

Авиамоторная, д. 53, Москва, 111250, почтовый адрес: а/я 16, г. Москва, 111250
тел.: +7 495 673-94-30, факс: +7 495 509-12-00, www.russianspacesystems.ru, contact@spacecorp.ru
ОКПО11477389 ОГРН1097746649681 ИНН7722698789 КПП774550001

от 17.05.2023 № РКС НТС 9-13

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Чэнь Шумина**
**«Разработка программ управления для развертывания вращающихся
тросовых группировок космических аппаратов»**
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.5.16 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных
аппаратов»

Диссертационная работа направлена на решение **важной актуальной научной задачи** разработки алгоритмов и программ управления при формировании тросовых группировок космических аппаратов (ТГКА) «треугольник» и «ступица-спицы», а также анализу устойчивости их движения с точки зрения сохранения заданной геометрической конфигурации.

Актуальность этой задачи определяется тем фактом, что тросовые группировки космических аппаратов (КА) имеют для выполнения ряда целевых задач преимущества по сравнению с использованием «обычных» орбитальных группировок, в которых КА не связаны между собой механическими связями. Наличие механических связей в виде тросов между КА позволяет создавать на орбите достаточно сложные и в то же время протяженные геометрические структуры, что невозможно с помощью традиционных технологий. Применение подобных систем позволяет реализовывать множество перспективных космических миссий.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в следующем:

- Построены математические модели движения ТГКА конфигураций «треугольник» и «ступица-спицы» с различной степенью детализации описывающие процесс их формирования и предназначенные для построения программ управления, а также модели с учетом движения КА относительно

Входящий № 207-3836
Дата 24 МАЙ 2023
Самарский университет

центра масс для проверки реализуемости предлагаемых управлений при действии возмущений.

- Предложена и исследована номинальная программа управления силами натяжения тросов и реактивными силами при развертывании треугольной ТГКА. Получено аналитическое решение уравнений для важных частных случаев.

- С использованием основанного на движении системы по поверхности скольжения метода разработаны программы управления реактивными силами и силами натяжения тросов при развертывании вращающейся треугольной ТГКА.

- Предложены и исследованы программы управления при формировании ТГКА «ступица-спицы», реализующие терминальный принцип управления по конечному состоянию системы. Нелинейный закон развертывания ТГКА строится в соответствии с принципами робастного управления с учетом наличия ограниченных возмущений и возмущений, связанных с начальным состоянием системы.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

Разработанные алгоритмы управления ТГКА для формирования конфигураций «треугольник» и «ступица-спицы» при их реализации могут быть использованы для проектирования перспективных космических миссий. Соискателем разработаны соответствующие подсистемы (математическое, программное и методическое обеспечение) предлагаемого и разработанного инструментария исследуемой системы.

В качестве рекомендаций следует отметить следующее.

1. В работе, на наш взгляд, целесообразно было бы рассмотреть более глубоко одну-две космические миссии, реализующие рассматриваемые вращающиеся тросовые группировки космических аппаратов («треугольник» и/или «ступица-спицы»). Такое рассмотрение позволило бы детально отметить эффективное их применение на отдельных участках полета, в том числе, на начальном и конечном этапах экспериментов.

2. В автореферате положения, выносимые на защиту, сформулированы как новые научные результаты, в то время как ВАК рекомендует их представлять как основные выводы и рекомендации. Одновременно представленные положения, на наш взгляд, не рационально «дробить» на более мелкие позиции, как это сделано соискателем.

Однако, несмотря на отмеченные рекомендации, диссертация **Чэнь Шумина** представляет собой **завершенную научную работу**, в которой решена актуальная научная задача разработки алгоритмов и программ управления при формировании тросовых группировок космических аппаратов.

Учитывая актуальность научной задачи, решаемой в диссертационной работе, научную новизну и практическую значимость работы, а также существенный личный вклад автора в разработку и реализацию результатов научных исследований Чэнь Шумин заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Главный научный сотрудник-заместитель начальника экспертно-аналитического центра АО «Российские космические системы», заслуженный деятель науки РФ, чл.-корр. РАН, д.т.н, профессор 8-495-673-96-61, Email: betanov@spacecorp.ru

Владимир Вадимович Бетанов

Подпись главного научного сотрудника-заместителя начальника центра Бетанова Владимира Вадимовича заверяю.

Ученый секретарь
АО «Российские космические системы»,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Сергей Анатольевич Федотов

«17» мая 2023 г.

