



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)

ВОЕННО-КОСМИЧЕСКАЯ
АКАДЕМИЯ ИМЕНИ
А.Ф.МОЖАЙСКОГО

г. Санкт-Петербург, 197198

«1» декабря 2023 г. № 15/938

На № 130-12/11331 от 24 ноября 2023 г.

Экз. № 1

Первому заместителю генерального
директора – заместителю по научной работе
Федерального государственного унитарного
предприятия «Всероссийский научно-
исследовательский институт физико-
технических и радиотехнических измерений»
А.Н. ЩИПУНОВУ
ФГУП «ВНИИФТРИ», р.п. Менделеево,
г.Солнечногорск, Московская обл., 141570

Уважаемый Андрей Николаевич!

Высылаю отзыв на автореферат диссертационной работы Озерова Михаила Алексеевича на тему «Методы уменьшения погрешности измерений «локальных» радиолокационных характеристик объектов на широкополосных радиолокационных измерительных комплексах», представляемой к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Приложение: Отзыв..., экз. № 1, 2, на 4 л. каждый, только адресату.

С уважением,
Заместитель начальника Военно-космической
академии по учебной и научной работе

Ю. Кулешов

Исп. А.В.Галеницкий (42 отдел ВИ(НИ))
т. 8-812-237-10-21

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника
Военно-космической академии
имени А.Ф. Можайского
по учебной и научной работе
доктор технических наук, профессор
генерал-майор

Ю.Кулешов

«30» ноября 2023 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ОЗЕРОВА Михаила Алексеевича, выполненной на тему «Методы уменьшения погрешности измерений «локальных» радиолокационных характеристик объектов на широкополосных радиолокационных измерительных комплексах» и представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение».

Испытания объектов вооружения и военной техники (ВВТ) на соответствие радиолокационных характеристик (РЛХ) заданным требованиям являются общепринятой практикой при выполнении НИОКР различной направленности, которая складывалась в течении последних 60-ти лет. В последние десятилетия в мире и в России сформировался «золотой стандарт» данного вида испытаний, основанный на многочастотных измерениях комплексного коэффициента отражения объектов испытаний с помощью радиолокационных измерительных комплексов (РИК). Типовой РИК представляет собой взаимосвязанную систему, включающую систему полеобразования с комплектом поляризованных антенн-облучателей, перекрывающих требуемый частотный диапазон, устройство высокоточного позиционирования объекта испытаний в рабочей зоне РИК, многочастотный измеритель коэффициента отражения/передачи (как правило, векторный анализатор цепей), а также вычислительную систему управления комплексом и обработки результатов измерений. Традиционно РИК реализуют измерения РЛХ объектов на согласованных, реже – одновременно на согласованных и кросс-поляризациях. К настоящему времени уровень современных технологий в целом позволяет удовлетворить высоким требованиям по механическим характеристикам устройства позиционирования объекта испытаний, точностным характеристикам измерения коэффициентов отражения/передачи электрических цепей, характеристикам полеобразующих систем, определяющих выполнение условий дальней зоны, характеристикам

быстродействия и функциональности вычислительных средств. Кроме этого, практику сертификации РИК как средств измерения в России можно считать сложившейся. При этом до конца неисследованной остается область методов обработки данных измерений РЛХ, а также аттестации их метрологически значимой части, реализованной в элементах программно-методического обеспечения РИК. Недостаточно проработанным к настоящему времени направлением совершенствования методической базы испытаний РИК на соответствие требованиям к средствам измерения представляются методы нормирования погрешности измерения «локальных» РЛХ, получаемых путём синтеза радиолокационных изображений (РЛИ). Требуется решения задачи прослеживаемости РИК с функцией синтеза РЛИ методом инверсного синтеза апертуры к соответствующим эталонам. Вышеизложенные обстоятельства подтверждают несомненную актуальность диссертационных исследований Озерова М.А. и определяют *объект исследований* – широкополосные РИК с функцией синтеза РЛИ методом инверсного синтеза апертуры, используемые для оценки РЛХ объектов.

Из содержания автореферата следует, что *целью исследования* является снижение радиолокационной заметности объектов за счёт повышения информативности и улучшения точностных характеристик измерений их РЛХ на РИК.

В процессе исследования предметной области автором были выявлены недостатки существующих методов нормирования погрешности измерения «локальных» РЛХ.

Научную новизну работы составляют:

метод градуировки РЛИ в единице ЭПР, позволяющий получать оценки ЭПР отдельных элементов объекта в заданных диапазонах углов и частот с нормированной погрешностью,

критерии выбора углового шага дискретизации при измерениях и интерполяции массивов исходных данных для синтеза РЛИ, которые, в отличие от известных подходов, позволяют снизить продолжительность измерений, а также исключить грубые ошибки измерений ЭПР локальных центров рассеяния,

метод измерений неравномерности амплитудного и фазового распределений поля в рабочей зоне РИК, основанный на обратном синтезе апертуры, который отличается более простой технической реализацией и не требует использования планарного сканера,

способ обработки результатов измерений интегральных РЛХ с малой ЭПР на основе пространственной фильтрации синтезированных РЛИ, позволяющий уменьшить погрешности и увеличить диапазон измерений, выполняемых в неидеальных условиях.

Теоретическое значение работы определяется разработкой оригинального научно-методического подхода к градуировке РЛИ в единице ЭПР и нормированию погрешности измерений локальных РЛХ.

Практическая значимость работы заключается в том, что метод градуировки РЛИ в единице ЭПР, позволяет с помощью широкополосных РИК получать оценки ЭПР отдельных элементов объекта с нормированной погрешностью. Кроме этого, метод уменьшения погрешности РЛХ объектов с малой ЭПР на основе пространственной фильтрации синтезированных РЛИ позволяет уменьшить уровень фона РИК и повысить отношение сигнал/шум синтезированного изображения.

На основе сведений, представленных автором, можно судить о том, что результаты, полученные им по теме исследования, широко опубликованы в ряде научных работ, а также апробированы и реализованы при создании автоматизированного комплекса для высокоточных измерений радиотехнических характеристик антенных систем и характеристик рассеяния объектов в СВЧ диапазоне МГФК.411734.086 в рамках ОКР «Технология-РЛ», а также при разработке программно-аппаратного комплекса для измерений рассеивающих свойств объектов «Сигнатура-2М».

Перечисленные обстоятельства определяют существенную значимость полученных автором диссертации результатов для теории и практики исследуемой предметной области.

Автореферат диссертации изложен доступным для понимания языком, аргументация положений ясна и убедительна. Отмечая несомненные достоинства работы, следует отметить ряд недостатков.

1. В формуле (1) автореферата не ясен физический смысл множителя, обратного расстоянию, который является пятимерной функцией декартовых координат и углов сферической системы координат.

2. В описании модели расчетно-экспериментальной оценки метрологических характеристик РИК не приведен перечень её ограничений, в частности, её применимости к поляриметрическим измерениям РЛХ.

В целом, вышеуказанные недостатки не снижают научной и практической ценности диссертационной работы и не оказывают существенного влияния на полученные результаты. Изучение автореферата свидетельствует о том, что цель исследования достигнута, научная задача решена на достаточно высоком уровне.

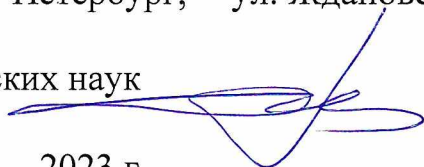
Вывод: Диссертация Озерова М.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую новое решение актуальной научной задачи.

По научному содержанию, глубине и полноте выполненных исследований, а также объему полученных результатов, диссертационное исследование соответствует требованиям пунктов 9, 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор, ОЗЕРОВ Михаил Алексеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании 4 управления военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского, протокол № 45/4/1-2023 от 17 ноября 2023 г.

Отзыв составил:

Старший научный сотрудник 423 лаборатории военного института (научно-исследовательского) Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского
197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13, тел. (812) 237-10-21,
e-mail: vka@mil.ru
кандидат технических наук



Галеницкий Анатолий Валерьевич

«20» 11 2023 г.

С отзывом и выводами согласен

Начальник военного института (научно-исследовательского)
Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского
доктор технических наук, профессор
полковник



Сахно Игорь Викторович

«20» 11 2023 г.