Гербовая печать

«**УТВЕРЖДАЮ***»*

Директор филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ

«НИИИС им. Ю.Е.Седакова»

д.т.н. А.Ю.Седаков

**О Т З Ы В**

**ведущей организации**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»

на диссертационную работу Никиты Сергеевича Морозова

«Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 — Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения

**Актуальность избранной темы диссертации**

Техническое развитие воздушных летательных аппаратов различного класса и назначения, появление беспилотных летательных аппаратов, развитие средств помехопостановки радиолокационным системам, делает актуальной проблему обнаружения низколетящих воздушных объектов, в том числе с применением низкопотенциальных, мобильных, малогабаритных активных радиолокационных систем. Реализация современных технических требований, предъявляемых к радиолокационным системам данного класса, сталкивается с серьезными противоречиями между необходимостью обеспечения заданной зоны обзора, помехозащищенности, высоких точностей, разрешающей способности и  требования по мобильности, энергопотреблению, нормам излучения, стоимости и т.д. Поэтому становятся актуальными, как с теоретической, так и с практической точки зрения, задачи синтеза оптимальных (квазиоптимальных) алгоритмов, требующих, при этом, относительно небольших вычислительных затрат.

Диссертационная работа Фитасова Евгения Сергеевича посвящена развитию и технической реализации методов цифровой обработки радиолокационных сигналов в мобильных малогабаритных радиолокационных системах при решении задач обнаружения низколетящих воздушных объектов в сложной сигнально-помеховой обстановке за счет комплексной реализации оптимальных (квазиоптимальных) методов обработки. В рамках решаемой проблемы диссертационная работа направлена на повышение эффективности мобильных малогабаритных активных радиолокационных систем обнаружения низколетящих воздушных объектов в сложной сигнально-помеховой обстановке, что соответствует области исследования по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

**Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов**

**Научная новизна** работы состоит, прежде всего, в развитии теории и методологии обнаружения низколетящих воздушных объектов активными радиолокационными системами, позволяющих проводить анализ и синтез системы и подсистем пространственно-временной обработки сигналов, определить подходы к проектированию радиолокационных станций, выделить факторы и пути повышения эффективности их применения. В частности:

1. Впервые проведена оценка статистических закономерностей радиовидимости низколетящих воздушных объектов по классам макрорельефов местности.
2. Предложен и запатентован способ селекции движущихся целей на основе проекционного метода квазиоптимальной межпериодной временной обработки когерентной пачки импульсов на фоне помехи с заданными корреляционными свойствами.
3. Разработаны новые методы стабилизации уровня ложных тревог, пеленгации источников шумовых активных помехи и защиты от импульсных помех с адаптивным порогом обнаружения на основе порядковых статистик, обеспечивающие, в отличие от существующих методов, обнаружение групповых целей в сложной сигнально-помеховой обстановке.
4. Предложен частотно-временной подход к распознаванию винтовых летательных аппаратов с использованием вторичной модуляции радиолокационных сигналов во временной и частотной области. В отличие от существующих, алгоритмы, заложенный в основу работы запатентованных устройств, дают возможность выделять радиолокационные сигналы, отраженные от лопастей винтовых летательных аппаратов, при их короткой выборке.
5. Обоснован новый метод компенсации шумовой активной помехи с непосредственным обращением корреляционной матрица помех в условиях нестационарной помеховой обстановки с учетом комплексной реализации систем пространственно-временной обработки. В отличие от существующих методов позволяет учитывать динамическую ошибку в настройке автокомпенсатора, связанную с вращением антенны.
6. Впервые теоретически обосновано и экспериментально доказано использование оценки количественной меры степени когерентности радиолокационных сигналов для решения проблемы селекции имитирующих сигналоподобных помех.
7. Комплексная реализация предложенных методов и алгоритмах впервые реализована в запатентованных радиолокационных системах.

В общем, новизна предложенных в работе алгоритмов и технических решений подтверждена четырьмя патентами на изобретения и восьмью патентам на полезные модели.

**Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и**

**заключений, содержащихся в диссертации**

Обоснованность и достоверность положений, выносимых на защиту автором диссертационной работы, подтверждаются корректным использованием методов теории вероятностей, математической статистики, статистической радиофизики, статистической радиотехники, теории матриц, теории распространения радиоволн, методах радиофизических измерений, цифровом спектральном анализе и теоретической радиолокации. Теоретические и экспериментальные исследования выполнены с использованием высокотехнологичных современных когерентных доплеровских радиолокационных станций, современных измерительных приборов и математических алгооритмов. Достоверность исследования подтверждена результатами сопоставления математического моделирования с натурными испытаниями.

В частности, достоверность полученных результатов определяется следующими факторами:

О достоверности полученных результатов свидетельствуют положительные результаты их апробации среди научной общественности, так материалы диссертационного исследования доложены и обсуждены на конференциях международного и всероссийского уровня.

Приоритет и новизна полученных результатов подтверждена наличием действующих патентов на изобретения и полезные модели.

По теме диссертации автором опубликовано 66 работ: 17 статей в изданиях, рекомендованных ВАК; 10 статей в других изданиях; 12 патентов РФ на изобретения и полезную модель; 3 монографии; 8 статей в материалах международных научных конференций; 4 статьи в материалах всероссийских научных конференций; 12 статей и тезисов докладов в сборниках трудов региональных научных конференций.

**Значимость результатов, полученных в диссертации,**

**для науки и практики**

Работа обладает как научной, так и практической ценностью.

**Теоретическая значимость работы.**

Полученные автором результаты имеют значение для развития теории радиолокации, обработки сигналов, помехозащищенности радиотехнических систем. В частности, диссертантом

- разработана экспериментальная феноменологическая модель на основе геометрической модели влияние углов закрытия на дальность обнаружения низколетящего воздушного объекта с учетом статистических закономерностей радиовидимости объектов по классам макрорельефов местности.

- теоретически обоснована и экспериментально доказана возможность использования проекционного метода обнаружения полезного сигнала на фоне помехи с заданными корреляционными свойствами, использующего аппроксимацию неизвестной обратной корреляционной матрицы помехи матрицей-проектором на подпространство, ортогональное подпространству помех, для синтеза системы селекции движущихся целей импульсных радиолокационных систем.

- на основе развития теории порядковых статистик разработана методика формирования адаптивного порога обнаружения для решения задачи обнаружения слабых сигналов на фоне сильных, пеленгации источников шумовых активных помехи и защиты от импульсных помех.

- обоснована целесообразность использования метода наименьших квадратов для синтеза системы разрешения радиолокационных объектов и обеспечивающего, по сравнению с существующими методами, сверхрелеевское разрешение, оценку параметров сигнала групповой цели и его распространение на модель сигнала с произвольным количеством целей.

- теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность использования авторегрессионных методов спектрального анализа для распознавания винтовых летательных аппаратов по вторичной модуляции радиолокационных сигналов во временной и частотной области при короткой выборке сигнала.

- теоретически обоснована и экспериментально доказана эффективность использования интерполяции весовых коэффициентов автокомпенсатора шумовой активной помехи для повышения помехозащищенности импульсных радиолокационных систем в условиях нестационарной помеховой обстановки.

- впервые теоретически доказана и экспериментально подтверждена возможность использование энтропии распределения энергии радиолокационного сигнала по собственным подпространствам его корреляционной матрицы для селекции имитирующих сигналоподобных помех.

**Практическая значимость работы.**

К результатам работы, имеющие практическое значение:

1. Систематизирована методология синтеза активных импульсных радиолокационных систем обнаружения низколетящих воздушных объектов, обеспечивающих выполнение современных требований к техническим характеристикам при жестких ограничениях по массе, габаритам, энергопотреблению, номенклатуре элементной базы и стоимости.
2. Разработанные теоретические методы, математические модели и алгоритмы позволяют реализовать современные требования, предъявляемые к малогабаритным мобильным радиолокационным системам обнаружения низколетящих воздушных объектов при жестких ограничениях по массе, габаритам и энергопотреблению.
3. Запатентованные технические решения позволили разработать ряд радиолокационных станций, не имеющих отечественных аналогов и не уступающих существующим зарубежным аналогам при значительно меньших массогабаритных характеристиках и потребляемой мощности.

Содержащиеся в диссертации результаты внедрены в научно-исследовательской и производственной деятельности АО «Федеральный научно-производственных центр «Нижегородском научно-исследовательский институт радиотехники» (Концерн ВКО «Алмаз-Антей») и АО «ННПО имени М.В.Фрунзе» (Концерн «Радиоэлектронные технологии»). Внедрение подтверждается актами, приложенными к диссертации.

**Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Считаем целесообразным продолжить работу в направлении исследований по созданию и повышению эффективности мобильных малогабаритных активных радиолокационных систем обнаружения низколетящих воздушных объектов в сложной сигнально-помеховой обстановке. Необходимым условием при этом является статистическая обработка радиолокационных данных в разных частотных диапазонах. Считаем необходимым более тесное сотрудничество с предприятиями радиоэлектронной промышленности в рамках совместных исследований и возможного внедрения разработанных методик и алгоритмов.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при разработке радиолокационных систем в предприятиях АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», предприятиях АО «Концерн «Радиоэлектронные технологии», НИИИИС им.А.Ю.Седакова, и других профильных научных и производственных организациях.

**Общие замечания по диссертационной работе**

1. В работе отсутствуют экспериментальные исследования по оценке вероятности радиовидимости низколетящих воздушных объектов.
2. Из работы не ясно, как оценивалось время адаптации системы формирования порога обнаружения с использованием метода порядковых статистик.
3. Вызывает сомнение использование рассмотренной в работе модели системы селекции движущихся целей с учетом ускорения воздушных объектов.
4. Из работы не ясно, как зависит вероятность распознавания винтовых летательных аппаратов, летящих на встречных курсах от ракурсного угла.

**Заключение по работе**

Диссертация Морозова Никиты Сергеевича «Цифровая коррекция фазовых и дисперсионных искажений в каналах связи» представляет собой законченную научно-квалификационную работу по актуальной проблеме. Новые научные результаты, полученные диссертантом, имеют существенное значение для  
  
 Выводы и результаты достаточно обоснованы.

Автореферат и публикации соответствуют и отражают содержание диссертации. Диссертация соответствует специальности 2.2.13 — Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения. В работе содержится решение задачи повышения эффективности мобильных малогабаритных активных радиолокационных систем обнаружения низколетящих воздушных объектов в сложной сигнально-помеховой обстановке, имеющей существенное значение для радиолокации в части разработки и внедрения в серийное производство ряда малогабаритных радиолокационных станций.

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден на заседании НТС 1 октября 2018 г., протокол № 1.

Работа отвечает требованиям [Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук](https://docs.cntd.ru/document/542611803#6560IO) от 10 ноября 2017 г. № 1093, а ее автор Морозов Никита Сергеевич достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 — Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения.

|  |  |
| --- | --- |
| Отзыв составил д.т.н., профессор, заместитель главного конструктора филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ  «НИИИС им. Ю.Е.Седакова» | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Кашин Александр Васильевич  подпись, **дата** |

Почтовый адрес Филиала РФЯЦ-ВНИИЭФ

«Научно-исследовательский институт

измерительных систем им.Ю.Е.Седакова»:

603951, г.Нижний Новгород , Бокс-486

Контактный телефон: +7

Адрес электронной почты:

**Подпись заверяю (удостоверяю):**

**Печать организации**