

## **СЕКЦІЯ 13**

### **РОЗВИТОК СИСТЕМ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ РОЗВІДКИ**

Керівники секції: полковник М.М. Степаненков;  
д.т.н. професор А.В. Кобзєв

Секретар секції: к.т.н. майор А.С. Риб'як

#### **ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ НОСІВ ВИСОКОТОЧНОЇ ЗБРОЇ У РАЙОНАХ ЇХ БАЗУВАННЯ**

*М.М. Степаненков<sup>1</sup>; Г.В. Певцов<sup>2</sup>, д.т.н., проф.;*

*В.А. Клименко<sup>2</sup>, к.військ.н., доц.; Ю.Б. Ситник<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Військова частина А0201Р;*

*<sup>2</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Визначені умови (обмеження), що задаються при розробці методики оцінювання можливостей повітряної розвідки за результатами прогнозу дій носіїв високоточної зброї. Запропоновані: показники оцінки розвідувального польоту, розрахункові правила рівнів якості повітряної розвідки, комплексний підхід до обґрунтування методики оцінювання повітряної розвідки, функцію для прогнозування ефективності повітряної розвідки на основі методу екстраполяції, оцінювання ймовірності розкриття об'єктів високоточної зброї у залежності від варіантів їх дислокації.

#### **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ НАЗЕМНИХ СТАНЦІЙ І КОМПЛЕКСІВ РАДІОРОЗВІДКИ**

*В.Л. Сімаков<sup>1</sup>; А.В. Кобзєв<sup>2</sup>, д.т.н., проф.*

*<sup>1</sup>Військова частина А0191;*

*<sup>2</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Проведений порівняльний аналіз наземних засобів радіорозвідки, що виробляються промисловістю різних країн, за їх основними характеристиками. Основна увага приділяється аналізу таких характеристик, як діапазон робочих частот, швидкість огляду за частотою, точність визначення координат джерел радіовипромінювання, швидкодія, мобільність. Зазначені фактори, що обмежують можливості засобів радіорозвідки, та обговорюються напрямки їх вдосконалення.

#### **ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО КОМП'ЮТЕРНОГО ІМІТАЦІЙНО-МОДЕЛЮЮЧОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПЛЕКСУ ПАСИВНОГО РАДІОТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ**

*Д.М. Михайлов<sup>1</sup>; М.М. Калужний<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.; А.С. Риб'як<sup>3</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Військова частина А0191;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки;*

*<sup>3</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Будь-який тренажер представляє собою певну модель реальної технологічної (функціональної) системи. Тому важливою вимогою при його розробленні є забезпечення необхідної повноти та точності моделювання реальних підсистем. Обґрунтовані вимоги до комп'ютерного імітаційно-моделюючого тренажера для підготовки фахівців з експлуатації комплексу пасивного радіотехнічного контролю. Показа-

но, що комп'ютерний тренажер повинен забезпечувати: максимальну відповідність відображення основних блоків та панелей апаратури основним (головними) елементам управління; можливість ініціації параметрів зовнішньої радіоелектронної обстановки; можливість реакції операторів за допомогою віртуальних органів управління на зовнішню радіоелектронну обстановку; можливість імітації роботи апаратних засобів в відповідності до алгоритмів їх функціонування та відображення стану апаратури за допомогою віртуальних елементів; контроль дій операторів, протоколювання їх роботи та оцінювання рівня їх підготовки за визначними критеріями.

### **СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ В АКУСТООПТИЧНИХ ПРИСТРОЯХ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ РАДІОСИГНАЛІВ. ХВИЛЬОВИЙ ТА КОРПУСКУЛЯРНИЙ ПІДХІД**

*О.І. Стрелков<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; В.В. Коротков<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.*

<sup>1</sup>*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;*

<sup>2</sup>*Спеціальне конструкторське бюро радіотехнічних пристроїв  
Державна акціонерна холдингова компанія «Топаз»*

Забезпечення ефективного використання радіочастотного ресурсу базується на чіткому розділенні смуг частот і часу роботи усіх категорій користувачів та здійсненні державного нагляду у цій сфері. В цьому випадку радіочастотний моніторинг виступає, як практичний інструмент державного нагляду за використанням радіочастотного ресурсу, а задачі вдосконалення технічних засобів радіочастотного моніторингу набувають особливої актуальності. В основу доповіді покладено результати досліджень авторів, які присвячені питанням статистичної обробки оптичних сигналів в акустооптичних пристроях. На прикладі акустооптичних аналізаторів спектру радіосигналів розкриваються питання підвищення якісних характеристик спектрального аналізу за рахунок застосування оптимальних методів обробки оптичних сигналів. З урахуванням хвильових та корпускулярних характеристик світлового потоку наведено варіанти синтезу оптимальних алгоритмів виявлення та оцінки параметрів просторового положення оптичних сигналів в фокальній площині фотоприймача акустооптичного аналізатору спектру радіосигналів. Представлено результати теоретичних та експериментальних досліджень застосування розроблених методів (алгоритмів) для підвищення частотної точності та динамічного діапазону акустооптичного аналізатору спектру.

### **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТНИХ ПАРАМЕТРІВ РАДІОСИГНАЛІВ В АКУСТООПТИЧНИХ СИСТЕМАХ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ**

*О.І. Стрелков<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; В.В. Коротков<sup>2</sup>, к.т.н., с.н.с.; В.В. Марченко<sup>2</sup>, к.т.н.*

<sup>1</sup>*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;*

<sup>2</sup>*Спеціальне конструкторське бюро радіотехнічних пристроїв  
Державна акціонерна холдингова компанія «Топаз»*

Стратегічна цінність радіочастотного ресурсу підтверджується його суттєвою роллю, яку він відіграє в організації та експлуатації усіх систем радіозв'язку. Разом з тим, в умовах підвищення попиту на смуги радіочастот зі сторони цивільних і військових користувачів проявляється проблема перевантаженості радіочастотного ресурсу, яка обумовлена його фізичними характеристиками та стрімким розвитком телекомунікаційних технологій. Зазначена проблема потребує застосування комплексного підходу для підвищення ефективності радіочастотного моні-

торингу, як в напрямку удосконалення методів контролю, так і в напрямку поліпшення тактико-технічних характеристик технічних засобів спектрального аналізу та панорамного прийому радіосигналів. Доповідь присвячено питанням підвищення точності вимірювання параметрів радіосигналів в акустооптичному аналізаторі спектру. В роботі доведено теоретично та підтверджено результатами експериментальних досліджень квантовий характер флуктуації сигнальної та перешкодової складової оптичного випромінювання, яке реєструється. На основі отриманої математичної моделі запропоновано методи підвищення точності відліку частоти радіосигналу та частотного розрізнення двох радіосигналів прямокутної форми на фоні адитивної перешкоди в акустооптичному аналізаторі спектру.

### **ВПЛИВ ХАРАКТЕРУ ФОТОН-ФОНОННОЇ ВЗАЄМОДІЇ НА ДИНАМІЧНИЙ ДІАПАЗОН АКУСТООПТИЧНОГО АНАЛІЗАТОРУ СПЕКТРУ РАДІОСИГНАЛІВ**

*О.І. Стрелков<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; С.Є. Кальной<sup>1</sup>, к.ф.-м.н., доц.; В.В. Карнаух<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;*

<sup>2</sup>*Спеціальне конструкторське бюро радіотехнічних пристроїв  
Державна акціонерна холдингова компанія «Топаз»*

Стрімкий розвиток радіотехнологій та екстенсивний характер використання радіочастотного ресурсу обумовлюють низку проблемних питань щодо його ефективного використання та моніторингу. Одним із напрямків підвищення ефективності систем контролю та аналізу радіочастотного ресурсу є адаптація технічних засобів радіочастотного аналізу до сучасних умов їх використання, а саме, збільшення їх динамічного діапазону, та розширення смуги частот, які аналізуються, поліпшення характеристик точності вимірювання параметрів радіосигналів. В доповіді розглянуто питання підвищення динамічного діапазону акустооптичного аналізатору спектру за рахунок врахування в процесі реєстрації та обробки сигналів особливостей дифракції світлового потоку на акустичних хвилях великої інтенсивності. Наведено результати математичного моделювання та експериментальних досліджень щодо нових нелінійних ефектів акустооптичної взаємодії, які проявляються в появі помилкових максимумів у дифракційній картині, просторові координати яких не збігаються з максимумами інших порядків в дифракційній картині Брега. Зроблено висновки щодо обмежень динамічного діапазону акустооптичного аналізатору спектру за рахунок нелінійного впливу процесу фотон-фононної взаємодії при високих інтенсивностях вхідних радіосигналів.

### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ КОМБИНАЦИЙ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЙ**

*Н.М. Калужный, к.т.н., с.н.с.; С.А. Галкин, к.т.н.; В.И. Колесник  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Определение наиболее информативной комбинации признаков из заданного множества при обширном алфавите классов распознаваемых источников радиоизлучений является актуальной задачей, решение которой позволяет оценить потенциальную вероятность правильного распознавания и обеспечить вероятность ошибки, не хуже заданной. Разработанная авторами методика исключает сложности математических вычислений известного способа расчета вероятностей ошибки и правильного распознавания. По каждому из признаков для каждой пары классов из

заданного алфавита формируется матрица пересечений, позволяющая определить области пересечений соответствующих априорных плотностей вероятностей из эталонной базы данных. Формированием матрицы ошибок для каждой из возможных комбинаций признаков определяется информативность комбинаций признаков. Для наиболее информативных комбинаций признаков формируются решающие правила, оптимальные по критерию максимума апостериорной вероятности. Методом статистического моделирования комбинации признаков ранжируются по информативности и значениям вероятностей ошибок распознавания. Отобранные комбинации признаков обеспечивают для заданной эталонной базы источников радиоизлучений максимальные значения вероятностей правильного распознавания.

### **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БОРТОВЫХ АВИАЦИОННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАРУБЕЖНЫХ ИЗДАНИЙ)**

*Н.М. Калюжный, к.т.н., с.н.с.; А.И. Задонский, к.т.н., с.н.с.; В.И. Колесник  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Современные авиационные бортовые радиолокационные станции (БРЛС) во многом определяют эффективность боевого применения авиации. Развитие технологий производства миниатюрных активных излучающих модулей позволило создавать активные фазированные антенные решетки (АФАР), применение которых резко увеличило функциональные возможности бортового электронного оборудования (БРЭО) авиации. В докладе рассматриваются направления развития БРЛС, основными из которых на сегодня являются: многофункциональность; высокая информативность; интеллектуальность; высокая степень интеграции оборудования; применение многопозиционных БРЛС; цифровая обработка сигналов; многодиапазонность; защита летательного аппарата. Появление АФАР позволило не только перейти к созданию боевых самолетов пятого поколения, но и значительно изменить функциональные возможности самолетов предыдущего поколения. На примере имеющихся на вооружении и создаваемых БРЛС с АФАР рассмотрены их технические особенности, преимущества и недостатки, а также возможные пути дальнейшего развития.

### **МЕТОДИЧЕСКИЙ АППАРАТ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ РАДИОЧАСТОТНОГО МОНИТОРИНГА**

*Н.М. Калюжный, к.т.н., с.н.с.; А.М. Попов, к.т.н., доц.; В.А. Ковшарь  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Важнейшей задачей процесса радиомониторинга используемого радиочастотного ресурса является оценивание эффективности функционирования системы радиочастотного мониторинга (СРЧМ) с целью оптимизации ее структуры и обоснованного наращивания мощности. В докладе представлена методика оценивания эффективности функционирования СРЧМ, базирующаяся на оригинальной методологии, которая основана на системном и пространственно-частотно-временном подходах. Описывается система частных показателей эффективности выполнения каждой задачи СРЧМ по пространству, частоте и времени. На основе этих частных показателей вычисляются обобщенные производственные и интегральные показатели эффективности. Кроме того, представленная методика позволяет осуществить прогноз значений этих показателей на произвольный период времени. Приводится структура базы данных для хра-

нення исходных данных и результатов расчета показателей эффективности с учетом статической и динамической информации. Описываются возможности разработанного в соответствии с представленной методикой программного комплекса для автоматизированного расчета показателей эффективности СРЧМ, а также результаты расчетов. Рассматриваются вопросы адаптации предложенной методики и разработанного программного комплекса к системам контроля излучений радиоэлектронных средств в условиях априорной неопределенности.

### **АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ РЕР У ЧЕЧЕНСЬКОМУ ЗБРОЙНОМУ КОНФЛІКТІ 1994-1996 РОКІВ**

*П.В. Потелещенко, к.т.н.; І.Є. Кужель, к.т.н., с.н.с.*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

За останнє десятиріччя на основі стрімкого розвитку цифрових та телекомунікаційних технологій системи озброєння набули нових, більш високих бойових характеристик, а тому суттєво змінились і погляди на ведення бойових дій. У зв'язку з цим, є доцільним провести огляд сучасних збройних конфліктів в яких використовувались підрозділи радіоелектронної розвідки та проаналізувати особливості їх бойового застосування. Досвід використання сил і засобів радіо і радіотехнічної розвідки виявив ряд суттєвих недоліків і дозволив сформулювати ряд пропозицій та рекомендацій щодо їх подальшого застосування.

### **МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ ПО СИГНАЛАМ СИСТЕМИ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ВПІЗНАВАННЯ**

*М.В. Білаш, к.т.н.; В.В. Романенко, к.т.н.; Н.В. Шигімага*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Обґрунтовуються методи визначення місцеположення повітряних об'єктів з одного пункту прийому з використанням сигналів системи радіолокаційного впізнання. Розглядаються можливості вторинної обробки координатної інформації про повітряні об'єкти з використанням зазначених сигналів.

### **КОМП'ЮТЕРНИЙ ІМІТАЦІЙНО-МОДЕЛЮЮЧИЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПЛЕКСУ ПАСИВНОГО РАДІОТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ**

*В.В. Романенко<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.; А.М. Попов<sup>2</sup>, к.т.н., доц.; М.Ю. Манзюк<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;*

*<sup>2</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки*

В доповіді представляється розроблений комп'ютерний імітаційно-моделюючий тренажер, який включає модуль запуску програмного забезпечення тренажеру (стартова форма) автоматизоване робоче місце викладача (сервер зовнішньої радіоелектронної обстановки) та автоматизоване робоче місце оператора. Розроблення програмного забезпечення тренажеру здійснювалась з використанням середовища програмування високого рівня Delphi, системи управління базами даних PostgreSQL-9.0.3, PostGIS-pg90-1.5.2 та цифрової електронної карти. Інновацією даної розробки є застосування сучасних мережних технологій на основі TCP/IP протоколів. Програмне забезпечення комп'ютерного тренажеру дозволяє: наглядно задавати зовнішню радіоелектронну обстановку та відслідковувати її зміни; здійснювати моделювання поведінки об'єктів контролю в просторі та реальному масштабі часу; зберігати та корегувати у базі даних характеристики

об'єктів контролю, параметри їх траєкторій, а також варіанти типових зовнішніх обстановок; здійснювати інформаційний обмін потоками даних між імітатором зовнішньої об'єктової радіоелектронної обстановки та робочим місцем оператора; здійснювати імітацію ведення моніторингу зовнішньої радіоелектронної обстановки та контролювати дії операторів в процесі навчання та тренування.

### **ОБНАРУЖЕНИЕ СУБПИКСЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ ПРИЗНАКАМ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ С ДИНАМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИЕЙ**

*А.С. Рыбьяк, к.т.н.; О.Я. Луковский*

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*

Задачу оптимального выделения оптических сигналов субпиксельных объектов из фоновых помех удалось свести к решению задачи обнаружения сигналов с априорно известными параметрами, разработанной для решения радиолокационных задач. При этом под субпиксельными подразумеваются такие объекты, геометрические размеры которых меньше размеров проекции элемента разрешения (пиксела) оптоэлектронной системы на местности. С использованием принципов динамической спектральной фильтрации и основных положений теории обнаружения сигналов разработаны алгоритм оптимального обнаружения субпиксельных объектов по спектральным признакам и структурная схема обнаружителя. Приведены количественные характеристики обнаружителя, позволяющие при заданном уровне ложной тревоги определить условную вероятность правильного обнаружения субпиксельного объекта наблюдения в зависимости от величины разности спектральных характеристик объекта и фона.

### **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С СИНТЕЗИРОВАНИЕМ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ**

*И.А. Евсеев, к.т.н., доц.; В.В. Парфило; П.С. Вовк*

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Развитие радиолокационных средств дистанционного зондирования Земли для целей картографирования, исследования природных ресурсов, военного применения основано на применении радиолокаторов бокового обзора с синтезированной апертурой антенны (РСА). Современные РСА позволяют обеспечивать решение большого числа разнородных задач. Однако расширение круга решаемых задач однозначно связано с увеличением числа режимов работы систем разведки, что предъявляет ряд высоких требований к аппаратной части и программному обеспечению. Основные направления развития РСА связаны с использованием при радиолокационном наблюдении максимального количества параметров ЭМВ. При этом наряду с расширением частотного диапазона, ансамбля частот модуляции, увеличения позиций (направлений облучения и приема) – максимально используют информацию каждого элементарного сигнала, что обусловлено, прежде всего, необходимостью решения задач распознавания объектов. Детальность получаемых радиолокационных изображений позволила решать ряд дополнительных практических задач. В докладе рассмотрены возможности существующих и запланированных к принятию на вооружение до 2015 года комплексов, требования к перспективным средствам воздушной радиолокационной разведки. Отдельным классом выделены мини РСА, которые находят применение для воздушного мониторинга, проводимого малогабаритными БПЛА.

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ЛІТАКАХ ПОВІТРЯНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ В ЦІЛЯХ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ**

*Б.М. Іващук<sup>1</sup>, к.т.н.; М.М. Іващук<sup>1</sup>; В.П. Петров<sup>1</sup>; В.М. Лобур<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*  
*<sup>2</sup>Повітряне командування "Захід"*

В рамках другого етапу договору з відкритого неба (ДВН) ряд країн-учасниць прийняли на озброєння нові літаки спостереження. Нові зразки фотографічного обладнання на них потребують дослідження їх тактико-технічних характеристик, щодо ефективності застосування при виконанні польотів спостереження та повітряної розвідки. Для визначення ефективності застосування фотографічного обладнання літаків-спостереження за загальними показниками (ширина захоплення –  $W$ ; висота польоту –  $H$ ; кут поля зору –  $\beta$ ) та різкісними параметрами (розрізнювальна здатність –  $R$ ; детальність –  $d$ ; миттєвий кут поля зору елементарного інформаційного каналу –  $\gamma$  і т.д.) застосовувався графоаналітичний метод, запропонований Ребріном Ю.К. Даний метод використовується при порівняльній оцінці тактико-технічних можливостей однакових та різних по принципу дії іконічних оптико-електронних систем повітряного спостереження (фотографічних, теплових, лазерних та телевізійних). У доповіді розглядається порівняння та ефективність застосування фотографічного обладнання літаків-спостереження другого етапу ДВН: США – літак ОС-135В (фотоапарат KS-87E); Німеччина – літак Ту-154М (фотоапарат LKM-2009); РФ – літак Ту-154М (фотоапарат LKM-2009); ітак Ту-214ОН (фотоапарат АКА-111; АКА-112); Україна – літак Ан-30Б (фотоапарат АФА-41/7,5; АФА-41/10).

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕДЕННЯ ПОВІТРЯНОЇ РОЗВІДКИ ЛІТАКАМИ СПОСТЕРЕЖЕННЯ**

*Б.М. Іващук, к.т.н.; Д.В. Колесник; В.В. Середюк*  
*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

На сьогоднішній день засоби повітряного спостереження є одним із основних напрямків розвитку передових технологій. Найчастіше сучасні літаки порівнюють за льотно-технічними характеристиками, зручністю експлуатації, пропускнуою здатністю передачі інформації і т.д., але мало уваги приділяється аналізу їх різкісних характеристик, що є важливим для виявлення об'єктів повітряного спостереження. Також серед великої кількості літаків на світовому ринку важко визначити яке саме фотографічне обладнання доцільно використовувати для повітряного спостереження за конкретних умов та поставлених завдань, тому оцінка ефективності фотографічної системи – є одним з основних етапів при плануванні на ведення повітряного спостереження. У доповіді представлено результати досліджень можливостей ведення повітряної розвідки літаками-спостереження таких країн як: США – літак ОС-135В; Російська Федерація – літак Ту-154М; Румунії – літак Ан-30Б. Україна – літак Ан-30Б.

## **ПІДХОДИ ЩОДО ВИЯВЛЕННЯ ПРИХОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ НА ЗОБРАЖЕННЯХ**

*І.В. Рубан<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; О.В. Шитова<sup>1</sup>, А.М. Пухляк<sup>2</sup>*  
*<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;*  
*<sup>2</sup>Міністерство оборони України*

Відомо, що повітряне фотографування є одним з ефективніших способів оптичного моніторингу щодо розпізнавання інженерно-технічних заходів маскування військ і

об'єктів. Проте, виходячи з того, що конструкція об'єктів військової техніки як об'єктів захисту постійно удосконалюється як, наприклад, нині широке поширення отримує застосування в якості імітаційних об'єктів військової техніки надувних виробів, відрізнити які тільки по прямим дешифрувальним ознакам на зображенні буде неможливо, у кожному конкретному випадку необхідно проводити ретельний аналіз відомостей про прихований об'єкт і враховувати можливість їх прояву через відповідні демаскуючі ознаки на зображенні, представленому в різних спектральних діапазонах. У зв'язку з цим актуальною науковою задачею є розробка алгоритмів і методів автоматизованого виявлення замаскованих об'єктів на зображеннях з метою застосування їх в системі аналізу зображень повітряного моніторингу, що приведе до підвищення достовірності виявлення замаскованих об'єктів та ефективності проведення повітряного моніторингу в цілому. У доповіді обґрунтовано доцільність розробки інформаційної технології аналізу і обробки зображень, що включає процедури пошуку, виявлення і розпізнавання прихованих об'єктів.

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ**

*І.В. Рубан, д.т.н., проф.; С.І. Хмелевський, к.т.н., с.н.с.; А.О. Смірнов  
Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба*

Створення штучних систем розпізнавання об'єктів на зображеннях залишається складною теоретичною і технічною задачею. Необхідність у такому розпізнаванні виникає в самих різних областях - від військової справи та систем безпеки до оцифровки різноманітних аналогових сигналів. Суть задачі розпізнавання - встановити, чи володіють досліджувані об'єкти фіксованим кінцевим набором ознак, що дозволяє віднести їх до певного класу. Виходячи з цього актуальною науковою задачею є розробка алгоритмів і методів розпізнавання об'єктів, які дозволять максимально скоротити час розпізнавання, та не вплинуть на його якість, тобто будуть більш ефективними у порівнянні з існуючими технологіями. Зображення за своєю природою містить деяку нечіткість, пов'язану як з втратою інформації при представленні об'єктів зображенням, так і з неясністю та нечіткістю у деяких визначеннях, які трактують елементи їх об'єктів, то доцільним є використання теорії нечітких множин і нечіткої логіки в обробці та аналізі зображень. На наш погляд застосування апарату нечіткої логіки дозволить забезпечити стійке розпізнавання об'єктів на зображеннях в умовах природніх перешкод, тим паче в останні роки значення нечіткої логіки стрімко виросло у світі високих технологій.

### **ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО АНАЛІЗА ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ**

*А.А. Белокуров, к.т.н.; Д.А. Шелковенков, к.т.н.; А.В. Артюх  
Центральное казенное конструкторское бюро «Протон»*

В задачах определения технических параметров сигналов радиоэлектронных систем возникает необходимость в измерениях с применением современных вычислительных средств, развитие которых позволяет работать с большими массивами данных, а также значительно уменьшить время вычислений. При измерениях параметров на современном этапе развития вычислительных средств широко применяются методы спектрального анализа сигнала, позволяющие выявить частотную структуру. Для этих целей применяется аппарат Фурье-преобразований и на его основе методы, позволяющие получить сглаженные оценки спектра. Также в современных системах находят широкое применение методы оценки частотного



состава на основе алгоритмов гармонического разложения Писаренко, MUSIC (Multiple Signal Classification) и EV (eigenvector), которые основаны на анализе собственных значений автокорреляционной матрицы. Ключевым моментом в этих методах является разделение данных автокорреляционной матрицы на два векторных подпространства – подпространство сигнала и подпространство шума. Одним из недостатков данных методов является разложение сигнала в базисе бесконечных функций, что не позволяет описывать локальные неоднородности сигнала. В связи с этим возникает необходимость в применении математического аппарата вейвлет-преобразований, использующего локально ограниченные базисные функции.

### **ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАДАЧИ МЕСТООПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЙ В СИСТЕМЕ РАДИОМОНИТОРИНГА**

*О.И. Вотяков, к.т.н.; В.С. Кузниченко; В.Л. Петров, к.т.н., доц.;  
Г.Г. Писарёнок, к.т.н., с.н.с.*

*Центральное казенное конструкторское бюро «Протон»*

В докладе рассматривается методический подход к построению технологий оптимизации количества и расположения средств радиомониторинга (стационарных и мобильных) на местности при выполнении необходимых и достаточных условий реализации требований по точности оценивания координат ИРИ. Рассмотрен скалярный показатель и критерий достижения необходимой точности оценивания векторных параметров, который обеспечивает необходимые и достаточные условия. С помощью этого показателя сформулирован ряд практических задач оценки эффективности системы и оптимизации ее пространственной структуры. Показано, что эти задачи относятся к классу целочисленных задач нелинейного программирования, поэтому для их решения используются разные комбинационные методы, основанные на упорядоченном переборе с использованием схемы “ветвей и границ”. При этом для выбора структуры используется ограниченное количество вариантов построения системы, допустимых и оптимальных по принципу Парето, так как разработчиков интересуют не строго оптимальные, а целесообразные альтернативные варианты с большими потерями в сравнении со строго оптимальным вариантом. Предполагается также использование имитационного моделирования с несколькими уровнями детализации системы.

### **ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ OFDM СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ РАДИОМОНИТОРИНГА**

*В.С. Кузниченко<sup>1</sup>; Г.Г. Писарёнок<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.;  
С.Г. Рассомахин<sup>2</sup>, к.т.н., доц.*

*<sup>1</sup>Центральное казенное конструкторское бюро «Протон»;*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина*

В докладе рассматриваются новые информационные технологии обработки сложных сигналов без использования преобразования Фурье. С учетом префиксной структуры OFDM сигналов предложен метод корреляционного анализа частотно-временных параметров и способ расчета оценок точности временных параметров OFDM сигналов. При условии наличия базы данных в системе с использованием критерия Акаике предложен двухэтапный метод многоальтернативного определения количества поднесущих частот OFDM сигналов при заданном числе их классов с известными параметрами и наличия класса сигналов с неизвестными параметрами. Предложен метод определения количества и номиналов поднесу-

щих частот OFDM сигналів при повній априорній неопределенності, який оснований на використанні систем лінійних алгебраїчних рівнянь різної ступеня определенності. Исследован метод групової демодуляції складних сигналів, який базується на використанні методів алгебри. Програмна реалізація пропозитованих методів показала, що вони забезпечують більшу розрешаючу здатність по частоті по порівнянню з методами Фур'є-аналізу при сопоставимих вимогах до обчислювальних засобів.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПРИЗНАКА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ В ДЕКАМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ РАДИОВОЛН**

*В.Д. Карлов, д.т.н., проф.; Ю.А. Сирьк; А.В. Тугай  
Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*

Использование при локации целей в декаметровом диапазоне радиоволн длинноимпульсных сигналов остро ставит задачу определения численного состава лоцируемой цели. Своевременное получение такой информации позволяет лишить вероятного противника преимуществ внезапности и позволяет своевременно отреагировать на его действия. В докладе рассматривается методика, позволяющая обеспечить распознавание целей по количественному составу. В качестве признака классификации цели используется факт скачка параметров отраженного сигнала. Рассматриваются возможности схемы построения устройств обнаружения скачка параметров сигнала. Рассмотрено три варианта построения схем. К первому варианту относится схема фиксации скачка только одного параметра (например, амплитуды или доплеровского смещения частоты). Вторым вариантом является схема фиксации скачков сразу двух параметров (например, амплитуды или доплеровского смещения частоты). В третьем варианте построения схемы в ее состав включен блок, имеющий независимые устройства фиксации скачков трех параметров (амплитуды или доплеровского смещения частоты и фазы). Проанализированы преимущества и недостатки использования рассмотренных схем. Приводятся графики, позволяющие оценить вероятности правильного обнаружения и вероятности принятия неправильного решения для каждого из рассмотренных вариантов построения схем.

### **СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВТОРОГО ПОРЯДКА БРЭГГОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ РЕЖИМЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ СВЕТА С УЛЬТРАЗВУКОМ ПОД ДВОЙНЫМ УГЛОМ БРЭГГА**

*О.В. Ефимова, к.т.н., доц.  
Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*

В интересах совершенствования акустооптических процессоров спектрального анализа радиотехнических сигналов исследуются селективные свойства пространственных составляющих второго порядка при взаимодействии света и звука под двойным углом Брэгга в промежуточном режиме дифракции. Значения дифракционной эффективности определялись с помощью численного решения системы связанных дифференциальных уравнений Рамана-Ната методом непрерывных дробей. Приведены результаты вычислений дифракционной эффективности составляющих первого и второго порядков от частоты ультразвука при различных значениях волнового параметра. Полученные нормированные значения дифракционной эффективности при втором брэгговском резонансе могут быть использованы для определения селективных свойств акустооптических процессоров на основе вторых порядков дифракции.

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И РАСШИРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА АКУСТООПТИЧЕСКИХ ПРИЕМНИКОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ БРЭГГОВСКИЕ РЕЗОНАНСЫ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ**

*О.В. Ефимова, к.т.н., доц.*

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*

Показано, что свойства пространственных составляющих второго и третьего порядков при дифракции света на ультразвуковой волне под двойным и тройным углами Брэгга отличаются от свойств пространственных компонент первого порядка при обычной брэгговской дифракции. Угловая, спектральная и частотная селективности составляющих высших порядков по сравнению с характеристиками первых порядков существенно выше. При определенных условиях это различие для вторых и первых порядков может отличаться в четыре раза. Приводятся результаты исследований дифракционной эффективности, угловой и линейной дисперсии составляющих второго порядка, обеспечивающих повышение разрешающей способности и динамического диапазона.

### **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ПРИЕМНИКОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ**

*О.В. Ефимова, к.т.н., доц.*

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*

Рассмотрены пути повышения качественных показателей акустооптических приемников. Определены потенциальные характеристики источников излучения, приемников излучения и геометрия акустооптического взаимодействия в интересах повышения точности определения местоположения целей системами пассивной локации.

### **МЕТОД ВЫБОРА ПРИЕМНЫХ ПОЗИЦИЙ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ЦЕЛЕЙ ПРИ РАЗНОСТО- ДАЛЬНОМЕРНОМ МЕТОДЕ В ПОДВИЖНОЙ СИСТЕМЕ ПАССИВНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ**

*Г.В. Ермаков<sup>1</sup>, д.т.н., проф.; В.В. Куценко<sup>2</sup>; С.М. Телюков<sup>2</sup>, к.т.н.*

*<sup>1</sup>Академия внутренних войск МВД Украины;*

*<sup>2</sup>Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба*

При ведении боевых действий батареями зенитных комплексов ближнего действия, невозможно заранее расположить на местности приемные пункты (боевые машины) для построения необходимой конфигурации в связи с тем, что неизвестно направление появления воздушного противника. Для определения общего алгоритма выбора позиций боевых машин предлагается метод, в котором учитывается возможность движения боевых машин и неопределенность периода повторения принимаемой последовательности сигналов от БРЛС. Для минимизации ошибки измерений координат цели боевые машины должны изменить свое положение на местности (разъехаться) таким образом, чтобы обеспечить условие  $\beta \rightarrow 0$  на максимальных базах. При этом ошибка определения координат цели уменьшается до соответствующих значений  $\sigma_x=4$  м,  $\sigma_y=30$  м,  $\sigma_z=10$  м., которых достаточно для обстрела цели на дальней границе зоны поражения.