

Акционерное общество  
«Российская корпорация ракетно-космического  
приборостроения и информационных систем»



Экз. № \_\_\_\_\_

Авиамоторная ул., д. 53, Москва, 111250, почтовый адрес: а/я 16, Москва, 111250  
тел.: +7 495 673-94-30, факс: +7 495 509-12-00 www.spacecorp.ru, contact@spacecorp.ru  
ОКПО 11477389 ОГРН 1097746649681 ИНН 7722698789 КПП 774850001

от 26.04.2019 № РКС ИТС 9-33

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю  
диссертационного совета Д002.024.01  
Бондареву А.Е.

ФГУ «ФИЦ Институт прикладной  
математики им. М.В. Келдыша РАН»  
125047, Москва, Миусская пл., 4

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Маштакова Ярослава Владимировича,  
на тему: «Использование прямого метода Ляпунова в задачах управления  
ориентацией космических аппаратов», представленной на соискание ученой  
степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 –  
Теоретическая механика.

Дистанционное зондирование Земли, изучение физических полей Земли,  
обеспечение связи и трансляции телевизионных сигналов в настоящее время  
невозможно без широкого использования космических аппаратов (КА) и  
целевых группировок КА. Управление группировками КА является  
сложнейшей задачей, тем более что количество КА в группировке может  
достигать десятки и сотни единиц. Поэтому научные исследования в данном  
направлении очень востребованы.

Представленная в автореферате диссертационная работа Маштакова Я.В.  
посвящена разработке эффективных методов и алгоритмов управления и  
стабилизации углового положения космических аппаратов.

В диссертационной работе Маштакова Я.В., в качестве наименее  
исследованных вопросов, выделена задача отслеживания опорного углового  
движения обусловленного дополнительными ограничениями, накладываемыми  
на возможную ориентацию космического аппарата, особенно важными при  
выполнении маневра разворота КА на большой угол.

За основу решения данной задачи, в соответствии с авторефератом, в диссертации были проведены исследования и разработка метода построения опорных движений КА с учетом особенностей их реализации при помощи алгоритмов на основе прямого метода Ляпунова.

При решении поставленной в диссертационной работе задачи, были получены следующие основные результаты:

1) проведены оценки точности стандартных алгоритмов управления ориентации на основе прямого метода Ляпунова в конечном виде, которые могут быть использованы на этапе предварительных расчетов облика аппарата, выбора параметров системы ориентации в соответствии с предъявляемыми к ней требованиям;

2) разработан алгоритм одноосной стабилизации КА, который может использоваться для решения задачи его переориентации при наличии ограничений на возможную ориентацию;

3) разработана методика синтеза опорного углового движения КА дистанционного зондирования, позволяющая отслеживать заданные секторы на поверхности Земли. Оценено влияние точности ориентации и стабилизации на качество снимаемого изображения, что позволяет, не проводя массивных численных расчетов, подобрать необходимые для выполнения миссии датчики и актюаторы;

4) разработана методика синтеза опорного углового движения КА, находящегося в режиме солнечной стабилизации, позволяющая с использованием только моментов внешних сил (гравитационного и солнечного воздействий) разгрузить избыточный кинетический момент, накопленный системой маховиков. Методика работоспособна как для высоких эллиптических орбит с достаточно низким перицентром, так и для орбит с высоким перицентром, когда единственным внешним моментом, действующим на аппарат, является момент сил солнечного давления.

Новизна полученных научных результатов, в соответствии с авторефератом, заключена в следующем:

1. Получены конечные соотношения с использованием стандартного ляпуновского управления, связывающие точность ориентации с величиной внешних возмущений, не учитываемых в контуре управления КА.

2. Разработан алгоритм переориентации КА, при наличии ограничений на его возможную ориентацию, с учетом проблемы появления дополнительных положений равновесия (как устойчивых, так и неустойчивых), и предложена методика ее решения.

3. Разработан алгоритм синтеза опорного углового движения КА ДЗЗ, позволяющий выдерживать произвольные достаточно гладкие траектории наблюдения поверхности Земли. Получены конечные соотношения, связывающие качество снимаемого изображения с ошибками ориентации и стабилизации КА.

4. Разработана методика построения опорного углового движения спутника, находящегося в режиме солнечной стабилизации, обеспечивающего разгрузку избыточного кинетического момента маховиков при помощи моментов внешних сил.

Практическая значимость работы, в соответствии с авторефератом, заключена в возможности:

1. Подобрать на предварительных этапах проектирования КА параметры системы ориентации, соответствующие требованиям полезной нагрузки без проведения массовых численных расчетов.

2. Осуществлять разворот КА, при наличии ограничений на его возможную ориентацию, не решая при этом на борту сложных оптимизационных задач с ограничениями.

3. Расширить возможности малых КА ДЗЗ посредством отслеживания сложных маршрутов наблюдения поверхности Земли за один виток.

4. Увеличить время активного существования КА на высоких орбитах путем снижения требуемого запаса рабочего тела для разгрузки маховиков.

Разработанные научные положения и результаты опубликованы в 8 изданиях, включенных в перечень рекомендованных ВАК РФ, из которых 5

индексируются в базах данных Scopus и/или Web of Science, 3 – препринты ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, а также докладывались всероссийских и международных конференциях.

Вместе с тем в автореферате не отражено экспериментальное подтверждение достоверности полученных результатов.

Однако отмеченный недостаток не снижает основного представления о работе как о законченном труде, имеющем важное научное и практическое значение.

**ВЫВОД.** Диссертационная работа посвящена решению актуальной научной задачи – отслеживания опорного углового движения КА, обусловленного дополнительными ограничениями, накладываемым на возможную ориентацию космического аппарата, особенно важным при выполнении маневра разворота КА на большой угол.

По актуальности, вкладу в науку, новизне полученных научных результатов и их практической значимости диссертация соответствует требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в ред. Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Маштаков Ярослав Владимирович, по уровню научной классификации заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика.

Начальник отдела, к.т.н., с.н.с.

Благодырёв В.А.

Личную подпись начальника отдела Благодырёва В.А. заверяю,

ученый секретарь ОАО «Российские космические системы»,

к.т.н., с.н.с.



Федотов С.А.