

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Алшимайсае Ихсан Абдлкарем А. Лмунем «Разработка антенн для систем 5G», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14. Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

### **1. Актуальность темы исследования**

Современный этап развития телекоммуникационных систем характеризуется стремительным переходом от технологий 4G к 5G, а в перспективе — к системам 5G и 6G. Это требует разработки новых антенных систем, способных работать в расширенных частотных диапазонах, обеспечивать высокую скорость передачи данных, низкую задержку и устойчивость к внешним воздействиям. В представленной работе автором обоснована необходимость модернизации антенных систем 4G для их применения в сетях 5G, а также предложены оригинальные решения по разработке новых антенн, что соответствует мировым тенденциям развития беспроводных технологий и является актуальным как с научной, так и с практической точек зрения.

### **2. Научная новизна выводов и результатов диссертации**

заключается в том, что соискателем:

1. Разработаны электродинамические модели и новые конструкции антенн, включая двух- и трёхдиапазонные микрополосковые антенны, а также модернизированные ММО-антенные решётки, обеспечивающие работу в диапазонах 2G–5G.
2. Проведены комплексные исследования ближних электромагнитных полей антенн 4G, что позволило выявить пути их модернизации для соответствия требованиям 5G.
3. Предложены и исследованы методы улучшения характеристик антенн с использованием диэлектрических, радиопоглощающих (РПМ) и импедансных структур, что позволило расширить рабочую полосу частот и улучшить параметры (КСВН, коэффициент усиления, эффективность).
4. Разработаны практические рекомендации по применению дополнительных конструктивных элементов (РПМ, импедансные покрытия, диэлектрические экраны) для модернизации антенн 4G до уровня 5G.

### **3. Практическая значимость полученных результатов**

заключается в следующем:

1. Разработаны две новые компактные патч-антенны для систем 5G: двухдиапазонная (2,3–2,5 ГГц и 3,2–3,7 ГГц) и трёхдиапазонная (0,1–3,4 ГГц, 43,5–64 ГГц, 81–95 ГГц), которые могут быть использованы в современных устройствах связи.
2. Предложены методы модернизации антенн 4G MIMO 2×2 с использованием РПМ и импедансных покрытий, что позволило расширить рабочий диапазон до 400 МГц – 5 ГГц и снизить КСВН до значений ниже 1,6.
3. Доказана возможность эффективного применения РПМ и импедансных структур для улучшения характеристик антенн без значительного ухудшения коэффициента усиления и эффективности.
4. Результаты работы могут быть использованы при проектировании антенных систем для базовых станций, мобильных устройств и IoT-решений, работающих в стандартах 4G и 5G.

### **4. Достоверность результатов, полученных в диссертации**

подтверждается следующими фактами:

- Использование современных программных комплексов для электродинамического моделирования (Ansys HFSS, CST MWS).
- Верификация результатов моделирования с данными из публикаций других авторов и экспериментальными характеристиками прототипов.
- Высокая степень согласованности расчётных и модельных данных, что свидетельствует о корректности применённых методов и достоверности полученных результатов.
- Публикация основных результатов в рецензируемых журналах, включая издания из перечня ВАК и базы Scopus.

### **5. Замечания**

Несмотря на высокий уровень проведённого исследования, в автореферате можно выделить следующие недостатки:

1. В работе не приведено сравнение разработанных антенн с существующими аналогами по ключевым параметрам (КСВН, коэффициент усиления, габариты, полоса пропускания). Это затрудняет оценку конкурентных преимуществ предложенных решений.

2. В тексте упоминается верификация результатов, однако отсутствуют данные о методике измерений, условиях проведения экспериментов, использованном оборудовании и погрешностях. Это снижает доверие к экспериментальным данным.
3. **Неполное описание влияния конструктивных элементов.** В разделе, посвящённом применению РПМ и импедансных покрытий, недостаточно раскрыт физический механизм их влияния на характеристики антенн.
4. В работе не рассмотрены такие важные параметры, как КПД и удельная эффективность излучения, которые являются критичными для оценки практической применимости антенн в реальных условиях.

## 6. Заключение

Приведенные в предыдущем разделе замечания, в основном, определяются требуемой краткостью автореферата, поэтому, диссертационная работа Алшимайсае Ихсан Абдлкарем А. Лмунем является завершённым научным исследованием, соответствует требованиям паспорта специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» и представляет значительный научный и практический интерес. Автором предложены оригинальные решения по модернизации антенных систем для сетей 5G, подтверждённые численным моделированием и верификацией. Результаты работы могут быть использованы в телекоммуникационной отрасли для разработки современных антенных систем.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14.

Рецензент: Мазинов Алим Сеит-Аметович  
доктор физико-математических наук,  
Физико-технический институт «Крымского  
Федерального университета им. В.И. Вернадского»,  
заведующий кафедрой радиофизики и электроники  
295007, г. Симферополь, проспект Вернадского 4  
+7(3652) 60-80-70,  
mazinovas@cfuv.ru  
28.08.2025

