

Министерство образования и науки  
Российской Федерации



Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования

«Московский государственный  
технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
Тел. (499) 263-63-91 Факс (499) 267-48-44  
E-mail: [bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)  
ОГРН 1027739051779  
ИНН 7701002520 КПП 770101001

*14.11.2017* № *01.03-10/1339*

на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

«Утверждаю»

Первый проректор —  
проректор по научной работе  
Д.т.н., профессор  
Зимин В.Н.



2017 г.

### Отзыв

ведущей организации ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана) на диссертацию и автореферат диссертации Овчинниковой Е.В. на тему: «Широкополосные антенные решетки с широким сектором обзора», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.07.

В теории и практике создания фазированных антенных решеток в настоящее время наиболее важными вопросами являются обеспечение широкого сектора сканирования, расширение рабочей полосы частот и снижение массогабаритных характеристик. Эти же вопросы возникают и при создании активных фазированных антенных решеток. Применение выпуклых фазированных антенных решеток, исследованных и разработанных ранее, позволяют, в определенной степени, решить поставленные проблемы. Однако применение таких антенн влечет за собой усложнение устройств управления амплитудно-фазовым распределением, увеличение массогабаритных характеристик и, как следствие, увеличение стоимости.



Диссертационная работа Е.В. Овчинниковой направлена на решение актуальной проблемы построения антенн с пространственным размещением элементов и широкоугольным сканированием. В работе представлены алгоритмы расчета характеристик направленности, а также проведен анализ диапазонных свойств. Значительное внимание уделено разработке методов синтеза и схем возбуждения кольцевых концентрических антенных решеток с пространственным размещением элементов. В работе также рассматривается возможность существенного увеличения шага излучателей для ослабления взаимодействия и расположения излучателей для работы на разных частотах в совмещенных антенных решетках. Кольцевые концентрические антенные решетки позволяют осуществлять широкоугольное сканирование в азимутальной плоскости без изменения характеристик при сканировании и, в отличие от выпуклых антенных решеток, не требуют коммутации излучающего раскрытия. В работе показана возможность осуществления двумерного сканирования.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Объем и оформление работы соответствует требованиям ВАК для диссертаций, представленных на соискание ученой степени доктора технических наук.

Введение диссертационной работы содержит обзор литературы, в котором приведено краткое описание существующих антенных систем многофункциональных бортовых радиоэлектронных комплексов, а также цель и основные задачи исследования, описание состава и структуры работы, ее научную новизну, практическую ценность и положения, выносимые на защиту.

В диссертации показана возможность осуществления широкоугольного сканирования в кольцевых концентрических антенных решетках с минимальным числом элементов. Исследованы пространственные характеристики направленности, которые показывают отсутствие дифракционных максимумов при сканировании в азимутальной плоскости в пределах  $360^\circ$ , и рабочая полоса частот. Приведены зависимости характеристик направлен-

ности кольцевых концентрических антенных решеток от частоты, которые существенно отличаются от аналогичных зависимостей для плоских антенных решеток. Показано отсутствие углочастотной чувствительности в кольцевых концентрических антенных решетках, позволяющее значительно расширить их рабочую полосу. Разработаны методы синтеза кольцевых концентрических антенных решеток с использованием разложения Шлемилха и ряда Фурье-Бесселя, позволяющие минимизировать уровень боковых лепестков. Показано, что для минимизации уровня боковых лепестков, необходимо увеличивать число излучателей в решетке, а уменьшение первого бокового лепестка возможно за счет изменения амплитудного распределения в эквивалентном излучающем раскрыве при минимальном числе элементов. Приведены алгоритм и результаты расчета характеристик направленности кольцевых концентрических антенных решеток с заданной формой диаграммы направленности и уровнем боковых лепестков. В диссертационной работе рассмотрены возможные схемы возбуждения кольцевых концентрических антенных решеток. Приведен краткий обзор возбуждающих систем и отмечен возрастающий интерес к возбуждающим системам, образованным радиальным волноводом. Такие возбуждающие системы обладают малыми потерями и имеют хорошие массогабаритные характеристики. Аналогичная возбуждающая система может быть образована двумя концентрическими полусферическими поверхностями. В работе приведено решение методом собственных функций электродинамической задачи для концентрического сферического волновода и определена структуры поля волны типа  $E$ . Полученные результаты показывают, что в концентрическом сферическом волноводе отсутствует дисперсия при большом радиусе полусфер и малом расстоянии между ними по сравнению с длиной волны. На основе концентрического сферического волновода может быть разработана система возбуждения выпуклых кольцевых концентрических антенных решеток с размещением излучателей на сферической поверхности. В заключительной четвертой главе представлены варианты построения антенных решеток радиолокационных и телекоммуникационных систем. Определены

характеристики направленности и частотные характеристики. Приведены результаты разработки и фотографии опытных образцов антенн спутникового телевидения и низкопрофильного антенного модуля спутниковой связи сантиметрового диапазона волн с широкоугольным механическим сканированием.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационной работы.

При выполнении диссертационной работы использовался правильно подобранный математический аппарат теории антенн, численные методы математического анализа и метод собственных функций.

Научная новизна диссертационной работы подтверждается следующими результатами:

- предложен новый способ построения и развиты математические методы исследования антенных систем, обеспечивающих широкий сектор обзора при работе в широкой полосе частот.
- доказаны преимущества пространственного способа размещения элементов в антенных системах с широкоугольным сканированием, позволяющего минимизировать число управляющих элементов в распределительной системе антенной решетки, а также существенно уменьшить взаимодействие элементов за счет возможности их пространственного разнесения.
- предложены системы возбуждения антенных решеток с широким сектором обзора в виде конформных поверхностей с азимутально симметричной структурой и основной волной типа Т, обеспечивающие недисперсионную работу в широкой полосе частот и азимутально симметричное возбуждение элементов антенной системы при широкоугольном сканировании.
- разработаны методы расчета характеристик систем возбуждения антенных решеток с широким сектором обзора в виде конформных поверхностей с волной типа Т.

- разработаны методы синтеза характеристик направленности антенных решеток с широкоугольным сканированием, обеспечивающие требуемый уровень бокового излучения.
- Разработан способ оценки влияния технологических погрешностей, возникающих при изготовлении антенного полотна и распределительной системы на характеристики направленности, позволяющий определить допуски на изготовление отдельных элементов антенной системы.

Практическая ценность работы подтверждена тем, что разработанные методы и алгоритмы использованы в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах, проводимых совместно с промышленными предприятиями, а также внедрены в учебный процесс.

Результаты диссертационной работы известны специалистам, о чем свидетельствует большое количество публикаций.

Диссертационная работа написана на профессиональном уровне и при этом не вызывает сложностей при прочтении.

По теме диссертации опубликовано 100 работ, из них 2 монографии, 23 статьи в журналах, рекомендованных перечнем ВАК, в том числе 7 без соавторов, получено 6 патентов. Основные результаты работы внедрены в учебном процессе и использованы при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в различных организациях.

Полученные в диссертационной работе результаты достоверны, а выводы и заключения имеют четкое обоснование. Однако, в работе имеются некоторые недостатки:

- в разработанных методах синтеза с использованием разложения Шлемильха и ряда Фурье-Бесселя отсутствует оценка ошибки синтеза диаграммы направленности.
- не определены границы использования антенных решеток рассмат-

риваемого типа при более жестких требованиях к УБЛ.

- рассмотренный в главе 4 концентрический сферический волновод является не полной системой возбуждения, а ее составной частью.
- в автореферате и диссертации имеются опечатки и стилистические ошибки.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация является законченной научно-исследовательской работой, содержащей решение актуальной научной задачи – разработки антенных систем с пространственным размещением элементов и широкоугольным сканированием, имеющей существенное значение для теории и практики проектирования радиотехнических систем различного назначения. Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертационная работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а соискатель Е.В. Овчинникова заслуживает присвоения ей ученой степени доктора технических наук.

Отзыв составили

Д.т.н., профессор кафедры РЛ1



В.Н. Митрохин

К.т.н., доцент кафедры РЛ1



Е.В. Комиссарова

Отзыв обсужден на заседании кафедры «Радиоэлектронные системы и устройства»

( Протокол № 8 от 13 ноября 2017 г.).

Заведующий кафедры,  
д.т.н., с.н.с.



Г.П. Слукин

Г.П. Слукин - 17.11.2017 г.