



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ГЛАВНЫЙ НАУЧНЫЙ
МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ
ЦЕНТР
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
г. Мытищи, Московская обл., 141006

Председателю
диссертационного совета 32.1.004.01
при Федеральном государственном
унитарном предприятии
«ВНИИФТРИ»
ЩИПУНОВУ А.Н.

п/о Менделеево, Солнечногорский р-н,
Московская обл., 141570

«17» 11 2023 г. № 26/5184

на № 02-08/9888 от 17.10.2023

Уважаемый Андрей Николаевич!

Высылаю Вам отзыв ведущей организации на диссертационную работу Озерова Михаила Алексеевича на тему «Методы уменьшения погрешности измерений «локальных» радиолокационных характеристик объектов на широкополосных радиолокационных измерительных комплексах».

Приложение: Отзыв ведущей организации... в 3-х экз. на 7 л. каждый,
экз. № 1, 2 – в адрес, экз. № 3 – в дело.

Начальник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России

Т.Ф. Мамлеев

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГБУ «ГНМЦ»

Минобороны России,
кандидат технических наук

Т.Ф. Мамлеев

М.п.

« 14 » _____ 2023 г.

**Отзыв ведущей организации
на диссертационную работу Озерова Михаила Алексеевича
на тему «Методы уменьшения погрешности измерений «локальных»
радиолокационных характеристик объектов на широкополосных
радиолокационных измерительных комплексах», представленную
на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение**

Актуальность темы диссертационных исследований.

Радиолокационная заметность входит в перечень основных характеристик, определяющих потенциальную живучесть образцов и комплексов вооружения и военной техники в боевых условиях. Определение параметров радиолокационной заметности актуально как для военной, так и для гражданской техники. Технические средства, для которых актуально определение характеристик радиолокационной заметности, включают не только образцы техники, уровень заметности которых стремятся снизить всеми возможными способами, но и образцы техники, уровень заметности которых должен быть достаточно высоким. В обоих случаях требуется не только исследование и определение характеристик заметности, но также создание и развитие технологий и технических средств обнаружения объектов на основе их радиолокационной заметности. Причем, крайне важно не только обнаружение, но и распознавание и идентификация обнаруженных объектов.

Средства обнаружения различных объектов на основе их радиоэлектронной заметности постоянно развиваются. В этой связи, оценка их потенциальной эффективности по отношению к конкретным изделиям основывается и связана с требованием объективной оценки характеристик заметности этих изделий. Интегральных характеристик заметности объектов для целей их обнаружения и распознавания в современных условиях уже недостаточно. Требуются сложные радиолокационные портреты, соответствующие высоким требованиям обнаружения и высоким уровням достоверности распознавания объектов по их радиолокационным портретам.

Актуальность тематики диссертационных исследований Озерова Михаила Алексеевича обусловлена необходимостью развития технологий определения радиолокационных характеристик объектов с учетом возможности определения интегральных характеристик радиолокационной заметности и одновременно возможности декомпозиции характеристик радиолокационной заметности на составляющие, формирующие интегральный радиолокационный портрет объекта. В этой связи тема и содержание диссертации Озерова М.А. направлены на решение научной задачи обеспечения формирования радиолокационных изображений (РЛИ) с учетом требований обеспечения объективной оценки и уменьшения погрешностей получаемых результатов.

В соответствии с актуальностью и направленностью темы диссертации автор структурирует работу в данном направлении таким образом, чтобы достичь поставленные цели исследований и решить сформулированные для ее достижения научные задачи в области метрологического обеспечения процессов оценки радиолокационных характеристик объектов средствами современных и перспективных радиолокационных измерительных комплексов.

Цель диссертационных исследований Озерова М.А. направлена на повышение информативности и точности измерений радиолокационных характеристик средствами специализированных радиолокационных измерительных комплексов.

Задачи диссертационных исследований определены с учетом полноты, логической целостности и практической направленности диссертационных исследований в направлении поставленной цели.

Логика решаемых в диссертации задач предусматривает разработку и использование модели широкополосного радиолокационного измерительного комплекса, моделирование, обоснование и проверку на состоятельность и эффективность предлагаемых методов градуировки радиолокационных изображений в единицах эффективной площади рассеяния (ЭПР), способов определения погрешностей измерений ЭПР, требований к технологическому процессу измерений диаграмм обратного рассеяния и интерполяции массива данных для синтеза радиолокационных изображений (РЛИ), предложений в части содержания метода оценки неравномерности поля в рабочей зоне антенного полигона, а также метода измерений интегральных радиолокационных характеристик малоотражающих объектов на основе пространственной трехмерной фильтрации синтезируемых РЛИ.

Структура исследований состоит из введения и пяти глав, которые посвящены вопросам анализа состояния развития радиолокационных измерительных комплексов и их метрологического обеспечения, градуирования радиолокационных изображений, интерполяции массивов исходных данных, используемых при синтезе РЛИ, измерений характеристик амплитудного и фазового распределения поля в рабочих зонах радиоизмерительных комплексов, измерений радиолокационных характеристик объектов с низкой ЭПР.

В приложении к диссертации представлен акт о внедрении результатов диссертационных исследований при создании специализированного автоматизированного радиоизмерительного комплекса измерений радиотехнических характеристик антенных систем и характеристик рассеяния объектов в СВЧ диапазоне

в рамках ОКР «Технология-РЛ», при разработке специализированного программно-аппаратного комплекса для измерений рассеивающих свойств объектов в рамках ОКР «Плоскость», при разработке методик испытаний в целях утверждения типа средства измерений Комплекса радиотехнических измерений БЭК-2 в интересах ФГУП «ЦАГИ».

Достижение цели диссертационных исследований осуществляется автором поэтапно. Каждая из глав диссертации представляет исследования, направленные на получение основных научных результатов диссертационной работы, содержащих научную новизну.

В первом разделе исследуется состояние предметной области, проводится анализ научных работ, посвященных вопросам конструирования и использования радиолокационных измерительных комплексов, проводится оценка текущего состояния и перспектив развития технологий обнаружения и распознавания объектов средствами РИК, анализируются факторы, определяющие первопричины возникновения и номенклатуру составляющих погрешностей измерений радиолокационных характеристик объектов с использованием РИК. По результатам проведенного анализа определена предметная область диссертационных исследований и сформулированы научные задачи разработки методических подходов, способствующих уменьшению погрешностей измерений радиолокационных характеристик объектов средствами широкополосных радиолокационных измерительных комплексов.

Особого внимания заслуживают результаты разработки математической модели РИК, позволившей с использованием методов численного моделирования определить номенклатуру источников погрешностей РЛИ синтезируемых РИК, с учетом связи погрешностей диаграмм обратного рассеяния с погрешностями синтезируемых РЛИ.

Второй раздел посвящен разработке метода градуирования радиолокационных изображений в единице ЭПР и способов оценки погрешности РЛИ. В материалах второй главы значительное внимание уделяется математическому аппарату, обеспечивающему градуирование радиолокационных изображений в единицах ЭПР. В качестве способа оценки погрешностей РЛИ рассмотрен вариант использования мер ЭПР с известными рассеивающими свойствами. Предлагаемый вариант основывается на использовании радиолокационных отражателей простой формы.

Третий раздел посвящен проблематике интерполяции массивов исходных данных для синтеза РЛИ для вариантов трехмерного наблюдения объектов. В данном разделе примечательным является использование теоремы Котельникова для обоснования достаточного углового шага в ходе проведения измерений для оценки диаграмм обратного рассеяния и синтеза РЛИ.

В четвертом разделе представлены материалы разработки методики измерений неравномерности амплитудного и фазового распределения поля в рабочей зоне антенного полигона, как одного из основных источников погрешности при измерениях РЛХ объектов. Контроль распределения поля в рабочей зоне антенных полигонов предлагается проводить путем анализа РЛИ объектов с известной удельной отражающей способностью вдоль их поверхности. При этом РЛИ представляет распределение токов на поверхности используемого радиолокационного отражателя,

которое коррелирует с распределением поля в непосредственной близости от радиолокационного отражателя.

В пятой главе представлены результаты разработки метода восстановления интегральных радиолокационных характеристик радиолокационных объектов на основе пространственной фильтрации синтезированных радиолокационных изображений. Метод основывается на стробировании областей синтезируемых РЛИ объектов с последующим восстановлением диаграммы обратного рассеяния на расстоянии, удовлетворяющее условию, определяемому согласно величинам размеров апертуры антенны и габаритов объектов. Минимальное расстояние от антенны до объекта ограничивается необходимостью обеспечения равномерного амплитудно-фазового распределения электромагнитного поля в рабочей зоне в соответствии с условием дальней зоны.

Представленная в работе последовательность диссертационных исследований и решение поставленных в диссертации задач позволили получить следующие обоснованные **научные результаты диссертационных исследований и основные положения, выносимые на защиту:**

- метод измерений локальной ЭПР на основе использования равенства Парсевала обеспечивает однозначную взаимосвязь между локальными и интегральными радиолокационными характеристиками и позволяет проводить измерения локальной ЭПР с пределами в размере ± 6 дБ;

- критерии выбора углового шага при измерении комплексной диаграммы обратного рассеяния за счет интерполяции позволяют обеспечить уменьшение продолжительности измерений локальных ЭПР в 4 раза;

- метод измерений неравномерности поля в рабочей зоне радиолокационного измерительного комплекса на основе обратного синтеза апертуры позволяет проводить оценку неравномерности амплитудного распределения с погрешностью $\pm 0,5$ дБ, фазового распределения с погрешностью ± 8 градусов, в условиях испытательных полигонов;

- метод измерений интегральных радиолокационных характеристик объектов с малой ЭПР позволяет за счет пространственной фильтрации синтезированных РЛИ обеспечить расширение динамического диапазона на 10-15 дБ.

Диссертационная работа Озерова М.А. представляет собой законченное цельное самостоятельное исследование, включающее новые, обоснованные и подтвержденные проведенными практическими измерениями научные положения, выводы и рекомендации в области метрологического обеспечения радиолокационных измерительных комплексов и процессов измерений радиолокационных характеристик объектов различного назначения.

Результаты диссертации имеют как научное, так и практическое значение. Внедрение полученных в диссертации результатов в практику измерений радиолокационных характеристик объектов будет способствовать улучшению точностных характеристик, используемых для этих целей радиолокационных измерительных комплексов.

Работа базируется как на теоретическом материале, так и на проведенных экспериментальных исследованиях. Автор диссертации рассматривает опыт

российских и зарубежных ученых, организаций, критически осмысливает имеющиеся результаты в области применения существующих радиолокационных измерительных комплексов по целевому назначению. Для решения поставленных задач в работе используются методы системного анализа и синтеза радиотехнических систем, численного моделирования и экспериментальных исследований.

По диссертационному исследованию Озерова М.А. имеются следующие замечания.

Продекларированной целью диссертационной работы является – «снижение радиолокационной заметности объектов за счет повышения информативности и точности измерений их радиолокационных характеристик на радиолокационных измерительных комплексах». Вместе с тем, повышение информативности и точности измерений радиолокационных характеристик объектов средствами радиолокационных измерительных комплексов непосредственно не приведет к снижению их радиолокационной заметности.

Классификационные признаки влияющих факторов, определяющих наличие и составляющие погрешностей измерений радиолокационных характеристик объектов с использованием РИК («Характеристика влияющего фактора») в смысле их определений и упорядочивания по сути смыслового содержания, представляются без систематизации и в вариантах существования в единственном числе: «Математическая обработка», , «Случайные составляющие погрешностей измерений модуля КМДОР».

Имеет место неоднозначность и противоречивость определений по тексту автореферата и диссертации. По тексту диссертации к решаемым научным задачам отнесена задача обоснования способов определения погрешности измерений ЭПР объектов на РЛИ (стр. 10 диссертации). По тексту диссертации (см. оглавление) и автореферата (стр. 11 автореферата) к задачам второго раздела диссертации отнесена разработка способов оценки погрешности РЛИ. Обоснование способов и разработка способов предусматривают различные последствия и требования к процессу выполнения работы и к конечному результату. В материалах диссертации и в автореферате не определены отличительные свойства предлагаемого варианта оценки погрешности РЛИ, категорирующие данный вариант как разработанный (т.е. новый) способ оценки погрешностей относительно других известных способов оценки погрешностей. Для случая декларации «разработанный способ» - заявляемый в диссертации разработанный способ оценки погрешностей - отсутствует в перечне публикаций автора диссертационных исследований в варианте представления в качестве заявки на изобретение или патента на изобретение, что в данном случае было бы крайне желательно.

По тексту диссертации и автореферата разработанный и продекларированный автором диссертационных исследований и метод измерений интегральных радиолокационных характеристик объектов (автореферат стр. 4, стр. 21) в разделе автореферата «Научная новизна» (стр. 6 автореферата) продекларирован как впервые предложенный способ. При этом ссылки на заявки на изобретения или патенты также отсутствуют.

В обоснование выбора углового шага при измерениях комплексной диаграммы обратного рассеяния положены следующие вызывающие сомнения постулаты в части причинно-следственных связей факторов изменения погрешностей измерений, декларируемые, по сути, как «общий случай» (стр. 14 автореферата):

– «уменьшение углового шага при измерениях ведет к пропорциональному для каждой угловой оси увеличению продолжительности времени измерений, что, в свою очередь, может приводить к неприемлемым значениям погрешностей измерений за счет временной нестабильности измерительной системы»;

- «Таким образом, уменьшение углового шага одновременно с уменьшением соответствующей методической погрешности может обуславливать уменьшение динамического диапазона измерений и увеличение случайной составляющей погрешности, имеющей инструментальный характер».

В тексте диссертации встречаются не в полной мере корректные термины и определения, имеющие неоднозначное толкование: «анализ уровня измерений», «временная нестабильность измерительной системы».

Имеются небрежности, орфографические и стилистические ошибки в тексте автореферата и диссертации (рис. 4 автореферата включает три горизонтально расположенных рисунка, при этом правый из них назван «нижний рисунок» и др.). Имеет место несоответствие номеров страниц оглавления и текста диссертации (глава 2). В тексте автореферата есть незаконченные предложения (автореферат, стр. 9 - «Величина погрешности определяется временной стабильностью измерительного канала РИК и характеристиками измерительной.» и др.).

Вместе с тем, перечисленные недостатки и замечания не снижают научной и практической значимости работы Озерова М.А.

Основное содержание работы в достаточной степени отражено в публикациях автора и изложено в автореферате.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Основные положения и результаты диссертации докладывались автором и обсуждались на Всероссийских научно-технических конференциях и симпозиумах.

Результаты диссертационных исследований в достаточной степени опубликованы в том числе и в ведущих научных изданиях, рекомендуемых ВАК.

Заключение о соответствии диссертации требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ.

Диссертационное исследование Озерова М.А. на тему «Методы уменьшения погрешности измерений «локальных» радиолокационных характеристик объектов на широкополосных радиолокационных измерительных комплексах» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком уровне, в которой решены актуальные научные задачи в области теории и практики измерений радиолокационных характеристик объектов в лабораторных условиях. Внедрение полученных результатов будет способствовать улучшению метрологических характеристик радиолокационных измерительных комплексов, применяемых в ходе исследования характеристик заметности изделий различного назначения.

Диссертационная работа в полной мере отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение, а ее автор Озерова М.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв составили:

Старший научный сотрудник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
доктор технических наук



Кизима С.В.

Старший научный сотрудник ФГБУ «ГНМЦ» Минобороны России,
кандидат технических наук



Руденкова Е.Г.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании научно-технического совета ФГБУ «ГНМЦ» МО РФ 31 октября 2023 года, протокол №21-23.