

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Мухрановой Дарьи Николаевны

«Пространственно-временные сигналы и их статистическая обработка в присутствии активных помех в широкополосных системах с антенными решетками» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Актуальность темы

Тема диссертации представляет интерес, прежде всего, для специалистов разработчиков методов адаптивной обработки сигналов на фоне помех. Материалы диссертации могут быть полезными также более широкому кругу специалистов, работающих в области создания систем и устройств радиолокации, навигации, радиопротиводействия, приборостроения и связи, где для решения проблем формирования и обработки радиосигналов востребованы устройства фильтрации широкополосных радиосигналов в радиотехнических системах (РТС) с цифровыми антенными решетками (ЦАР) на фоне активных помех.

Данное научное направление радиотехники за прошедшие десятилетия своего становления и развития накопило достаточно богатый опыт в разработке различных методов и создании устройств адаптации с цифровым формированием диаграмм направленностей в фазированных антенных решетках.

Самым распространенным является подход, который сводится к нахождению оптимальных весовых коэффициентов для элементов антенной решетки, для чего необходимо оценивать и затем обращать корреляционную матрицу помех и шумов. На практике это сопряжено с такими проблемами, как большой размер корреляционных матриц и их плохая обусловленность. Для решения этой проблемы имеются различные подходы, например, разбиение ЦАР на подрешетки, или использование ортогональных преобразований

Кроме того, применение данных методов возможно только когда запаздыванием сигнала по апертуре антенны можно пренебречь.

Поэтому не вызывает сомнений, что поиск новых подходов к обработке широкополосных сигналов в РТС с ЦАР, опирающихся на многомерный характер формируемых процессов на антенной решетке является **важной и актуальной научной задачей** современной радиотехники.

Задачи реализации предложенного в диссертации Д.Н. Мухрановой концептуального подхода и его научное обоснование требуют выполнение целого ряда сложных исследований, а также разработки различных устройств частотной селекции и согласования сигналов с требуемыми характеристиками ЦАР. Такая работа неизбежно связана с получением новых научных результатов, имеющих отношение к данному научному направлению.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Представленная для анализа диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников.

Во введении дана общая характеристика диссертации: обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи исследования, определена научная новизна и практическая ценность полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, дается краткое содержание диссертационной работы.

В первой главе представлен обзор существующих, подходов к обработке сигналов в РТС с ЦАР, в том числе и для широкополосных сигналов. Рассмотрены алгоритмы адаптации к активным помехам, основанные на оценки корреляционной матрицы помех.

Отдельно рассмотрен вопрос цифрового диаграммообразования при приеме широкополосного сигнала (ШПС).

Проанализированы достоинства и выявлены недостатки существующих решений, а также сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе проведен анализ математического описания сигналов и помех в РТС с ЦАР как многомерных пространственно-временных процессов, в том числе спектральный анализ пространственно-временных сигналов.

Показано, что факторизация пространственно-временного сигнала (ПВС), формируемого на антенной решетке, на пространственную и временную составляющие не возможна, если такой сигнал является широкополосным в пространственном смысле, т.е. меняются значения комплексной огибающей на всех приемных элементах антенной решетки. Для таких случаев следует рассматривать сигналы и помехи как пространственно-временные процессы, а для их обработки использовать алгоритмы многомерной обработки.

Описание сигналов, формируемых на антенных решетках, с помощью теории многомерных сигналов позволило автору использовать дополнительные ресурсы для ослабления действия помех.

В третьей главе разработаны алгоритмы пространственно-временной обработки при обнаружении сигналов на фоне активных помех и тепловых шумов для случаев приема полностью известного сигнала и сигнала со случайной начальной фазой.

Предложен алгоритм обнаружения пространственно-временного сигнала, основанный на методе максимального правдоподобия (ММП), при этом обработка происходит в спектральной области. Алгоритм разработан для линейной и плоской ЦАР.

В заключении изложены итоги выполненных исследований, которые послужили основой для разработки методов и алгоритмов пространственно-временной обработки когерентно-импульсных ШПС в РЛС обзора, направленных на повышение эффективности подавления активных помех, и вошли в разработанную в ходе научно-исследовательской работы программу, моделирующую РЛС обзора.

Основные научные положения разработанной в диссертации теории обнаружения широкополосных сигналов в ЦАР основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных научных дисциплин математики,

радиотехники и теории радиолокации. В своей работе диссертант грамотно пользуется математическим аппаратом, общепринятыми понятиями и терминами в математике, радиотехнике и радиолокации, а также современными программными средствами Матлаб.

На основе разработанных положений, теоретических исследований по математическому описанию пространственно-временных характеристик сигналов и помех, разработанных методов и алгоритмов пространственно-временной обработки ШПС, а также анализа большого числа данных вычислений математического моделирования многомерной модели сигнала, формируемого на антенной решетке, соискателем получен комплекс **новых научных результатов**. Наиболее важными среди них, на мой взгляд, являются предложенный подход к построению обнаружителя пространственно-временного сигнала, при этом обработка происходит в спектральной области. Его преимущество в том, что такой подход имеет характер корреляционной обработки, выполняемой в данном случае в спектральной области, без обращения и оценивания прямой корреляционной матрицы помех, чего требует классический подход к оптимальной обработке.

Опираясь на защищаемые положения и полученные результаты работы, соискатель сформулировала разработчикам **рекомендации** для разработки методов и алгоритмов пространственно-временной обработки когерентно-импульсных ШПС в радиолокационных системах (РЛС) обзора, направленных на повышение эффективности подавления активных помех. Данные исследования вошли в разработанную в ходе научно-исследовательской работы программу, моделирующую РЛС обзора. Практическая ценность результатов исследования подтверждается соответствующими актами

Оценка новизны и достоверности научных положений и результатов диссертации

На мой взгляд, защищаемые положения и связанные с ними результаты работы, а также вытекающие из них рекомендации вполне оригинальны и являются новыми. Для подтверждения достоверности теоретических положений,

и расчетов автором разработана моделирующая программа, которая позволяет провести статистическую оценку качества предложенных алгоритмов обработки сигналов на фоне активных помех и тепловых шумов. Моделирование полезных сигналов и помех основано на спектральном методе трансляции на все элементы антенны сигнала на одном элементе антенной решетки.

Многие полученные результаты сопоставляются с результатами, которые подучсны и опубликованы другими авторами.

Оформление диссертации соответствует требованиям, установленным Министерством образования Российской Федерации. Автореферат диссертации полностью соответствует её содержанию и структуре. Изложение материалов диссертации последовательно и логично, термины и определения, используемые автором, являются понятными и общепринятыми в научной и технической литературе. Некорректных ссылок и заимствований в работе не обнаружено.

Материалы диссертации достаточно **полно опубликованы** в печати и доложены на международных, всероссийских, региональных и отраслевых научно-технических конференциях. Изложение материала последовательное и логичное, употребляемые термины и определения общеприняты в научной и технической литературе. Содержание работы соответствует специальности, по которой она представлена.

Замечания по работе

Выполненный анализ диссертации показал:

1. Выбранное автором название темы диссертации подходит больше к названию монографии. Название же диссертации должно интегрировать в себе объект, предмет и цель исследований, а также соответствовать паспорту специальности.

Считаю, что название диссертации следовало бы сформулировать следующим образом: «Разработка, и исследование новых методов многомерной обработки при обнаружении широкополосных импульсных сигналов в радиотехнических системах с цифровыми антенными решетками на фоне активных помех.

2. Вызывает сомнения адекватности моделирующей программы. Эффективность работы алгоритма оценивалась коэффициентом улучшения

ОПШП $K = \frac{q_{\text{ОСПШ}_{\text{вых}}}}{q_{\text{ОСШ}_{\text{вх}}}}$ (стр.156). Как расшифровывается сокращение ОПШП нигде не

приведено, хотя в дальнейшем автор пользуется сокращением ОСПШ.

На рисунке 3.17 приведена зависимость улучшения ОСПШ от угла прихода одиночной помехи для ОПШ равного 0 дБ для разных алгоритмов: (1) – А-СП1, (2) – А-ПВ, (3) – А-СФ. Если смотреть по графику при угле прихода полезного сигнала $\theta_c = \theta_p = 0$ составляет 95,1 дБ, с дальнейшим ростом до 115,8 дБ при $\theta_p > 5^\circ$. В рассмотренных примерах(стр.156) ОСШ на входе обработки задается равным 0 дБ, т.е. $q_{\text{ОСШ}_{\text{вх}}} = 1$ и тогда коэффициент улучшения будет оцениваться $q_{\text{ОСПШ}_{\text{вых}}}$, Непонятно за счет чего отношение сигнал помеха увеличится на 95 дБ. Судя по исходным данным, ОПШ=ОСШ=0 дБ. Это говорит о том, что мощности внутренних шумов, помехи и сигнала на входе решетки равны. Так как помеха широкополосная, то можно считать, что ее спектральная плотность равномерна во все полосе пропускания приемника и частотных отличий от сигнала помеха не имеет. Пространственных различий помеха и сигнал так же не имеют. Тогда на выходе решетки при когерентном суммировании сигналов со всех элементов решетки сигнал и помеха увеличатся в 70 раз, а их отношение будет равно 1. Используя различия в структуре сигнала и помехи, за счет сжатия ЛЧМ сигнала можно получить преимущество для исходных данных, приведенных в моделирующей программе 20 дБ и это потенциал. И вообще при таких маленьких значениях помехи защиту от активных помех лучше не включать, чтобы не декоррелировать пассивную помеху. Защита от АП должна включаться, когда обнаружение становится не возможным. Кроме того аппаратура защиты от активных помех давит помеху до величины близкой к мощности внутренних шумов, после чего исчезает межканальная корреляция по элементам решетки и защита работать не будет.

Современные средства защиты от активных помех и в России и за рубежом оцениваются отношением J/S (помеха/сигнал) на ходах антенных элементов

решетки при котором РЛС выполняет свои задачи с заданными критериями качества. Составлять J/S должно 70-80 дБ.

3. В таблице 3.1 Оценка временных ресурсов моделирующей программы приведена оценка времени, затрачиваемого на формирование пространственно-временных процессов на ЛЦАР и ПЦАР и на алгоритмы пространственно-временной обработки.

На мой взгляд, лучше было бы оценить количество операций действительной арифметики для выполнения того или иного алгоритма. Время, затраченное компьютером на выполнение данных операций, не оценивает время выполнения алгоритма, так как львиная доля этого времени используется на обслуживание операционной системы и прикладных программ, имеющих более высокий приоритет, но не имеющих ни какого отношения к данной программе.

4. В диссертации при транслировании текста в формат PDF не отразились автоматические ссылки. (например стр.38 « **Equation Chapter 2**»

Заключение о соответствии диссертации требованиям Положения ВАК

Исходя из выполненного выше анализа, резюмирую, что диссертация **Мухрановой Дарьи Николаевны** представляет собой научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, которая отличается своим внутренним единством структуры и содержания. В ней на основании выполненных автором теоретических, моделирующих исследований разработаны положения, позволившие обосновать методы расчета пространственно-временной обработки ШПС,

Совокупность полученных результатов работы, по моему мнению, можно квалифицировать как решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний

Считаю, что обсуждаемая работа «Пространственно-временные сигналы и их статистическая обработка в присутствии активных помех в широкополосных системах с антенными решетками» отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям (см. пункт 9 Положения о порядке присуждения

ученых степеней в редакции от 24 сентября 2013 г. № 842), а её автор, **Мухранова Дарья Николаевна**, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13. - «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

Контактные сведения официального оппонента:

- полное название организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»

- почтовый адрес организации: 660041, Российская Федерация, Красноярский край, г. Красноярск, пр. Свободный, д. 79

- телефон: +7 (913) 534-01-11; +7 (391) 244-86-25

- e-mail: tyarkin58@mail.ru

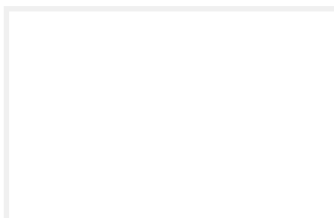
- должность: профессор кафедры радиотехнических войск ВКС военного учебного центра имени Героя России генерала армии В. П. Дубынина при ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

Официальный оппонент

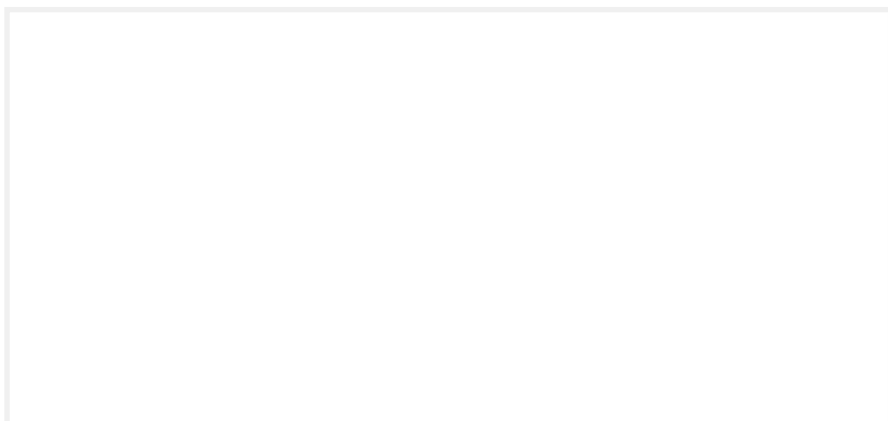
доктор технических наук,

профессор

«31» октября 2022г.



Тяпкин Валерий Николаевич



Отзыв получен 18.11.2022 *А. Степанов М.И.*

с отзывом ознакомлена 18.11.2022 *Мухранова Д.Н.*