

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

о работе над диссертацией Чэнь Шумин «Разработка программ управления для развёртывания вращающихся тросовых группировок космических аппаратов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 - Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов

Чэнь Шумин в 2019 году окончила Северо-Западный политехнический университет (СЗПУ), в КНР по специальности «Теория управления и техника управления» (Control theory and control engineering). Присуждена квалификация магистр.

В период подготовки диссертации соискатель Чэнь Шумин с 2019 г. по 2023 год обучалась в очной аспирантуре Самарского университета по направлению подготовки 24.06.01 – Авиационная и ракетно-космическая техника: специальность 2.5.16 – Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

За время обучения в аспирантуре Чэнь Шумин зарекомендовала себя с самой лучшей стороны. Она увлеченно и упорно работала над диссертацией, проявляла самостоятельность в исследованиях. Предлагала оригинальные пути и методы для решения поставленных перед ней задач. Упорство и трудолюбие позволило ей подготовить диссертационную работу в срок. Чэнь Шумин за время подготовки работы овладела методами аналитической механики, вычислительной математики, показала, что она способна разрабатывать сложные программы с использованием современных программных средств.

Актуальность проведенного диссертационного исследования связано с перспективностью применения орбитальных тросовых систем в космонавтике.

В частности, вращающиеся тросовые группировки космических аппаратов (ТГКА) могут обеспечить согласованный полет нескольких космических аппаратов (КА) с малым расходом топлива, так как структурная устойчивость такой космической системы связана с действием центробежных сил инерции при условии наличия необходимой угловой скорости вращения. Обеспечение такого полета с помощью традиционных средств без использования тросов связана с большими трудностями, так как требует постоянных корректирующих воздействий на движение каждого КА. В настоящее время существует большое количество проектов полезного использования ТГКА различных конфигураций, например, как многоточечные распределенные измерительные системы для мониторинга гравитационного и магнитного полей, ионосферы Земли; как системы наблюдения за дальним и ближним космосом; как системы сканирования земной поверхности с большой базой и др. Однако динамика таких многоэлементных систем в настоящее время еще

недостаточна изучена, особенно это касается вопросов их формирования или развертывания.

Для исследования движения ТГКА в диссертации разработаны адекватные математические модели различной сложности. Эти модели позволили подробно изучить процесс развертывания таких систем. Более простые модели, построенные с помощью уравнений Лагранжа, используются для построения номинальных программ развертывания ТГКА, и для аналитических оценок. Другие модели, учитывающие растяжимость тросов и односторонность механических связей (в них тросы могут быть не натянутыми), а также начальные и постоянно действующие возмущения, применяются для проверочных расчетов для оценки эффективности предложенных программ управления. Основная особенность работы заключается в учете движения КА относительно центров масс и исследования влияния этого движения на процесс развертывания ТГКА рассматриваемых конфигураций. То есть поставленная задача формирования ТГКА конфигураций «треугольник» и «ступица – спицы» решается в более полной постановке.

Основные научные результаты работы, следующие:

1. Построены математические модели движения ТГКА конфигураций «треугольник» и «ступица-спицы» с различной степенью детализации описывающих процесс их формирования, предназначенные для построения программ управления и для проверки реализуемости предлагаемых управлений при действии возмущений.

2. Предложена и исследована номинальная программа управления силами натяжения тросов и реактивными силами при развёртывании треугольной ТГКА. Получено аналитическое решение уравнений движения, позволяющее оценить предельное значение угловой скорости вращения системы после окончания ее формирования.

3. Получены аналитические оценки для величины угловой скорости вращения треугольной ТГКА, необходимой для устойчивого её вращения после развертывания системы.

4. С использованием метода, основанного на движении системы по поверхности скольжения, разработаны программы управления реактивными силами и силами натяжения тросов при развёртывании вращающейся треугольной ТГКА. Показано, что включение в контур управления вспомогательной динамической системы позволяет ещё на этапе проектирования системы управления учесть заданные ограничения на управляющие воздействия.

5. Предложены и исследованы программы управления при формировании ТГКА «ступица-спицы», реализующие терминальный принцип управления по конечному состоянию системы. Нелинейный закон развёртывания ТГКА строится в соответствии с

принципами робастного управления с учётом наличия ограниченных возмущений, действующих в процессе развёртывания системы, и возмущений, связанных с её начальным состоянием.

Практическая значимость работы в основном заключается в определении состава систем управления, в разработке схем автоматического управления процессом развёртывания ТГКА рассматриваемых конфигураций, которые можно использовать при проектировании перспективных космических миссий, в получении простых инженерных аналитических оценок основных характеристик движения ТГКА при их формировании.

Все основные результаты, выносимые на защиту, получены лично Чэнь Шумин или при непосредственном ее участии, и обладают научной новизной.

Чэнь Шумин активно участвовала и делала доклады на всероссийских и международных конференциях. Все результаты опубликованы. По теме диссертации имеет 11 публикаций. В том числе 3 статьи опубликованы журналах, входящих в список, рекомендованный ВАК, и 6 статей индексируются в базах SCOPUS и WOS. Считаю, что работа хорошо апробирована.

Выполненная на высоком уровне диссертация Чэнь Шумин является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей всем критериям для кандидатских диссертаций, установленным Положением о присуждении ученых степеней, и содержит новые научные результаты и решение актуальной задачи разработки методов управления движением ТГКА «треугольник» и «ступица – спицы», имеющих существенное теоретическое и практическое значение для космической отрасли.

По моему мнению, автор диссертации Чэнь Шумин заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.16 - Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов.

Научный руководитель,
профессор кафедры программных систем
Самарского университета,
д.т.н., профессор

Ю.М. Заболотнов

Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева» (Самарский университет)
443086, г. Самара, Московское шоссе, 34
(846) 267-46-73
yumz@yandex.ru



Подпись Заболотнова ЮМ удостоверяю
Ученый секретарь Самарского университета
И.П. Васильева Васильева И.П.
«01» марта 20 23 г.