

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Семенова Виталия Юрьевича «Методы пространственно-временной цифровой обработки сигналов в локационных системах для адаптивного подавления помех, обнаружения и пеленгации целей», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиоп физика

1. Актуальность темы

Радиолокация сохраняет свою актуальность и востребованность несмотря на интенсивное развитие в последнее десятилетие других методов и видов обнаружения целей и их пеленгацию, использующих оптический или акустический канал. К ее несомненным достоинствам следует отнести значительную дальность действия, живучесть и всепогодность. Исходя из вышеперечисленного, радиолокация имеет особое значение для применений, связанных с обеспечением безопасности государства.

Известно, что при проектировании радиолокационных систем используются различные свойства среды распространения. Свойства радиолокационного канала критическим образом влияют на качество функционирования локаторов. По этой причине из-за влияния помех как естественного, так и искусственного происхождения радиолокационный канал начинает изменяться, что приводит к ухудшению измеряемых параметров. Для обеспечения надежной работы локационных комплексов в случайно меняющейся сигнально-помеховой обстановке важнейшей задачей является подавление помех в условиях ограниченной вычислительной способности бортовых систем цифровой обработки сигналов и в условиях ограниченного времени на отклик. Таким образом современные методы оценки радиолокационного канала в условиях воздействия различных помех являются актуальной проблемой в современной обработке сигналов в активных и пассивных локационных системах.

В то же время отечественная промышленность активно формирует научные задачи для возможности применения радиолокационных модулей и датчиков в таких сегментах как автомобилестроение и медицина. Здесь основной проблемой является поиск концепций построения аппаратной части и методов обработки сигналов для уменьшения габаритных размеров этих модулей и уменьшения вычислительной нагрузки на них.

Диссертация Семенова В.Ю. посвящена обоим указанным выше проблемам. В ней предложен комплексный подход по проектированию методов пространственно-временной обработки сигналов для существующих и перспективных локационных систем. Таким образом, тема диссертации является несомненно актуальной.

2. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Полученные автором диссертации результаты обоснованы следующим рядом факторов. Во-первых, физическая обоснованность предложенных методов и математических моделей обеспечивается корректной методологией, основанной на фундаментальных принципах статистической радиофизики и теории линейной алгебры. Во-вторых, результаты диссертации прошли основательную апробацию – были представлены на большом числе конференций разного уровня, а также были опубликованы в международных рецензируемых журналах, индексируемых в Web of Science, Scopus, а также получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Полученные автором диссертации результаты достоверны, подходы к решению поставленных задач отличаются целостностью, анализ и интерпретация экспериментальных данных, и основные выводы – логической стройностью. Принятые ограничения обоснованы и четко отмечены автором. Достоверность результатов предложенных в диссертации методов пространственно-временной обработки сигналов подтверждается обширным

набором экспериментов на макетах и опытных образцах соответствующих изделий.

3. Новизна положений, выводов и рекомендаций

Новизна положений, выводов и рекомендаций, полученных автором, подтверждается рядом новых результатов на основе оригинальных подходов и заключается в следующем.

1. Несомненной научной новизной обладают предложенные методы измерения локационного радиоканала во временной области в условиях воздействия и отсутствия активных помех для увеличения вероятности одновременного правильного обнаружения ближних и дальних целей в локаторах ближнего действия. Они основаны на аналитическом поиске экстремума функции правдоподобия относительно импульсной характеристики радиоканала.

2. Два разработанных метода формирования виртуальной приемной антенной решетки в ММО-радаре для одномерной и двумерной пеленгации с возможностью сверхразрешения двух целей при малом времени отклика. Здесь новизна состоит не только в предложенных методах обработки принимаемых эхо-сигналов, но и в экспериментальном подтверждении точности пеленгации и возможности точного измерения числа этих целей.

3. Развитая теория подавления узкополосных и широкополосных непрерывных и импульсных помех с помощью пространственно-временных адаптивных антенных решеток и автокомпенсаторов с многоотводными линиями задержки. Новизной обладают предложенный метод регуляризации корреляционной матрицы помех на выходе антенных каналов, который позволяет при короткой выборке, а значит за малое время, рассчитывать аналитически весовой вектор решетки. При этом экспериментально подтверждена эффективность предложенного подхода.

Диссертация является результатом сложного, значительного по объему полученных экспериментальных данных, целенаправленного исследования и представляет его логическое завершение. Результаты, представленные в

диссертации, а также формулировка выводов и положений, во многих отношениях не имеют аналогов. Их совокупность можно считать крупным научным достижением.

4. Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость диссертации заключается в следующем. Полученные результаты и в части обнаружения целей в условиях воздействия помех, и в части пеленгации полезных источников подтверждают примененные теоретические модели, которые в перспективе будут развиваться с опорой на эксперимент. Отдельно необходимо выделить, что автором диссертации получены конкретные формулы и для расчета весового вектора с помощью предложенного метода пространственно-временного подавления помех в антенной решетке, и для расчета порога одновременного обнаружения ближних и дальних целей в активных радарх, и для расчета матрицы-проектора на шумовое подпространство для пеленгации целей с возможностью их сверхразрешения. При этом имеющиеся в диссертационной работе экспериментальные данные позволяют проверить теоретические подходы.

Практическая значимость диссертации заключается в том, результаты работы могут применяться в различных областях статистической радиофизики и обработки сигналов в локации. В автомобильной локации предложенный метод оценки радиоканала в условиях воздействия активных помех позволит повысить вероятность правильного одновременного обнаружения большего числа автомобилей. Также результаты работы будут крайне полезны при разработке и проектировании бортовых блоков цифровой обработки сигналов и информационного обмена для телеметрических комплексов и радаров обзора воздушного пространства.

5. Замечания по диссертации

1. В главе второй в разделе 2.6 при описании метода подавления широкополосных импульсных помех на рисунке 2.38 показано, что число формируемых степенных векторов выходит на плато при увеличении числа

используемых временных выборок этой помехи. Однако не получено аналитического выражения, определяющего число этих векторов. Это ограничивает практическую оценку потенциальной вычислительной сложности.

2. Во второй главе при выводе аналитического выражения для одноканального автокомпенсатора широкополосной помехи не предложен четкий пошаговый алгоритм оценки длины линии задержки.

3. Предложенный и экспериментально подтвержденный в третьей главе метод двумерной пеленгации источников телеметрической информации со сверхразрешением использует пространственное сглаживание корреляционной матрицы. Однако в работе не предложен метод выбора размеров подрешетки для процедуры сглаживания.

4. В главе 4 не показано в чем принципиальная разница в предложенном методе формирования виртуальных приемных каналов без декодера на приемной стороне, когда число физически существующих приемных антенн менее пяти и более семи. Не пояснено, зачем для двумерной пеленгации необходим декодер?

5. В главе пять не представлены результаты численного моделирования вероятностей ложной тревоги и пропуска целей при использовании предложенного алгоритма упрощенного формирования порога в радаре ближнего действия на дальностях более 300 м. В чем причина этого ограничения также не указано.

6. Заключение

Указанные недостатки ни в коей мере не снижают положительной оценки диссертации В.Ю. Семенова. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне, в которой решена комплексная научная задача. Основные результаты работы являются новыми, достоверными и обоснованными. Результаты работы достаточно полно отражены в 60 работах и хорошо

известны в России и за рубежом. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация В.Ю. Семенова полностью соответствует требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиоп физика.

Отзыв составил

официальный оппонент,

доктор технических наук (специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации в технических системах), доцент, профессор кафедры «Автономные информационные и управляющие системы» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Сидоркина Юлия Анатольевна

«06» 03 2026 г.

Почтовый адрес МГТУ им. Н.Э. Баумана:

105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1

Контактный телефон: +7 (499) 263-68-60

Адрес электронной почты: sidyulia5968@bmstu.ru



*Подпись Свердковой Ю.А. завершено
ведущей специалистом по персоналу:
Иванов ШАГАБУТДИНОВ И. В.*