

Госкорпорация «Роскосмос»

Акционерное общество

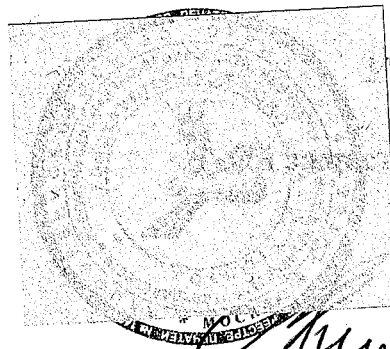
**"ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР имени М.В. ХРУНИЧЕВА"**
(АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)

Конструкторское бюро "Салют"

Новозаводская ул., д.18, г. Москва, 121309, тел.: 8 (499) 749 50 30, факс: 8 (495) 797 33 94
e-mail: salut@khrunichev.com, <http://www.khrunichev.ru>
ОГРН 5177746220361, ИНН/КПП 7730239877/773001001

21.11.2018 № К113/6657

На № _____ от _____



ТВЕРЖДАЮ

**итель Генерального
конструктора, д.т.н.**

А.В. Владимиров
20.11.2018

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации 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»

Солнечный парус – один из вариантов движителя для космических аппаратов, осуществляющих длительные перелёты за счёт использования давления фотонов на свою поверхность. В последнее время всё чаще к проектам солнечных парусов обращаются ведущие аэрокосмические организации мира – Роскосмос с проектом «Знамя», Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства (NASA) с проектом «NanoSail-D», Японское агентство аэрокосмических исследований (JAXA) с проектом «IKAROS». Направление тяги солнечного паруса напрямую зависит от его ориентации по отношению к солнечным лучам, поэтому задача об управлении его угловым положением является весьма актуальной. В работе соискателя ставится интересная задача – обеспечить переориентацию космического аппарата без расхода рабочего тела, в том числе, на разгрузку кинетического момента. Постановка задачи

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАМ
Вх. № 23 11 2018 1 из 3

является нетривиальной ввиду особенности объекта управления – солнечного паруса бескаркасной конструкции, в которой форма поверхности плёнки поддерживается за счёт центробежных сил. Подобная постановка задачи не рассматривалась в известных источниках, что свидетельствует о **научной новизне** проведённого исследования. Работа имеет и **практическую значимость**. Разработанные соискателем алгоритмы могут представлять интерес при разработке современных систем управления космическими аппаратами с вращающимися гибкими элементами конструкции с большим кинетическим моментом, форма которых поддерживается за счёт центробежных сил.

Первая глава работы посвящена разработке математической модели гибкого солнечного паруса, представляющего собой вращающийся диск, выполненный из пленочного материала. Предложена модель паруса в виде набора жестких аппроксимирующих окружностей, соединенных тонкой невесомой пленкой. Проведено численное моделирование, результаты которого оказались близки к данным, полученным на конечноэлементной модели. По результатам моделирования выбраны оптимальные параметры модели и разработан закон управления, позволяющий гасить колебания гибкого солнечного паруса.

Во второй главе приводится разработка алгоритма пространственной переориентации космического аппарата путём изменения вектора суммарного кинетического момента солнечного паруса и компенсирующего двигателя-маховика. При разработке алгоритма были учтены особенности предложенной модели гибкого солнечного паруса и сформулированы ограничения на динамические параметры совершаемых манёвров. Проведено численное моделирование, результаты которого показали эффективность предложенного алгоритма.

Третья глава посвящена вопросу организации разгрузки суммарного кинетического момента солнечного паруса и двигателя-маховика. В работе рассмотрен вариант создания внешнего момента за счёт изменения отражательной способности отдельных секторов солнечного паруса. Приведены математические соотношения, показывающие возможность такой разгрузки и найден оптимальный угол падения солнечных лучей на поверхность паруса для максимизации разгружающего механического момента. Разработанный алгоритм разгрузки был проверен численным моделированием, подтвердившим его работоспособность. По результатам моделирования были найдены закономерности между площадью солнечного паруса и частотой проведения разгрузок, а также приведены оценки возможности использования вращающегося солнечного паруса в качестве накопителя энергии.

В работе решена поставленная задача исследования – найден алгоритм пространственного разворота солнечного паруса и составлено его подробное математическое описание. Также решен ряд сопутствующих задач: проведено исследование предполагаемой формы поверхности плёнки при эволюции паруса, построен алгоритм демпфирования колебаний плёнки, предложен способ и алгоритм разгрузки избыточного кинетического момента

поверхности паруса, проведена оценка требуемой площади солнечных батарей и возможной величины электрической энергии, полученной в результате рекуперации кинетических энергий вращающихся частей конструкции солнечного паруса.

В качестве недостатка следует отметить, что в автореферате не поясняется, позволяют ли современные технологии реализовать предложенные алгоритмы на практике. В частности, хотелось бы уточнить возможность изменения отражательной способности поверхности плёнки с достаточно большой частотой. Также следует отметить, что из текста автореферата не ясно проводился ли в диссертационной работе сравнительный анализ разработанной математической модели гибкого солнечного паруса с какими-либо другими существующими подобными моделями. Указанные недостатки, конечно, не снижает ценности и научного уровня работы.

В целом, судя по автореферату, диссертационная работа Макаренко Н. А. представляет вполне законченное научное исследование и удовлетворяет требованиям постановления «О порядке присуждения учёных степеней», а её автор Макаренко Надежда Алексеевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Подпись: 

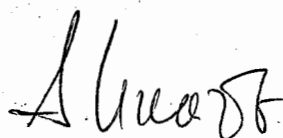
Дата: 20.11.2018г.

Фамилия, имя, отчество рецензента: Давыдов Алексей Алексеевич

Ученая степень: кандидат физико-математических наук

Место работы: АО «ГКНПЦ им М.В. Хруничева», КБ «Салют»

Должность: заместитель начальника отдела

Подпись: 

Дата: 20.11.2018

Фамилия, имя, отчество рецензента: Игнатов Александр Иванович

Ученая степень: кандидат физико-математических наук

Место работы: АО «ГКНПЦ им М.В. Хруничева», КБ «Салют»

Должность: начальник сектора