

**Заключение диссертационного совета Д 212.125.03 на
базе Федерального государственного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)» по диссертации на
соискание ученой степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.09.2014 №10

О присуждении Милосердову Максиму Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Бортовая сканирующая широкополосная линейная АР дециметрового диапазона» по специальности 05.12.07 - «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии» принята к защите «21» мая 2014 года, протокол № 2, диссертационным советом Д 212.125.03 на базе Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», 125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, создан 11 апреля 2012 года, приказ №105/нк.

Соискатель Милосердов Максим Сергеевич 1987 года рождения, в 2010 году окончил Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (государственный технический университет)». В период подготовки диссертации соискатель обучался в очной целевой аспирантуре кафедры «Радиофизика, антенны и СВЧ-техника» факультета «Радиоэлектроника летательных аппаратов» Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», которую окончил в 2014 году. Соискатель работает старшим преподавателем кафедры 416Б «Радиоэлектронные средства информационно-

управляющих систем космических аппаратов и комплексов» Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – доктор технических наук, Гринев Александр Юрьевич, профессор кафедры «Радиофизика, антенны и СВЧ-техника» факультета «Радиоэлектроника летательных аппаратов» Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. Нечаев Евгений Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление воздушным движением» Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации»

2. Лось Валериан Федорович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник ОАО «Концерн радиостроения «Вега».

дали **положительные** отзывы.

Ведущая организация – Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение «Лианозовский электромеханический завод», г. Москва, в своем **положительном отзыве**, подписанным Вовшиным Борисом Михайловичем, доктором технических наук, начальником отдела и Большаковым Юрием Петровичем, кандидатом технических наук, начальником отдела, указала что диссертационная работа имеет несомненную практическую направленность, так как её тема порождена насущными потребностями создания нового поколения многофункциональной бортовой аппаратуры. Практические результаты

работы могут служить методической базой, а также готовыми базовыми решениями для разработок ФАР аналогичного типа.

По содержанию диссертации Милосердова М.С. имеются следующие замечания:

1. В диссертационной работе недостаточно чётко разделены научные проблемы, имеющие общетеоретический характер, и частные вопросы проектирования ФАР для конкретных условий. Поэтому не всегда понятно, до каких пределов могут быть обобщены полученные результаты.

2. Приведённые в диссертации результаты моделирования ДН ФАР ограничены случаем равномерного амплитудно-фазового распределения. Этот случай не соответствует реальной ситуации, так как к уровню боковых лепестков ДН первичного канала и бортовых ответчиков могут предъявляться повышенные требования.

3. В диссертации приведены оценки ДОР исследуемой линейной ФАР. При этом не указаны пути снижения ЭПР ФАР предлагаемой конструкции.

4. Теоретические выводы и практические рекомендации диссертационной работы хотя и выглядят хорошо обоснованными, но их практическая ценность могла бы быть гораздо выше, если бы они были бы подтверждены экспериментально.

5. В материалах диссертации неоднократно указывается, что в ней проводится разработка линейных ФАР. Однако в работе соискатель ограничивается исследованиями только излучающего антенного полотна, не приведя структурной или функциональной схемы решётки в целом, с учётом многофункциональности её работы.

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании секции НТС ОАО «НПО «ЛЭМЗ». Протокол №5 от 16.07.2014г. Утверждено заместителем генерального директора по науке ОАО «НПО ЛЭМЗ» Ефремовым В.С.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 3 работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях,

2 статьи в отраслевых сборниках и 6 тезисов докладов на российских и международных конференциях.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ильин Е.В., Милосердов М.С., Темченко В.С. Печатная логопериодическая фазированная антенная решетка L-диапазона, размещенная в ограниченном объеме. // Антенны №3, М.: Радиотехника, 2013, стр. 14 – 21.
2. Милосердов М.С., Гиголо А.И. Малогабаритный логопериодический печатный излучатель для линейной бортовой антенной решетки. // Информационно-измерительные и управляющие системы, №10, М.: Радиотехника, 2012, стр. 62 – 67.
3. Милосердов М.С., Гиголо А.И. Гибридные методы расчета электродинамических задач большой размерности. // Информационно-измерительные и управляющие системы №4, изд. Радиотехника, Москва 2012, стр. 38 – 46.4
4. Милосердов М.С. Балина И.А. Бортовая линейная антенная система с электронным управлением лучом на основе логопериодических элементов. // Коллективная монография. под ред. Ю.И. Белого. Радиолокационные системы специального и гражданского назначения. 2013-2015. М.: Радиотехника, 2013, стр. 186-194.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Нечаев Евгений Евгеньевич (официальный оппонент).

Отзыв заверен проректором по научной работе московского государственного технического университета гражданской авиации Воробьевым В.В.

Замечания по диссертационной работе:

1. В диссертации исследован частный случай ФАР – линейная антенная решетка. Автором не даны пояснения по характеру изменения КНД

и ширины ДН при сканировании (рис.4 и рис.8 автореферата, рис. 2.35 и рис. 3.24 диссертации).

2. Основные результаты получены автором методами численного моделирования. Для полного подтверждения достоверности результатов необходима экспериментальная проверка макетов АР на основе рассмотренных излучающих элементов.

3. Автором не обосновано использование генетического алгоритма оптимизации.

4. В работе приведена оценка эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) двух линейных ФАР, но не предложены меры по снижению ЭПР.

5. Не уделено внимание выбору амплитудно-фазового распределения. Характеристики ФАР, представленные в работе, рассчитаны только для равномерного распределения.

Лось Валериан Федорович (официальный оппонент).

Отзыв заверен ученым секретарем ОАО «Концерн радиостроения «Вега» Сидоровой Н.С.

Замечания по диссертационной работе:

1 Результаты численного моделирования не подтверждены натурными испытаниями реального антенного устройства.

2 Рассмотрено только равномерное АФР токов в элементах ФАР, что не всегда приемлемо с точки зрения требуемого уровня боковых лепестков.

3 Не пояснено, к каким классическим вариантам излучателей апеллирует автор, по сравнению с которыми ему удалось уменьшить их габариты в два раза.

4 Отсутствуют сведения о кросс-поляризационных составляющих ДН предложенных вариантов ФАР.

5 Утверждение, что рассеянное поле на частотах вне рабочих частот ФАР определяется лишь структурной составляющей верно лишь частично: антенные элементы могут резонировать и на гармониках.

6 В основном все полученные в диссертации результаты относятся к 12-ти элементной ФАР, а на рисунке 1.4 приведена функциональная схема 16-ти элементной; угол стреловидности на стр. 17 указан 42° , а при оценке ЭПР 49° .

7 Отсутствуют оценки влияния температуры нагрева крыла ЛА в полете на характеристики ФАР.

Открытое акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт радиотехники»

Отзыв подписан кандидатом технических наук, начальником сектора антенного отдела ОАО «Всероссийский НИИ радиотехники», Инденбомом М.В., заверен директором по научно-техническому развитию ОАО «Всероссийский НИИ радиотехники» Сергеевым В.Н.

Замечания по диссертационной работе:

1 Результаты работы не подтверждены экспериментальными результатами.

2 Из автореферата не ясно: позволяют ли результаты работы судить о возможности получения с теми же излучателями сектора сканирования $\pm 60^\circ$.

3 Поскольку на защиту не выносятся метод расчета характеристик антенной решетки с учетом влияния крыла и фюзеляжа самолета, не ясно зачем его изложению уделено столько внимания с приведением 7 формул.

Научно-исследовательский институт радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана

Отзыв подписан кандидатом технических наук, ведущим научным сотрудником научно-исследовательского института радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана Вечтомовым В.А., заверен заместителем начальника управления кадров научно-исследовательского института радиоэлектронной техники МГТУ им. Н.Э. Баумана Федотовым А.А.

Замечания по диссертационной работе:

1 В настоящее время широко применяются численные методы расчета электрических характеристик антенн, доказавшие свою эффективность. Тем не менее, было бы желательным проведение экспериментальных исследований, подтверждающих правильность построения расчетной модели и результатов численного моделирования диаграмм направленности и диаграмм обратного рассеяния линейной антенной решетки, расположенной в элементах конструкции консоли крыла.

2 В современных радиотехнических системах требуется низкий уровень боковых лепестков диаграммы направленности антенны. В диссертационной работе приведены результаты, которые не обеспечивают низкий уровень боковых лепестков диаграммы направленности антенны.

Московский энергетический институт (национальный исследовательский университет)

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, профессором кафедры «Радиотехнические приборы и антенные системы» Национального исследовательского университета «МЭИ» Пермяковым В.А., заверен начальником управления кадров Национального исследовательского университета «МЭИ».

Замечания по диссертационной работе:

1 Из текста автореферата не ясно, какие электродинамические программы были применены для решения поставленной задачи: использовались известные программы или разработанные автором?

2 Не очень четко в автореферате изложены вопросы расчета ФАР с фрагментом крыла и ЭПР ФАР. Не ясно, насколько корректно был учтен вклад крыла в ДОР ФАР?

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Отзыв подписан доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой «Физика и техника оптической связи» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е.

Алексеева Раевским А.С. и доктором технических наук, заслуженным деятелем науки, профессором кафедры «Физика и техника оптической связи» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева Раевским С.Б., заверен ученым секретарем НГТУ

Мерзляковым И.Н.

Замечания по диссертационной работе:

1 Стиль изложения материала диссертации в автореферате оставляет желать лучшего. Приведем конкретные примеры:

а) «... АФАР, использующими единую систему излучения в интересах нескольких радиотехнических систем ...»;

б) «Решение такой задачи требует разработки принципов построения и технических решений фазированных антенных решеток ...»;

в) «... для учета влияния ... проведена оптимизация».

2 При изложении содержания диссертации в ряде случаев говорится что сделано, но не говорится как.

3 В разделе «Достоверность» говорится о том, что она (достоверность) «обусловлена постановкой соответствующих электродинамических задач», хотя в автореферате таковые отсутствуют.

Филиал открытого акционерного общества «Объединенная ракетно-космическая корпорация» – «Научно-исследовательский институт космического приборостроения»

Замечания по диссертационной работе:

1 В работе обозначена задача минимизации ЭПР для линейной ФАР, размещенной в отклоняемом носке крыла. К сожалению, производится лишь оценка ЭПР для двух рассмотренных вариантов и выбор лучшей, но нет оптимизации ФАР по этому параметру.

2 Следует отметить не большой объем вычислений и оценок, сделанных по аналитическим формулам и соотношениям.

Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт точных приборов»

Отзыв подписан кандидатом технических наук, начальником отдела ОАО «НИИ точных приборов» Коваленко А.И., заверен кандидатом технических наук, ученым секретарем научно-технического совета ОАО «НИИ точных приборов» Сычевым А.П.

Замечания по диссертационной работе:

1 Нечеткое изложение научных результатов, полученных в диссертационном исследовании (стр. 19-21 автореферата). В предоставленном перечне кроме собственно научных результатов, перечислены проведенные в ходе исследования работы вспомогательного характера (пп. 2, 12).

2 Практическая ценность могла быть намного выше при экспериментальном подтверждении полученных результатов.

Общество с ограниченной ответственностью «Центр научных исследований «Элерон»

Отзыв подписан кандидатом технических наук, ведущим инженером ООО «Центр научных исследований «Элерон» Лаврукевичем В.В., заверен генеральным директором ООО «Центр научных исследований «Элерон» Стаценко П.В.

Замечания по диссертационной работе:

1 Недостаточно четко разделены научные задачи, поставленные и решенные соискателем, и вопросы практической реализации предлагаемых технических решений.

2 Расчет ДН 12-ти элементной ФАР ограничен случаем равномерного распределения.

3 Перепутаны подписи на рисунках 3 и 4 стр.10 автореферата.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Разработана конструкция малогабаритного логопериодического излучателя, размещенного в ограниченном пространстве в переднем отсеке отклоняемого носка крыла.

– Разработана конструкция печатного монополюсного широкополосного излучателя, размещенного в ограниченном пространстве в переднем отсеке отклоняемого носка крыла.

– Предложены меры снижения габаритных размеров печатного логопериодического излучателя, позволившие разместить его (излучатель) в ограниченном объеме в передней кромке отклоняемого носка крыла под радиопрозрачным обтекателем.

– Предложены электродинамические модели и проведено численное моделирование бесконечной и конечной 12-ти элементной линейной АР на основе логопериодических и монополюсных излучателей в рабочей полосе частот 1..1.6 ГГц, размещенной в переднем отсеке отклоняемого носка крыла ЛА с учетом взаимного влияния излучающих элементов, конструктивных (несущих) и аэродинамических элементов крыла (П-образного резонансного короба, образованного несущими балками, и радиопрозрачного диэлектрического обтекателя). Получены характеристики согласования и направленности конечной решетки.

– Доказано, что антенная решетка из печатных логопериодических элементов, расположенная в ограниченном пространстве (площадь элемента примерно $0.25\lambda_{\max} \times 0.25\lambda_{\max}$) в переднем отсеке отклоняемого носка подвижной консоли крыла летательного аппарата, обеспечивает сканирование в секторе ± 45 по уровню КСВН ≤ 3 в рабочей полосе частот 1..1.6 ГГц.

– Доказано, что антенная решетка из печатных монополюсных элементов, расположенная в ограниченном пространстве (площадь элемента примерно $0.25\lambda_{\max} \times 0.25\lambda_{\max}$) в переднем отсеке отклоняемого носка

подвижной консоли крыла, обеспечивает сканирование в секторе ± 45 по уровню КСВН ≤ 2.8 в рабочей полосе частот 1..1.6 ГГц.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– Изучено влияние объекта-носителя на характеристики выбранных ФАР на основе логопериодических и монопольных печатных излучателей. Показано, что влияние крыла объекта-носителя не превышает уровня -25 дБ при синфазном возбуждении ФАР и уровня -15 дБ при отклонении луча на угол 45° .

– Изучены рассеивающие свойства исследуемых антенных решеток. Представлены диаграммы обратного рассеяния ФАР из логопериодических и монопольных излучателей дециметрового диапазона с рабочим диапазоном частот 1...1.6 ГГц при облучении волной сантиметрового диапазона в полосе 8.5...12.5 ГГц в секторе углов наиболее опасных с тактической точки зрения.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

– **Разработаны** электродинамические модели широкополосной антенной решетки, размещенной в ограниченном пространстве в передней кромке отклоняемого носка крыла, которые **внедрены** в эскизный технический проект составной части опытно-конструкторской разработки «Разработка электродинамической модели и численное моделирование широкополосной системы излучения ФАР на основе широкополосных излучателей», шифр «Подкова-М1», проведенной НИИ приборостроения им. Тихомирова (г. Жуковский) в рамках выполнения ОКР «Подкова» ФЦП «ЭКБ» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Государственный контракт №11411.1006800.11.089 от 04.08.2011г. между ОАО «НИИП» и Минпромторгом), о чем свидетельствует полученный соискателем акт о внедрении.

– Представлены методические рекомендации, позволяющие проектировать широкополосные антенные системы с характеристиками близкими к предельным, при их размещении в сложных условиях

(ограниченные габаритные размеры, влияние близко расположенных проводящих элементов конструкции и т.д.).

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

– Теория построена на основе электродинамического подхода к решению подобных задач и численных методах их моделирования.

– Идея базируется на анализе работ посвященных широкополосным излучающим элементам, выявленных путем численного моделирования возможности их использования в широкополосной антенной решетке, размещенной в ограниченном объеме.

– Используются сравнения данных, полученных при решении родственных задач, путем тестирования численных алгоритмов на модельных задачах, а также полученных различными алгоритмами численного моделирования.

– Используются современные методики сбора и обработки исходной информации, в частности, метод конечных разностей во временной области, метод моментов, метод конечных элементов, гибридный метод моментов - метод физической оптики, генетический алгоритм.

Личный вклад соискателя состоит в:

– разработке научно обоснованных технических решений, позволивших разместить широкополосное полотно линейной ФАР на основе логопериодических и монополярных излучателей в крайне ограниченных габаритах в передней кромке отклоняемого носка крыла под радиопрозрачным обтекателем в условиях сильного влияния элементов конструкции;

– проведении численного моделирования многоэлементной и конечной 12-ти элементной линейной АР на основе логопериодических и монополярных излучателей в рабочей полосе частот 1..1.6 ГГц, размещенной в переднем отсеке отклоняемого носка крыла ЛА с учетом взаимного влияния излучающих элементов, конструктивных (несущих) и аэродинамических элементов крыла;

– оценке влияния объекта-носителя на характеристики выбранных ФАР на основе логопериодических и монопольных печатных излучателей;

– расчете диаграмм обратного рассеяния ФАР из логопериодических и монопольных излучателей дециметрового диапазона с рабочим диапазоном частот 1...1.6 ГГц при облучении волной сантиметрового диапазона в полосе 8.5...12.5 ГГц;

– подготовке основных публикаций по выполненной работе.

На заседании 30 сентября 2014 года диссертационный совет принял решение присудить Милосердову Максиму Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.12.07, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно выделены на разовую защиту 0 человек, проголосовали за 17, против 0, недействительных бюллетеней 1.

Председатель

диссертационного совета

Д 212.125.03, д.т.н., профессор

Воскресенский

Дмитрий Иванович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Д 212.125.03, д.т.н.

Сычев

Михаил Иванович

«02» октября 2014 г.

