

Отзыв научного консультанта

о диссертации Ролдугина Дмитрия Сергеевича «Динамика космических аппаратов с активной магнитной системой ориентации», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин

Исследование углового движения космических аппаратов с магнитными исполнительными органами является традиционным направлением теоретической и прикладной деятельности в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Исследования начались в отделе №5, а потом продолжились в отделе №7. Большая часть работ по этой теме относилась к пассивным системам ориентации, состоящим из постоянного магнита и демпфирующих устройств разной природы. Сейчас, с развитием малоразмерных аппаратов, такой подход редко удовлетворяет потребностям полезной нагрузки и возникает необходимость активного управления их угловым движением для обеспечения требуемых, зачастую весьма специфических режимов ориентации. При этом имеет место принципиальная проблема: управляющий механический момент не создается в направлении вектора геомагнитной индукции. Работа соискателя, таким образом, является новой и актуальной, но вместе с тем вписывается в традиции научной школы Института, в стенах которого Д.С. Ролдугин работает с 2007 года (с 2012 года по основному месту работы). Здесь же в 2013 году соискателем была защищена кандидатская диссертация на тему «Исследование быстродействия и точности алгоритмов активной магнитной системы ориентации малого спутника». Дальнейшая работа Д.С. Ролдугина была связана с развитием этого направления исследований, что в конечном итоге и привело к появлению представленной диссертации. Большая часть решенных в ней задач возникла при выполнении контрактных работ с ведущими отечественными организациями аэрокосмической промышленности – АО РКС, АО ИСС им. М.Ф. Решетнева, АО ВНИИЭМ, ООО Спутникс и другими. Возникшие постановки задач затем прорабатывались в рамках государственного задания, грантов РФФИ, РНФ, соглашений с Минобрнауки, стипендий Совета Президента по грантам.

Структура представленной диссертации отражает пять наиболее распространенных и востребованных практикой режимов углового движения, обеспечиваемых с помощью магнитной системы управления: гашение угловой скорости, стабилизация аппарата с ротором постоянной скорости вращения, управление быстро вращающимся аппаратом, движение в режиме ориентации на Солнце, трехосная ориентация. Эти содержательные разделы предваряет постановочная первая глава, в которой описываются используемые системы координат, уравнения движения, модели внешней среды.

Далее во второй главе рассматривается движение аппарата при действии алгоритма демпфирования в двух режимах: сначала на этапе переходного процесса, где изучается зависимость времени гашения скорости от параметров системы и начальных данных, а затем в установившемся режиме, где изучаются финальная скорость и направление вращения аппарата.

В третьей главе рассматривается движение аппарата с ротором – маховиком, вращающимся с постоянной скоростью. Эту главу можно разделить на две части. Сначала ротор используется для создания большого кинетического момента. Ось вращения ротора стабилизируется по нормали к плоскости орбиты, и в диссертации рассматривается время переходного процесса при использовании трех различных алгоритмов демпфирования. Далее изучается движение в установившемся режиме, когда магнитная система ориентации осуществляет поворот аппарата по углу тангажа. Вторая часть третьей главы посвящена весьма специфической задаче, в которой корпус аппарата вращается со скоростью до нескольких оборотов в секунду вокруг касательной к орбите. Ротор используется для компенсации кинетического момента корпуса. Предложено магнитное управление, поддерживающее описанный режим движения, и исследовано движение аппарата в случае вращения со скоростью до нескольких оборотов в минуту и до нескольких оборотов в секунду при дополнительном действии восстанавливающего аэродинамического момента.

В четвертой главе изучается движение аппарата, стабилизируемого вращением. Рассматривается связка из нескольких алгоритмов управления. Сначала изучаются переходные процессы, а затем более подробно – движение в окрестности требуемой ориентации. Исследуется устойчивость положений равновесия аппарата под действием алгоритма, основанного на рассогласовании требуемой и текущей угловых скоростей. Наконец, получены оценки величины нутационных колебаний, возникающих из-за отклонения главных центральных осей инерции от строительных.

В пятой главе рассматриваются движения аппарата в режиме стабилизации на Солнце под управлением алгоритма S_{dot} . Получено приближенное решение уравнений движения в новых эволюционных переменных в окрестности требуемого движения и предложены две модификации алгоритма, обеспечивающие однозначную стабилизацию на Солнце с поддержанием вращения.

Шестая глава посвящена трехосной ориентации в орбитальных или инерциальных осях. Предложена методика подбора коэффициентов усиления управления с обратной связью и

построено управления на основе скользящего режима. Проведено сравнение с результатами других исследователей.

Основные результаты диссертационной работы отражены в 36 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ (входящих в базы данных Web of Science и/или Scopus, 15 – в первый квартиль Web of Science). В 2016 году выпущена монография, в которой были собраны полученные на тот момент результаты соискателя по активному магнитному управлению угловым движением космических аппаратов. Результаты были представлены на ведущих отечественных и международных конференциях, диссертация была обсуждена на научных семинарах авторитетных научных организаций и учебных заведений. Диссертант преподает по совместительству в МФТИ, передавая свой опыт, приобретенный при выполнении исследований по теме диссертаций, студентам и аспирантам.

Диссертационная работа Д.С. Ролдугина вносит существенный вклад в теорию движения космических аппаратов, содержит важные новые научные результаты, полученные им лично. Диссертация соответствует требованиям Положения ВАК о присуждении ученых степеней, а автор достоин присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.7 – Теоретическая механика, динамика машин.

Отзыв составил научный консультант

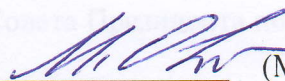
Михаил Юрьевич Овчинников,

доктор физико-математических наук, профессор,

главный научный сотрудник, и.о. заведующего отделом № 7 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им.

М.В. Келдыша Российской академии наук», почтовый адрес: 125047, Москва, Миусская пл. 4

Электронная почта: ovchinni@keldysh.ru, тел. +7-903-192-96-53



(М.Ю. Овчинников)

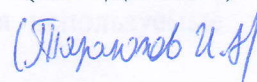
Подпись М.Ю. Овчинникова заверяю

Ученый секретарь ИПМ им. М.В. Келдыша РАН

кандидат физико-математических наук Александр Александрович Давыдов



(А.А. Давыдов)



« 25 » 07 2023 г.