

О Т З Ы В

официального оппонента доктора технических наук, профессора Нечаева Евгения Евгеньевича на диссертацию и автореферат диссертации Кузнецова Григория Юрьевича на тему «Стендовая диагностика активной антенной решетки космического аппарата», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»

Активные фазированные антенные решетки, входящие в состав системы космического базирования, должны обеспечить надежную работу для формирования изображения земной поверхности. На этапах проектирования, создания и наземной отработки АФАР необходимо решить ряд научно-технических задач. Диссертационная работа Кузнецова Г.Ю. направлена на решение **актуальной научно-технической задачи**, связанной с разработкой метода диагностики АФАР, позволяющего эффективно выделять её дефектные элементы при экономии ресурса работы приемопередающих модулей АФАР на этапах отработки и тепловых испытаний.

В первой главе проводится анализ известных методов измерений и диагностики антенн по результатам измерений в ближней и дальней зоне. Отмечено, что основной тенденцией развития методов измерений и диагностики является сокращение данных измерений без возрастания ошибки "усечения" по неравномерным отсчетам различными способами сканирования на различных поверхностях. Проведено сравнение развивающихся и традиционных методов диагностики. На основании проведенного анализа и в соответствии с поставленной целью работы был выбран метод реконструктивной диагностики АФАР, реализуемой на основе метода «сжатия с распознаванием».

Вторая глава посвящена исследованию подхода «сжатия с распознаванием» применительно к диагностике фазированных антенных решеток. В ней представлена методология диагностики АФАР, включающая метод «сжатия с распознаванием», позволяющая сократить объем данных, регистрируемых в ближней зоне антенны, уменьшить время измерений и понизить размерность

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
"12 10 2018" г.

задачи диагностики по сравнению с традиционными методами. Выявлены особенности решения обратной задачи, выработан критерий выбора параметра регуляризации для оптимизации целевой функции, которая включает разность массива данных тестируемой АФАР и известного полного массива данных аналогичной бездефектной АФАР. Такой подход к решению задачи диагностики при использовании традиционного подхода «сжатие с распознаванием» не позволяет определить амплитуды и фазы дефектных элементов АФАР. В работе предложен модифицированный метод диагностики, позволяющий выделить дефектные элементы, а затем определить указанные характеристики на основе выработанного критерия.

В третьей главе представлены особенности измерения характеристик и проведения диагностики АФАР, размещенной в климатической камере, при тепловых испытаниях. Рассмотрено решение задачи диагностики с учётом влияния радиопрозрачного окна на результаты измерений поля. Приведены результаты моделирования восстановления амплитудно-фазового распределения в раскрыве решетки по неполному числу измерений в ближней зоне. Проведенные исследования показали, что даже незначительное изменение температуры приводят к ухудшению достоверности диагностики. Предложен подход, позволяющий учесть это изменение.

Четвертая глава посвящена фазовому синтезу расширенной диаграммы направленности антенной решетки для космических радиолокаторов с синтезированной апертурой при формировании провала в направлении максимального отражения от земной поверхности. Для решения этой задачи предложен двухэтапный подход, основанный на использовании метода апертурных ортогональных полиномов и генетического алгоритма. На первом этапе с помощью метода апертурных ортогональных полиномов получено начальное приближение, на втором – решение уточнено с помощью алгоритма глобальной оптимизации. Выявлена закономерность изменения уровня провала, проведена оценка энергетических характеристик антенны.

Итак, можно отметить, что предложенный метод диагностики АФАР, включающий регуляризирующий алгоритм численного решения обратной задачи, и результаты исследований, полученные в диссертационной работе, обладают **научной новизной**.

Обоснованность и достоверность положений, выносимых на защиту, обеспечивается корректным выбором метода численного решения обратной задачи, результатами численного моделирования реконструкции дефектных элементов антенной решетки при тепловых испытаниях, а также их сравнением с результатами экспериментов, полученных на действующем макете модуля АФАР.

Практическая значимость результатов работы состоит в том, что разработанный метод диагностики не только сохраняет ресурс работы приемопередающих модулей АФАР на этапах отработки и тепловых испытаний, но и обеспечивает необходимую точность определения амплитуд и фаз элементов.

Результаты работы использованы и внедрены в процесс испытаний активных антенных модулей АФАР радиолокатора «Касатка-Р» в рамках проведения ОКР и НИР по созданию радиолокационных комплексов космического базирования.

Научные результаты диссертации опубликованы в 8 научных работах, из них 3 – в журналах, рекомендованных ВАК, 5 работ – в тезисах докладов всероссийских и международных научно-технических конференций. Получен один патент РФ.

Содержание диссертации **соответствует** содержанию опубликованных работ.

Тема диссертации **соответствует** заявленной научной специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Содержание автореферата **соответствует** содержанию диссертации.

По результатам, представленным в диссертации, имеются следующие замечания:

1. Численные и экспериментальные результаты диагностики АФАР получены при низкой взаимной связи между элементами антенны в силу

большого расстояния между ними. Неясно, применим ли разработанный метод диагностики для случая, когда взаимное влияние элементов будет значительным.

2. Критерий выбора оптимального параметра регуляризации при решении обратной задачи в предложенном методе диагностики сформулирован только для конкретной антенной решетки.

3. Вопросы, связанные с учетом влияния радиопрозрачного окна при проведении тепловых испытаний АФАР на результаты измерения поля, следовало бы рассмотреть подробнее, в частности, должным образом учесть поляризацию излучения и сравнить теоретические и экспериментальные результаты.

4. В диссертации указано, что расширение луча проводится для сохранения высокого пространственного разрешения радиолокатора, требующего широкую полосу зондирующего сигнала. Однако в диссертации задача синтеза ДН решена только для одной частоты.

5. В тексте диссертации и автореферата присутствуют стилистические ошибки и опечатки. Неясно, с какой целью автор вводит новый термин «полевые характеристики антенны» (стр. 3 автореферата, стр. 18 диссертации).

Указанные замечания не снижают научной ценности и практической значимости результатов, полученных автором в диссертационной работе.

Оценивая работу в целом, считаю, что диссертация является законченной самостоятельной квалификационной работой, посвященной **решению актуальной прикладной научной задачи** – разработки метода диагностики АФАР.

Диссертационная работа **соответствует требованиям** положения «О присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержит научно обоснованные технические решения, внедрение которых имеет существенное значение для страны, и соответствует профилю специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» (технические науки), а ее автор – Кузнецов Григорий Юрьевич **заслуживает** присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

Официальный оппонент,

д.т.н., профессор,

заведующий кафедрой «Управления

воздушным движением» ФГБОУ ВО

«Московский государственный

технический университет

гражданской авиации (МГТУ ГА)

Адрес: 125993, г. Москва,

Кронштадтский бульвар, д. 20

Тел.: +7 (499) 457-70-59

E-mail: e.nechaev@mstuca.aero

Е.Е. Нечаев

Подпись Нечаева Евгения Евгеньевича заверяю.

Проректор МГТУ ГА

по научной работе и инновациям



В.В. Воробьев