

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу
Монаховой Ульяны Владимировны
«Исследование динамики управляемого относительного движения группы
малых космических аппаратов на низкой околоземной орбите»,
представленную на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук по специальности
1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин

Диссертационная работа У.В. Монаховой посвящена разработке алгоритмов управления относительным движением малых космических аппаратов в групповом полёте и исследованию характеристик управляемого движения под действием сил аэродинамического торможения на низких околоземных орбитах. Предложенные алгоритмы управления, подход к реализации управления с использованием естественных сил и результаты исследования динамики движения уже находят своё применение при разработке перспективных и планируемых миссий группового полёта, поэтому тема настоящего диссертационного исследования является актуальной, а сама работа – востребованной в настоящий период бурного роста числа запущенных малых космических аппаратов, в особенности аппаратов класса кубсат формата 3U. Рассмотренные У.В. Монаховой аспекты построения относительного поступательного движения и реализации требуемой аэродинамической силы сопротивления с помощью управления угловым движением аппаратов для обеспечения заданной площади поперечного сечения относительно набегающего потока позволяют ответить на основные вопросы о реализуемости миссии при конкретном аппаратном составе и об ожидаемых точностных характеристиках относительного движения.

У.В. Монахова разработала два децентрализованных алгоритма управления относительным движением группы малых космических аппаратов с учётом коммуникационных ограничений, которые заключаются в отсутствии информации об относительном движении соседних аппаратов при удалении аппаратов на расстояние, при котором система относительной навигации перестаёт работать. Основным преимуществом этой части работы является аналитическое обоснование обеспечения ограниченности относительных траекторий, полученное с использованием теории графов. Выведенная в работе аналитическая связь требуемого размера коммуникационной области и ошибок

выведения верифицирована с использованием численного исследования с использованием метода Монте-Карло.

Для планируемой совместно с НИИЯФ МГУ миссии по исследованию гамма всплесков и транзиентного излучения атмосферы У.В. Монаховой был разработан алгоритм аэродинамического управления относительным движением трёх малых спутников, которые при пролёте над экваториальной зоной должны находиться в вершинах правильного треугольника, причем размер его стороны должен равномерно увеличиваться от 100 км до 1000 км за время миссии 1 год. Численное исследование движения показали, что предложенное управление позволяет сформировать и поддержать требуемое движение в случае высокой солнечной активности при запуске на орбиту высотой 450 км, а при низкой солнечной активности миссия реализуема только при малых ошибках выведения, не превышающих 0.01 м/с по скорости и 10 м по положению.

Для обеспечения требуемой аэродинамической силы сопротивления У.В. Монаховой был разработан алгоритм стабилизации гравитационных положений равновесия динамически вытянутого малого космического аппарата форм-фактора кубсат 3U с помощью магнитных катушек. Введение матричных коэффициентов управления позволило с помощью теории Флоке найти область устойчивости положений равновесия в пространстве параметров. Время переходных процессов и точность стабилизации кубсата в положении с максимальной и минимальной площадью поперечного сечения относительно набегающего потока было исследовано с помощью численного исследования управляемого движения. Предложенный алгоритм управления угловым движением был применён к задаче построения треугольной формации.

Все приведенные в диссертационной работе У.В. Монаховой результаты являются новыми, они в достаточной мере опубликованы в международных и отечественных изданиях, а также были доложены на множестве отечественных и международных конференций и научных семинаров. Полученные в диссертационной работе результаты получены автором самостоятельно, постановки задач были сформулированы научным руководителем. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ в изданиях, рекомендованных ВАК, четыре из которых входят в Q1 базы научного цитирования Сеть науки (Web of Science).

За время работы над диссертацией Монахова Ульяна Владимировна проявила себя как квалифицированный исследователь, специалист в области теоретической механики, динамики космического полёта и математического

моделирования. Во время выполнения большого объема работы У.В. Монахова активно использовала современные методы теории устойчивости, теории графов и теории управления. Считаю, что выполненная Монаховой Ульяной Владимировной диссертационная работа «Исследование динамики управляемого относительного движения группы малых космических аппаратов на низкой околоземной орбите» представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне, удовлетворяет всем требованиям о присуждении учёных степеней. Автор диссертационной работы, Монахова У.В., заслуживает присвоения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.7.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Научный руководитель
кандидат физико-математических наук,
доцент
старший научный сотрудник
Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики
им. М.В. Келдыша Российской академии наук»,
125047, Москва, Миусская пл., д.4,
danilivanovs@gmail.com
+74992207929

Д.С. Иванов

26.02.2024

Подпись Иванова Данила Сергеевича заверяю

Ученый секретарь
Федерального государственного учреждения
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной математики
им. М.В. Келдыша Российской академии наук»,
кандидат физико-математических наук

А.А. Давыдов



26.02.2024