

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Нгуен Мань Туана «Антенны, моделируемые оптимальной
токовой сеткой», представленную на получение ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.2.14,
Антенны, СВЧ-устройства и их технологии

Создание антенных устройств является неотъемлемой частью большинства разработок радиопередающих и радиоприемных систем и комплексов, эта область радиотехники продолжает непрерывно развиваться, используя, в том числе, и новые промышленные технологии, и постоянно совершенствующиеся технологии моделирования. Значительный практический интерес представляют антенны, в основе которых лежат сеточные конструкции, обладающие малым весом и низкой парусностью, но сохраняющие при этом свои основные электродинамические параметры - коэффициент усиления, полосу рабочих частот, диаграмму направленности. На этом фоне тема диссертационной работы Нгуен Мань Туана, посвященной оптимизации конструкции сеточных антенн методами математического моделирования, несомненно, **актуальна**.

Приведенный в диссертации обзор публикаций последних лет убедительно подтверждает важность данного направления исследований.

Диссертационная работа Нгуен Мань Туана представлена объемом в 255 страниц текста, включает 178 рисунков и 60 таблиц. Структура диссертации содержит введение, 5 разделов, заключение, список сокращений, список литературных источников из 416 наименований и Приложение.

Во **Введении** диссертации дана общая характеристика работы, отмечена ее актуальность, изложены цель, задачи, новизна, теоретическая и практическая значимость, методы моделирования, а также приведены Положения, выносимые на защиту. Обсуждена достоверность результатов, их апробация

Первый раздел посвящен аналитическому обзору работ по теме диссертации. Показан значительный интерес исследователей и разработчиков к данной тематике, включая интерес к методам моделирования. Приведены обзор и сопоставление различных методов моделирования антенных задач - метода конечных разностей (МКР), метода конечных элементов (МКЭ)), метода моментов (МоМ), метода сопряженных градиентов (МСГ) , метод конечных разностей во временной области (МКРВО, FDTD). Показано, что для решения поставленной в работе задачи - аппроксимации поверхности антенны проводящими, оптимально применение МоМ. На основе аналитического обзора уточнены цели и задачи диссертации.

Второй раздел посвящен модификации аппроксимации поверхности антенны оптимальной токовой сеткой, позволяющей расширить возможности, как

моделирования, так и реализации сеточных антенн. Рассмотрены возможности модификации аппроксимации оптимальной токовой сеткой (АОТС) для рефлекторной и рупорной антенн путем оптимизации токовой сетки. Уделено внимание описанию проводов, не замкнутых (свободных) в силу геометрии антенны. Предложен новый алгоритм расчета характеристик антенны, позволяющий рассчитать разреженную структуру без свободных проводов и уменьшить вычислительные затраты. Предложенные алгоритмы отличаются повышенной точностью, эффективностью и универсальностью.

Предложена также модификация АОТС для описания сетки с максимальным током.

В **Третий раздел** вынесены рекомендации, полученные автором для создания рупорных, конических и рефлекторных разреженных антенн. Приведены примеры применения вынесенных автором рекомендаций для проектирования как рупорных, так и конических, а так же, и рефлекторных антенн.

Показана высокая эффективность облегченных сеточных антенн, созданных из проволочных структур на основе вынесенных автором рекомендаций.

Приведены результаты сопоставления характеристик антенн, выполненных из сплошного материала. и сетчатых, выполненных с учетом предложенной автором оптимизации.

В **Четвертом разделе** описаны варианты применений предложенной методики для оптимизации антенн различных типов. Показана возможность уменьшения количества проводников (разрежения) до оптимального для рупорных антенн различных конструкций и различных диапазонов частот.

Показана возможность оптимизации патч-антенн из проводящей сетки, рефлекторных антенн S- и X - диапазонов частот, а также скрытых разреженных антенн.

Пятый раздел диссертации посвящен практической реализации проволочных антенн рупорной конфигурации, их исследованию в безэховой камере, и сопоставлению результатов измерений параметров с расчетными, полученными предложенными автором методами моделирования. Показана возможность уменьшения массы антенны почти на порядок при сохранении ее основных характеристик - направленности и коэффициента усиления. Показано, что предложенные методики моделирования и переход к разреженным проволочным аналогам позволяют упростить не только изготовление антенн, но и процесс моделирование антенн, снизить объем необходимых вычислительных ресурсов.

В **Заключении** изложены основные итоги работы, сформулированы рекомендации по использованию предложенных методик расчета и получения

разреженных аналогов известных сплошных антенных конфигураций, отмечены возможности снижения массы используемых антенн и минимизации материальных затрат на их производство. Обсуждены перспективы дальнейшей разработки данной темы с учетом особенностей различных антенных конфигураций.

Новизна диссертационной работы обусловлена тем, что в ней

- предложена оптимизация АОТС удалением или соединением части свободных проводников без потерь для основных характеристик антенны;
- разработана методика создания облегченных антенн применением модифицированной АОТС: с помощью данной методики впервые созданы натуральные образцы рупорных антенн из оптимально разреженных проводников, обладающие меньшим (почти на порядок) весом, низкой парусностью, и при этом сохранившими основные радиоволновые характеристики аналогичных сплошных излучателей.

Теоретическая значимость работы заключается

- в развитии метода моментов, обогащении пространства его применений задачами проектирования сеточных антенных систем;
- теоретически оценено влияние удаления элемента сетки на характеристики излучения антенны;
- в оригинальной модернизации АОТС в части получения не только разреженной, а оптимально разреженной конфигурации антенны.

Практическая значимость диссертации обусловлена тем, что в ней

- предложен комплекс практических рекомендаций по моделированию разреженных антенн;
- разработаны и апробированы программные модули с графическим интерфейсом, позволяющие решать задачи оптимизации сеточных конструкций антенн;
- показанная возможность создания сеточных антенн с меньшей массой подтверждена экспериментально;
- результаты работы внедрены в учебный процесс ТУСУР, использованы в нескольких проектах госзадания на НИР.

Положения, вынесенные диссертантом на защиту, являются новыми, доказаны теоретически и экспериментально.

Достоверность и обоснованность полученных результатов сомнений не вызывают.

Апробация работы чрезвычайно обширна, она обеспечена участием в большом числе (более 30) конференций и семинаров, а также активным и эффективным участием в конкурсных НИР (в т.ч. госзаданий) и в конкурсах на

получение стипендий Президента ТУСУР, Администрации г.Томска, Правительства РФ, международных молодежных конкурсов.

Результаты работы опубликованы очень широко: всего опубликовано 67 работ (без соавторов -6): 5 статей в журналах из перечня ВАК; 1 статья в журнале из перечня ВАК по смежной отрасли наук; 3 статьи в журналах, индексируемых WoS/Scopus из Q1/Q2; 2 статьи в других журналах, индексируемых WoS/Scopus; 21 доклад в трудах конференций, индексируемых WoS/Scopus; 22 доклада в трудах других конференций; 13 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ

Личный вклад автора состоит в участии в постановке задач, моделировании и, совместно с другими исследователями, – в изготовлении антенн, обработке и интерпретации результатов.

В целом диссертация оставляет положительное впечатление, однако, **не свободна от замечаний**;

- известным минусом «программных» методов описания электродинамических систем и структур является дефицит физической трактовки полученных результатов. Автору не удалось избежать этого дефицита: большинство полученных характеристик приведено только как результат расчета без комментариев физического плана;
- данное замечание отчасти связано с предыдущим. При переходе от сплошной проводящей поверхности к сетчатой, ключевым, с точки зрения сохранения основных электродинамических характеристик, должно всегда быть соотношение размеров ячейки и длины волны. Особенно важно, казалось бы, «следить» за этим соотношением при разрежении сетки. Вместе с тем, в многочисленных приведенных в работе задачах моделирования, результаты приведены без отсылки к этому соотношению. Несколько оправдывает автора то, что данное соотношение упомянуто в рекомендациях к моделированию антенн в разделе 3;
- сопоставление измеренных и расчетных значений КУ, приведенных на рис.4.63 показывает их хорошее соответствие в интервале частот от 5 до 8 ГГц. Расхождение на высоких частотах вопросов не вызывает, а вот на низких комментарии были бы желательны;
- есть замечания к стилю изложения, точнее – к предложенным автором терминам. К примеру, трудно согласиться с понятиями «Устраняющая аппроксимация», «Соединяющая аппроксимация», где математическому термину приближенного соответствия придаются еще и способности самостоятельной деятельности (устранения, соединения и т.п.). Апофеозом такой стилистики являются названия подразделов 2.2.3 «Устраняющая аппроксимация оптимальной токовой сеткой», и п. 2.2.4 с явно пропущенным

термином: «Соединяющая ближайшие аппроксимация оптимальной токовой сеткой».

Приведенные выше замечания не снижают в целом высокую оценку работы. Она представляет собой актуальное законченное исследование, имеющее как общенаучное, так и практическое значение.

Автореферат диссертации адекватно отражает ее содержание, структуру и готовность к защите.

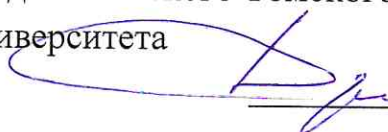
Заключение. На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа «Антенны, моделируемые оптимальной токовой сеткой» соответствует пунктам 9-14 "Положения" о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (ред. от 28.08.2017 №1024), поскольку является завершенной самостоятельной научно-исследовательской работой, включающей в себя решение задачи создания облегченных проволочных и сетчатых антенн, отвечает всем предъявляемым требованиям, а ее автор – Нгуен Мань Туан заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.14, «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии».

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

доктор технических наук, профессор,

и.о. заведующего кафедрой радиоэлектроники

Национального исследовательского Томского
государственного университета

 Дунаевский Григорий Ефимович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Томский
государственный университет»,

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Телефон: 8 (3822) 529-557

E-mail: iro2@mail.tsu.ru

Дата 25.07.2025

Подпись Г.Е. Дунаевского удостоверяю



Подпись удостоверяю
Ведущий документовед
Андреев И.В.

