

## ОТЗЫВ

официального оппонента **Калошина Вадима Анатольевича** на диссертационную работу **Станковского Андрея Вадимовича** «Плоские антенные системы с широкоугольным механоэлектрическим сканированием», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии»

Диссертационная работа, посвященная исследованию и разработке плоских антенных систем с широкоугольным механоэлектрическим сканированием, актуальна в связи с активным развитием систем спутниковой связи с использованием средне и низкоорбитальных космических аппаратов и соответствующей необходимостью создания наземных терминалов со сканирующей антенной.

Диссертационная работа состоит из Введения, трех глав, Заключения и Списка литературы из 86 наименований, а также двух Приложений, размещённых на 7 страницах. Объём диссертации составляет 150 страниц, включающих 140 рисунков и 9 таблиц.

Во Введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, отмечена теоретическая и практическая значимость работы, научная новизна, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится обзор существующих сканирующих АС, отмечены преимущества и недостатки каждой из них. Рассмотрен способ квазиоптического управления лучом диаграммы направленности с использованием поверхности бесконечно малой толщины. Обоснован выбор угла наклона в одном слое сканирующей системы.

Во второй главе приведены результаты электродинамического моделирования нескольких вариантов диэлектрических структур, позволяющих получить линейный фазовый набег: из диэлектриков фиксированных размеров с различными диэлектрическими проницаемостями; из перфорированного диэлектрика с прямоугольным и гексагональным расположением отверстий; из диэлектрических пластин треугольной формы, в виде диэлектрического клина. На основе



перфорированного диэлектрика рассчитана фокусирующая структура и структура, совмещающая фокусирующий и отклоняющий слои. Приведены результаты электродинамического моделирования сканирующих антенных систем на основе рассмотренных отклоняющих структур. Для расчёта некоторых из исследованных структур автором разработано специальное программное обеспечение. Приведен алгоритм и результаты расчета с использованием электродинамического моделирования фазокорректирующих элементов на основе квазиполиномиальных пространственных фильтров для отклоняющих и фокусирующих структур на их основе.

Третья глава посвящена изготовлению и экспериментальным исследованиям макета сканирующей антенной системы на основе структуры, набранной из диэлектриков фиксированных размеров с различными диэлектрическими проницаемостями. Приведено сравнение данных, полученных в результате электродинамического моделирования и данных, полученных экспериментально. Исследованы поляризационные характеристики (зависимости коэффициента эллиптичности для разных углов отклонения ДН) и результаты экспериментальных исследований поляризатора (без сканирования).

В Заключении сформулированы основные результаты, полученные автором в ходе выполнения диссертационного исследования, приведены перспективные направления дальнейших исследований и рекомендации по использованию результатов работы.

Научная новизна работы определяется прежде всего исследованием новых отклоняющих структур.

Практическая значимость определяется созданным макетом антенны с механоэлектрическим типом сканирования в секторе  $\pm 60^\circ$ , а также разработкой программного обеспечения для синтеза различных вариантов отклоняющих структур.

Достоверность полученных результатов обеспечена использованием апробированных программ электродинамического моделирования, использованием сертифицированного измерительного оборудования ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» и подкрепляется согласованностью аналитических, численных и экспериментальных результатов.



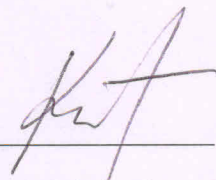
Основные результаты опубликованы в 20 научных работах, из них 3 статьи в журналах из перечня ВАК и обсуждались на 11 всероссийских и международных конференциях. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертационной работе:

1. Приведенный в диссертации список статей по исследуемой теме – не полон. В частности, отсутствуют ссылки на работы: F. Ahmed and all. IEEE Trans. 2022. AP-70, no. 11. p. 10062, T. Lou and all. IEEE Trans. 2019. AP-67, no. 5, pp. 3000, Z. Zhang and all. IEEE Trans. 2022. AP-70, no. 8, p. 6646, J. Wang and Y. Rahmat-Samii. IEEE Wireless Propag. Lett., 2022. V. 21, no. 11, p. 2288.
2. Не проведено сопоставление полученных результатов (по углу отклонения, рабочей полосе частот) с известными результатами.
3. Раздел, посвященный экспериментальному исследованию поляризатора без сканирования луча, не имеет прямого отношения к теме диссертации

В целом диссертационная работа «Плоские антенные системы с широкоугольным механоэлектрическим сканированием» удовлетворяет Положениям ВАК и ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14 – «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Официальный оппонент, доктор физ.-мат. наук, зав. лаб. электродинамики композиционных сред и структур ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН  
125009, г. Москва, ул. Моховая 11, корп.7., <http://www.cplire.ru>,  
[ige@cplire.ru](mailto:ige@cplire.ru), +7 (495) 629 3574

  
/ Калошин В. А.  
24.11.2023г.

Подпись В. А. Калошина заверяю:

Ученый секретарь ИРЭ

им.В.А.Котельникова РАН



/ Чусов И.И.