

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Полянского Ивана Сергеевича «Математическое моделирование и структурно-параметрический синтез адаптивных многолучевых зеркальных антенн», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы диссертационной работы Полянского И. С. не вызывает сомнения и связана с объективной необходимостью создания автоматизированных систем проектирования адаптивных антенных систем инвариантных к воздействию преднамеренных и непреднамеренных помех. Исходя из этого, автор сформулировал научную проблему исследования.

Цель работы заключается в разработке методов математического моделирования, анализа, эффективного решения задач синтеза и управления адаптивными многолучевыми зеркальными антеннами во взаимосвязи внешней и внутренней задач электродинамики с учетом эффектов дифракции и переотражения.

Достижение поставленной цели исследования Иваном Сергеевичем в рамках разработки фундаментальных основ при формировании математической теории адаптивных многолучевых зеркальных антенн (АМЛЗА) осуществляется получением оригинальных результатов одновременно в трех областях: математического моделирования, численных методов и комплексов программ. Оригинальность и новизна результатов состоит в следующем.

Для формализации обобщенной постановки проблемы математического моделирования разработана физико-математическая модель управления адаптивной многолучевой зеркальной антенной при взаимоувязанном решении внешней и внутренней задач электродинамики теории антенн. Основу задачи управления составляет численное решение порожденного стохастического дифференциального уравнения Фоккера–Планка–Колмогорова. При этом функция апостериорной плотности вероятности сопоставлена с нормированным значением плотности потока энергии в раскрыве облучателей АМЛЗА. Определена способность подавления помех АМЛЗА и сформулирована необходимость разработки эффективных численных методов для разрешения задач вычислительной электродинамики, разделяемых в диссертационной работе на два типа: 1) отыскание решения уравнений Максвелла или соответствующих им волновых уравнений в ограниченной расчетной области с заданными граничными условиями; 2) решение неоднородных волновых уравнений в неограниченной расчетной области анализа с учетом условий излучения на бесконечности.

Для обеспечения эффективности решения задач электродинамики в ограниченной области разработан барицентрический метод анализа электромагнитного поля в частотной и временной областях, позволяющий при соизмеримых

вычислительных затратах повысить точность численного решения уравнений Максвелла или соответствующих им волновых уравнений в ограниченной расчетной области анализа в сравнении с известными методами.

Основу барицентрического метода составляет механизм нахождения барицентрических координат. Для их определения Полянским И. С. разработаны методы для тех случаев, когда область анализа является односвязной замкнутой областью с кусочно-линейной границей, заданной в R^2 и R^3 . В отличие от известных методов, предложенные автором, позволяют формировать строгие и взаимно-однозначные решения при нахождении гармонических барицентрических координат. Обеспечение взаимно-однозначности определения барицентрических координат сведено к решению задач прямого и обратного конформных отображений области анализа на каноническую, заданных в R^2 и R^3 .

Для областей в R^2 разработан метод решения обратной задачи конформного отображения многоугольника на единичный круг. Для областей в R^3 сформированы методы решения прямой и обратной задач конформного отображений многогранника на каноническую область с определением простейших конформных отображений шара, верхнего полупространства, двухгранного и многогранного углов в R^3 и обобщением интегральной формулы Кристоффеля–Шварца.

Описание изометрий в R^3 выполнено с применением алгебры кватернионов, при этом для формирования прямых и обратных конформных отображений многогранников и простейших конформных отображений в R^3 определены решения как разложения регулярных кватернион-функций в обобщенные степенные ряды.

Решение внешних задач электродинамики с небольшим числом элементов выполнено с использованием предложенной Полянским И. С. модификации токового метода расчета характеристик направленности зеркальных антенн, которая дает возможность для различных составляющих электромагнитного поля учесть эффекты дифракции и переотражения в приближениях Кирхгофа–Котлера и методов физической оптики. В остальных случаях решение задач электродинамики в рамках сформированной математической теории АМЛЗА Иваном Сергеевичем выполняется численным решением систем сингулярных интегральных уравнений в приближении барицентрического метода, что позволяет повысить точность вариационного решения краевой задачи в среднем в сравнении с известными методами при соизмеримых вычислительных затратах.

На основе сформированных физико-математической модели и аналитических и численных методов автором разработаны алгоритмы решения задач структурно-параметрического синтеза и управления АМЛЗА. При этом с целью наиболее эффективного численного решения задач оптимизации Полянским разработана модификация гибридного генетического метода, который в сравнении с известными решениями позволяет сократить вычислительные затраты при решении задач глобальной оптимизации. Модификация заключается в объеди-

нении эволюционных методов, работающих в вещественных кодах, с современными методами локального поиска и статистического анализа.

Практическая реализация результатов, полученных Иваном Сергеевичем в ходе разрешения сформулированной в работе научной проблемы, ориентирована на создание нового программного комплекса, предназначенного для решения задач формального моделирования, анализа, синтеза и управления АМЛЗА.

В целом все результаты, содержащиеся в диссертации И. С. Полянского, представляются весьма важными и актуальными. Полученные в работе результаты отличаются новизной и имеют большое научное и практическое значение. Все положения, выносимые на защиту, надежно обоснованы. Достоверность результатов, полученных в диссертации, обеспечивается использованием строгих математических процедур, общеизвестных уравнений, методов и подходов, которые обоснованы в общепринятой научной литературе и подтверждается верификацией при разнообразном тестировании, включающем сравнение: 1) с точными решениями (при их наличии); 2) выходными результатами современных систем автоматизированного проектирования; 3) известными теоретическими результатами.

Диссертация написана ясным языком и хорошо иллюстрирована. Основные результаты и выводы, приведенные в диссертации достаточно полно изложены в научных публикациях, включая 33 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК Минобрнауки РФ.

Диссертация соответствует специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Автореферат соответствует содержанию диссертации.


К сожалению, диссертационная работа не свободна от недостатков:

1. Предложенный метод определения гармонических барицентрических координат для односвязной замкнутой области с кусочно-линейной границей требует дополнительного решения обратной задачи конформного отображения анализируемой области на каноническую и вычисления интеграла при определении барицентрических координат для вогнутых многоугольников. Последнее снижает универсальность и относительную простоту реализации барицентрического метода при анализе сложных относительно геометрической формы структур.
2. Большого внимания заслуживает сопоставление точности расчёта зеркальных антенн методом барицентрических координат и стандартным методом выбора базиса в методе Галёркина при решении интегральных уравнений, особенно при достаточно высоких частотах.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне.

ВЫВОДЫ. Диссертация Полянского Ивана Сергеевича «Математическое моделирование и структурно-параметрический синтез адаптивных многолучевых зеркальных антенн», удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям: является законченной научной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, имеющее важное значение в области математического моделирования и синтеза инвариантных к воздействию преднамеренных и непреднамеренных помех адаптивных антенных систем. Следовательно, И. С. Полянский, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук. Результаты диссертационной работы представляют интерес для специалистов в областях прикладной математики, вычислительной электродинамики и антенной техники.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Математическая физика», заведующий лабораторией вычислительной электродинамики факультета вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО Московского Государственного Университета имени М. В. Ломоносова.

 А. С. Ильинский

Личную подпись Ильинского Анатолия Серафимовича заверяю:
декан факультета ВМК МГУ им. М. В. Ломоносова

академик РАН, профессор
«19» апреля 2018 г.



Е. И. Моисеев

Адрес организации: 119991 ГСП-1 Москва,
Ленинские горы, ФГБОУ ВО МГУ им. М. В. Ломоносова,
2-й учебный корпус, факультет ВМК

Телефон: +7 (495) 939-30-10
e-mail: celd@cs.msu.su