



Госкорпорация «Росатом»
Федеральное государственное унитарное предприятие

**МОСКОВСКОЕ
ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ
БЮРО «Марс»
(ФГУП МОКБ «Марс»)**

1-й Щемиловский пер., д.16
Москва, 127473
Телефон (495) 688-64-44, факс (499) 973-18-96
E-mail: office@mokb-mars.ru
ОКПО 07544111, ОГРН 1027739113654
ИНН 7707058167, КПП 770701001



ЖДАЮ
УП "МОКБ "Марс"
ой работе
Т.Н. Соколов В.Н.

08.11.18

№ 001/5611

На №

от

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГУП «Московское опытно-конструкторское бюро «Марс» на диссертационную работу Макаренковой Надежды Алексеевны «Система управления пространственной ориентацией солнечного паруса бескаркасной центробежной конструкции без расхода рабочего тела», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Актуальность работы

Работа посвящена разработке принципов построения системы управления ориентацией космического аппарата (КА) типа солнечного паруса, находящегося на гелиоцентрической орбите. Такие КА в последнее время считаются одними из наиболее перспективных вариантов космических аппаратов для дальних перелётов, так как не требуют расхода топлива для своего перемещения: в качестве источника тяги используется световое давление, действующее на плёнку большой площади. Для увеличения срока эксплуатации такого вида космических аппаратов требуется разработка системы управления ориентацией, которая позволит обойтись без расхода рабочего тела, что и решается в диссертационной работе.

Краткая характеристика и научная новизна проведённого исследования

В диссертационной работе рассмотрена конструкция КА, состоящая из неподвижного приборного отсека и солнечного паруса. Форма поверхности кругового зеркального паруса большой площади поддерживается центробежными силами, возникающими при его вращении совместно с жёсткой вставкой, закреплённой в центре. Для компенсации кинетического

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. №

09 11 2018

момента жёсткой вставки и плёнки паруса в конструкцию приборного отсека введен маховик.

Автором диссертационной работы предложен подход к осуществлению переориентации КА в пространстве, основанный на перераспределении по направлению векторов кинетических моментов его вращающихся составных частей: тонкой зеркальной плёнки с жёсткой вставкой и маховика и разработан соответствующий алгоритм управления, обеспечивающий пространственный разворот космического аппарата на желаемый угол относительно неподвижной системы координат. В качестве основного критерия оценки эффективности рассматривается время разворота. В качестве аналога автор рассматривает возможность создания внешнего момента за счёт давления солнечного света, возникающего при разных коэффициентах отражательной способности отдельных частей поверхности плёнки. Подобный принцип был использован, например, на космическом аппарате «Ikaros» (Япония). Расчёты, проведённые автором, показали преимущество по временным и энергетическим затратам предлагаемого принципа управления по сравнению с аналогом.

Помимо разработанного алгоритма управления пространственной ориентацией солнечного паруса, автором проведено исследование методов математического описания поверхности плёнки: установлена форма поверхности паруса, которая получается при равномерном развороте, а также найдены частоты колебаний плёнки. Так как в предложенной автором модели отсутствуют диссипативные силы, а частоты колебаний плёнки сильно разнесены друг от друга, автор предлагает алгоритм демпфирования колебаний самого низкого ненулевого тона, оказывающего самое значительное влияние на поверхность плёнки.

Автором также рассмотрено влияние внешних возмущающих воздействий при использовании предложенного способа управления ориентацией. Выявлено, что важным условием стабилизации ориентации приборного отсека является равенство по модулю кинетического момента маховика абсолютной сумме кинетических моментов жёсткой вставки и плёнки. Это требует наличия системы стабилизации, использующей инерционный момент маховика, и в свою очередь приводит к необходимости поддержания его скорости в линейном диапазоне, то есть периодического проведения операции разгрузки.

В качестве возможного решения данной задачи автор предлагает изменение отражательной способности поверхности плёнки, с помощью чего

можно регулировать частоту вращения плёнки и, соответственно, жёсткой вставки. Соискателем разработан соответствующий алгоритм управления, работоспособность которого доказана приведёнными в работе результатами моделирования. Также автором отмечается возможность регулировать направление вектора кинетического момента системы «жёсткая вставка – плёнка» путём изменения отражательной способности поверхности плёнки. При этом автор отмечает, что энергия на изменение отражательной способности может быть получена в том числе за счёт перевода кинетических энергий плёнки, жёсткой вставки и маховика в электрическую.

Научная и практическая значимость полученных результатов

Всё вышесказанное позволяет говорить о том, что автором проведена большая научно-исследовательская работа, охватывающая решение сразу нескольких новых и важных задач при разработке принципов построения системы управления пространственной ориентацией КА с солнечным парусом. Описанные принципы управления и разработанные алгоритмы имеют большую практическую ценность, причём не только для солнечных парусов. Алгоритм демпфирования колебаний плёнки большой площади и способ оценки её отклонения от плоской поверхности могут быть использованы для солнечных батарей или гибких антенн схожей конструкции. Алгоритм управления пространственным положением путём перераспределения по направлению векторов кинетических моментов вращающихся элементов конструкции может быть актуален для КА с вращающимися элементами. Алгоритм управления векторами кинетических моментов вращающихся элементов конструкции путём изменения отражательной способности позволит осуществлять разгрузку накопленной кинетической энергии. Поэтому использование результатов диссертационной работы возможно в таких организациях, как ФГУП "ЦНИИ Машиностроения", НПО им. С.А. Лавочкина, РКК «Энергия», ГКНПЦ им. М.В. Хруничева.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Обоснованность и достоверность приведённых результатов и научных положений базируется на корректности использования автором математической базы и физических положений, работоспособности приведённой математической модели плёнки, приемлемости принятых при исследовании допущений.

Теоретические и практические результаты исследований по теме диссертации изложены в трёх работах, опубликованных в журналах из списка ВАК, и пяти работах, опубликованных в сборниках тезисов докладов

конференций. При этом следует отметить, что соискатель является единственным автором всех опубликованных статей по теме диссертации. Также соискатель принимал участие в шести конференциях, где его доклад занимал призовые места в соответствующих секциях, в рамках которых докладывалась работа.

Замечания

Можно отметить следующие замечания по диссертационной работе.

- 1) Не достаточно четко сформулированы конкретные технические требования к системам рассматриваемого типа.
- 2) Не указан способ реализации управляющих воздействий, формируемых алгоритмом демпфирования.
- 3) При оценке и сравнении энергетических затрат не используются характеристики конкретных устройств, а используются лишь некоторые соображения общего характера.

Несмотря на указанные замечания, работа представляет собой завершённое научное исследование, в полной мере решающее все поставленные автором задачи, и заслуживает положительную оценку.

Заключение

Полученные соискателем результаты имеют весьма важную практическую ценность и являются актуальными для разрабатываемых космических аппаратов, осуществляющих длительные перелёты. Диссертационная работа Макаренковой Н.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой разрабатывается система управления пространственной ориентацией солнечного паруса бескаркасной центробежной конструкции без расхода рабочего тела. Работа отвечает всем критериям, изложенным в «Положении о присуждении учёных степеней» ВАК, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Начальник направления 1
ФГУП "Московское опытно-
конструкторское бюро "Марс"

Шатский
06.11.18

к.т.н., доцент М.А. Шатский

Отзыв ведущей организации на диссертацию обсужден и одобрен на заседании Президиума НТС ФГУП "МОКБ Марс", протокол № 6 от 06.11.2018.