

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Леговцовой Елены Витальевны «Исследование когерентности сигналов и помех в импульсных радиолокационных системах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4 – Радиофизика

Диссертационная работа Леговцовой Елены Витальевны посвящена актуальной задаче исследования когерентных свойств радиолокационных сигналов и помех, а также синтеза алгоритмов пространственно-временной обработки, требующих учета когерентных свойств радиолокационных сигналов и помех, поступающих на вход радиолокационной системы. В настоящее время данное направление представляет значительный интерес в задачах обнаружения полезного сигнала на фоне интенсивных помех различного происхождения (активных, пассивных, шумовых, сигналоподобных и т.д.) в современных радиотехнических системах (радио- и гидролокация, радионавигация, радиосвязь и т.д.).

В диссертационной работе Леговцовой Е.В. предложена новая мера когерентности сигнала в виде энтропии распределения его энергии по собственным подпространствам его корреляционной матрицы. Показано, что энтропия распределения энергии сигнала по собственным подпространствам корреляционной матрицы позволяет получить количественную оценку степени когерентности сигналов с амплитудными, частотными и фазовыми флуктуациями и использовать эту оценку для целого ряда радиофизических приложений.

Целью работы является исследование когерентных свойств радиолокационных сигналов и помех для повышения эффективности пространственно-временной обработки импульсных радиолокационных систем.

Таким образом, диссертационная работа Леговцовой Елены Витальевны полностью соответствует специальности «Радиофизика», а ее актуальность не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем составляет 134 страницы.

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована ее цель и задачи, указана научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приводятся положения, выносимые на защиту, описана структура и приведено краткое содержание диссертации. Введение содержит сведения о достоверности и апробации результатов.

Первая глава посвящена анализу степени когерентности радиолокационных сигналов с флуктуациями параметров (амплитуды, частоты, фазы) на основе оценки энтропии в виде распределения энергии сигнала по собственным числам выборочной корреляционной матрицы. Во **второй главе** проводится анализ степени когерентности активных шумовых помех в радиолокационных системах. В **третьей главе** проводится анализ степени когерентности радиолокационных сигналов, отраженных от источников пассивных помех с различными спектральными характеристиками, обусловленными различной скоростью ветра. В **четвертой главе** проводится синтез методов пространственно-временной обработки радиолокационных сигналов с учетом когерентных свойств сигналов и помех. В разделе «**Заключение**» обобщены проведенные исследования и полученные результаты. Выводы диссертационного исследования соответствуют поставленным в работе цели и задачам.

Диссертационная работа Леговцовой Е.В. изложена понятным языком и представляет собой логично построенное, успешно выполненное завершённое научное исследование. Автореферат отражает содержание диссертации.

Диссертационное исследование определенно обладает *научной новизной*. В частности, предложен новый метод оценки степени когерентности сигналов с флуктуациями параметров (амплитуды, частоты, фазы) на основе оценки энтропии в виде распределения энергии сигнала по собственным числам выборочной корреляционной матрицы. В отличие от существующих методов, оценка когерентности позволяет давать количественную оценку процессов с различным уровнем и видом флуктуаций (амплитудных, фазовых, частотных).

Предложен новый метод оценки степени когерентности активных шумовых помех в импульсных радиолокационных системах на основе оценки энтропии в виде распределения энергии сигнала по собственным числам корреляционной матрицы. В отличие от существующих методов позволяет придать спектральным свойствам (узкополосная, широкополосная) активных помех количественную оценку.

Предложен новый метод оценки степени когерентности пассивных помех в импульсных радиолокационных системах на основе оценки энтропии в виде распределения энергии сигнала по собственным числам корреляционной матрицы. Впервые обоснована возможность использования меры когерентности для качественной оценки максимальной подпомеховой видимости и максимального коэффициента подавления пассивной помехи.

Впервые обоснована возможность использования проекционного метода квазиоптимальной межпериодной временной обработки пачки импульсов на фоне пассивной помехи с заданными корреляционными свойствами для синтеза системы селекции движущихся целей импульсной РЛС с учетом степени когерентности принимаемого сигнала.

Результаты диссертационной работы обладают *теоретической и практической значимостью*. Теоретически обосновано использование энтропии распределения энергии сигнала по собственным числам выборочной корреляционной матрицы для количественной оценки степени когерентности сигналов с фазо-частотными флуктуациями. Это позволяет

использовать оценку степени когерентности для решения задач, в которых требуется анализ параметров сигналов при прохождении (распространении) в среде или через различные радиотехнические системы – в радиолокационных системах, в радиофизических измерительных системах, в задачах исследования электромагнитной обстановки, в задачах обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств, в системах радионавигации и радиосвязи.

Предложенные методики оценки степени когерентности сигналов и помех могут быть использованы при проектировании систем пространственно-временной обработки сигналов современных радиолокационных систем.

Запатентованный способ селекции движущихся целей позволил обеспечить характеристики обнаружения воздушных объектов на фоне пассивных помех в радиолокационных станциях L-диапазона.

Запатентованный способ формирования весового коэффициента автокомпенсатора позволил компенсировать активную шумовую помеху при работе в условиях нестационарной помеховой обстановки, связанной со сканированием диаграммы направленности антенны РЛС, или перемещения в пространстве помехопостановщика за период обзора.

Достоверность научных положений и выводов, полученных в диссертации, обеспечивается строгостью применяемого математического аппарата. Обоснованность большинства результатов работы следует из получаемых точных соотношений в рамках рассматриваемых моделей и их стыковки с ранее известными результатами, а в случае приближенных расчетов подтверждаются результатами численного моделирования.

Основные положения, выводы и результаты исследования были представлены и обсуждены на международных, всероссийских и региональных конференциях.

По теме диссертации автором опубликованы 25 работ: 8 статей в изданиях, рекомендованных ВАК (из них 6 по специальности 1.3.4 -

Радиофизика; 5 статей в ведущих изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus); 2 патента РФ на изобретение; 1 статья в региональном научном издании; 4 статьи и тезиса докладов в сборниках трудов международных научных конференций.

Тем не менее, к диссертации имеется ряд вопросов и замечаний:

1. Из диссертации неясно, возможно ли применение предложенных автором методов за границей принятых ограничений? Например, когда в рассматриваемых сигналах присутствует модуляция параметров, или когда статистическая модель скорости ветра негауссовская.

2. В диссертации и автореферате не введены единицы измерения энтропии.

3. Почему при оценке когерентных свойств системы межпериодной обработки пачки радиолокационных импульсов с оптимальным методом сравнивается именно проекционный метод? Не приводится сравнение с методами селекции движущихся целей (СДЦ) на основе режекторных БИХ и КИХ фильтров.

Указанные замечания не снижают общей ценности работы и положительной оценки диссертации.

Диссертация Леговцовой Е.В. «Исследование когерентности сигналов и помех в импульсных радиолокационных системах» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований предложен новый метод оценки степени когерентности сигналов и помех, который может быть использован при проектировании систем пространственно-временной обработки сигналов современных радиолокационных систем. Результаты работы апробированы на различных конференциях, в том числе и международного уровня. Приоритет и новизна полученных результатов подтверждена наличием двух действующих патентов на изобретения.

Содержание работы соответствует отрасли физико-математические науки, специальности 1.3.4 – Радиофизика, а именно п.4 «Разработка новых

методов и создание новых приборов для анализа флуктуаций, шумов, случайных процессов и полей в сосредоточенных и распределенных стохастических системах (статистическая радиофизика). Создание новых методов и приборов для анализа и статистической обработки сигналов в условиях помех». Работа соответствует критериям, установленным требованиями пп. 11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 25.01.2024 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор — Леговцова Елена Витальевна — заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

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 ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», ведущий научный сотрудник Научно – исследовательского института специального машиностроения МГТУ им Н.Э. Баумана


Сидоркина Юлия Анатольевна
« 13 » 03 2025 г.

Почтовый адрес НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана:
105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1
Контактный телефон: +7 (499) 263-68-60
Адрес электронной почты: sidyulia5968@bmstu.ru

Подпись заверяю (удостоверяю):

Директор НИИСМ МГТУ им. Н.Э. Баумана _____ В.Н. Зимин

