

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Я.В. Маштакова «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

Диссертационная работа Я.В. Маштакова посвящена решению нескольких задач, связанных с построением и реализацией требуемых угловых движений космических аппаратов. Предлагаемые в диссертационной работе методики и алгоритмы ориентированы в основном на малые аппараты, которые в настоящее время находят все большее применение в космической деятельности благодаря своей дешевизне (как с точки зрения стоимости самого аппарата, так и запуска) и предлагаемым возможностям, которые уже вполне сравнимы с таковыми у больших аппаратов. Таким образом, **тема диссертации является актуальной.**

Диссертационная работа Я.В. Маштакова состоит из введения, четырех глав, заключения и одного приложения.

Во введении диссертант обосновывает актуальность рассматриваемых задач, а также проводит обзор существующих методов их решения.

Первая глава посвящена исследованию точности классических алгоритмов управления ориентацией, основанных на прямом методе Ляпунова. При этом предполагается, что на аппарат действуют не учитываемые в контуре управления возмущающие моменты. С использованием асимптотических методов исследования автор получает неулучшаемые оценки достижимой точности в конечном виде, что является **новым результатом.** Полученные оценки предлагается в дальнейшем использовать для рационального выбора параметров системы ориентации, что может несколько упростить процесс компоновки облика космического аппарата.

Во второй главе происходит дальнейшее обобщение алгоритмов управления на задачу переориентации при наличии ограничений. В первой части этой главы рассматривается задача обеспечения требуемого одноосного движения. Для синтеза закона управления в этом случае предлагается использовать несколько различных модификаций функции Ляпунова, что позволяет получить как уже известные законы управления, так и их новую версию, обладающую большей скоростью сходимости. Предложенный алгоритм может быть **использован при решении практических задач,** связанных, например, с подзарядкой аккумуляторных батарей, когда требуется направлять

солнечные панели аппарата на Солнце. Для учета возможных ограничений автором предлагается использовать подход, похожий по своему строению на метод потенциалов. Хотя сама идея такого подхода уже находила свое применение на практике, предложенная автором «локальная» модификация функции Ляпунова является **новым результатом**.

В третьей главе Я.В. Маштаковым рассматривается задача отслеживания сложных траекторий на поверхности Земли, которая является **важной с практической точки зрения** для малых спутников дистанционного зондирования Земли, так как ее решение позволит существенно расширить их возможности. **Новым результатом** здесь является то, что эта задача может быть сведена к решению одного обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка. Помимо этого, им также получены аналитические оценки «качества» снимаемого изображения, а также соотношения, позволяющие связать ограничения, накладываемые на возможную траекторию, с параметрами системы ориентации.

В четвертой главе диссертации предложен **новый алгоритм** разгрузки избыточного кинетического момента, накопленного маховичной системой управления ориентацией спутника. Для этого используются моменты сил светового давления и гравитационный момент. Диссертанту удалось свести решение этой задачи к кубическому уравнению, а также показать, что существует приближенное решение, задаваемое в виде конечных соотношений, которое, согласно проведенному математическому моделированию, обеспечивает схожую с точным решением скорость разгрузки маховиков. Стоит отметить, что предложенная методика обладает высокой **практической ценностью**, так как позволяет увеличить время активного существования аппарата.

В заключении перечислены основные результаты работы.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Основные результаты диссертации докладывались на отечественных и зарубежных конференциях, а также были опубликованы в восьми изданиях из перечня ВАК, в том числе пяти изданиях из списка Web of Science и/или SCOPUS.

По тексту диссертации имеются следующие замечания:

1. При исследовании отклонения ориентации и точности стабилизации КА при наличии малых возмущающих моментов не исследовалось поведение возмущений «резонансного» типа, при котором робастная устойчивость системы в отклонениях определяется диаметром предельного цикла системы.

2. В работе отсутствуют сведения о порядке величин интервалов времени, на которых справедливы оценки точности, полученные из первого приближения в разложении по малому параметру решений системы уравнений в отклонениях.

Перечисленные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Работа выполнена на хорошем научно-техническом уровне. Научные положения, выводы и результаты являются обоснованными.

Считаю, что работа «Использование прямого метода Ляпунова в задачах управления ориентацией космических аппаратов» удовлетворяет требованиям положения ВАК (в текущей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика, а ее автор – Маштаков Ярослав Владимирович – заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв составил официальный оппонент

Лемак Степан Степанович

Доктор физико-математических наук по специальности 01.02.01 – теоретическая механика, профессор Кафедры прикладной механики и управления механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова»

119234, Москва, Ленинские горы, д. 1, www.msu.ru

+7 (495) 939-10-00

Email: lemaks2004@mail.ru

__24__ апреля 2019 г. _____ С.С. Лемак

Подпись официального оппонента С.С. Лемака удостоверяю:

И.о. декана механико-математического факультета МГУ,

профессор

В.Н.Чубариков

