



АО «КОНЦЕРН ВКО «АЛМАЗ - АНТЕЙ»
ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РАДИОФИЗИКА»
(ПАО «РАДИОФИЗИКА»)



Героев Панфиловцев ул., д. 10, Москва, 125363
Тел.: (495) 272-48-01, (495) 272-02-97 (многокан.), факс: (495) 272-48-20
E-mail: mail@radiofizika.ru, www.radiofizika.ru
ОКПО 07522061 ОГРН 1027739029614 ИНН 7733022671 КПП 773301001

23.11.2023 № 3000/92-165

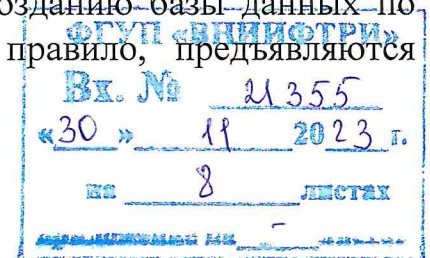
На № 02-08/9893 от 17.10.2023

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Озерова Михаила Алексеевича
**«Методы уменьшения погрешности измерений «локальных»
радиолокационных характеристик объектов на широкополосных
радиолокационных измерительных комплексах»,**

представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение

Соискателем Озеровым М.А. выполнена диссертационная работа, которая посвящена решению актуальной научной задачи, заключающейся в разработке методов, позволяющих модифицировать качественные показатели диагностики характеристик радиолокационных характеристик (РЛХ) объектов, а именно, минимизации погрешности измерений на широкополосных измерительных комплексах. Одной из основных РЛХ объектов ВВТ является эффективная площадь рассеяния (ЭПР). Следует отметить, что исследования в области стелс-технологий подразумевают экспериментальный анализ процессов рассеяния электромагнитных волн на поверхностях сложных тел, в том числе выявление и минимизация различных вкладов в обратное рассеяние объекта так называемых локальных источников (ЛИ) сложной радиолокационной (РЛ) цели. Однако, большинство современных отечественных РЛ станций и измерительных комплексов определяют лишь интегральные радиолокационные характеристики объектов. При этом для вновь разрабатываемых комплексов (например, с расширенными возможностями по созданию базы данных по радиолокационным целям с малой ЭПР), как правило, предъявляются



требования по технической и алгоритмической возможности синтеза радиолокационных изображений (РЛИ) объектов.

В связи с тем, что разработка подобных методов и программно-аппаратного комплекса для достоверных измерений рассеивающих свойств ЛИ сложных объектов (с оценкой ЭПР отдельных элементов объектов) позволяет осуществлять макетирование базы данных по радиолокационным целям для отработки правильного функционирования разрабатываемых отечественных РЛС, работа Озерова М.А. является несомненно и актуальной, и практически значимой.

Целью диссертационных исследований является снижение радиолокационной заметности объектов за счёт повышения информативности и точности измерений их РЛХ на радиолокационных измерительных комплексах. Для достижения сформулированной цели автор ставит и решает ряд частных научных задач. Указанные соискателем научные задачи представляются обоснованными.

Научная новизна выполненных автором исследований, как следует из автореферата, заключается в следующем:

1) Предложен метод градуировки радиолокационных изображений в единице ЭПР, позволяющий оценить ЭПР отдельных элементов объекта в заданных диапазонах углов и частот с нормированной погрешностью.

2) Предложены и обоснованы критерии выбора углового шага при измерениях и интерполяции массивов исходных данных для синтеза РЛИ, которые в отличие от известных подходов позволяют снизить время измерений в 4 раза, а также исключить грубые ошибки в определении ЭПР локальных центров рассеяния.

3) Предложен метод измерений неравномерности амплитудного и фазового распределений поля в рабочей зоне радиолокационного полигона, основанный на обратном синтезе апертуры, который отличается более простой технической реализацией, чем когда для оценки неравномерности в рабочей зоне используется планарный Т-сканер (как например, на компактном полигоне в ИТПЭ РАН).

4) Предложен способ обработки результатов измерений интегральных радиолокационных характеристик объектов с малой ЭПР на основе пространственной фильтрации синтезированных РЛИ, позволяющий уменьшить погрешности и увеличить динамический диапазон измерений, выполняемых в неидеальных условиях, когда, например, уровень остаточного фона безэховой камеры превышает уровень полезного сигнала от исследуемого объекта.

Практическая ценность полученных результатов состоит также в следующем:

- Разработаны новые методы градуирования радиолокационных изображений в единицах ЭПР, измерений интегральных радиолокационных

характеристик объектов с малой ЭПР на основе пространственной фильтрации синтезированных РЛИ, способы определения погрешности измерений эффективной площади рассеяния объектов на радиолокационных изображениях.

- Обоснованы требования к угловому шагу при измерении комплексной ДОР, а также способ интерполяции массива исходных данных для синтеза РЛИ.

- Разработана методика оценки неравномерности поля в рабочей зоне антенного полигона методом инверсного синтеза апертуры (*ISAR* метод).

Достоверность полученных результатов основывается на корректном использовании широко апробированных методов спектрального анализа, а также подтверждается экспериментальными результатами с использованием государственных эталонов. Результаты диссертационной работы апробированы в ходе выступлений на международных научных конференциях и опубликованы в журнальных статьях из перечня ВАК.

Судя по автореферату, материал диссертация изложен последовательно и системно.

Вместе с тем, к автореферату имеются отдельные замечания.

1. В автореферате не представлен анализ существующих в РФ радиолокационных измерительных комплексов.

2. В автореферате не указано, какие именно методы интерполяции массива исходных данных необходимо использовать для исключения разреженности массивов исходных данных для формирования РЛИ.

3. В работе не дана оценка перспективности использования алгоритмов формирования радиолокационных портретов целей экспериментальным методом при помощи РЛС с ЛЧМ сигналом, которые могут производить оценку вкладов ЭПР отдельных элементов объекта в его интегральную ЭПР на заданных частотах.

Однако указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы и не снижают ее научной и практической ценности.

По содержанию автореферата можно сделать вывод, что диссертационная работа Озерова М.А. на соискание учёной степени кандидата технических наук представляет собой законченное исследование, которое содержит решение актуальной научной задачи. Новые научные результаты, обоснованные в диссертации и реализованные на практике, имеют важное прикладное значение.

Уровень изложенных в работе результатов и их значимость соответствуют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и профилю специальности, а автор работы, Озеров Михаил Алексеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата

технических наук по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение.

Отзыв составил



С.В. Елизаров, к.т.н.

23.11.2023 г.

Подпись Елизарова С.В. удостоверяю

Ученый секретарь ИТС ПАО «Радиофизика»



С.В. Фролов, к.т.н., доцент

Елизаров Сергей Валерьевич, к.т.н.

Должность: начальник сектора, зам. зав. базовой кафедры МФТИ

Место работы: ПАО «Радиофизика», НИО-3

Адрес: г. Москва, 125363, ул. Героев Панфиловцев, 10

Телефон: +7 (985) 224-92-71

E-mail: else044@gmail.com