

Федеральное агентство  
по техническому регулированию и метрологии



СТАНДАРТИНФОРМ

Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Российский научно-технический центр информации  
по стандартизации, метрологии и оценке соответствия»  
(ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

Нахимовский пр-т, д. 31, кор. 2, Москва, 117418,  
Российская Федерация  
Тел./факс +7 (495) 531-26-44; +7 (499) 400-30-36  
E-mail: info@gostinfo.ru; http://www.gostinfo.ru

Проректору по научной работе  
ФГБОУ ВО «Московский  
авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)» МАИ

доктору технических наук,  
профессору Ю.А. Равиковичу

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

10.10.2018 № 01/10 от

На № 010/1817 от 12.09.2018

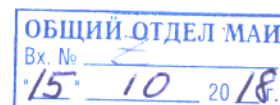
Уважаемый Юрий Александрович!

Высылаю в Ваш адрес подготовленный мною отзыв официального  
оппонента на диссертацию БУЛЬГИНА Максима Леонидовича на тему:  
«Многолучевые режимы съемки в космических радиолокаторах с  
синтезированной апертурой», представленной на соискание ученой  
степени кандидата технических наук в диссертационный совет  
Д 212.125.03 по специальности 05.12.14 «Радиолокация и  
радионавигация»

- Приложения:
1. Отзыв официального оппонента, в 2-х экз.  
(на 6 листах каждый).
  2. Диссертация, 1 книга.
  3. Автореферат, 1 брошюра.

Директор департамента  
ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»  
доктор технических наук

А.С. Бурый



## ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук БУРОГО Алексея Сергеевича на диссертацию БУЛЫГИНА Максима Леонидовича на тему: «Многолучевые режимы съемки в космических радиолокаторах с синтезированной апертурой», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук в диссертационный совет Д 212.125.03 по специальности 05.12.14 «Радиолокация и радионавигация»

### Актуальность темы диссертации

Геоинформационные технологии с привлечением систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на основе радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) позволяют существенно повысить информативность и, как следствие, эффективность космических систем наблюдения. С абсолютной достоверностью можно утверждать, что геоинформационные технологии все шире применяются при решении прикладных задач в научной и хозяйственной сферах, при мониторинге чрезвычайных ситуаций, а также для обеспечения государственной безопасности.

Реализация РСА на базе цифровых активных фазированных антенных решеток позволяет существенно повысить качество получаемого с их помощью изображения, адаптивно управлять режимами съемки, энергетическими ресурсами бортовых радиолокационных станций (РЛС). Возможности многолучевого сканирования позволяют получать дополнительный эффект в улучшении качества разрешения цифрового изображения.

В этой связи тема представленной БУЛЫГИНЫМ М.Л. диссертационной работы является актуальной и своевременной, требующей усовершенствованного подхода к разработке и обоснованию алгоритмов реализации многолучевого радиолокационного визирования земной поверхности с по-



мощью космических РЛС, построенных на основе цифровых активных фазированных антенных решеток.

**Общая характеристика диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, приложения и списка используемой литературы. Общий объем диссертации составляет 154 страницы. Список литературы содержит 97 наименований.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационного исследования и решения научной задачи, заключающейся в разработке режимов многолучевого визирования наземных объектов с разнесением антенных лучей в горизонтальной плоскости, сформулирована научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе выполнен аналитический обзор отечественных и зарубежных источников по системам дистанционного зондирования Земли на основе космических радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА), приведен анализ существующих подходов многоканальной обработки сигналов для РСА, выбраны и обоснованы задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена рассмотрению принципов реализации многолучевых режимов визирования. Получена оценка уровня межканальной неоднозначности и рассмотрены способы ее уменьшения. Показана возможность реализации многолучевого визирования с цифровым формированием азимутальной диаграммы направленности с учетом структуры зондирующего сигнала.

В третьей главе представлены разработанные автором алгоритм многолучевой сканирующей съемки для повышения эффективности визирования в обзорных режимах, алгоритмы компенсации возможных пропусков при съемке местности, а также алгоритмы многолучевого прожекторного режима съемки. Проведен сравнительный анализ характеристик многолучевых режимов съемки.



В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе.

**Достоверность результатов исследования** обуславливается корректностью постановки задачи исследования, применением апробированного математического аппарата, обоснованным выбором основных допущений и ограничений, ясной физической интерпретацией полученных результатов.

**Научная новизна исследований и полученных результатов** заключается в следующем:

В ходе проведенных исследований автором получен ряд новых научных результатов:

1) разработана методика многолучевого визирования на основе алгоритмов пространственно-временного и частотного разделения зондирующих импульсов и цифрового формирования азимутальной диаграммы направленности на прием, позволяющая при фиксированном уровне коэффициента усиления излучателя увеличивать суммарное время синтеза апертуры космических РСА с цифровой АФАР;

2) предложен алгоритм оценки уровня межканальной неоднозначности, позволяющий минимизировать фактор неоднозначности путем учета взаимного влияния антенных лучей при расчете параметров радиолокационного визирования;

3) разработаны алгоритмы оценки влияния частотной дисперсии АФАР на структуру организации радиолокационного визирования, повышающие качество многолучевого визирования с частотным разделением каналов обработки при многолучевом и прожекторном режимах сканирования;

4) разработан алгоритм расчета частотного портрета многолучевого визирования, обеспечивающий максимальное разрешение по горизонтальной дальности при заданных ограничениях на суммарный уровень неоднозначности.

**Практическая значимость результатов диссертационной работы** определяется тем, что:

разработанная автором методика многолучевого визирования позволяет повысить эффективность применения космических систем РСА за счет снижения влияния эффекта неоднозначности;

разработанные режимы многолучевого визирования обеспечивают повышенное пространственное разрешение, увеличение размеров визируемых участков местности и снижение влияния частотной дисперсии на качество съемки.

Научные и практические результаты работы реализованы в АО «НИИ ТП» в рамках проводимых опытно-конструкторских работ по созданию радиолокационной системы ДЗЗ для космического комплекса «Обзор-Р».

**Апробация работы и публикации.** Основные результаты диссертационных исследований достаточно полно опубликованы в 5 статьях в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для опубликования основных результатов диссертационных исследований на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, а также докладывались на более чем 10 научно-технических конференциях.

Оценка содержания и завершенности диссертации. Диссертация, выполненная соискателем, содержит совокупность новых результатов и положений, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация выполнена на высоком научном и техническом уровне, является завершенным научным трудом, в котором содержится решение актуальной научной задачи повышения информативности получаемых радиолокационных изображений, определяемой геометрическими размерами кадра и достижимой разрешающей способностью.

### **Замечания**

Большинство замечаний по диссертационной работе носят методический характер:

1. В работе присутствуют погрешности в описаниях условных обозначений математических выражений (см. формулы (2.20), (2.28)), а выражение (3.10) требует еще существенного упрощения.

2. В работе не приводится сравнение способов сканирования многолучевой системой районов наблюдения для оптимизации временных и энергетических параметров.

3. Разработанную методику многолучевого визирования целесообразно было бы представить в виде последовательности пошаговых действий (этапов), выполняемых элементами (подсистемами) радиолокатора с синтезированной апертурой.

4. Диссертация, на наш взгляд, только выиграла при представлении автором общей математической постановки решаемой задачи, а не вербальном ее описании (см. с. 45-46).

### **Заключение**

Отмеченные недостатки, не снижают существенно ценности представленного диссертационного исследования, а сформулированные в работе выводы и рекомендации остаются справедливыми.

Анализ материалов диссертационной работы и автореферата показывает, что выбранная тема исследования полностью соответствует содержанию работы. Текст диссертации структурирован и оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертационным работам. Автореферат соответствует основным положениям диссертации, правильно и полно отражает ее содержание.

Диссертационное исследование БУЛЫГИНА Максима Леонидовича на тему: «Многолучевые режимы съемки в космических радиолокаторах с синтезированной апертурой» представляет собой законченную научно-



квалификационную работу, в которой решена актуальная научная задача повышения информативности радиолокационной съемки космическими РСА на базе цифровых активных фазированных антенных решеток, и по своему содержанию, научной новизне и практической ценности полученных результатов соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 28.08.2017), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, БУЛЫГИН Максим Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.14 – Радиолокация и радионавигация.

**Официальный оппонент:**

Директор департамента ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»  
доктор технических наук

« 10 » октября 2018 г.



БУРЫЙ Алексей Сергеевич

Почтовый адрес: 117418, г. Москва, Нахимовский проспект,  
д. 31, корп.2.

Телефон: 8(495)531-26-37

Адрес электронной почты: a.s.burij@gostinfo.ru

Подпись директора департамента  
доктора технических наук БУРОГО А.С.

«ЗАВЕРЯЮ»

Начальник отдела кадров ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»

« 10 » октября 2018 г.



А.В. Алиева