



ВЕГА

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КОНЦЕРН РАДИОСТРОЕНИЯ «ВЕГА»
JOINT-STOCK COMPANY «RADIO ENGINEERING CORPORATION «VEGA»

15.10.2018

На №

№ 55/17/68-7673

от

Проректору по учебной работе
ФГБОУ ВО «Московский
авиационный институт»
(национальный исследовательский
университет)
д.т.н., профессору Ю.А.Равиковичу

Волоколамское шоссе, д. 4,
Москва, А-80, ГСП-3, 125993

Отзыв ведущей организации на
диссертационную работу

Направляем Вам отзыв ведущей организации АО «Концерн «Вега» на диссертационную работу Булыгина Максима Леонидовича «Многочувствительные режимы съемки в космических радиолокаторах с синтезированной апертурой», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация».

Приложения: 1. Отзыв в 2 экз. на 6 листах каждый.

2. Сведения о ведущей организации на 3 листах.

Заместитель генерального директора по
гособоронзаказу

А.Д.Крайлюк

Е.М.Матвеева
(499)753-40-04 доб. 9445

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 15/10/2018



ВЕГА

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КОНЦЕРН РАДИОСТРОЕНИЯ «ВЕГА»
JOINT-STOCK COMPANY «RADIO ENGINEERING CORPORATION «VEGA»

№ _____
Ha № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
по гособоронзаказу
АО «Концерн «Вега»,
кандидат технических наук



А.Д. Крайлюк

« 12 » _____ 2018 г.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
« 15 » _____ 20 18

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Булыгина Максима Леонидовича на тему «Многолучевые режимы
съемки в космических радиолокаторах с синтезированной
апертурой», представленную к защите на соискание
ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.12.14 – «Радиолокация и радионавигация»

Актуальность темы диссертационной работы. Радиолокационные системы дистанционного зондирования, размещаемые на космических носителях, позволяют вести мониторинг земной поверхности в существенно большей полосе дальностей и угловом секторе, чем аналогичные системы, устанавливаемые на авиационных носителях. В связи с этим в последние десятилетия все большее внимание уделяется космическим системам радиолокационного мониторинга поверхности Земли. Данные системы, реализуемые в виде радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА), позволяют получать радиолокационные изображения (РЛИ) с высоким разрешением в любое время суток и при любых метеоусловиях, получать цифровые модели рельефа местности, проводить мониторинг ледового и растительного покровов Земли, решать задачи селекции движущихся целей и т.д.

Одним из направлений совершенствования аппаратуры космических РСА и техники радиолокационного мониторинга, является переход к многолучевым принципам зондирования. Использование данного подхода

Кутузовский проспект, 34, Москва, Россия, 121170
Телефон: +7 (499) 753-40-04, +7 (499) 249-07-04
Факс: +7 (495) 933-15-63
E-mail: mail@vega.su

34, Kutuzov avenue, Moscow, 121170, Russia
Phone: +7 (499) 753-40-04, +7 (499) 249-07-04
Fax: +7 (495) 933-15-63
E-mail: mail@vega.su

003 082

позволяет в рамках одной системы РСА реализовывать одновременную съёмку смежных участков земной поверхности несколькими независимыми приемо-передающими лучами, а также повысить детальность формируемого радиолокационного изображения (РЛИ) и обеспечить увеличение размеров просматриваемой территории по сравнению с аналогичными однолучевыми системами РСА. Как известно, одновременное улучшение данных показателей в однолучевых РСА не удастся, вследствие действия эффекта неоднозначности, который снижает качество формируемых РЛИ. В то же время, переход к многолучевым принципам зондирования неизбежно требует разработки новых режимов, обеспечивающих обзор земной поверхности, алгоритмов оценки информационных параметров формируемых РЛИ и исследования эффектов, возникающих при многолучевом визировании.

В этой связи диссертационная работа Булыгина М.Л., направленная на оценку эффективности многолучевых режимов зондирования в космических радиолокаторах с синтезированной апертурой является актуальной.

Особое внимание в работе уделено оценке уровня межканальной неоднозначности, возникающей в результате близкого расположения соседних лучей диаграммы направленности (ДН), который усугубляет результирующий уровень неоднозначности.

Кроме того, проводится оценка смещения положения максимума луча ДН при реализации многолучевого зондирования с частотным разделением лучей, которое может приводить к возникновению пропусков при формировании изображения протяженного участка Земной поверхности.

Данные факторы наряду с разрешающей способностью определяют качество формируемого РЛИ земной поверхности в РСА космического базирования. Учитывая растущие требования к космическим РСА по формированию широкозахватных режимов высокого разрешения, задача исследования режимов многолучевого зондирования при использовании технологии цифрового формирования ДН РСА на прием в азимутальной плоскости, рассматриваемая в диссертационной работе Булыгина М.Л., представляет интерес для разработчиков радиолокаторов данного типа.

В процессе проведенного в диссертационного исследования автором получены следующие новые научные результаты:

1. Разработан алгоритм частотно-временного разделения зондирующего сигнала и предложен вариант многоканальной обработки отраженных сигналов с цифровым формированием многолучевой ДН на прием в горизонтальной плоскости, реализующие процедуру многолучевого зондирования при синтезировании искусственной апертуры.

2. Разработан алгоритм оценки уровня межканальной неоднозначности при многолучевом зондировании в космической РСА, возникающий в следствии близкого взаимного расположения соседних антенных лучей.

3. Предложен алгоритм расчета частотного портрета многолучевого зондирования, обеспечивающий получение максимизацию реализуемого разрешения по горизонтальной дальности при заданных ограничениях на суммарный уровень неоднозначности и использовании максимально допустимой ширины полосы линейно частотно-модулированных сигналов.

4. Предложены алгоритмы оценки влияния эффекта частотной дисперсии АФАР на геометрические характеристики многолучевого зондирования с частотным разделением лучей и компенсации пропусков при формировании РЛИ местности при многолучевой сканирующей съемке.

Теоретическая значимость результатов исследования определяется дальнейшим развитием радиолокационных методов решения задачи получения РЛИ земной поверхности с помощью РЛС дистанционного зондирования космического базирования в режиме синтезирования апертуры антенны в условиях многолучевого зондирования.

Практическая ценность полученных в диссертации результатов заключается в возможности их использования в разрабатывающих организациях, занимающихся созданием современных РЛС дистанционного зондирования космического базирования – АО «НИИ ТП» (г. Москва), АО «НПП «Пульсар» (г. Москва), РКЦ «ПРОГРЕСС» (г. Самара), АО «ВПК «НПО машиностроения» (г. Реутов), АО «НПО Лавочкина» (г. Химки) ,для повышения характеристик данных систем при реализации режима синтезирования апертуры антенны путем увеличения полосы захвата на местности и повышения детальности формируемого РЛИ.

Достоверность и обоснованность полученных в диссертационном исследовании результатов и выводов основывается на корректном использовании применяемого математического аппарата, позволившего получить обширные расчетные данные, и совпадением их с результатами имитационного моделирования.

Внедрение

Результаты диссертационной работы реализованы в АО «НИИ ТП» в рамках проведения опытно-конструкторских работ по темам «Касатка»,

«Касатка-Макет», «Касатка-Р», «АФАР», посвященных созданию радиолокационного комплекса дистанционного зондирования Земли для космического комплекса «Обзор-Р», о чем свидетельствует акт о внедрении.

Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы докладывались на 13-ти всероссийских и международных конференциях, среди которых: 11-ая и 12-ая европейская конференции по радиолокационным системам с синтезированной апертурой EUSAR (2016-2018) (данная конференция является главным мировым научным форумом, на котором рассматриваются теоретические и практические вопросы, связанные с разработкой РСА); юбилейная научно-техническая конференция, посвященная 70-летию головного предприятия и 10-летию ОАО «Концерн «Вега» (2014); VII Всероссийские Армандовские чтения «Муром `2017» (2017); 13-16 Международная конференция «Авиация и космонавтика» (2014-2017), а также на других конференциях в период с 2014 по 2018 гг.

Основные результаты диссертации опубликованы в 19 научных трудах, 5 из которых – статьи в журналах, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России к публикации результатов диссертационных исследований соискателям ученых степеней доктора и кандидата технических наук, 14 – опубликованы в сборниках трудов международных и всероссийских конференций.

Структура диссертационной работы

Диссертационная работа построена традиционно и включает введение, три главы, заключение, список литературы и приложение. Общий объем диссертационной работы составляет 154 страницы.

Тема и содержание работы соответствуют специальности - 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация», по которой диссертация представляется к защите.

Диссертация аккуратно оформлена, в достаточной мере снабжена иллюстративным материалом и включает представительный перечень использованных источников.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации, нашедшим свое отражение в опубликованных научных статьях соискателя, и дает достаточно полное представление о диссертационном исследовании.

В то же время диссертация не лишена недостатков:

1. В материалах диссертации рассматриваются вопросы организации многолучевых режимов съемки в РСА космического базирования, но при этом не показан итоговый результат – само радиолокационное изображение, формируемое при данной процедуре съемки, и, соответственно, влияние на качество данного изображения особенностей многолучевой съемки.

2. Расчетные соотношения характеристик бокового визирования представлены без учета эллипсоидального характера формы Земной поверхности.

3. В главе 2 при изложении алгоритма выбора периода повторения в целях минимизации влияния неоднозначности на формируемое РЛИ при многолучевом зондировании не оценено воздействие на диаграммы распределения помех (рисунок 2.25) рельефа земной поверхности, приводящее к смещению зон «слепых» дальностей и надирных отражений.

4. Представленные на рис. 2.25 ÷ 2.26 диаграммы помех не учитываются далее, в главе 3, при рассмотрении вопросов улучшения параметров РСА при многолучевом зондировании. Возникает вопрос: для каких целей приводились данные диаграммы?

5. В главе 3 при многолучевой сканирующей съемке предполагается перекрытие соседних лучей ДН. В то же время, необходимость такого перекрытия неочевидна.

6. Представленную на рисунке 3.4 зависимость эффективности режима многолучевой сканирующей съемки, следовало бы отображать не в разгах, а в децибелах.

7. В главе 3 представлены различные оценки характеристик многолучевой съемки, однако, при этом не оценено ухудшение энергетических характеристик при многолучевом зондировании, обусловленное амплитудными потерями, вызванными эффектом частотной дисперсии АФАР, о котором говорилось в п. 2.6.

8. Изложение материалов исследования содержит ряд грамматических ошибок и стилистических погрешностей.

Отмеченные недостатки снижают общее положительное впечатление от работы, но при этом не умаляют научной и практической значимости результатов выполненного исследования.

Вывод

Диссертация Булыгина М.Л. является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, связанную с

повышением эффективности РСА космического базирования, отвечает требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 "Радиолокация и радионавигация".

Отзыв обсужден и одобрен на заседании секции №1 НТС АО «Концерн «Вега» 10 октября 2018 г.

Главный научный сотрудник
АО «Концерн «Вега»,
доктор технических наук, профессор



Л.Б.Неронский

Начальник лаборатории,
кандидат технических наук



С.Н.Пуцинский

Сведения об авторах:

Место работы: акционерное общество
«Концерн радиостроения «Вега»,
121170, г. Москва, Кутузовский проспект, 34.
Служебный телефон: 8(499) 753-40-40
Электронная почта: mail@vega.su