різної природної спрямованості сторін формування найбільш суттєвих факторів на основі виявлення ядра нечіткого бінарного відношення строгої переваги та прийнятого рівня недомінованості його елементів. Найбільш суттєві фактори

різних природних спрямованостей сторін, з метою визначення оцінок їх впливу на досягнення вирішення «проблеми: значення рівня напруженості на час  $t = \tau$ », формують ієрархію, на кожному рівні якої власні вектора квадратних та погоджених матриць бінарних відношень за чіткою якісною шкалою складають зміст вектора переваг елементів рівня ієрархії, який розглядається. Узагальнення значень векторів переваг за всіма рівнями кожної сторони дозволяє визначити рівні напруженості передконфліктної ситуації за підмножинами факторів прийнятих спрямованостей.

### **МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ПІДТРИМКИ ДОПУСТИМОГО РІВНЯ НАПРУЖЕНОСТІ ПЕРЕДКОНФЛІКТНОЇ СИТУАЦІЇ**

*В.М. Більчук, д.т.н., проф.; І.Г. Дзеверін, к.військ.н., с.н.с.;  
О.В. Воробйов, к.т.н., с.н.с.; О.О. Хмелевська, к.т.н., с.н.с.*

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

Рівень напруженості передконфліктної ситуації об'єктивно формується під впливом факторів політичної, економічної, соціальної та інших спрямованостей сторін чи коаліцій сторін. Взаємовпливовість факторів є визначальним щодо мінливості рівнів напруженості передконфліктних ситуацій. Стосунки сторін в напрямках політичних, економічних, соціальних, які складаються можуть передбачати прийняття допустимого рівня напруженості передконфліктних ситуацій. Методичний підхід щодо підтримки допустимого рівня напруженості пов'язаний з наявністю взаємовпливовості факторів нестохастичної природної спрямованості та розумінням сутності того, що складна система, функціонування якої має цілеспрямовану політику розвитку, допускає вплив на самореагування, а це означає, що підтримка допустимого рівня напруженості може забезпечуватись доцільними впливовими факторами.

### **ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ УНІВЕРСИТЕТУ SIMULINK-ДОДАТКІВ ДЛЯ ВІЗУАЛЬНО-ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ПЕРЕШКОДОЗАХИСТУ РЛС РТВ**

*І.М. Невмержицький, к.т.н., доц.; Ю.І. Дацків; Д.С. Сидоренко;  
О.М. Оленін; А. Пишеній*

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

Наведено досвід використання Simulink-додатків для візуально-імітаційного моделювання алгоритмів захисту від перешкод, які реалізовані в радіолокаційних станціях РТВ. Візуально-імітаційне моделювання алгоритмів захисту від перешкод є на сьогодні самим потужним і універсальним методом дослідження і оцінки їх ефективності.

Наведені приклади Simulink-додатків, які моделюють алгоритми селекції рухомих цілей, компенсації активних шумових і хаотичних імпульсних перешкод. Розглянуто загальні підходи щодо використання створених візуально-імітаційних програм алгоритмів захисту від перешкод, що реалізовані в РЛС РТВ в освітньому процесі вищого військового навчального закладу.

Дано рекомендації суб'єктам освітнього процесу щодо застосування запропонованих Simulink-додатків для інформаційної підтримки навчання курсантів з військово-технічних дисциплін, а також науковцям для проведення досліджень з оцінки ефективності перешкодозахисту РЛС РТВ.

### **ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ НАВЧАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ БОЙОВОЇ ОБСЛУГИ РЛС П-18 "МАЛАХІТ"**

*О.М. Додух, к.т.н.; Ю.А. Матюша; А.В. Харченко; Р.Р. Романюк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

На сьогоднішній день, відповідно до нормативно-правових документів з безпекової та оборонної політики для захисту національних інтересів України та забезпечення національної безпеки необхідно продовжувати реформувати сектор безпеки і оборони. У зв'язку з цим, впровадження інноваційних засобів навчання для підготовки офіцерського корпусу стає одним з ключових напрямків.

Основою сучасної системи військової освіти повинно стати створення високоякісної навчальної продукції, яка передбачає застосування не тільки інтерактивних форм і методів навчання (гіпертекстові навчальні посібники, підручники, тестові завдання, web-сторінки, розміщені у мережі Інтернет, локальних комп'ютерних мережах), а і формування єдиного електронного навчального середовища, яке буде доступним для навчаємих у будь-який зручний час.

Як показала практика, використання інтерактивних електронних навчальних web-додатків, при підготовці курсантів до практичних занять та виконання обов'язків бойової обслуги РЛС П-18 "Маліхіт", підвищує рівень теоретичної навченості та пришвидшує опанування практичної підготовки, що стосується питань пов'язаних з обслуговуванням, експлуатацією і ремонтом зразків озброєння радіотехнічних військ протиповітряної оборони. Це дозволяє зберігати ресурс озброєння та військової техніки та заощадити кошти при проведенні практичних занять.

### **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ПІДЙОМУ ТА РОЗГОРТАННЯ АНТЕНИ РЛС 79К6**

*С. Денисенко; В. Самсонюк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Практична експлуатація РЛС 79К6 "Пелікан" в підрозділах радіотехнічних військ виявила ряд конструктивних недоліків. Зокрема, в системі підйому і розгортання антени РЛС використовуються механічні кінцеві вимикачі, які поряд з простотою виконання характеризуються низькою надійністю внаслідок швидкого окислення контактів під впливом погодних умов. Це призводить до досить частого виходу з ладу вищевказаної системи.

Проаналізовано можливість заміни механічних кінцевих вимикачів з урахуванням вимог, що надаються до системи.

Запропоновано вдосконалення системи підйому та розгортання антени РЛС 79К6 за рахунок використання сучасної елементної бази, а саме – датчиків Холла, які мають ряд переваг: тривалий строк служби; відсутність

рухомих частин, що дозволяє працювати при значних вібраціях; просте суміщення з логічними рівнями сигналів цифрової техніки; широкий діапазон робочих температур (від – 40 до + 150°С ).

### **ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗАВАДОЗАХИСТУ МОДЕРНІЗОВАНИХ РЛС П-18МА ТА П-18 МАЛАХІТ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОЧАСТОТНОГО ЗОНДУЮЧОГО СИГНАЛУ**

*А. Гризо, к.т.н., доц.; О. Альчаков, І. Лащул, В. Полтавець  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В останні роки прийняті на озброєння та широко використовуються у радіотехнічних військах Повітряних Сил Збройних Сил України ціла низка новітніх РЛС які були розроблені шляхом "глибокої" модернізації РЛС П-18, а саме РЛС П-18МА, П-18МУ, П-18 Малахіт.

Для перегляду великих відстаней у цих РЛС використовується тривалий у часі, складний радіоімпульс с внутрішньоімпульсною модуляцією який потенційно забезпечує високу якість селекції імпульсних завад. Близня зона переглядається простим радіоімпульсом який має набагато гірші можливості щодо усунення дії імпульсних завад.

Для підвищення якості завадозахисту у ближній зоні пропонується використовувати багаточастотний зондуючий сигнал, запропоновано варіант пристрою селекції імпульсних завад, оцінено його ефективність та визначена оптимальна кількість частотних підканалів.

Отримано залежності вірогідності селекції імпульсних завад від кількості частотних підканалів. Показано, що вірогідність правильного розрізнення збільшується зі зростанням числа частотних підканалів.

Достатньо якісна селекція імпульсних завад забезпечується вже при застосуванні двох - трьох частотних підканалів.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ В СИСТЕМІ ОХОРОНИ І ОБОРОНИ ЧАСТИН ТА ПІДРОЗДІЛІВ РТВ**

*Ю.І. Рафальський, к.т.н., доц.; Д.С. Хаяров  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В результаті терористичних актів останнього часу та нападів на військові об'єкти, збройні сили України несуть втрати особового складу, озброєння, військової техніки та інших матеріальних ресурсів. Це змушує командування збройних сил звертати особливу увагу на охорону і оборону та вдосконалення технічних засобів охорони (ТЗО) що існують і розробку нових ТЗО для охорони своїх військових об'єктів.

Для підрозділів РТВ ПС ЗС України питання охорони і оборони також є актуальним. Враховуючи особливості розташування окремих радіотехнічних підрозділів, зокрема велику площу території та велику кількість об'єктів що потрібно охороняти, обмежену кількість особового складу, доцільно використовувати для цих цілей ТЗО.

В роботі розглянуті пропозиції щодо захисту периметру позицій радіотехнічних підрозділів шляхом оптимального поєднання механічних перешкод – пасивної огорожі, яке уповільнює та ускладнює проникнення

порушника, із технічними засобами охорони, які забезпечують найбільш раннє встановлення спроби або факту подолання периметру.

Така побудова суттєво зменшує вірогідність проникнення порушників на підрозділи, командні пункти та інші військові об'єкти радіотехнічних військ та збільшує живучість військового об'єкту при здійсненні на нього актів диверсії.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ТРЕНАЖНО-ІМІТАЦІЙНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ БОЙОВИХ ОБСЛУГ РАДІОТЕХНІЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ**

*Ю.І. Рафальський, к.т.н., доц.; Д.А. Астапов; В.М. Терещенко  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Підготовка бойових обслуг підрозділів радіотехнічних військ Повітряних Сил вимагає наявності та використання сучасної тренажно-імітаційної апаратури.

В даний час проводити різноманітні тренування зі створенням складної повітряної обстановки не представляється можливим.

В існуючій практиці підготовки радіотехнічних військ застосовуються імітатори і тренажери початкової підготовки операторів РЛС, бойових розрахунків комплексів засобів автоматизації командних пунктів підрозділів, частин, що за своїми можливостями не відповідають сучасним вимогам. В навчальних центрах та тренувальних пунктах частин і підрозділів РТВ відсутня достатня кількість справних комплектів тренажно-імітаційної апаратури. До того ж вона застаріла морально та фізично і не дозволяє адекватно проводити навчання з урахуванням сучасних можливостей засобів повітряного нападу та за досвідом проведення операції Об'єднаних сил.

Запропоновано використання можливостей допоміжної автоматизованої підсистеми збору, обробки та видачі інформації про повітряну обстановку, яка дозволяла б проводити тренажі в єдиній системі, починаючи з операторів до бойових обслуг командних пунктів підрозділів та частин.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ ПОЗИЦІЙ ТА МАРШРУТУ РУХУ РАДІОТЕХНІЧНОГО ПІДРОЗДІЛУ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАВДАНЬ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ**

*О.О. Іванов; А.А. Єршомін; О.В. Висоцький  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Війни нового типу відзначаються перш за все динамічною зміною обстановки, зокрема швидкою зміною положення угруповання військ протилежних сторін, застосуванням засобів повітряного нападу нового типу.

Правильно проведена командиром радіотехнічного підрозділу оцінка обстановки є однією з найважливіших умов успішності виконання поставленого перед підрозділом бойового завдання. Істотну допомогу командирам при плануванні застосування підрозділів радіотехнічних військ надає застосування інформаційно-розрахункових систем.

В сучасних умовах, коли час на прийняття рішення командиром постійно обмежується, на перші ролі виходять чинники, які сприяють прийняттю вірного та своєчасного рішення не знижуючи при цьому якість прийнятого рішення на бойове застосування підрозділу. Використання тренажно-

імітаційного комплексу (ТІК) "Віраж-РД" суттєво допомагає командирів підрозділу прийняти правильне рішення в обмежені строки.

Правильний вибір маршруту передислокації та позицій призначення радіотехнічних підрозділів при виконанні завдань дає можливість використовувати РЛС з максимальною реалізацією тактико-технічних характеристик РЛС та бойових можливостей радіотехнічного підрозділу в цілому.

## **АНАЛІЗ СИСТЕМ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ КРАЇН-ЧЛЕНІВ НАТО**

*В.І. Боровий<sup>1</sup>, к.т.н., доц.; К.О. Романенко<sup>1</sup>; Р.Ю. Райков<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Військова частина А1451*

Ведення радіолокаційної розвідки є одним з основних способів добування інформації про об'єкти та цілі противника в повітряному просторі. Радіолокаційна розвідка – це один з підвидів радіоелектронної розвідки, яка, в свою чергу, належить до видів технічної розвідки та проводиться за допомогою технічних засобів, насамперед, радіолокаційних станцій (РЛС) і комплексів (РЛК).

Проаналізовано можливості наземних засобів радіолокації, що є на озброєнні США та країн-членів НАТО в Європі. Крім того, приділено увагу розгляду систем вторинної радіолокації (ВРЛ), що залучаються до виконання завдань контролю повітряного простору над територією вказаних вище держав. Розглянуто типи, основні тактико-технічні характеристики (ТТХ) РЛС і систем ВРЛ та оцінено можливості щодо ведення розвідки існуючими засобами радіолокації, які можуть бути залучені до ведення розвідки в країнах-членах НАТО.

## **ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВОГНЕВОГО УРАЖЕННЯ ВАЖЛИВИХ ДЕРЖАВНИХ ОБ'ЄКТІВ І РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ З БОРТУ ЛІТАКІВ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ**

*В.І. Боровий, к.т.н., доц.; Р.Р. Шатілов; С.А. Берестовий*

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

Нанесення ударів по важливим державним об'єктам (ВДО) на території України можливе засобами повітряного нападу (ЗПН) Російської Федерації (РФ), що розташовані на аеродромах поблизу північної та східної ділянок державного кордону України (ДКУ) та на території анексованого Криму. Крім того, з борту літаків РФ можлива постановка радіоелектронних перешкод працюючим РЛС на позиціях підрозділів радіотехнічних і зенітних ракетних військ Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил України (ЗСУ).

Проаналізовано базування, бойовий склад і типи літаків РФ, які базуються біля кордонів України та в анексованому Криму. Розраховано основні показники бойових властивостей (підлітний час, радіус бойових дій), оцінено можливості щодо нанесення ударів по ВДО на території нашої держави, а також можливості щодо радіоелектронного подавлення радіоелектронних

систем та засобів (РЕСЗ) на позиціях радіотехнічних підрозділів ПС ЗСУ з борту літаків Російської Федерації.

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДГОТОВКИ ЧЕРГОВОЇ БОЙОВОЇ ОБСЛУГИ ОКРЕМОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ВЗВОДУ ДО БОЙОВОГО ЧЕРГУВАННЯ, ЯКИЙ ЗАЛУЧАЄТЬСЯ ДО УЧАСТІ В ООС**

*Б.В. Бакуменко, к.т.н., доц.; В.Ю. Добреєв*

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

В радіотехнічних військах ПС ЗС України до бойового чергування залучаються всі розгорнуті на позиціях радіотехнічні підрозділи у відповідних ступенях бойової готовності.

Бойове чергування з протиповітряної оборони в РТВ здійснюється спеціально призначеними силами та засобами.

Призначені для бойового чергування сили та засоби повинні бути підготовлені до виконання завдань бойового чергування в повному обсязі.

Підготовка особового складу чергових бойових обслуг (ЧБО) до бойового чергування здійснюється щоденно, та проходить в класі підготовки чергових бойових обслуг, який обладнується згідно нормативних документів.

Аналіз виконання завдань окремими радіолокаційними взводами в ході ведення ООС показав, що підготовка їх до бойового чергування так як і до бойового застосування в цілому потребує оптимізації чи удосконалення. А проводити підготовку в спеціально обладнаних класах підготовки до бойового чергування в зоні ООС немає можливості та обладнувати спеціальні класи економічно недоцільно.

На основі аналізу порядку підготовки осіб до несення бойового чергування, визначеного керівними документами, пропонується створити електронну базу даних з використанням сучасних засобів відображення інформації для здійснення підготовки і перевірки готовності.

Електронна база даних може включати: функціональні обов'язки осіб ЧБО; основні нормативи спеціалістів та обслуг; інструкції (алгоритми) щодо дій за різних умов обстановки; основні типові команди; основні типові доповіді; варіанти повітряної обстановки з діями різних класів цілей з повною, не повною, суперечливою інформацією, яка може відобразитися на ПЕОМ, для спонукання тих хто навчається (операторів, старших змін, начальників РЛС, командирів) в прийнятті рішень, наданні доповідей, подачі команд та постановці завдань.

На кожен варіант повітряної обстановки завчасно створені правильні варіанти дій тих хто навчається для їх перевірки та оцінки та варіанти ввідних по постановці завдань на ведення радіолокаційної розвідки та видачу радіолокаційної інформації і варіанти електронного тестування на ПЕОМ.

Запропоновані пропозиції щодо оптимізації підготовки до несення бойового чергування осіб чергової бойової обслуги мають більш практичну спрямованість та дозволяють підвищити рівень підготовки окремих радіолокаційних взводів до виконання завдань в зоні ООС.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЦІНКИ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ ТА ПРИЙНЯТТЯ ПО НІЙ РІШЕННЯ В РАДІОТЕХНІЧНОМУ ПІДРОЗДІЛІ**

*Б.В. Бакуменко, к.т.н., доц.; О.О. Безклубенко; В.М. Моряк  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

В процесі прийняття рішення командиром радіотехнічного підрозділу на виконання бойового завдання важливе значення має оцінка обстановки. В ході оцінки обстановки командир оцінює: повітряного противника; наземного противника; склад, дислокацію, бойові можливості забезпечуваних частин і підрозділів; вимоги до розвідувальної і бойової інформації; бойову готовність і бойові можливості свого підрозділу; взаємодіючі сили і засоби розвідки повітряного противника; стан видів забезпечення; фізико-географічні, кліматичні й інші умови місцевості, їх вплив на виконання бойового завдання.

Практично всі складові оцінки обстановки, крім оцінки повітряної обстановки, в повному обсязі можливо проаналізувати та оцінити завчасно в ході підготовки до виконання бойового завдання.

Оцінку повітряної обстановки завчасно оцінити можливо тільки частково, враховуючи його базування, льотно-тактичні характеристики та можливу його тактику дій.

Для більш повної оцінки повітряної обстановки та прийняття по ній рішення необхідно знати: типи літальних апаратів, що задіяні в ударі; ЛТХ засобів повітряного нападу; підлітний час засобів повітряного нападу; напрямок основного удару; ешелон бойового застосування.

Визначення рубежів виявлення ЗПН, склад, напрямок удару і ешелон бойового застосування та оперативне їх відображення для оцінки обстановки в сучасних умовах має важливе значення.

Використовуючи програмне математичне забезпечення "Віраж-РД, -П", та оперативне введення вихідних даних, таких як: дальність виявлення передовим підрозділом РТВ, висоту виявлення та курс - можливо в короткі терміни розрахувати підлітний час засобів повітряного нападу, рубіж виявлення цілей на заданій висоті та визначити напрямок головного удару повітряного противника. Розраховані показники оперативно відображаються на електронних екранах (планшетах) КП радіотехнічної бригади, підрозділу.

Запропонований шлях оптимізації процесу оцінки повітряної обстановки надасть можливість оперативно оцінити повітряну обстановку в складних умовах та своєчасно прийняти рішення на зосередження зусиль на виявлення повітряного противника, вірного визначення режимів бойової роботи ЗРЛ, їх додаткового включення та переведення в готовність № 1.

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗБІЛЬШЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЦІЛЕЙ РЛС ПРИМОРСЬКОГО РОЗТАШУВАННЯ**

*І.Г. Леонов, д.т.н., доц., О.В. Костянець; Р.В. Голуб  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Підвищення ймовірності здійснення нальоту засобів повітряного нападу на малих і гранично малих висотах призводить до необхідності пошуку нових методів збільшення дальності їх виявлення. Особливо важливим є завдання збільшення дальності виявлення цілей на малих і гранично малих висотах в



акваторіях Чорного та Азовського морів, де є велика водна поверхня. Для рішення цього завдання можливо використання властивостей радіохвиль, що розповсюджуються у нижніх шарах тропосфери за межами горизонту. Це явище інтерпретується як прояв відбиттів від цілей, що знаходяться у тропосферних приповерхневих або піднятих радіохвилеводах.

Однак, у тропосферному радіохвилеводі мають місце модулюючі та пасивні перешкоди. Особливістю модулюючих перешкод є те, що боротьба з ними неможлива шляхом збільшення амплітуди зонduючого сигналу, а пасивні перешкоди мають широкий доплерівський спектр. Одним із методів боротьби з такими перешкодами будується на використанні багаточастотних сигналів (БЧС).

У доповіді розглядається можливість синтезу БЧС з заданими кореляційними властивостями, що дозволяють зменшити вплив модулюючих перешкод. За допомогою математичної моделі проводиться розрахунок частотно-часових параметрів БЧС які забезпечують мінімізацію рівня бічних пелюсток автокореляційної функції цих сигналів. Достовірність результатів математичного моделювання тестується за допомогою розробленого лабораторного стенду, що представляє собою цифроаналоговий формувач БЧС з управлінням від ЕВМ. Проведенні дослідження доцільно реалізовувати при модернізації РЛС виявлення низьковисотних цілей над морем.

### **ПІДСУМОВУВАННЯ ПОТУЖНОСТЕЙ ТВЕРДОТІЛЬНИХ ПІДСИЛОВАЧІВ У ВИХІДНОМУ КАСКАДІ ПЕРЕДАВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ**

*О.В. Борисенко; Р.Л. Стовба*

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

Вихідна потужність передавального пристрою є одним з найважливіших параметрів, що визначає потенційні характеристики радіолокаційної системи.

Необхідні рівні вихідної потужності передавачів сучасних РЛС в деяких випадках на три-п'ять порядків перевищують потужність, що генерується електронними приладами. Цей розрив між потужністю радіопередавача і потужністю одиничного генератора став особливо відчутний при переході до напівпровідникових генераторних приладів.

Потужність НВЧ-передавачів побудованих на основі напівпровідникових підсилювачів в імпульсному режимі роботи може досягати сотень кіловат. В цих випадках необхідне значення вихідної потужності передавача досягається підсумовуванням потужностей декількох однакових напівпровідникових вузлів, вихідних каскадів.

В доповіді розглядається мостова схема підсумовування потужностей. однотипних генераторів у вихідних каскадах передавальних пристроїв. В цій схемі кожний підсилювач працює самостійно на оптимальне для нього навантаження, а режими роботи всіх каскадів не залежать один від одного. При цьому підвищується надійність роботи передавача, оскільки вихід з ладу М підсилювальних каскадів не порушує роботу інших (N-M), а лише знижує потужність в передавальній антенні.

Використання мостових систем зі здатністю підстройки фази кожного окремого підсилювача підвищує ефективність підсумовування і одночасно знижує вимоги до виготовлення з'єднувальних кабелів та забезпечує

підсумовування потужностей. однотипних генераторів не гірше 90 % від їх сумарної потужності.

## **АДАПТАЦІЯ РЕЖИМІВ ЗОНДУВАННЯ ТА ПРИЙОМУ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ ДО УМОВ ВЕДЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ РОЗВІДКИ**

*Д.В. Максютя<sup>1</sup>, к.т.н.; Г.В. Мильников<sup>2</sup>, к.військ.н., доц.*

*<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського*

Підвищення ефективності радіолокаційного озброєння може досягатися комплексним застосуванням в ньому простих та складних зондувальних сигналів. За таких умов для адаптації РЛС до умов ведення радіолокаційної розвідки та завдань, що на неї покладаються, необхідно враховувати оперативну інформацію про завантаження радіодіапазону, розподілу завод за частотами та типами, клас цілей, що виявляються і т. ін.

В доповіді розглядаються питання, пов'язані з підвищенням ефективності бойового застосування та інформативності радіолокаційного озброєння за рахунок реалізації методів активної і пасивної радіолокації в єдиному активно-пасивному радіолокаційному комплексі (АПРЛК). Для таких комплексів надзвичайно важливо максимально використовувати просторово-часові і спектральні розходження між корисним і завадовими сигналами для компенсації завод, що діють як по головній, так і по бічних пелюстках діаграми спрямованості антенних систем. Зазначені завдання вирішуються із застосуванням методів і пристроїв просторово-часової, спектрально-кореляційної обробки сигналів. Виправданою, достатньо поширеною та практично реалізованою в сучасних радіолокаційних засобах є обробка сигналів в приймальних системах у спектральній області. При обробці спектру сигналу в реальному масштабі часу виправданим є використання Фур'є-процесорів реального часу. Для надійного виявлення та стійкого супроводження різнорідних класів можливих цілей, вирішення задач наведення на них винищувальної авіації (ракет) обґрунтовується доцільність використання як простих, так і складних сигналів із шириною спектра від 0,1 МГц до 15 МГц. Для точного визначення координат балістичних цілей і розпізнавання аеродинамічних цілей пропонується використовувати сигнали із шириною спектра від 5 МГц до 150 МГц. На етапі селекції елементів групової цілі, розпізнавання балістичних цілей і космічних об'єктів перспективними є складні сигнали із шириною спектра від 100 МГц до 600 МГц. В якості сигналів з варіативною в широких межах шириною спектра можуть використовуватися сигнали з кутовою модуляцією (частотною або фазовою). Серед використовуваних в радіолокаційному озброєнні на сьогоднішній день сигналів, зазначеним вимогам відповідає, наприклад, ЛЧМ сигнал, існуючий стан розвитку методів формування якого дає надзвичайно широкі можливості проектувальникам радіолокаційного озброєння. Мало поширеними, але не менш ніж ЛЧМ ефективними, є сигнали, що можуть формуватися в генераторах НВЧ методом фазової модуляції звичайного гармонійного сигналу періодичною напругою. Спектральні властивості таких сигналів дозволяють реалізувати швидку адаптацію режиму роботи радіолокаційного засобу до змін реальної обстановки та вирішуваних задач.

## ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ АДАПТАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ РЛС ДО БОЙОВОЇ ОБСТАНОВКИ

*І.В. Красношанка, к.т.н., доц.; К.В. Садовий, к.т.н., доц.;*

*А.О. Ковальчук, к.т.н., с.н.с.; О.М. Дзідора*

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

В структурі ППО радіолокаційні станції являються основним і практично єдиним джерелом інформації про повітряну обстановку. По своєму призначенню засоби виявлення першими вступають в контакт з повітряним противником і перші підлягають нападу. Відповідно сучасні РЛС мусять мати високу виживаємість за рахунок застосування сигналів з шумоподібною структурою.

Підвищення ефективності радіотехнічного озброєння може досягатися при комплексному застосуванні простих та складних сигналів з адаптованими частотно-часовими параметрами з урахуванням інформації про завантаження радіодіапазону, завадову обстановку і т. ін..

В доповіді розглядаються фактори, що може забезпечити підвищення ефективності радіотехнічного озброєння Повітряних Сил, та реалізація методів активної і пасивної радіолокації в єдиному активно-пасивному радіолокаційному комплексі (АПРЛК). Для таких комплексів надзвичайно важливо максимально використовувати просторово-часові і спектральні особливості корисних і завадових сигналів. Перевагою АПРЛК є можливість одночасного задоволення протирічних вимог щодо високої інформативності, з одного боку, та завадозахищеності і прихованої роботи, з іншого. З точки зору швидкодії більш перспективною залишається обробка сигналів у спектральній області. При обробці сигналів в частотній області в реальному масштабі часу виправданим є використання Фур'є-процесорів реального часу. Для виявлення аеродинамічних та балістичних цілей, наведення на них винищувальної авіації та ракет доцільним є використання простих і складних сигналів із шириною спектра 0,1...15 МГц. Для точного визначення координат балістичних цілей і розпізнавання аеродинамічних цілей пропонується використовувати сигнали із шириною спектра 5...150 МГц. На етапі селекції елементів групової цілі, розпізнавання балістичних цілей і космічних об'єктів можуть використовуватись складні сигнали із шириною спектра 100...600 МГц. Одночасне задоволення наведених вимог стає можливим використанням ЛЧМ сигналів із змінюваною дев'яцією частоти. Існуючий стан розвитку методів та пристроїв формування таких сигналів дає надзвичайно широкі можливості проектувальникам радіолокаційного озброєння.

На основі уточненої математичної моделі проводиться аналіз можливостей інтегральних цифрових синтезаторів з дискретним відліком частоти по формуванню складних сигналів зі змінюваними частотно-часовими параметрами. Вказуються обмеження та основні джерела спотворень сигналів у таких формувачах. Приводяться рекомендації по застосуванню розглянутих цифрових синтезаторів в сучасних та перспективних РЛС.

## **СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ТВЕРДОТІЛЬНИХ НВЧ ПІДСИЛОВАЧІВ**

*О.М. Дзигора; А.О. Ковальчук, к.т.н., с.н.с.; І.В. Красношапка, к.т.н., доц.;  
К.В. Садовий, к.т.н., доц.*

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

Характерною тенденцією розвитку сучасних радіолокаційних передавальних пристроїв є заміна електровакуумних генераторних та підсилювальних приладів (тріодів, магнетронів, клістронів, ламп біжучої хвилі та ін.) твердотільними підсилювачами НВЧ.

Підсилювачі потужності, побудовані на основі потужних НВЧ транзисторів або модулів, визначають найважливіші параметри передавальної системи, такі як випромінювана й споживана потужність, коефіцієнт корисної дії, ширина смуги робочих частот, радіаційна стійкість, габарити й маса, надійність і вартість.

Твердотільні підсилювачі відкривають широкі перспективи щодо розробки новітніх та модернізації вже існуючих зразків радіопередавальних пристроїв.

У дійсний час підсилювачі потужності виконуються на дискретних компонентах (транзисторах) або у вигляді готових функціонально закінчених підсилювальних модулів. Модульний принцип конструювання передавальної апаратури найбільш повно відповідає сучасним вимогам і є самим перспективним.

Потреба в оперативному розв'язанні схемотехнічних завдань при проектуванні потужних передавальних систем викликала появу на ринку та стрімкий розвиток підсилювальних НВЧ модулів PSM (Power Solution Module, або pallet).

У доповіді проведено порівняльний аналіз параметрів та характеристик дискретних НВЧ транзисторів та потужних НВЧ підсилювальних модулів відомих світових виробників, що використовують прогресивні напівпровідникові технології (GaAs, GaN, Diamond FETs).

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ АТМОСФЕРИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИВНОЇ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ З ДИНАМІЧНОЮ СПЕКТРАЛЬНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ**

*О.О. Гурін, к.т.н.; А.В. Пономарь*

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

Активна оптико-електронна система призначена для виявлення об'єктів по спектральному ознаками при слабкому освітленні досліджуваної поверхні і передбачає застосування лазерних багатоспектральних зондуючих сигналів, енергетичний склад яких формуються на основі апріорних відомостей про відображаючи характеристики цілі та фону, таким чином щоб зменшити величину спектральних складових сигналу відбитого від поверхні, що належить фону в інтересах підвищення контрасту зображення цілі.

Однак поглинання і розсіяння оптичного випромінювання атмосферою призводить до спотворення енергетичного складу багатоспектрального зондуючого сигналу і зниження контрасту зображення.

Для оцінки впливу атмосфери на характеристики детектора розроблена математична модель активної оптико-електронної системи виявлення об'єктів

і проведено математичне моделювання визначення коефіцієнта ослаблення спектральних складових зондуючих сигналів при різних характеристиках прозорості атмосфери в інтересах визначення контрастності зображень під час відсутності впливу атмосфера та при її наявності.

На підставі результатів математичного моделювання активної оптико-електронної системи виявлення об'єктів сформульовані пропозиції щодо її використання при різних значеннях дальності виявлення та характеристик прозорості атмосфери.

### **ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВОГО ФОРМУВАЧА АЗИМУТАЛЬНОГО КОДУ В СИСТЕМІ ПЕРЕДАЧІ АЗИМУТА ОГЛЯДОВИХ РЛС "СТАРОВОГО" ПАРКУ**

*О.А. Малишев, к.т.н., доц.; М.Р. Арасланов, к.т.н., с.н.с.; О.М. Піскун;*

*А.В. Ковтун; Д.В. Орлов*

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

Серед вимог до радіолокаційної інформації окреме місце займає вимога щодо точності вимірювання координат цілей, зокрема, їх азимуту. В оглядових РЛС "старого" парку азимут антени визначається за допомогою сельсинів або синусно-косинусних обертових трансформаторів, а обробка сигналів з їх виходу здійснюється аналоговими пристроями. Потенційно такі системи мають певні похибки при визначенні кутового положення антени. Ці похибки обумовлені здебільше принципом дії електромеханічних пристроїв, нестабільністю параметрів лампових каскадів, інерційністю виконавчих засобів тощо. Отже, актуальним є питання підвищення точності вимірювання азимуту цілей в оглядових РЛС "старого" парку, що може бути досягнуто шляхом часткової модернізації синхронно-слідкуючого приводу із застосуванням цифрових пристроїв.

Для цього передбачається використовувати напругу з виходу сельсин-датчика, в якій наявна інформація про поточне кутове положення антени. Така інформація "закладена" в співвідношенні параметрів трьох вихідних напруг, які відрізняються за амплітудою та фазою. Після перетворення цих синусоїдальних напруг та опорної напруги у меандр за допомогою компараторів та пристроїв порівняння можливо отримати послідовність опорних імпульсів. Така послідовність в подальшому використовується для формування масштабних азимутальних імпульсів та поточного коду азимута. Додатково вирішується завдання по юстируванню схеми та зменшенню похибки, яка викликана нестабільністю швидкості обертання антени. Юстирування здійснюється шляхом формування з опорної напруги імпульсу "Північ". Урахування поточного положення антени проводиться з використанням сформованих з опорної послідовності спеціальних кодів.

## **МЕТОД ОБ'ЄДНАННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПОВІТРЯНУ ОБСТАНОВКУ В КЗА КП РАДІОТЕХНІЧНИХ ПІДРОЗДІЛІВ**

*Д.В. Головняк*

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

В теперішній час вирішення завдань радіолокаційного контролю проводиться в умовах складної повітряної та радіоелектронної обстановки, що виникає внаслідок високої просторової щільності повітряних об'єктів (ПО), їх маневрування, постановки активних і пасивних перешкод. Об'єднання радіолокаційної інформації про ПО, що надходить від сукупності різноманітних джерел здійснюється в комплексах засобів автоматизації (КЗА) командних пунктів (КП) військових частин і підрозділів радіотехнічних військ. Процес спостереження ПО джерелами радіолокаційної інформації носить випадковий асинхронний характер, а виміряна та оцінена джерелами координатна та ознакова інформація істотно різниться за складом. Існуючі методи об'єднання інформації про повітряну обстановку не враховують відмінностей в складі інформації, що не дозволяє забезпечити потрібні показники якості інформації про повітряну обстановку.

Запропоновано удосконалений метод статистичного синтезу алгоритмів оптимального оцінювання параметрів випадкових потоків ПО, в якому, на відміну від відомих, сумісне вирішується задача виявлення-супроводження траєкторій ПО шляхом об'єднання та узагальнення координатної та ознакової інформації, що надходить від сукупності джерел з урахуванням різноманітності та багатозначності ознак.

Наведені практичні рекомендації щодо особливостей застосування удосконаленого методу в сучасних КЗА КП радіотехнічних підрозділів.

## **ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ СТРУКТУРИ СКЛАДНОМОДУЛЬОВАНИХ ЕХО-СИГНАЛІВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ФІЛЬТРАЦІЇ**

*М. Солтис; І. Максимович; Р. Максимович; С. Яровий, к.т.н.*

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

Розвиток сучасних засобів повітряного нападу і розвідки, в особливості, тактики їх застосування вимагає роботи радіолокаційних засобів виявлення на межі чутливості їх приймальних пристроїв. В таких умовах саме слабкий ехо-сигнал цілі зазнає значного впливу викривлень, обумовлених його особливостями поширення в тропосфері та конструкції літального апарату. В цьому випадку частотна характеристика сукупності викривлюючих систем є невідомою. Результатом впливу вказаних факторів є зниження ефективності фільтрації складномодульованих сигналів.

Проаналізовано можливості відновлення спектральної структури ехо-сигналу за рахунок використання інверсних фільтрів, частотні характеристики яких є зворотними частотним характеристикам суперпозиції викривлюючих систем за рахунок вирішення задачі неповної деконволюції.

Розглянуті шляхи знаходження оптимального фільтра деконволюції з урахуванням деяких апріорних відомостей, метрика приближення яких менша, ніж у усічених фільтрів деконволюції. Інверсним фільтром, в цьому випадку, буде вважатись оптимальний з точки зору максимального наближення до

форми корисного сигналу з деяким допустимим коефіцієнтом підсилення дисперсії шумів.

При проектуванні фільтрів враховуються статистичні характеристики перешкод у вхідному сигналі і їх співвідношення із статистичними характеристиками самого корисного сигналу.

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ МАНЕВРІВ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ТИПУ "ЗМІЙКА" ТА "НОЖИЦІ" НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ АВТОСУПРОВОДЖЕННЯ**

*І.Г. Кіриллов, к.т.н., доц., с.н.с.; Т.О. Новікова; О.М. Поліський  
Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба*

Одним з напрямків удосконалення систем розвідки повітряного простору, підвищення якості обробки радіолокаційної інформації з метою виявлення та розпізнавання повітряних цілей на дальніх рубежах є забезпечення своєчасного виявлення їх маневрів, зокрема маневрів типу "змійка" та "ножиці". Необхідність цих заходів обґрунтовують результати аналізу впливу маневрів на ефективність бойового застосування вогневих засобів ЗРВ та винищувальної авіації за даними засобів радіолокаційної розвідки. Підтверджується підвищена увага зарубіжних фахівців до розрішення проблеми своєчасного виявлення різних видів маневрів, але навіть у перспективних засобах управління винищувальною авіацією та ППО в Повітряних Силах Збройних Сил України, а саме в АСУ "Ореанда", таке завдання не вирішується.

Обговорюються "технологічні" передумови суттєвого впливу маневру повітряної цілі "змійка" на усі етапи її перехоплення винищувачем, а саме далеке, ближнє наведення та атаку. На першому етапі проблеми виникають із-за періодичного зриву супроводження траєкторії цілі в РЛС РТВ, суміщеної з пунктом наведення, в момент часу, коли в результаті маневру радіальна швидкість цілі зменшується аж до нульової. Це обумовлено особливостями типових систем селекції рухомих цілей (СРЦ), які звичайно "сліпнуть" на таких швидкостях. Аналогічно наземним РЛС "сліпі" ракурси є й для бортової РЛС (БРЛС) винищувача, що супроводжує ціль на етапі зближення з нею, причому діапазон "сліпих" швидкостей для БРЛС звичайно декілька більше. Ці особливості системи СРЦ бортових локаторів наводять до зриву супроводження та неможливості в такі моменти часу пуску керованих ракет "повітря-повітря".

Протидія розглянутих в доповіді маневрів повітряних цілей зенітним ракетним дивізіонам здійснюється як на етапі цілерозподілу (маневри проти управління стрільбою), так й на етапі наведення зенітних керованих ракет (ЗКР) на цілі. Ці маневри враховують як розвідувальну інформацію про взаємне розташування бойових порядків дивізіонів, так й, як і раніше, особливості систем СРЦ РЛС супроводження цілей, радіолокаторів підсвіту та наведення ЗКР.

Відмічено, що завдання по виявленню та супроводженню високоманеврених цілей суттєво ускладнюються у випадку застосування ними активних завад. Це додатково потребує розробці (вдосконалення) та використанні відповідних алгоритмів вторинної обробки радіолокаційної інформації, які дозволять забезпечити якісне прогнозування (екстраполяцію) відміток траєкторії на декілька періодів огляду, протягом яких здійснюється

маневр, та не допустити зрив супроводження і як слід прорив ППО об'єктів, що обороняються.

До числа таких алгоритмів, на погляд авторів, слід насамперед віднести різновиди інтерактивних багатомодельних алгоритмів, зміна моделі руху в яких описується марковським ланцюгом з кінцевим числом станів.

## КОДОВІ ПОСЛІДОВНОСТІ З НИЗЬКИМ РІВНЕМ БІЧНИХ ПЕЛЮСТОК

Н.П. Чорнобородова<sup>1</sup>; М.П. Чорнобородов<sup>2</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1</sup>ТОВ "Енергомехкомплект";

<sup>2</sup>Запорізький національний технічний університет

Необхідною умовою для радіолокаційного виявлення, визначення координат, швидкості та інших характеристик об'єктів є достатнє відношення сигнал/шум на вході виявлювача. Рівень відношення сигнал/шум залежить від виду й закону модуляції сигналів зондування. Максимальне відношення сигнал/шум забезпечують фазоманіпульовані за кодом Баркера сигнали. Але коди Баркера відомі лише для порівняно коротких послідовностей на 3, 4, 5, 7, 11 й 13 імпульсів. Лише ці послідовності забезпечують мінімальний рівень бічних пелюсток стисненого сигналу на виході узгодженого фільтра (РБП=1/N, де N - довжина кодової послідовності). Величина РБП визначається ступенем узгодженості структури сигналу й фільтра для його стиснення ( $k_{ст}=1/РБП$ ). Для решти значень N не було знайдено структури сигналу, яка б була узгодженою із структурою фільтра Баркера.

Вхідним пристроєм фільтра Баркера є багатовідвідна лінія затримки, число відводів якої дорівнює числу її комірок N. Фільтрація вхідного сигналу здійснюється шляхом домножування амплітуди кожного елемента ковзкого вікна на коефіцієнти  $k_i = \pm 1$  і наступним додаванням усіх значень у суматорі.

Шляхом оптимізації значень вагових коефіцієнтів  $k_i$  вперше було розв'язано задачу синтезу кодових послідовностей для дворівневої ( $0^\circ$  для  $k_i < 0$  або  $180^\circ$  для  $k_i > 0$ ) фазової маніпуляції радіоімпульсів (див. табл.). Порівняно до фільтра Баркера (в залежності від довжини послідовності), отримано збільшення (для відомих кодів): а) коефіцієнта стиснення складних сигналів  $k_{ст}$  на 0..3,2 дБ; б) рівня вихідного відношення сигнал/шум на 1,8..5,7 дБ; в) вихідного значення рівня шуму на 1,8..5,7 дБ. Для N=11 знайдено нову послідовність, а для N=6, 8, 14, 15 знайдено по дві нові послідовності, що мають РБП  $\ll 1/N$ .

N	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_8$	$k_9$	$k_{10}$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{ст}$
3	-0,63	1,25	0,63										4,00
4	1,02	-0,53	1,51	1,02					N	$k_{13}$	$k_{14}$	$k_{15}$	4,00
5	0,65	-1,30	1,30	1,30	0,65				13	0,85			8,00
6	-0,58	1,06	-1,23	0,41	1,64	0,82			14	1,49	0,40		7,00
7	-0,83	0,97	-0,97	-0,68	0,97	0,97	0,83		15	1,36	1,57	0,89	7,52
8	0,46	-1,13	1,21	-0,48	-0,79	0,92	1,47	0,62					8,22
11	-1,00	0,72	-0,72	2,01	-1,38	-2,60	1,41	2,01	0,69	0,69	1,00		14,20
13	0,85	-1,25	1,06	-1,51	1,29	1,21	-1,60	-1,27	1,14	1,48	1,09	1,28	18,71
14	-0,76	1,10	-1,52	0,91	-0,95	0,91	2,09	-1,63	-1,50	0,94	1,39	1,26	13,83
15	-0,89	1,62	-1,29	1,07	-0,44	-0,96	1,46	0,78	-1,37	-0,96	0,53	1,28	18,53

Через брак місця, у таблиці курсивом наведено значення  $k_{13}..k_{15}$  для N=13..15.



## **ОБГРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ПОБУДОВИ ФУНКЦІОНАЛЬНО СТІЙКОЇ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

*О.В. Барабаш, д.т.н., проф.; В.В. Кіреєнко, к.військ.н.  
Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського*

На сьогоднішній день розподілені системи передачі інформації та їх різновиди вважаються однією з найбільш важливих напрямків забезпечення та впровадження у воєнній сфері. До зазначених систем належить система передачі радіолокаційної інформації (СПРІ). Необхідність побудови функціонально-стійкої системи передачі радіолокаційної інформації обумовлено важливістю завдань, що вирішується системою, а саме передача радіолокаційної інформації до споживачів. Система передачі радіолокаційної інформації функціонує в умовах впливу зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів. В наслідок негативного впливу елементи системи можуть виходити з ладу. Тому в таких умовах важливим є забезпечення безперервного автономного функціонування системи передачі радіолокаційної інформації. Таке функціонування може бути здійснено завдяки забезпеченню властивості функціональної стійкості системи передачі радіолокаційної інформації.

Під функціональною стійкістю СПРІ слід розуміти її властивість зберігати у визначеному часовому інтервалі виконання своїх основних функцій в умовах впливу внутрішніх та зовнішніх дестабілізуючих факторів

Основною особливістю функціонально-стійких систем є їхня здатність змінюватись на структурному рівні до повної відмови системи, тобто виключати відмовивши елементи, перестроювати структуру, налаштувати параметри системи до нових умов експлуатації. Аналогічно поведінки живих організмів, при втраті ними деяких частин та функцій слід синтезувати систему передачі радіолокаційної інформації, яка б виконувала основну функцію (передачу радіолокаційної інформації) при виході з ладу елементів системи (вузлів комутації та ліній зв'язку).

Авторами пропонується забезпечення функціональної стійкості системи передачі радіолокаційної інформації здійснювати на етапі побудови шляхом ведення структурної, апаратної, програмної та часової надмірності. Для цього визначається оптимальна за критерієм максимуму функціональної стійкості структура. Перевага даного підходу складається з можливості кількісно оцінювати функціональну стійкість існуючої структури СПРІ на основі зовнішніх ознак. На основі цих оцінок можна надавати рекомендації з нарощування структури та вимоги до СПРІ, що проєктуються.