УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,
доктор технических наук,
профессор,

_____ н О.В.

«_03_» _____ 026 г.

ОТЗЫВ
ведущей организации,
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
на диссертационную работу Смольянова Никиты Борисовича «Антенные решетки с однокоординатным и двухкоординатным широкоугольным сканированием для комплексов радиолокации и спутниковой связи», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

1. Вводные положения

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет».

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент Д.К. Проскурин.

На отзыв ведущей организации были представлены:

- диссертация – 1 том, 168 листов;
- автореферат – брошюра, 1.25 усл. печ. лист.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы (129 наименований).

2. Актуальность темы

Диссертация Смольянова Н.Б. посвящена разработке методик проектирования антенных устройств, обеспечивающих однокоординатное и двухкоординатное широкоугольное сканирование и исследованию способов их применения в составе комплексов радиолокации и системах спутниковой связи.

Тема работы непосредственно связана с практической потребностью определения вариантов упрощения синтеза структуры и повышения характеристик антенных устройств, применяемых в составе современных радиоэлектронных систем и комплексов.

Несмотря на активное развитие технологий, разработка антенных устройств, обеспечивающих широкоугольное сканирование является актуальной задачей. Большое влияние на разработку современных антенных

устройств оказывает стоимость компонентов и сложность производства. В связи с этим перспективным является направление исследования устройств, обладающих наиболее простой структурой. Вместе с этим, применение метода параметрического синтеза совместно с определением вариантов упрощения структуры антенных устройств позволяет снизить затраты ресурсов и времени, а также определить возможности повышения характеристик существующих систем. Более того, разработка новых устройств радиолокации и спутниковой связи являются насущной необходимостью для отечественной науки и техники.

Таким образом, актуальность темы диссертации Смольянова Н.Б. представляется в достаточной степени обоснованной.

3. Структура и содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы (129 наименований).

Введение работы посвящено актуальности темы, обозначены цели и задачи исследования. Обозначается новизна, практическая и теоретическая значимость и достоверность результатов, отражена апробация результатов работы.

Первый раздел посвящен анализу современного состояния и перспектив развития теории, методов и технологий производства антенных решеток с однокоординатным и двухкоординатным широкоугольным сканированием. Выполнен анализ общих концепций построения антенных решеток, сферы их применения, и основных структур. Проведен обзор многолучевых антенных решеток на основе технологии линзы Люнеберга, волноводно-щелевых антенных решеток и линейных дифракционных антенных решеток на основе планарных антенн. Определены важные аспекты в области исследования и разработки антенных решеток, обеспечивающих широкоугольное сканирование.

Во втором разделе дается описание основных качеств и характеристик линзы Люнеберга и варианта ее конструкции в форме плоского двухслойного цилиндра. Рассмотрены конструкции антенных устройств для обеспечения работы в широком азимутальном секторе. На основе установленных данных разработаны конструкции антенных устройств, обеспечивающих широкоугольное сканирование без возникновения эффекта затенения. Приведены результаты расчета основных характеристик антенных устройств. Предложена методика построения фазированной антенной решетки на основе технологии плоской линзы Люнеберга.

Третий раздел посвящен исследованию и разработке линейных антенных решеток на основе периодических структур. Рассмотрены варианты замедляющих систем в составе конструкции прямоугольных волноводов, имеющих парные периодические излучающие щели. Разработанные волноводно-щелевые антенны обеспечивают широкоугольное сканирование без возникновения эффекта затенения. Предложенные варианты волноводно-щелевых антенн, могут быть объединены с диаграммообразующим устройством, напри-

мер, плоской линзой Люнеберга, для формирования конструкции многолучевой антенной решетки с частотно-коммутационным сканированием. Характеристики всех рассматриваемых конструкций были получены посредствам моделирования.

Четвертый раздел посвящен разработке и исследованию антенных устройств на основе планарных элементов для обеспечения частотного широкоугольного сканирования. Рассмотрены варианты конструкций антенных устройств, отличающихся наиболее простой конструкцией и представлены их основные характеристики, полученные в результате моделирования. Приведены результаты моделирования планарной антенны на основе плоского волновода и связанной с ним дифракционной решетки. Представлены результаты натурных испытаний макета планарной антенны и проведена их верификация в сравнении с расчетными значениями.

В заключении формулируются основные результаты диссертационного исследования, выводы и обозначаются перспективы дальнейших исследований.

4. Научная новизна результатов диссертационного исследования

По результатам изучения диссертации и доступных публикаций автора могут быть выделены следующие результаты исследований, обоснованно претендующие на научную новизну:

–разработана методика построения антенной системы с применением технологии плоской двухслойной линзы Люнеберга, структура которой основана на синтезе метаматериальной поверхности, служащей для разделения тела линзы на две части, что отличает ее от аналогов и позволяет реализовать систему без возникновения эффекта затенения; перфорация организована на основе гексагональной сетки, в следствии чего достигается изотропность структуры, при которой электромагнитная волна будет распространяться с одинаковой скоростью во всех направлениях, что обеспечивает формирование одинаковых лучей ДН, существующие разработки предлагают иную форму перфорации обеспечивающую анизотропное распространение, что влечет за собой изменение формы ДН, в зависимости от направления излучения; антенная система имеет активный характер, и обладает большой полосой рабочих частот за счет возможности размещения широкополосных трансформаторов на поверхности линзы в разных местах, что отличает антенну от существующих конструкций устройств имеющих пассивный характер и применяющих монополи в качестве элементов возбуждения;

–разработана методика создания антенных устройств на основе прямоугольных волноводов, отличающихся структурой внутренней замедляющей системы, имеющей связь с парами периодических щелей на стороне узкой стенки; определено влияние параметров диэлектрических материалов и формы замедляющей системы на характеристики волновода; снижение фазовой скорости излучения в совокупности со щелями, расположенными с опре-

деленным периодом, обеспечивают высокий уровень характеристик излучения при низком уровне боковых лепестков, что позволяет осуществить частотное сканирование в широком азимутальном секторе;

–разработана методика построения планарной антенны, основанной на эффекте прямого и обратного преобразования поверхностных волн в объемные внутри структуры волновода и связанной с ним дифракционной решетки; устройство сочетает частотный и механический способ управления диаграммы направленности; синтез конструкции антенной решетки произведен из расчета обеспечения емкостного импеданса, в целях нейтрализации эффекта ослепления, возникающего при широкоугольном сканировании; конструкция антенной системы отличается от известных устройств оптимизацией параметров для осуществления механического сканирования за счет изменения периода дифракционной решетки, что позволяет улучшить возможности сканирования, другим отличием является упрощение конструкции за счет отсутствия необходимости включения в состав устройства фазовращателей и других сложных, дорогостоящих компонентов.

5. Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы представляется достаточно обоснованной и связана, прежде всего, с упомянутыми выше новыми научными результатами. Она заключается в разработке методик проектирования антенных систем с однокоординатным и двухкоординатным широкоугольным сканированием, частотным способом в угломестной плоскости и по азимуту на основе коммутации либо электромеханическим способом. Показана возможность применения щелевых волноводов с внутренними замедляющими системами в качестве элементов антенной решетки, обеспечивающих частотное управление ДН. Показана возможность формирования полноазимутальных антенных систем без эффекта затенения плоской линзы Люнеберга ее облучателями.

Предложенные варианты конструкции антенных устройств позволяют обеспечить широкоугольное сканирование без возникновения эффектов затенения и ослепления. Предложены методики разработки антенных устройств с однокоординатным и двухкоординатным сканированием, имеющих достаточно простые конструктивные решения. Это позволяет упростить процесс разработки и сократить время синтеза конструкции антенн.

Диссертационная работа содержит **значимые научные результаты по заявленной специальности** 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии и, в частности, по п.2 (Исследование характеристик антенн и микроволновых устройств для их оптимизации и модернизации, что позволяет осваивать новые частотные диапазоны, обеспечивать электромагнитную совместимость, создавать высокоэффективную технологию и т.д.), п.3 (Исследование и разработка новых антенных систем, активных и пассивных микроволновых устройств, в том числе управляющих, фазирующих, экранирующих и других,

с существенно улучшенными параметрами) и п.9 (Разработка методов автоматизированного проектирования и оптимизации антенных систем и микроволновых устройств широкого применения) паспорта специальности.

Обоснованность и достоверность результатов работы сомнений не вызывают и обеспечиваются корректным выбором использованных методов и построенных на их основе моделей. Достоверность результатов работы подтверждается результатами экспериментальных исследований.

6. Практическая значимость результатов диссертационных исследований автора

Практическая значимость результатов работы заключается в разработке антенных решеток на основе плоской линзы Люнеберга, обеспечивающих широкоугольное сканирование исключающих возникновение эффекта затенения плоской линзы Люнеберга ее облучателями, без применения сложных электронных компонентов. Также была проведена разработка планарной антенны с возможностью частотного и механического сканирования, на основе упрощенной технологии ее изготовления.

Полученные в диссертационной работе результаты внедрены в АО НПП «Автоматизированные системы связи», АО «ИРКОС». Также, результаты работы внедрены в образовательный процесс ФГБОУ ВО «ВГТУ», дисциплина «Электродинамика и распространение радиоволн».

7. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Основные положения и выводы диссертационной работы, в силу отмеченной выше научной и практической значимости отдельных результатов, могут найти применение:

- в заказывающих подразделениях и научно-исследовательских организациях МО, МВД, МЧС, ФСО, ФСБ, других Государственных заказчиков;
- в АО «Концерн «Созвездие», АО «ИРКОС», АО НКТБ «Феррит», АО НПП «Автоматизированные системы связи», АО НВП «Протек», АО НПО «РИФ», АО «ВНИИ «Вега» и других предприятиях и организациях России, специализирующихся в области разработки оборудования радиосвязи.

Считаем целесообразным, кроме того, использование научных результатов диссертации в учебном процессе учреждений высшего образования при подготовке аспирантов, магистров, специалистов и бакалавров в области телекоммуникаций.

Рекомендуется продолжение работ в данном направлении.

8. Замечания

1. В первом разделе диссертации приведён обзор существующих вариантов антенных решеток для широкоугольного сканирования, однако отсутствует их характеристика по таким показателям, как вычислительная сложность и трудоемкость разработки, что затрудняет оценку преимуществ предложенных автором методик.

2. В работе предложены варианты конструкции антенных решеток для широкоугольного сканирования в системах спутниковой связи, однако не приводятся подробно параметры разработанных моделей для проверки сходимости результатов, в зависимости от точности вычислений.

3. В работе указывается уменьшение затрат времени и ресурсов на проектирование в сравнении с существующими методиками синтеза, однако не приведены сведения об используемых вычислительных ресурсах и настройках системы, что затрудняет воспроизводимость результатов сравнения.

4. В разделе, посвящённом исследованию и разработке линейных антенных решеток на основе периодических структур не приводятся допустимые технологические отклонения при изготовлении прямоугольных волноводов.

5. В диссертации не приводится сравнительный анализ диэлектрических материалов, и влияние их параметров на характеристики волноводно-щелевых антенн, что затрудняет определение оптимальных материалов в зависимости от требуемых характеристик устройств.

6. Экспериментальная верификация результатов выполнена в ограниченном диапазоне частот и периодов дифракционной решетки. Представляется целесообразным дополнительно исследовать работоспособность устройства в более широком диапазоне рабочих частот и с большей вариативностью положения лент дифракционной решетки.

Несмотря на отмеченные недостатки, общая оценка работы положительная. Отмеченные недостатки не снижают теоретической и практической ценности полученных результатов.

9. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа Смольянова Никиты Борисовича «Антенные решетки с однокоординатным и двухкоординатным широкоугольным сканированием для комплексов радиолокации и спутниковой связи» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, а именно – задачи создания антенн с возможностью пространственного частотного сканирования.

Результаты исследований апробированы на российских и международных научных конференциях.

Основные результаты диссертационной работы в достаточной степени отражены в опубликованных автором научных трудах, в том числе – в рецензируемых научных изданиях, входящих в соответствующий Перечень. Уровень и объем публикаций соответствует требованиям п. 11 и п. 13 Положения.

По результатам рассмотрения диссертации не обнаружены какие-либо факты использования заимствованных материалов без ссылки на источники, т.е. диссертация соответствует требованиям п. 14 Положения.

Автореферат диссертации, в целом, достаточно полно отражает ее содержание и соответствует требованиям п. 25 Положения.

Работа соответствует заявленной специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии и удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Смольянов Никита Борисович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры радиоэлектронных систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики» 02.11.2026 г., протокол № 4. На заседании присутствовало 15 сотрудников кафедры, из них 5 докторов наук. Результаты голосования «за» - 15 «против» - нет, «воздержались» - нет.

Лица, подписавшие заключение, согласны с включением своих персональных данных в аттестационное дело соискателя Смольянова Н.Б. и их дальнейшей обработкой.

Отзыв составили:

Доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой радиоэлектронных систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

_____ Клюев Дмитрий Сергеевич

Кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры радиоэлектронных систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

_____ Соколова Юлия Владимировна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики». 443010, г. Самара, ул. Л. Толстого, д. 23.
тел.: 8 (846) 333-58-56, E-mail: info@ptusi.ru