

Отзыв официального оппонента  
на диссертационную работу **Ви Ут Нама**  
" МНОГОЛУЧЕВЫЕ АНТЕННЫ НА ОСНОВЕ БИФОКАЛЬНЫХ СИСТЕМ",  
представленной на соискание  
учёной степени кандидата физико-математических наук  
по специальности: 2.2.14 "Антенны, СВЧ устройства и их технологии"

Со времени создания оптических телескопов, а затем, и направленных антенн одна из важнейших задач, до сих пор не вполне решённая, - это задача расширения угла зрения и создания эффективного многолучевого режима работы. На современном этапе развития антенной техники актуальность поиска путей решения этой задачи связана с развитием мобильной связи и мобильного интернета, космической техники спутников связи, развитием других новых технологий. Поэтому актуальность выбранной диссертантом темы - построение многолучевых антенн на базе бифокальных систем, не вызывает сомнений.

В диссертации Ви Ут Нама решаются задачи синтеза двумерных двухзеркальных, зеркально линзовых и линзовых бифокальных антенн, а также трёхмерных линзовых антенн. Построение основано на теории бифокальных антенн, развитой в работах сообщества специалистов под идейным руководством Б.Е. Кинбера и на работах по применению планарных технологий в антенной технике. Метод Б.Е. Кинбера последовательного синтеза примыкающих друг к другу участков отражающих и преломляющих бифокальных поверхностей в рассматриваемой диссертации дополнен выбором профиля начального участка, обеспечивающего точную фокусировку в направлении центра поля зрения, способствующего уменьшению aberrаций во всём поле зрения. Кроме этого систематически в двумерных системах увеличивается гладкость рабочих поверхностей за счёт исключения разрыва кривизны в точках стыка участков, следствием которого является устранение скачков геометрооптического амплитудного распределения. Устранение этого разрыва в ходе синтеза ранее применял Нгьем Хью Дык, но в опубликованном виде изложение этой методики впервые появляется в статьях Ви Ут Нама. С целью минимизации среднеквадратических волновых aberrаций (СКА) диссертант скрупулёзно исследует их зависимость от размера поля зрения, длины начального участка и формы фокальной кривой. В некотором смысле в диссертации получен окончательный результат по оптимизации двумерных двухзеркальных, зеркально линзовых и линзовых антенн с рассматриваемым ходом лучей, так как синтез прерывается только в случае пересечения реализованных поверхностей между собой или с каустиками системы лучей, образованных при падении плоской волны на первичную поверхность (критический случай). Положение минимума СКА в зависимости от параметров кривых начального участка оказывается близким к критическим параметрам, тем самым подтверждается ранее высказанный в статье Нгьем Хью Дыка тезис, что оптимум по aberrациям достигается при близких размерах первичной и вторичной поверхности. Достигнутые величины минимумов СКА в целом поле зрения по отношению к диаметру многолучевой антенны оказываются уменьшенными по сравнению с ранее известными результатами.

**Обоснованность и достоверность.** В диссертации используется точный геометрооптический метод синтеза, который сочетается с электродинамическим моделированием по методу конечных элементов и методу Кирхгофа. Кроме этого

диссертант провёл сравнение теоретических и практических результатов в ходе создания экспериментального образца антенны на базе бифокальной двумерной диэлектрической линзы. Этим подтвердил обоснованность разработанной методики синтеза и достоверность полученных результатов и выводов диссертации.

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и двух приложений. Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, ставится цель работы, формулируются задачи и методы исследования, отмечается научная новизна полученных результатов их практическая значимость, формулируются положения, выносимые на защиту. Кратко излагается содержание диссертации.

Далее, в первых двух главах описана методика синтеза двумерных двухзеркальных и зеркально-линзовых бифокальных антенн и построение на их основе оптимизированных с расширенным полем зрения цилиндрических систем при использовании планарных технологий.

В третьей главе изложен метод синтеза и оптимизация характеристик цилиндрических бифокальных линзовых антенн, а также метод синтеза трёхмерной бифокальной линзовой антенны с расширенным в одной плоскости полем зрения.

В четвёртой главе построены многолучевые антенны на базе полученных в первых трёх главах решений, а также описан экспериментальный образец планарной линзовой антенны. Описанные антенны различного размера в длинах волн (до тысячи длин волн) оптимизированы по величине коэффициента использования площади излучающей апертуры (КИП), проведено их электродинамическое моделирование, в ходе которого рассчитаны и приведены сканирующие в поле зрения диаграммы направленности, зависимости коэффициента усиления (КУ) и КИП от угла сканирования. Теоретические и экспериментальные параметры созданного образца планарной линзы из полистирола с металло-диэлектрическими облучателями сравниваются между собой по КУ и КИП. Оптимизированы по КИП два варианта трёхмерных бифокальных линз разного (до ста длин волн) размера. Проведено их электродинамическое моделирование с расчётом КУ, КИП и сканирующих диаграмм направленности.

Каждая глава заканчивается формулировкой выводов по полученным в этой главе результатам. В заключении диссертации сформулированы полученные в ней основные результаты. Для всех рассмотренных типов многолучевых антенн они состоят в расширении поля зрения, по сравнению с ранее известными антеннами.

Диссертация завершается подробным списком цитируемой литературы по теме диссертации из 28 наименований.

В диссертации имеются также два приложения, одно содержит описание метода создания многолучевых антенн на базе планарной трёхмерной решётки в виде стопки планарных антенн, а другое описывает метод синтеза двухзеркальной цилиндрической антенны по амплитудной диаграмме облучателя, с целью максимизации КИП, и созданную на базе этого синтеза зеркальную антенну, облучаемую рупорно-зеркальной антенной с синтезированной поверхностью отражателя.

По теме диссертации опубликованы 6 статей в соавторстве, в журналах, входящих в список, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, две из них в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus. Опубликовано материалы доклада по теме диссертации в трудах международной конференции, также входящей в базу данных Scopus.

В автореферате перечислены результаты, полученные лично соискателем. Эти результаты составляют существенную часть публикаций.

По содержанию диссертации и автореферата можно сделать следующие замечания:

1. Из текста диссертации неясно, соответствует ли экспериментальный образец какому либо из рассчитанных ранее вариантов, а именно, варианту многолучевой антенны с компактной облучающей системой и абберациями  $4 \cdot 10^{-4}$ , хотя размеры экспериментального образца соответствуют размерам варианта с  $D=28.8 \lambda$  на частоте 30 ГГц, характеристики которого приведены на рис. 4.23 - 4.25. Неясно, расчётные кривые на рис. 4.23-4.24 и на рис.4.27 - это одни и те же кривые? В предпоследнем абзаце стр.81 сказано, что один из вариантов антенны с компактной облучающей системой имеет диаметр  $27.5 \lambda$ , а на подрисуночных подписях стоит размер  $D=28.8 \lambda$ , причём, в подрисуночных подписях этот размер указан сразу для двух существенно различающихся кривых, рассчитанных по методу МКЭ, по-видимому, 3-я кривая относится к варианту с  $D=58 \lambda$ .

2. Расчётные и экспериментальные кривые КУ и КИП различаются из-за неучтённых при расчёте потерь. Из возможных источников потерь названы потери в диэлектрике и погрешности изготовления и измерения. К этому следовало бы добавить потери на отражение, которые скомпенсированы только для нормального падения волн на поверхность линзы, да и потери в соседних облучателях, нагруженных на согласованную нагрузку. Эти потери возникают от того, что хотя металло-диэлектрический облучатель сделан более узким, чем Н-рупор, его эффективная площадь захватывает и соседние облучатели. Из-за взаимной связи близко расположенных облучателей могут возникнуть и искажения диаграмм направленности.

3. Отсутствует объяснение, как использовался экспериментальный макет с единственным выходом облучателя, изображённый на фотографии, при измерении характеристик антенны по всей фокальной кривой.

4. Для СКА представлены формулы, показывающие, что эта величина в диссертации минимизируется в смысле среднего по полю зрения. Но ничего не сказано, в каком смысле максимизируется КИП в ходе расчёта конкретных антенн.

5. В работе соискателя систематически устраняются скачки кривизны отражающих и преломляющих поверхностей, это усложняет алгоритм расчёта и ограничивает возможности проектирования. Но нет ответа на вопрос, в каких случаях это может существенно сказаться на абберациях.

6. Имеется некоторое количество опечаток:

- в списке литературы диссертации и автореферата неверно указан год публикации одной из 6-ти статей автора

- на стр.25 в пояснение к рис.1.7 написано "при уменьшении "р", это нужно понимать как "при увеличении "р"

- на стр.51-52 в уравнениях 3.7 и 3.8 вместо параметра  $f$  стоит параметр  $f_0$ , который тоже имеется в алгоритме.

- в первой строке первого абзаца на стр.54 вместо "вторая производная второй поверхности" написано "вторая производная первой поверхности"

- на стр.55 вместо ссылки на несуществующее уравнение (13.5) должна быть ссылка на уравнение (3.15).

Указанные погрешности затрудняют понимание диссертации при чтении, но не сказываются на значениях полученных результатов работы.

**Заключение.** В целом, представленная диссертация Ви Ут Нама является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные теоретические решения, позволяющие увеличить поле зрения рассмотренных в диссертации многолучевых антенн, что имеет значение для развития антенной техники. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Предложенные автором диссертации решения должным образом аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями. Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях

Диссертационная работа Ви Ут Нама отвечает требованиям пп. 9-11, 13, 14 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" (утверждённого постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Считаю, что автор работы, Ви Ут Нам заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.14 - "Антенны, СВЧ устройства и их технологии"

Официальный оппонент

профессор кафедры радиотехнических приборов и антенных систем

Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ"

доктор технических наук по специальности 2.2.14 - "Антенны, СВЧ устройства и их технологии", старший научный сотрудник, Б.Л. Коган \_\_\_\_\_

111250, г. Москва, вн. тер. г. муниципального округа Лефортово, ул. Красноказарменная, д.14, стр.1

тел. +79851714597, e-mail: koganbl@gmail.com

14 июня 2022 г.

Подпись  
удостоверяю  
начальник управления по  
работе с персоналом

Н.Г. Савин

