

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Гвоздарева Алексея Сергеевича «Статистический анализ интегральной разности фаз при использовании радиоголографических эталонных методов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика»

*Актуальность темы диссертации.* Поиск технических путей построения систем компьютерной томографии, дистанционного контроля обстановки и подповерхностного зондирования, а также повышения эффективности опознавания объектов в условиях помех определяет важность совершенствования средств голографического радиовидения. За счет их применения реализуются возможности построения детальных радиолокационных портретов и получения информации о структуре, геометрических размерах и электрофизических свойствах целей.

При разработке современных средств (систем) голографического радиовидения требуется обеспечить высокие показатели по дальности действия, разрешающей способности и точности определения параметров изображений объектов при априорной неопределенности обстановки.

В работах Бахраха Л.Д., Базарского О.В., Васильченко О.В., Воскресенского Д.И., Иммореева И.Я., Курочкина А.П., Понькина В.А. построены алгоритмы получения радиоголографических изображений простых и комбинированных отражателей на основе решения обратных задач возбуждения и процедуры определения их формы, состава и характеристик по восстановленным изображениям.

Однако ввиду необходимости высокоточного позиционирования элементов выборки изображения, использования большого числа приемно-передающих устройств для обзора пространства в широких секторах углов и быстродействующих вычислительных процессоров, способных осуществлять обработку данных в реальном масштабе времени, практическая реализация способов формирования и анализа радиоголографических портретов имеет существенные ограничения по массогабаритным и экономическим показателям.

Для повышения дальности действия, разрешающей способности средств (систем) голографического радиовидения, точности оценки параметров объектов по радиоголографическим изображениям наиболее перспективным в настоящее время является направление, связанное с применением эталонных методов, базирующихся на идентификации изображений путем сопоставления с банком образов.

В этой связи тема диссертации Гвоздарева А.С. «Статистический анализ интегральной разности фаз при использовании радиоголографических эталонных

методов», посвященной построению статистических алгоритмов и проведению исследований характеристик эталонных методов определения параметров радиоголографических объектов по критерию сходства интегральной разности фаз, является актуальной.

*Степень обоснованности научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.* В диссертации решена научная задача разработки способов оценки параметров объектов эталонными методами на основе анализа сходства интегральной разности фаз в средствах (системах) голографического радиовидения, имеющая важное значение для развития научных основ и принципов дистанционной диагностики окружающей среды, базирующихся на современных методах решения обратных задач для исследуемых объектов, а также создания систем дистанционного мониторинга обстановки.

Содержание работы, раскрывающее суть полученных соискателем результатов, сформулированные на их основе выводы и рекомендации изложены в четырех главах.

В первой главе диссертации проведен анализ теоретических основ эталонной оценки параметров объектов на базе методов радиоголографии, выполнен обзор наиболее распространенных для практического применения критериев сходства изображений объектов с эталонными описаниями. Представлены физическая формулировка и математическая постановка задачи определения параметров радиоголографических объектов по критерию сходства интегральной разности фаз.

Во второй главе диссертации получены функции распределения и моментные функции произвольного порядка для интегральной разности фаз, выражения для расчета ее математического ожидания и дисперсии. Обоснованы рекомендации по использованию строгого и асимптотического представления плотности вероятности интегральной разности фаз в зависимости от отношения сигнал-шум на входе приемника-измерителя.

В третьей главе диссертации решена задача оценки интегральной разности фаз методами моментов и максимального правдоподобия с учетом ее статистических характеристик. Получены аналитические выражения для минимального значения рассеяния смещенной и несмещенной оценок интегральной разности фаз в форме границ Чепмена-Роббинса и Рао-Крамера, которая в области порогового отношения сигнал-шум характеризуется более высокой точностью определения рассеяния моментной оценки.

Показано, что моментная оценка интегральной разности фаз является состоятельной, а при больших отношениях сигнал-шум – асимптотически эффективной.

В четвертой главе диссертации обоснован выбор минимального шага сет-

ки эталонов для фазового метода определения параметров объектов в радиологических системах при ограничениях на допустимые значения полной вероятности ошибки или вероятности принятия правильного решения при классификации соседних эталонов, а также при ограничениях на статистический предел разрешения эталонов.

Установлено, что статистический предел разрешения зависит от степени информированности об амплитудном различии сопоставляемых изображений, что, в свою очередь, позволяет предъявить требования к точности его предварительной оценки.

Таким образом, тематика диссертации Гвоздарева А.С. соответствует п. 5 раздела «Области исследований» паспорта специальности 01.04.03 – «Радиофизика» в части разработки научных основ и принципов дистанционной диагностики окружающей среды, базирующихся на современных методах решения обратных задач, и создания систем дистанционного мониторинга.

К числу наиболее значимых научных результатов, полученных соискателем, на наш взгляд, относятся следующие.

1. Методики получения точных, асимптотических и аппроксимирующих выражений для расчета статистических характеристик интегральной разности фаз в эталонных методах определения параметров объектов по радиологическим изображениям.

2. Методики определения интегральной разности фаз на основе методов моментов и максимального правдоподобия, рекомендации по применению указанных методов в зависимости от отношения сигнал-шум на входе приемника и истинного значения оцениваемого показателя.

3. Предложения по выбору минимального шага эталонной сетки с учетом объема выборки радиологических изображений, отношения сигнал-шум в приемном канале и истинного значения интегральной разности фаз.

Высокая степень обоснованности научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется тем, что они получены с использованием современных методов исследований в области радиологической статистической радиофизики, математического моделирования и статистической обработки результатов.

*Достоверность и новизна научных результатов, выводов и рекомендаций.* Достоверность научных результатов, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается обоснованными допущениями и ограничениями при постановке задач, соответствием полученных результатов общим физическим закономерностям, совпадением расчетных данных с экспериментальными, а в предельных и частных случаях, используемых для тестирования моделей, – с результатами,

приведенными в используемых литературных источниках. Автором выполнена экспериментальная проверка эталонно-фазового и минимально-фазового методов определения интегральной разности фаз с подробным описанием технических характеристик измерительной установки, условий получения и алгоритмов статистической обработки экспериментальных данных.

Анализ всех представленных в работе результатов сопровождается ясной физической трактовкой выявленных эффектов и закономерностей характеристик радиоголографических изображений и параметров объектов.

Новизна научных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных по выполненным исследованиям, связана с развитием радиофизических методов дистанционной диагностики окружающей среды, создания систем ее дистанционного мониторинга. Результаты позволяют находить достоверные и устойчивые оценки параметров объектов в средствах (системах) голографического радиовидения за счет использования эталонных методов обработки изображений со статистическим анализом интегральной разности фаз.

*Теоретическая значимость работы* определяется совершенствованием методик и алгоритмов дистанционной диагностики окружающей среды, основанных на современных методах решения обратных задач для исследуемых объектов, а также основ построения систем дистанционного мониторинга. Их реализация позволяет расширить область применения способов и средств (систем) голографического радиовидения для анализа сложной обстановки при различных отношениях сигнал-шум на входах приемников.

Основные результаты диссертации апробированы на международных и всероссийских научно-технических конференциях по тематике исследований и достаточно полно опубликованы в 22 научных работах, включая 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

*Ценность работы для практики* заключается в том, что приведенные в ней результаты, выводы и рекомендации могут быть использованы для повышения дальности действия и разрешающую способность средств (систем) дистанционного мониторинга, точности оценки параметров объектов за счет статистической обработки радиоголографических изображений при использовании эталонных методов.

Практическая ценность работы подтверждается реализацией результатов в Ярославском государственном университете имени П.Г. Демидова при выполнении научно-исследовательских работ по обоснованию технических путей построения средств (систем) голографического радиовидения на базе эталонных методов оценки параметров объектов по радиоголографическим изображениям.

*Замечания и недостатки диссертационной работы.* К сожалению, диссертация имеет ряд замечаний и недостатков. К числу основных из них, на наш взгляд, относятся следующие.

1. Цель работы желательно сформулировать с учетом практического результата исследований, а положения, выдвигаемые для защиты, изложить в виде утверждений дискуссионного характера. Кроме того, необходимо более четко определить объект и предмет исследований.

2. Обратные краевые задачи в строгой электродинамической постановке могут быть решены для достаточно малого класса объектов. Численное решение обратных задач сопровождается вычислительными погрешностями, которые даже при большом (свыше 10 дБ) отношении сигнал-шум приводят к остаточной невязке граничных условий не менее -20 дБ. Пороговые значения отношения сигнал-шум для границы Чепмена-Роббинса в диссертации определены без учета этого фактора, при абсолютной точности вычислений.

3. Модели и алгоритмы анализа интегральной разности фаз получены применительно к монохроматическим сигналам, а конкретные результаты – для объектов с электрическими размерами, исключая условия резонансного возбуждения. Вместе с тем, наибольший интерес представляют исследования по восстановлению и обработке радиоголографических изображений объектов в резонансной области рассеяния при использовании широкополосных сигналов.

4. Для подтверждения значимости результатов исследований желательно привести количественные оценки прироста показателей эффективности средств (систем) голографического радиовидения, связанные с использованием эталонных методов с определением интегральной разности фаз.

Вместе с тем, отмеченные недостатки не снижают общего позитивного впечатления от работы и не ставят под сомнение целесообразность ее положительной оценки.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации. В нем в лаконичной форме ясно изложены основные идеи и выводы по работе, показаны определяющий вклад соискателя в проведенные исследования, степень новизны и практическая значимость результатов.

*Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней.* На основе анализа диссертации Гвоздарева А.С. «Статистический анализ интегральной разности фаз при использовании радиоголографических эталонных методов» можно сделать выводы.

1. Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача совершенствования способов оценки параметров объектов эталонными методами при

анализе сходства интегральной разности фаз в средствах (системах) голографического радиовидения, имеющая важное значение для разработки научных основ и принципов дистанционной диагностики окружающей среды, базирующихся на современных методах решения обратных задач для исследуемых объектов, а также создания систем дистанционного мониторинга обстановки. Ее тематика соответствует п. 5 раздела «Области исследований» паспорта специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

2. Диссертация является завершенной работой, обладающей внутренним единством, содержит новые научные результаты, нашедшие практическое использование при обосновании технических путей построения средств (систем) голографического радиовидения на базе эталонных методов оценки параметров объектов по радиоголографическим изображениям со статистическим анализом интегральной разности фаз и свидетельствующие о вкладе автора в науку. Предложенные соискателем решения строго аргументированы и оценены в сравнении с известными аналогами.

3. Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Гвоздарев А.С., достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Официальный оппонент:  
ведущий научный сотрудник НИИЦ РЭБ  
ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)  
доктор физико-математических наук,  
старший научный сотрудник

Разиньков Сергей Николаевич

«24» апреля 2015 г.

394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а,  
тлф. 8-(473)-244-76-64, E-mail: vaiu@gmail.com

Подпись Разинькова С.Н. заверяю

Ученый секретарь диссертационного совета ДС 215.033.01  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник

Панов Сергей Анатольевич

«24» апреля 2015 г.

