

О Т З Ы В

на автореферат и диссертацию Бударагина Р. В. "**Методы поперечных и продольных сечений для расчета неоднородных волноведущих структур**", представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.07 – "Антенны, СВЧ устройства и их технологии"

Диссертационная работа Бударагина Р. В. посвящена разработке и исследованию численно-аналитических методов для электродинамического моделирования поперечно-неоднородных и продольно-нерегулярных направляющих СВЧ- и КВЧ-структур, а также созданию эффективных алгоритмов и программных модулей для САПР функциональных узлов на основе указанных структур. Тема является **актуальной**, что подтверждается большим и не уменьшающимся количеством публикаций по ней в настоящее время как в отечественной, так и в зарубежной литературе.

В работе получен ряд **новых результатов**, касающихся как развития самих методов, так и характеристик сложных волноводных устройств. Результаты имеют не только научную ценность, но и **важное практическое значение**, так как применение разработанных алгоритмов позволяет эффективно проектировать практические устройства.

Достоверность результатов работы, подтверждена различными способами, включая проверку сходимости, проверку энергетического баланса и сравнение при использовании разных методов. По теме диссертации опубликовано достаточно большое количество журнальных статей и результаты доложены на многих научных конференциях различного уровня.

По автореферату и самой диссертации имеются следующие **замечания**:

1. На стр. 25 и 26 диссертации автор пишет "Согласно **предлагаемому** методу продольно нерегулярный участок волноводного тракта, показанный на рисунке 1.2, разбивается сечениями на области... В каждой получаемой таким образом области электромагнитное поле представляется суперпозицией прямых и обратных собственных волн регулярных волноводов (так называемых волноводов сравнения), соответствующих области с неизвестными амплитудными

коэффициентами.". Однако, то, что предлагает автор, является давно известным подходом. Например, в статье [K. Raghavan, A. D. Olver, P. J. B. Clarricoats, "Compact Dual-Mode Dielectric-Loaded Horn," *ELECTRONICS LETTERS*, 9th October 1986, Vol. 22, No. 21, pp. 1131-1132] такой подход применяется к анализу аксиально симметричных рупоров с диэлектрическими вставками на стенках. В статье [С. П. Скобелев, П.-С. Килдал, "Характеристики решеток прямоугольных ступенчатых рупоров со стенками, нагруженными диэлектриком в одной плоскости". *Радиотехника и электроника*, 2000, Т. 45, № 9, сс. 1071-1077] указанный подход применяется к моделированию пирамидальных и секториальных рупоров. Соискатель не делает ссылки на указанные работы. Поэтому пункт 1 раздела по научной новизне и пункты 1 и 3 положений, выносимых на защиту, соответствующие методу сечений, требуют уточнений и конкретизации.

2. Заменяв продольно нерегулярный участок тракта множеством состыкованных продольно регулярных секций, автор сводит задачу к единой для всего ступенчатого перехода СЛАУ, определяемой формулой (2) в автореферате. На стр. 25 диссертации автор считает свой подход более эффективным, чем последовательное определение многомодовой матрицы рассеяния для каждой ступенчатой неоднородности и ее учета для пошагового вычисления матрицы рассеяния учтенной части перехода вплоть до последней ступеньки. Указанное заявление автора представляется спорным и требующим более внимательного рассмотрения.

Во-первых, подход автора требует значительно большего объема памяти для хранения матрицы его СЛАУ (2), а при пошаговом вычислении требуется работать только с матрицей, соответствующей учтенной части перехода, и с матрицей, соответствующей следующей ступеньке, как это описано, например в статьях [S. P. Skobelev and P.-S. Kildal, "Analysis of conical quasi-TEM horn with a hard corrugated section," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 51, no. 10, pt. I, Oct. 2003, pp. 2723-2731.] и [С. П. Скобелев, И. Л. Виленко, Ю. А. Сусеров, А. К. Тоболев, А. В. Шишлов, "Комбинированный подход к анализу осесимметричных рупорных антенн", *Радиотехника*, 2007, №4, сс. 82-90.], а размеры указанных матриц на порядки меньше размера матрицы общей СЛАУ (2).

Во-вторых, при пошаговом подходе время решения задачи определяется временем обработки и учета одной ступеньки, умноженным на количество ступенек J , т.е. пропорционально J в первой степени. В подходе автора размер

общей матрицы СЛАУ пропорционален числу ступенек J . Хорошо известно, что время решения СЛАУ методом исключения пропорционально размеру матрицы в третьей степени. Это значит, что время решения СЛАУ (2) будет пропорционально J^3 , т.е. будет расти существенно быстрее по сравнению с пошаговым подходом при увеличении числа ступенек J , и для достаточно больших J , соответствующих длинным переходам или очень коротким регулярным секциям, время решения общей СЛАУ может превысить время решения при последовательном пошаговом подходе.

3. При обзоре литературы по методам анализа экранированных регулярных волноводов с продольно неоднородным заполнением, как, например, показано на рис. 1.11 в диссертации, автор не учел существования гибридного проекционного метода, описанного в статье [С. П. Скобелев, А. А. Япарова, "Гибридный проекционный метод анализа волноводных решеток с выступающими диэлектрическими элементами. Двумерные задачи", *Радиотехника и электроника*, 2007, т. 52, №3, сс. 311-321] и соответственно не сделал никакого сравнения с ним по эффективности. Указанный метод сводит задачу к СЛАУ с блочной трехдиагональной матрицей как и СЛАУ (2) автора. Однако, так как в методе автора в каждой секции требуется учитывать волны **двух** направлений распространения, матрица СЛАУ (2) имеет порядок, в два раза превышающий порядок СЛАУ в указанном гибридном методе при одинаковом числе точек разбиения перехода. Кроме того, при использовании ступенчатой аппроксимации перехода, автору приходится **численно** решать нелинейные дисперсионные уравнения для каждой секции, частично заполненной диэлектриком, что не требуется в указанном гибридном методе, где поля в переходе разлагаются по поперечным функциям пустого или однородно заполненного волновода с параметрами, заданными простыми аналитическими формулами. Это позволяет предположить, что метод, который использует автор для решения указанных задач, является менее эффективным по сравнению с указанным гибридным проекционным методом.

4. Как уже отмечено выше, автор опубликовал достаточно много статей в журналах из списка ВАК. Однако можно посетовать на то, что более половины из них (15 из 27) было опубликовано в журнале "Физика волновых процессов и радиотехнические системы", который, согласно информации РИНЦ, является одним из самых низкорейтинговых журналов, публикующих работы по прикладной электродинамике, антеннам и СВЧ устройствам.

Можно также указать на то, что ни одного доклада не было сделано на международных конференциях более престижных и авторитетных по сравнению с региональными конференциями, указанными в разделе по апробации работы.

Замечания, перечисленные выше, не снижают научной и практической значимости основных результатов, полученных автором, и поэтому не влияют на общую положительную оценку работы.

Представляется, что рассматриваемая диссертационная работа соответствует требованиям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Бударрагин Роман Валерьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.12.07 – "Антенны, СВЧ устройства и их технологии".

Отзыв составил


08.09.2016

С. П. Скобелев, д.ф.-м.н.

Подпись Скобелева С. П. удостоверяю

Ученый секретарь



В. Ампилов, к.т.н.

Сведения об авторе отзыва:

ФИО: Скобелев Сергей Петрович

Ученая степень: доктор физико-математических наук

Специальность: 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: ПАО "Радиофизика", НИО-3

Адрес: г. Москва 125363, ул. Героев Панфиловцев, 10

Телефон: +7-905-500-42-12

E-mail: s.p.skobelev@mail.ru