

Ученому секретарю  
диссертационного совета Д 212.125.03  
Московского авиационного института  
М. И. Сычеву  
125993, г. Москва,  
Волоколамское шоссе, д. 4

УТВЕРЖДАЮ



Генеральный директор  
ОАО «Радиофизика»

Б.А. Левитан

« 13 » октября 2014 г.

### О Т З Ы В

ведущей организации ОАО "Радиофизика"  
на диссертацию Милосердова Александра Сергеевича  
«БОРТОВЫЕ МНОГОЛУЧЕВЫЕ АНТЕННЫЕ РЕШЕТКИ  
ДЛЯ СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии

**Актуальность темы.** Диссертационная работа Милосердова А. С. посвящена теоретическому (аналитическому и численному) исследованию приемных многолучевых антенных решеток, предназначенных для систем глобальной космической связи (сектор обзора – конус с углом раскрыва  $\pm 8.7^\circ$ ). В работе предложена двухступенчатая схема построения антенны в виде антенной решетки крупноапертурных многолучевых излучателей с целью минимизации общего числа управляемых элементов при обеспечении характеристик направленности решетки в указанной области обзора.

Тема работы является актуальной, так как по сравнению с гибридными многолучевыми антеннами космического базирования антенная решетка потенциально может иметь меньшие габаритные размеры, а минимизация числа управляемых элементов соответствует минимизации веса антенны и мощности бортовых вычислительных средств (процессоров) для цифрового формирования лучей, что опять же имеет большое значение для космических антенн в системах спутниковой связи.



**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.** В первом разделе автор проводит аналитический обзор литературы по бортовым антеннам систем космической связи. Основное внимание в нем уделено гибридным антеннам, по которым приведен достаточно полный список публикаций и отмечаются их недостатки, касающиеся больших габаритов в развернутом состоянии, необходимости разрабатывать сложные конструкции для их плотной упаковки при размещении в грузовом отсеке ракеты-носителя и потенциально сниженной надежности, связанной со указанной сложностью конструкции. Автор также обосновывает недостатки обычных антенных решеток, связанных либо с большой избыточностью излучателей при сравнительно низком уровне интерференционных максимумов, либо с высоким уровнем последних при сравнительно низкой избыточностью излучателей. Здесь соискателю можно было бы порекомендовать включить в обзор литературы 2–3 полезные публикации по практическим многолучевым антенным решеткам космического базирования. Недостатки обычных (одноступенчатых) антенных решеток дают основание соискателю предложить двухступенчатую схему построения антенны в виде решетки крупноапертурных многолучевых излучателей.

Последующие главы посвящены разработке и исследованию характеристик крупноапертурных излучателей на основе зеркальных антенн (раздел 2) и линзовых антенн (раздел 3), включая диэлектрическую линзу и волноводную линзу. Во втором разделе также решается важная задача снижения уровня пересечения лучей многолучевого излучателя путем оптимизации амплитуд и фаз возбуждения элементов облучателя зеркала, а также обосновывается переход к использованию линзовых излучателей из-за недостатков характеристик зеркального излучателя, связанного с затенением. В третьем разделе также осуществляется оптимизация возбуждения элементов облучателя с целью получения профиля коэффициента усиления излучателя в области обзора, близкого к равномерному. В четвертом разделе соискатель анализирует характеристики нескольких вариантов двухступенчатой антенной решетки в целом, включая уровни интерференционных максимумов, и рассматривает способы их снижения за счет увеличения числа элементов облучателя.

В целом, диссертационная работа и ее автореферат написаны грамотным научным языком, а все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, представляются обоснованными.

**Новизна и достоверность полученных результатов.** Результаты, полученные соискателем в диссертационной работе являются новыми. Научная новизна результатов подтверждается получением патента РФ на изобретения, приоритетными публикациями в открытой печати, включая рецензируемые журналы, входящие в Перечень ВАК, а также тезисами докладов, сделанных на авторитетных отечественных и международных научно-технических конференциях.

Достоверность результатов работы обеспечивается корректным применением широко известных расчетных методов теории антенн при строгой постановке электродинамических задач, а также применением известного программного пакета ФЕКО, положительно зарекомендовавшего себя при численном анализе различных антенных устройств различными исследовательскими группами во всем мире.



**Практическая значимость работы** заключается в возможности использования приобретенного опыта и полученных результатов для разработки перспективных многолучевых антенных решеток для систем глобальной спутниковой связи. Результаты работы уже были использованы в одном из эскизных проектов по построению многолучевых бортовых антенн.

Результаты работы достаточно полно представлены в статьях соискателя в журналах, входящих в перечень ВАК, и доложены на отечественных и международных конференциях.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

### **По представленной работе имеются следующие замечания:**

1. На стр. 31 соискатель пишет "Введем понятие коэффициента избыточности излучателей в ФАР К" как отношение фактического числа излучателей к минимальному числу излучателей, соответствующему заданному КУ в заданной области обзора. Так как никаких ссылок при этом не делается, то это может создать впечатление, что соискатель вводит новое понятие. На самом деле указанное отношение, характеризующее избыточность элементов ФАР, уже существует в литературе под названием "коэффициент использования элементов" (element use factor), введенный Паттоном в 1972 году (см. R. Mailloux, Phased Array Antenna Handbook, Norwood: Artech House, 1994, стр. 447). Этот коэффициент является обратным по отношению к "эффективности использования управляемых элементов", введенной О. Г. Вендиком в 1965 году, т.е. еще раньше.

2. На стр. 12 автореферата соискатель пишет, что "... освещенный профиль линзы определяется в приближении геометрической (физической) оптики". Представляется, что слово "физической" использовано некорректно, т.к. используется только приближение геометрической оптики, что подтверждается отсутствием зависимости профиля линзы, описываемого формулой (4), от длины волны.

3. На рис. 33 а) и б), стр. 63, соискатель сравнивает диаграммы направленности (ДН) параболической цилиндрической антенны, полученные в работе [43] и в результате применения пакета FEKO, и утверждает (1-й абзац, стр. 64), что результаты "практически идентичны". В связи с этим необходимо заметить, что, во-первых, кривые ДН следовало бы поместить на один график, а не на разные, и, во-вторых, даже при расположении кривых на разных графиках хорошо видно, что можно говорить только о качественной схожести результатов, но никак не об их идентичности. Кроме того, второй и третий абзацы на стр. 64 практически повторяют одно и то же и поэтому представляются неуместными.

4. Соискатель подробно анализирует недостатки обычных антенных решеток (с одноступенчатой схемой формирования лучей), состоящие либо в необходимости использования большой избыточности числа элементов для обеспечения низкого уровня интерференционных максимумов, либо в высоком уровне последних при снижении избыточности элементов. Указанные недостатки явились основанием предложить новую двухступенчатую схему формирования лучей с использованием решетки крупноапертурных многолучевых излучателей. Однако окончательные результаты, полученные соискателем, показывают, что предложенная двухступенчатая решетка со сравнительно низкой избыточностью элементов, также может давать высокие уровни интерференционных максимумов, причем последние, в отличие от



обычной схемы, присутствуют в области обзора. К сожалению соискатель не проводит подробного сравнительного сопоставления характеристик решетки с его двухступенчатой схемой с характеристиками обычных решеток, имеющих то же самое количество элементов.

5. Стиль оформления диссертации мог бы быть улучшен. Обычно не допускается расположение названия раздела в самом низу страницы с переносом начала текста раздела на другую страницу, как это имеет место на стр. 27. Также обычно не допускается расположение рисунка на одной странице, а подрисуночную подпись к нему на другой, как это имеет место на стр. 33–35, 37–38, 53–54, 109–110 и 115–116.

Указанные замечания, однако, не являются принципиальными и не влияют на положительную оценку результатов диссертации в целом. Диссертация представляется завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на достаточно высоком научном уровне, в которой изложены научно обоснованные оригинальные технические решения, внедрение которых вносит определенный вклад в развитие теории и техники антенных решеток. Диссертация полностью соответствует заявленной специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Диссертационная работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Милосердов Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции №3 НТС ОАО «Радиофизика» (протокол №5 от 25 сентября 2014 г.).

Начальник НИО-3, председатель секции №3 НТС

кандидат физико-математических наук



В. В. Денисенко

10.10.2014

Составитель отзыва

Начальник отдела 3010

кандидат технических наук



А. В. Шишлов

10.10.2014

ФИО: Шишлов Александр Васильевич

Адрес: 123363, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 10

Телефон: 8 499 493 4137

Должность: Начальник отдела 3010

Организация: ОАО «Радиофизика»