

ОТЗЫВ

научного руководителя диссертации Рудакова Вячеслава Андреевича «Широкополосные антенные решетки и диплексеры для базовых станций мобильной связи», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

В настоящее время ведутся интенсивные исследования и разработки в области перспективных мобильных систем связи, которые уже прошли большой путь от традиционных голосовых сервисов до мультимедийных приложений, интернета вещей, облачных решений, машинного обучения. Фокус исследований сейчас нацелен на развитие и внедрение технологий 5G и 6G, что привело к существенно возросшему уровню требований к радиочастотной подсистеме сотовой связи. Стремительно растущий объем передаваемой информации определяет целый ряд ключевых тенденций в развитии систем мобильной связи. К числу этих тенденций можно отнести расширение рабочего диапазона частот, многодиапазонный режим работы, использование многолучевых систем, продвижение в область более высоких частот.

Исходя из этого, можно отметить, что выбранное направление исследований в диссертации В. А. Рудакова несомненно является очень **актуальным**. В диссертации были поставлены и решены задачи разработки новых типов широкополосных антенн базовых станций и частотно-селективных компонентов, входящих в их состав (диплексеров). Диплексеры обеспечивают частотное разделение трактов приема и передачи, а также могут использоваться в технологии «повторного использования» диполя, которая позволяет применять одну и ту же антенну для работы в нескольких частотных диапазонах. Поэтому от характеристик антенн и диплексеров критически зависит вся радиочастотная подсистема.

В диссертации получен целый ряд значимых результатов, определяющих ее **новизну**.

Предложена новая конструкция антенной решетки (АР) для базовых станций мобильной связи диапазона 1710-2170 МГц (относительная полоса 24%), работающих в угловом секторе 60° на двух наклонных поляризациях.

Предложен способ формирования раскрыва АР, который обеспечивает стабильную ширину диаграммы направленности (ДН) и низкий уровень боковых лепестков. Метод основан на разбиении АР на три подрешетки с одним или двумя излучателями в каждом ряду.

Разработана двухполяризационная АР для базовых станций диапазона 1710-2690 МГц (относительная полоса 45%), работающих в секторе 60° . Новый способ стабилизации ДН в данном случае заключается в применении трехэлементных подрешеток, возбуждаемых трехканальным несимметричным частотно-зависимым делителем мощности оригинальной конструкции. Предложенный новый тип несимметричного микрополоскового делителя мощности обеспечивает одновременное возбуждение обеих наклонных поляризаций.

Предложен новый тип двухдиапазонных АР с интегрированной апертурой для работы в секторе 120° в диапазонах 690-960 МГц / 1710-2690 МГц на двух наклонных поляризациях.

Предложена новая компактная конструкция диплексеров на встречно-штыревых резонаторах с низкими потерями. Предложена эффективная комбинированная методика синтеза данного класса диплексеров, включающая применение аппарата матриц связи, решение задач на собственные значения для одиночного и связанных резонаторов, электродинамическое моделирование фильтров и диплексера.

Предложен новый тип диплексеров на основе симметричных полосковых линий для близко расположенных диапазонов (полоса частот между диапазонами 1-9%). Новыми элементами предложенной конструкции диплексеров являются высокоомные разомкнутые шлейфы в виде плоской спирали и корпус сложного сечения, что обеспечило физическую реализуемость диплексера и его высокие характеристики.

Отметим, что угловой сектор 60° в разработанных выше АР предполагает использование этих антенных решеток в составе двухлучевых антенн, перекрывающих сектор 120° , что увеличивает пропускную способность системы связи.

Несомненная **практическая значимость** диссертации определяется тем, что все поставленные задачи доведены до экспериментальной реализации, протестированы на современном измерительном оборудовании и демонстрируют хорошее совпадение теории и эксперимента. Предложенные

подходы к формированию ДН широкополосных антенных решеток могут быть использованы в других частотных диапазонах. Новые типы диплексеров также могут быть использованы для различных приложений в разных диапазонах. Результаты диссертации были использованы в разработках компании Guangzhou Sigtenna Technology Co. Ltd. (КНР)

Таким образом, Рудаков В.А. в полном объеме справился с поставленными перед ним научными задачами.

В процессе работы Рудаков В.А. проявил себя как сложившийся исследователь и специалист, обладающий глубокими профессиональными знаниями в области радиофизики и электродинамики, способный ставить и решать научные задачи. Он в совершенстве владеет современными средствами электродинамического моделирования, владеет методами прикладной электродинамики и математики, теории цепей, вычислительными пакетами. Имеет большой опыт экспериментальных исследований в области антенн и СВЧ устройств на современном контрольно-измерительном оборудовании.

Материалы исследований диссертационной работы прошли широкую апробацию. Общее количество опубликованных по теме диссертации работ составляет 22. Из них 4 статьи в журналах из Перечня ВАК по специальности 1.3.4. Радиофизика (физико-математические науки), 2 статьи в журналах, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science, 6 публикаций в трудах международных конференций, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science, 2 публикации в трудах Всероссийских конференций, 9 международных патентов (КНР).

Личный вклад соискателя включает создание электродинамических моделей рассмотренных антенных систем и диплексеров, исследование и оптимизацию их характеристик, синтез характеристик прототипов диплексеров и делителей мощности, анализ полученных теоретических и экспериментальных результатов. Им проведены экспериментальные исследования антенн и диплексеров с использованием векторных анализаторов цепей и безэховой камеры.

Диссертационная работа была доложена и получила положительную оценку на объединенном заседании кафедр прикладной электродинамики и компьютерного моделирования, радиофизики и квантовой радиофизики физического факультета Южного федерального университета.

Основные положения, выносимые Рудаковым В.А. на защиту кандидатской диссертации, правильно отражают новизну, практическую значимость и актуальность проведенных исследований.

Считаю, что представленная к защите Рудаковым Вячеславом Андреевичем диссертационная работа «Широкополосные антенные решетки и диплексеры для базовых станций мобильной связи», полностью удовлетворяет всем требованиям пункта 2. «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» от 29 марта 2024 г. №66-ОД, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для развития направления радиофизики – разработка широкополосных антенных систем и диплексеров для современных и перспективных систем мобильной связи, а Рудаков Вячеслав Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. Радиофизика.

Научный руководитель:

Декан физического факультета

Южного федерального университета,

доктор физико-математических наук



«02» июня 2026 г.



М.Б. Мануилов

344090, Россия, г. Ростов-на-Дону,
ул. Зорге 5, физический факультет ЮФУ,
тел.: +7 (863) 297-51-20,
e-mail: m_manuilov@sfedu.ru