

Отзыв

официального оппонента **Буянова Юрия Иннокентьевича** на диссертационную работу **Гафарова Евгения Раисовича** «Антенны круговой поляризации для систем высокоточного позиционирования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Актуальность темы. Антенны наземного сегмента глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) используются в самых различных сферах, таких как навигация, геодезия, картография, сейсморазведка, логистика, строительство инженерных сооружений, геология и др. Качество принимаемого навигационного сигнала определяется характеристиками антенны, в том числе формой диаграммы направленности, угловой зависимостью коэффициента эллиптичности, стабильностью фазового центра, коэффициентом полезного действия (или эффективностью) и полосой рабочих частот. В настоящее время многие вопросы создания антенн ГНСС остаются нерешенными. Так, например, в современных системах требования, предъявляемые к характеристикам антенн высокой точности (менее 30см), не всегда выполняются, что в конечном счете сказывается на качестве принимаемого сигнала, а значит и точности позиционирования. Научная задача, решаемая в диссертации Гафарова Е. Р., основана на комплексном подходе к исследованию характеристик различных типов антенн ГНСС и способах улучшения их пространственных характеристик, таким образом, является актуальной.

Анализ содержания работы. В состав диссертации входят: введение, 4 главы, заключение, список источников из 111 наименований, приложение на 2 страницах. Объем диссертации с приложением 150 с., 136 рисунков и 5 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 описывает особенности распространения радиоволн в диапазонах ГНСС, в том числе влияние тропосферы и ионосферы, эффект многолучевого распространения. Приведены основные параметры антенн круговой поляризации ГНСС, определены требования к ним. Кроме того, представлены основные подходы к исследованию и разработке антенных систем круговой поляризации для высокоточных измерительных станций,

антенных элементов и их схем питания, а также освещены связанные с этим технические проблемы.

Во второй главе исследуется влияние способов возбуждения, геометрических размеров излучателей и толщин подложек двухслойной печатной антенны на полосу рабочих частот при возбуждении одной точкой (портом). Выполнено исследование полного коэффициента отражения и полного КПД двухслойной печатной антенны с несколькими точками возбуждения, а также проведен анализ характеристик направленности при создании поля круговой поляризации. Приведены результаты разработки широкополосной схемы питания для двухслойной печатной антенны.

В результате исследований показано, что эффективность печатной антенны круговой поляризации с многоточечным возбуждением практически не зависит от количества точек питания. Кроме того, выделена антенна с тремя точками питания по критериям наилучшего КПД, симметричной характеристики направленности и высокого коэффициента эллиптичности.

В третьей главе рассмотрена широкополосная антенна ГНСС с полусферической образующей монополей для получения широкоугольной диаграммы направленности с высоким уровнем горизонтального усиления (коэффициент усиления в направлении на горизонт) и высоким КПД. Исследованы способы улучшения поляризационных характеристик квадрупольной антенны для скользящих углов при помощи пространственного поляризатора меандровой линии. Проведено исследование квадрупольной антенны с высокоимпедансным экраном для формирования резкого перепада усиления в области скользящих углов.

В результате исследований продемонстрировано, что квадрупольный антенный элемент (количество монополей равно четырем) обладает высоким КПД и не требует сложной схемы питания. Применение пространственного поляризатора меандровой линии для квадрупольной антенны позволило увеличить её коэффициент эллиптичности для скользящих углов более, чем на 7 дБ. Выявлено, что с целью получения высокой крутизны диаграммы направленности на скользящих углах возможно применение различных типов экранов, тем не менее наибольшая крутизна (около 1дБ/°) достигается с применением высокоимпедансных структур. Отмечены преимущества высокоимпедансного экрана диаметром 12 длин волн.

Четвертая глава описывает экспериментальные исследования макетов печатной двухслойной и квадрупольной антенн с интегрированными схемами питания. Кроме того, приведены экспериментальные исследования квадрупольной антенны с высокоимпедансными экранами различного диаметра. Результаты измерений характеристик хорошо согласуются с результатами моделирования. В том числе представлено исследование диаграмм направленности разработанной антенной системы в сравнении с серийно выпускаемой антенной Trimble choke ring. Отмечены преимущества и недостатки разработанной антенны.

В заключении диссертации приведены результаты, полученные автором в ходе выполнения научных исследований, предложены

понятно, доводы убедительны. В качестве недостатков работы можно отметить следующее:

- 1) В работе предложено несколько вариантов конструкции антенн с улучшенными характеристиками но их новизна не подтверждена патентами на изобретение или, хотя бы, на полезную модель.
- 2) В диссертации исследовано влияние однослойного поляризатора меандровой линии на коэффициент эллиптичности квадрупольной антенны, но не показано как изменяются форма диаграммы направленности, импеданс и другие характеристики антенны.
- 3) Раздел диссертации 2.1, посвященный методам расчета резонансных микрополосковых печатных антенн, не является необходимым и может быть исключён, поскольку в работе исследуются широкополосные двухслойные антенны с многоточечным возбуждением.

Заключение

Диссертационная работа Гафарова Евгения Раисовича является завершённым 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 антенн ГНСС, а также структур высокоимпедансных экранов и поляризаторов.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что Гафаров Евгений Раисович 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

Ю.И. Буянов

«28» мая 2021 г.

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

8 (382-2) 529-585, rector@tsu.ru

Подпись Ю.И. Буянова удостоверяю

