

УТВЕРЖДАЮ

Врио заместителя начальника  
Военно-космической академии  
имени А.Ф. Можайского  
по учебной и научной работе  
кандидат военных наук доцент

полковник

«15» апреля 2022 г.

И.Воронков

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации АНЮТИНА Николая Викторовича  
на тему: «Разработка метода измерений характеристик антенн путем  
сканирования по неканоническим поверхностям в ближней зоне»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение»

#### **Актуальность темы диссертации**

В настоящее время одним из ключевых элементов связи и радионавигации являются антенны и антенные решетки, в процессе разработки и производства которых необходим контроль их характеристик. Внешние характеристики антенн определяются через электромагнитное поле в дальней зоне (ДЗ) излучения посредством антенных измерительных комплексов (АИК). Для современных антенных решеток с большими размерами условия, эквивалентные условиям ДЗ излучения, формируются на расстоянии десятков метров и более. Создание АИК ДЗ таких размеров является экономически нецелесообразным, поэтому измерения вынуждены проводить с помощью компактных полигонов или АИК ближней зоны (БЗ), которыми внешние характеристики антенн измеряются косвенными методами сканирования электромагнитного поля. Измеренное поле пересчитывается из БЗ в ДЗ излучения с помощью специальных алгоритмов преобразования электромагнитного поля.

В основе методов измерений характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля в БЗ лежит решение системы интегральных уравнений, которые связывают скалярное произведение электромагнитных полей исследуемой и зондовой антенны с измеряемым на практике коэффициентом передачи. Недостатки таких методов проявляются возрастанием в несколько раз времени измерений, а также увеличением стоимости вычислительной подсистемы АИК БЗ. По этим причинам до настоящего времени отсутствовали методики измерений внешних характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля в БЗ излучения, в которых применяются позиционеры с большим числом степеней свободы и лазерные трекеры.

Таким образом, научная задача разработки методики измерений внешних характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля по неканоническим поверхностям в ближней зоне излучения является актуальной и имеет важное теоретическое и практическое значение для обороноспособности страны.

**Научная новизна** полученных результатов состоит в разработке алгоритмов расчета коэффициента передачи между антеннами и преобразования электромагнитного поля с коррекцией по диаграмме направленности зондовой антенны, а также имитационной модели измерений внешних характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля в произвольно заданном множестве точек и методики измерений внешних характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля по неканоническим поверхностям в ближней зоне излучения.

**Теоретическая значимость** результатов исследования заключается в получении формулы для прямого преобразования электромагнитного поля внутрь замкнутой поверхности, не требующая обращения матрицы оператора преобразования, и асимптотического уравнения связи между антеннами в дальней зоне, применимого и в ближней зоне излучения исследуемой антенны.

**Практическая значимость** результатов исследования состоит в том, что разработанная имитационная модель измерений внешних характеристик антенн в ближней зоне излучения может использоваться для аттестации методик измерений и испытаний антенных измерительных комплексов. Разработанная методика измерений внешних характеристик антенн путем сканирования электромагнитного поля по неканоническим поверхностям в ближней зоне излучения может использоваться на всех существующих и новых антенных измерительных комплексах ближней зоны.

**Обоснованность и достоверность** результатов исследования подтверждается:

корректным использованием существующих методов исследования;  
соответствием расчетных и экспериментальных данных;  
использованием средств измерений, прослеживаемых к государственным эталонам.

Автореферат написан логически грамотно и соответствует однозначному пониманию исследуемых вопросов и полученных результатов.

**Замечания по автореферату диссертации:**

1. В автореферате не приведено обоснование выбора расстояний удаления неканонических поверхностей от исследуемой антенны.

2. В автореферате приведены данные лишь о качественном совпадении экспериментальных и модельных результатов.

3. Из автореферата не ясно, как влияет на точность измерений их косвенный характер.

Указанные замечания носят уточняющий характер и не влияют на общий научный уровень диссертационной работы и значимость защищаемых результатов.

**Общая характеристика работы**

Основные положения результатов исследования опубликованы в 16 научных трудах, 5 из которых – в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, 3 – в изданиях, входящих в базу данных Scopus, а также апробированы на 11 научно-технических конференциях различного уровня.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности

2.2.10 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

**Вывод**

Исходя из содержания автореферата, диссертация Анютина Николая Викторовича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством и содержащую новое решение актуальной научной задачи.

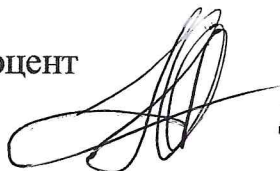
По научному содержанию, глубине и полноте выполненных исследований, а также объему полученных результатов, диссертационное исследование соответствует требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор, АНЮТИН Николай Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата

технических наук по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение».

Отзыв составил:

Доцент кафедры метрологического обеспечения вооружения, военной и специальной техники Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского (197198, г. Санкт-Петербург, ул. Ждановская, д. 13, тел. (812) 347-95-61, эл. почта: vka@mil.ru)

кандидат технических наук, доцент



Дорохов Александр Николаевич

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры метрологического обеспечения вооружения, военной и специальной техники протокол № «19» от «11» апреля 2022 года.

Начальник кафедры метрологического обеспечения вооружения военной и специальной техники Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского кандидат технических наук, доцент



Кравцов Александр Николаевич

«12» апреля 2022 г.