

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Нечаева Евгения Евгеньевича на диссертацию Сучкова Александра Владимировича «Частотно-сканирующие моноимпульсные антенные решетки трехкоординатных РЛС», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ И СООТВЕТСТВИЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Диссертация посвящена частотно-сканирующим моноимпульсным антенным решеткам, применяемым в трехкоординатных обзорных РЛС, использующих моноимпульсный метод пеленгации для повышения точности измерения угловых координат, что обусловлено необходимостью пространственного разрешения воздушных объектов в условиях высокой интенсивности полетов в зонах аэродромов и на воздушных трассах. К характеристикам таких антенн в настоящее время предъявляются весьма жесткие требования. В то же время их практическая реализация, как правило, дополнительно усложняется ограничениями по массогабаритным и эксплуатационным характеристикам. Данной тематике в последние десятилетия уделяется большое внимание, что находит отражение в большом числе публикаций как за рубежом, так и в нашей стране.

Таким образом, тема диссертационной работы соискателя Сучкова Александра Владимировича является **актуальной и соответствует специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».**

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и двух приложений. Работа изложена на 152 страницах машинописного текста, содержит 101 рисунок, 10 таблиц и 105 наименований литературы.

Во **введении** обосновывается актуальность темы, сформулирована цель и задачи работы, отмечаются научная новизна и практическая значимость, перечислены методы исследования, приведены сведения об апробации работы,

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. № 2
12.10.2018

структуры диссертации и внедрения результатов, формулируются основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автором показано состояние и перспективы развития частотно-сканирующих антенных решеток трехкоординатных РЛС. Проведен аналитический обзор таких антенн, а также технических и конструктивно-технологических решений, используемых при их реализации в различных диапазонах частот. Рассмотрены основные типы применяемых частотно-сканирующих антенн. Приведены требуемые параметры и реализованные характеристики отечественных и зарубежных разработок. По результатам анализа требований, предъявляемых к современным трехкоординатным РЛС, показана необходимость разработки антенных решеток с частотным сканированием (АРЧС) в моноимпульсном исполнении с обоснованием выбранных технических решений в части построения распределительной системы и излучающего полотна, позволяющих обеспечить необходимые электродинамические и эксплуатационные характеристики.

Вторая глава посвящена особенностям построения моноимпульсных АРЧС на основе диаграммообразующей схемы (ДОС) последовательного типа, ДОС последовательно-параллельного типа, ДОС с независимым формированием амплитудно-фазового распределения суммарного и разностного каналов. Исследованы вопросы снижения потерь в ДОС, а также специфика минимизации амплитудных и фазовых ошибок формируемого распределения при осуществлении широкоугольного частотного сканирования в заданной полосе частот. На основе последовательной ДОС разработаны варианты построения моноимпульсных АРЧС S- и X-диапазона, позволяющие в рабочем секторе сканирования снизить УБЛ диаграммы направленности (ДН) суммарного канала до -30 дБ без ухудшения потерь в ДОС, а также обеспечить глубину нуля разностной ДН на уровне -30 дБ и равенство амплитуд в ее максимумах в пределах $\pm 0,25$ дБ. Для этого был предложен комплекс технических решений по усовершенствованию ДОС в части применения Т-щелевых направленных ответвителей, коррекции длин периодов замедляющей системы, организации полного вывода мощности на крайние элементы, применения волноводных фазовращателей и волноводного мостового устройства с регулируемым коэффициентом деления.

В третьей главе на основе метода конечных элементов проведены численное моделирование и оптимизация ДОС и линейных решеток излучателей, а также моделирование характеристик направленности АРЧС. Расчет ДН производился путем решения задачи излучения с применением периодических граничных условий при известных амплитудах волн, падающих на линейные решетки излучателей. Результаты моделирования подтвердили корректность заложенных технических и конструкторско-технологических решений для практической реализации разработанных вариантов построения моноимпульсной волноводно-щелевой АРЧС S- и X-диапазона. Разработан алгоритм оптимизации структуры последовательной ДОС, обеспечивающей полное подавление эффекта «нормали» АРЧС и выявленного при численном моделировании эффекта «ослепления» в области верхней и нижней частот рабочего диапазона. Также проведено исследование характеристик базового элемента ДОС – волноводного Т-щелевого направленного ответвителя в части диапазонных свойств, переходного ослабления, направленности, согласования, что позволило создать технологичную конструкцию ответвителя, интегрируемую с волноводными ДОС в качестве типового элемента распределения мощности.

В четвертой главе представлены разработанные конструкции антенн S- и X-диапазона, а также приведены основные результаты экспериментальных исследований их характеристик. Особое внимание уделено подходам к конструктивно-технологической реализации частотно-сканирующих антенн на базе современных высокотехнологичных методов производства. Анализируются характерные конструктивно-технологические погрешности и дефекты, допускаемые в процессе изготовления, представлены их обобщенная классификация и оценка влияния на характеристики направленности антенн.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

Прикладные научные исследования, проведенные в диссертационной работе, направлены на обоснование технических решений по улучшению радиотехнических и массогабаритных характеристик частотно-сканирующих

моноимпульсных антенных решеток, применяемых в составе трехкоординатных обзорных РЛС аэродромных и трассовых комплексов.

ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании результатов электродинамического моделирования и экспериментальных исследований можно считать, что основные положения, выносимые на защиту (с. 7 автореферата, с. 10 диссертации), являются **достаточно обоснованными и достоверными.**

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Практическая значимость результатов работы заключается в том, что при использовании предложенных антенн разработана планарная, низкопрофильная, надежная антенная система с приемлемыми характеристиками для трехкоординатных РЛС, использующих моноимпульсный метод пеленгации с целью повышения точности измерения угловых координат.

ВНЕДРЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Полученные в диссертационной работе научные и практические результаты внедрены в опытно-конструкторские работы АО «Научно-производственного объединения «Лианозовский электромеханический завод» (АО «НПО «ЛЭМЗ»).

Основные научные результаты, выводы и рекомендации диссертации опубликованы в восьми научных статьях в журналах, включенных в перечень ВАК РФ, доложены и обсуждены на всероссийских и международных конференциях. Кроме того, необходимо отметить **наличие** двух патентов.

Достоинством работы является то, что полученные результаты в части схемотехнических и конструктивно-технологических решений обеспечивают возможность практической реализации планарных частотно-сканирующих моноимпульсных волноводных антенных решеток с улучшенными радиотехническими и массогабаритными характеристиками для трехкоординатных РЛС.

Содержание диссертации **соответствует** содержанию опубликованных работ. Существенных замечаний к качеству оформления диссертации и изложению материала нет.

Содержание автореферата **соответствует** содержанию диссертации.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Предложенная автором методика приближенного расчета основных параметров антенных решеток с частотным сканированием (раздел 2.2.2), позволяет произвести лишь инженерную оценку таких характеристик как диаграмма направленности и коэффициент усиления без учета влияния взаимных связей между излучателями. Важная характеристика антенн – кроссполяризационная составляющая ДН осталась без внимания.

2. В диссертации исследованы особенности обеспечения требуемых характеристик ДН при широкоугольном частотном сканировании через нормаль к апертуре. Однако автором не даны пояснения по характеру изменения КНД и ширины ДН при сканировании (рис. 6, рис. 12 автореферата, рис. 3.28, рис. 3.35 диссертации).

3. В работе не уделено внимание выбору амплитудного распределения, формируемого ДОС. Характеристики антенных решеток с частотным сканированием, представленные в работе, исследованы только для двух частных случаев – распределения Тейлора и распределения типа «косинус квадрат на пьедестале».

4. В четвертой главе рассмотрено дестабилизирующее влияние температуры окружающей среды на угловое положение диаграмм направленности разработанных антенн. Однако в работе отсутствует оценка температурного влияния на такие характеристики как уровень боковых лепестков суммарной ДН, глубина нуля разностной ДН, коэффициент усиления.

Указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости результатов, полученных автором в диссертационной работе.

Оценивая работу в целом, считаю, что диссертация является законченной самостоятельной квалификационной работой, посвященной **решению актуальной прикладной научной задачи** – разработке планарных,

низкопрофильных моноимпульсных волноводных антенных решеток с частотным сканированием для трехкоординатных обзорных РЛС аэродромных и трассовых комплексов.

Диссертационная работа соответствует требованиям положения «О присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержит научно обоснованные технические решения, внедрение которых имеет существенное значение для страны, и соответствует профилю специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» (технические науки), а ее автор – Сучков Александр Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Официальный оппонент,

д.т.н., профессор,
заведующий кафедрой «Управления
воздушным движением» ФГБОУ ВО
«Московский государственный
технический университет
гражданской авиации (МГТУ ГА)
Адрес: 125993, г. Москва,
Кронштадтский бульвар, д. 20
Тел.: +7 (499) 457-70-59
E-mail: e.nechaev@mstuca.aero

Е.Е. Нечаев

Подпись Нечаева Евгения Евгеньевича заверяю.

Проректор МГТУ ГА
по научной работе и инновациям



В.В. Воробьев