



ОКПО
07508902

АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЦЕНТР



“АЛТАЙ”

659322, г. Бийск Алтайского края, ул. Социалистическая, 1,
факс (3854)311309, 317283, телетайп-телекс 233413 КЛЕН,
тел. (3854) 301067, 301807,
e-mail: post@frpc.secna.ru, Internet: http://www.frpc.secna.ru

05 СЕН 2016

№ 24-2466

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора-
директор – главный конструктор по
НИОКР, кандидат технических наук

А.В. Литвинов

2016г.



На № _____ от _____

Отзыв

на автореферат диссертации

Жукова Андрея Петровича «Динамика отражающей поверхности крупногабаритного зонтичного рефлектора космического аппарата», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

Актуальная по постановке диссертационная работа Жукова А.П. целенаправлена на разработку математической модели нежесткого КА с крупногабаритным зонтичным рефлектором, а также исследование динамического состояния отражающей поверхности рефлектора при различных внешних механических воздействиях.

Принципиальной новизной рецензируемой диссертации является выбор автором метода прямого динамического анализа переходных процессов, который, в отличие от общепринятого метода суперпозиции форм свободных колебаний, позволяет более подробно рассмотреть динамику рефлектора с учетом геометрической нелинейности механического поведения его конструкции.

Диссертация Жукова А.П. состоит из введения, пяти глав основного текста, заключения и списка использованной литературы в количестве 154 наименований.

Во **введении** представлен обзор существующих типов конструкций трансформируемых рефлекторов, отмечаются их преимущества и недостатки, а также основные проблемы, связанные с их разработкой и эксплуатацией. Достаточно полно раскрыта актуальность темы диссертации, сформулированы научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе на основе анализа отечественных и зарубежных литературных источников формируется обобщенный облик КА с крупногабаритным зонтичным рефлектором, содержащий все основные конструктивные элементы, типичные для рассматриваемого класса изделий. Формируется физическая модель, проводятся необходимые упрощения, выбираются массо-габаритные параметры и материалы конструктивных элементов. Из анализа возможных внешних силовых нагрузок автор делает вывод о целесообразности учета при исследовании динамики рефлектора только возмущений от системы управления КА.

Вторая глава диссертации посвящена разработке математической и численной (МКЭ) моделей нежесткого КА с крупногабаритным зонтичным рефлектором на основе нестационарной, геометрически нелинейной системы уравнений механики деформируемого твердого тела. В качестве модели механического поведения материалов сетеполотна, силового каркаса и вант выбрана модель линейно-упругого изотропного материала.

В качестве количественной оценки качества отражающей поверхности рефлектора выбрана величина среднеквадратичного отклонения (СКО) точек контура сетеполотна от поверхности «родительского» парабалоида.

Автором предложен оригинальный способ определения начального напряженно-деформированного состояния рефлектора, обусловленного его предварительной настройкой до состояния, характеризующегося минимальным СКО. Этот способ основан на принципе последовательного снятия связей с предварительно закрепленного рефлектора, адаптирован к различным способам крепления рефлектора к корпусу КА и позволяет ускорить сходимость численного решения задачи.

Для численной реализации поставленной в диссертации задачи Жуковым А.П. выбран метод конечных элементов, реализованный в программном пакете ANSYS. На базе библиотеки конечных элементов (КЭ) ANSYS с использованием встроенного языка параметрического программирования APDL соискателем разработана параметрическая КЭ модель КА с крупногабаритным зонтичным рефлектором и алгоритм решения динамической задачи. Приведена блок-схема созданного программного комплекса.

В третьей главе оценивается достоверность созданной КЭ модели КА с крупногабаритным рефлектором. Верификация проводилась посредством сравнения собственных результатов численного моделирования колебаний геометрически простых тел (балка, пластина) с численными и экспериментальными результатами, полученными другими авторами, а также сравнением результатов КЭ анализа обобщенной модели мембранного рефлектора с известным аналитическим решением. На завершающем этапе тестирования проводилась проверка сходимости численных алгоритмов и

определялись оптимальные параметры дискретизации пространственной КЭ сетки и шага интегрирования по времени.

В четвертой главе представлены основные результаты численных исследований соискателя по теме диссертации. Анализировалось динамическое поведение разработанной КЭ модели КА с рефлектором при внешних механических воздействиях от системы управления в виде одиночного импульса, а также последовательности двух идентичных импульсов противоположного знака. Автором рассмотрено влияние на процесс формы управляющего импульса, интенсивности и длительности воздействия, интервала между импульсами, способа закрепления рефлектора на корпусе КА (за ступицу, за спицу) и типа вантовой сети (арочная, подкосная). Показано, что при определенном согласовании параметров возмущений с амплитудно-частотными характеристиками КА и рефлектора можно добиться отсутствия остаточных колебаний системы после устранения внешней нагрузки. Полученные в этой главе результаты имеют существенное практическое значение для специалистов, занимающихся проектированием систем управления КА.

Пятая глава диссертации посвящена моделированию процесса активного подавления колебаний нежесткого КА с зонтичным рефлектором. Метод основан на управлении полной энергией колеблющейся системы посредством циклического изменения жесткости полой штанги, крепящей рефлектор к корпусу КА путем запрограммированного (в зависимости от выбранного управляющего параметра – изгибающего момента в среднем сечении штанги) изменения подачи (сброса) в нее внутреннего давления газов. В результате проведенного численного анализа соискателем показана принципиальная работоспособность указанного метода демпфирования и получены количественные оценки коэффициентов затухания колебаний СКО отражающей поверхности рефлектора.

В порядке замечаний к диссертационной работе следует отметить следующее:

1) В работе не рассмотрено влияние уровня механических характеристик элементов колебательной системы КА с рефлектором на изменение ее динамических характеристик. Вместе с тем, в процессе длительной (около 10 лет) эксплуатации характеристики конструкционных материалов силового каркаса и сетеполотна могут существенно изменяться вследствие процессов физико-химического старения и механической усталости.

2) При численном моделировании колебаний рефлектора рассмотрены только механические (силовые) нагрузки. Кроме них на КА и рефлектора действуют циклические тепловые нагрузки и возможны эффекты локального затенения одних его элементов другими, что создает предпосылки для

формирования нестационарного и неоднородного теплонапряженного состояния конструкции. Было бы интересно с практической точки зрения оценить значимость этого эффекта на динамику исследуемой системы.

Указанные замечания не снижают ценности полученных соискателем результатов, а являются ориентиром для дальнейших исследований.

В целом, рассмотренная диссертационная работа является завершенной квалификационной работой, выполнена на высоком научном уровне, по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Жуков Андрей Петрович, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Рецензент

Начальник отдела прочности,
доктор технических наук,
старший научный сотрудник



Анисимов И.И.

Ученый секретарь,
доктор технических наук



Татаринцева О.С.

ФИО: Анисимов Игорь Иванович

Ученая степень: доктор технических наук

Специальность, по которой защищена докторская

диссертация: 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Ученое звание: старший научный сотрудник

Полное название организации: Акционерное общество «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»

Название структурного подразделения – отдел прочности (отдел 27)

Должность – начальник отдела 27

Почтовый адрес:

659322, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1

Контактные телефоны: 8 (3854)30-18-54

e-mail: dep27@frpc.secna.ru

Я, Анисимов Игорь Иванович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Жукова Андрея Петровича, и их дальнейшую обработку

ФИО: Татаринцева Ольга Сергеевна

Ученая степень: доктор технических наук

Специальность, по которой защищена докторская

диссертация: 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

Полное название организации: Акционерное общество «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»

Название структурного подразделения – Ученый совет

Должность – ученый секретарь

Почтовый адрес:

659322, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1

Контактные телефоны: 8 (3854)30-18-54

e-mail: olga@frpc.secna.ru

Я, Татаринцева Ольга Сергеевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Жукова Андрея Петровича, и их дальнейшую обработку.