

## Отзыв

официального оппонента **Буянова Юрия Иннокентьевича**  
на диссертационную работу **Рязанцева Романа Олеговича**  
«Неоднородная квазисферическая линзовая антенна из однородных слоистых материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

**Актуальность темы.** Широкополосные антенны с управляемой диаграммой направленности необходимы в самых различных приложениях, таких как радиолокация, спутниковая и наземная связи, в том числе и сотовая связь. Неоднородная антенна на основе линзы Люнебурга позволяет осуществлять сканирование лучей практически в любом секторе пространственных углов, либо формировать несколько независимых «лучей» диаграмм направленности одновременно. Широкополосность такой линзовой антенны ограничивается только параметрами облучателей. Однако, реализовать требуемый закон изменения коэффициента преломления в теле линзы сложно, и обычно требуется применение высокоточных специализированных технологий производства композитных материалов с введением различных включений. В настоящее время многие вопросы создания линзовых антенн из неоднородного искусственного диэлектрика остаются нерешенными. Научная задача, решаемая в диссертации Рязанцева Р.О. и направленная на разработку и исследование вариантов реализации линзовых антенн Люнебурга с использованием одного материала для всей линзы, таким образом, является актуальной.

**Анализ содержания работы.** В состав диссертации входят: введение, 4 главы, заключение, список источников из 69 наименований, приложение на 4 страницах. Объем диссертации с приложениями 157 с., 137 рисунков и 7 таблиц.

**Во введении** указана актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, отмечены теоретическая и практическая значимости работы, приведены сведения об апробации диссертации, показана научная новизна, перечислены методы исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту.

**Первая глава** посвящена анализу информации о существующих подходах к построению и реализации антенн на базе неоднородных линз, в частности – на основе линзы Люнебурга. Кроме этого, рассматриваются вопросы облучения линзовых антенн, приведен обзор материалов для изготовления линз в радиодиапазоне и сделаны выводы о возможности реализации неоднородной линзовой антенны из однородного материала.

**Вторая глава** описывает способы анализа параметров слоистых сред. Основными результатами данной главы являются, во-первых, выводы о возможности использования слоистой диэлектрической структуры из однородного диэлектрического материала в неоднородной линзе, а во-вторых

непосредственный расчет параметров слоистой структуры, что позволило перейти к моделированию линзовой антенны.

**В третьей главе** приведен синтез предложенной квазисферической линзовой антенны из однородного диэлектрического материала и результаты моделирования её характеристик, которые позволили установить критерии выбора параметров пространственной дискретизации слоистой структуры, при которых характеристики квазисферической линзовой антенны соответствуют аналогичным характеристикам «идеальной» линзовой антенны Люнебурга.

При помощи моделирования продемонстрировано, что за счет дополнительного фазового сдвига между ортогональными компонентами поля облучателя могут быть получены высокие значения коэффициента эллиптичности квазисферической линзовой антенны в широком секторе углов облучения с учетом пространственной анизотропии предложенной структуры.

В ходе исследований рассмотрен облучатель рупорного типа с изломом конической образующей и выполнено его моделирование совместно с линзовой антенной Люнебурга. Использование такого облучателя позволило получить практически постоянное, высокое значение коэффициента использования поверхности в широкой полосе частот.

**Четвертая глава** описывает экспериментальные исследования двух макетов квазисферических линзовых антенн диаметрами – 12 и 20 длин волн с различными типами облучателей. Результаты измерений их характеристик хорошо согласуются с результатами моделирования. В ходе экспериментальных исследований отмечена возможность возникновения ошибок сборки линзовой антенны, а также средства контроля наличия таких ошибок без разборки устройства.

**В заключении** диссертации приведены результаты, полученные автором в ходе выполнения научных исследований, основными из которых являются решения задач по разработке и исследованию характеристик неоднородной квазисферической антенны.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1. Осуществлён синтез квазисферической неоднородной линзовой антенны и выполнены моделирование и анализ её характеристик;
2. Предложено применение облучателя с изломом конической образующей, что позволило повысить коэффициент использования поверхности квазисферической линзовой антенны в широкой полосе частот;
3. Исследованы зависимости антенных характеристик квазисферической линзовой антенны от параметров пространственной дискретизации слоёв и периода структуры линзы, установлены критерии выбора указанных параметров;
4. Предложен способ получения поля с круговой поляризацией с учетом анизотропных свойств слоистой диэлектрической структуры квазисферической линзовой структуры.

**Достоверность полученных результатов** обеспечена использованием современных средств измерений и апробированных численных методов. При получении результатов использовано сертифицированное оборудование ФГАОУ ВО «Сибирский Федеральный Университет». Экспериментальные результаты получены как методами измерений в дальней зоне, так и с применением сканера ближнего поля – в том и другом случае наблюдается согласие полученных данных с результатами моделирования.

**Практическая значимость** работы состоит в том, что:

- Разработаны конструкции антенн на основе неоднородной квазисферической структуры из однородного диэлектрического материала;
- Разработан алгоритм автоматизации формирования геометрии линзовой антенны для САПР с использованием макросов;
- Разработана конструкция облучателя для повышения эффективности линзовой антенны в широкой полосе частот;
- Предложенная слоистая структура квазисферической линзы позволяет уменьшить габариты линзовой антенны, либо отражателя на ее основе при транспортировке.

**Основные результаты работы опубликованы** в 10 научных работах, в том числе в 5 статьях в журналах, входящих в перечень ВАК. Представленные на защиту результаты обсуждались на 8 российских и международных конференциях. Получены патент Российской Федерации и Евразийский патент.

Содержание диссертации соответствует теме работы. Научные положения и выводы обоснованы. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертационной работы.

**Общие замечания по диссертационной работе.** При анализе диссертационной работы выявлены следующие недостатки:

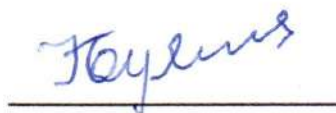
- 1) Защищаемые положения приведены только во введении, а в содержательной части диссертации они не обсуждаются и даже не выделены.
- 2) Утверждение, что использование предложенной конструкции линзовой антенны позволяет при транспортировке уменьшить габариты линзовой антенны по объёму в  $\approx 1,5$  раза, никак не обосновано.
- 3) В диссертации не показано, как наличие однородного внешнего слоя на представленном макете линзовой антенны повлияет на ее характеристики.
- 4) В работе указано, что вследствие анизотропии в предложенной конструкции возможно искажение поляризационной структуры поля, но не приведена оценка уровня кроссполяризованной составляющей и не исследован такой важный параметр, как поляризационная развязка.

## Заключение

Диссертационная работа Рязанцева Р.О. является завершенным научным исследованием, имеющим научную значимость и практическую ценность. Работа соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения» о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, №842 (ред. от 28.08.2017, №1024). В работе решена актуальная задача разработки квазисферической неоднородной ЛА из однородных диэлектрических материалов и исследованы ее характеристики.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что Рязанцев Роман Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Официальный оппонент,  
Кандидат физ.-мат. наук, доцент,  
доцент каф. радиофизики  
Радиофизического факультета  
ФГАОУ ВО «НИ ТГУ»



Ю.И. Буянов

« 10 » сентября 2019 г.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

8 (382-2) 529-585, [rector@tsu.ru](mailto:rector@tsu.ru)

Подпись Ю.И. Буянова удостоверяю,

