

Отзыв

официального оппонента о диссертационной работе

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

Проблемы, связанные с функционированием спутниковых рефлекторных антенн в условиях космического полета, приобретают особую важность в связи с разработкой крупногабаритных рефлекторов, отражающая поверхность которых сформирована из металлического трикотажного материала. Космический аппарат с таким рефлектором представляет нежесткую механическую структуру. В результате этого, возмущения, обусловленные работой различных систем космического аппарата, вызывают колебания, которые искажают форму отражающей поверхности рефлектора, что отрицательно сказывается на его радиотехнических характеристиках. До сих пор вопросы, связанные с динамикой крупногабаритного рефлектора в составе космического аппарата, минимизацией динамического отклонения отражающей поверхности от стационарного положения, демпфированием колебаний подобных конструкций являются недостаточно исследованными темами. Решение подобных задач на основе наземных экспериментов или с использованием натуральных объектов является технически крайне сложным и экономически затратным делом. Этим объясняется возрастающее значение численных методов исследования. При этом требуются математические модели, которые позволяют учитывать все основные конструктивные элементы космического аппарата, включая отражающую поверхность рефлектора, а также преднапряженное состояние конструкции рефлектора, которое обусловлено настройкой формы его отражающей поверхности.

В этой связи тема диссертации Жукова А.П., целью которой является создание математической и численной моделей нежесткого космического аппарата с крупногабаритным зонтичным рефлектором и проведения на их основе исследования динамического состояния отражающей поверхности рефлектора при различных условиях функционирования космического аппарата, является безусловно актуальной.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы, содержащего 154 источника.

Во введении представлен обзор основных научных работ по различным направлениям, связанным с разработками и анализом конструкций крупногабаритных рефлекторов, обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель,

основные задачи, научная и практическая значимость работы, а также положения, выносимые на защиту. Отражены апробация и внедрение полученных результатов.

Первая глава посвящена обоснованию выбора параметров физической модели нежесткого космического аппарата с зонтичным рефлектором. Для оценки параметров модели привлекались различные литературные источники. Сформированная модель не являлась образом какого-то конкретного космического аппарата. Однако она включала все основные конструктивные элементы, свойственные аппаратам такого типа. Кроме того, оценивались уровни нагрузок различной природы, действующие на космический аппарат, при его движении по геостационарной орбите. Делались допущения, упрощающие физическую модель космического аппарата.

Во второй главе представлена математическая модель нежесткого космического аппарата. Она строится непосредственно на системе нестационарных, нелинейных уравнений МДТТ. Это является важным ее отличием от моделей на основе метода суперпозиции собственных форм колебаний. Постановка начальных условий представляет отдельную задачу, которая, по сути, моделирует процесс сборки зонтичного рефлектора с заданными натяжениями шнуров формообразующей системы и материала отражающей поверхности, а также процедуру настройки формы отражающей поверхности. Начальные условия корректируются в зависимости от способа крепления рефлектора к корпусу космического аппарата. Приведена структура программного комплекса, в котором реализована численная динамическая модель космического аппарата. Данный программный комплекс создан на основе конечноэлементного пакета ANSYS, с использованием встроенного языка программирования APDL.

Третья глава посвящена подтверждению достоверности численной модели нежесткого космического аппарата. Верификация проводилась на последовательности постепенно усложняющихся тестовых задач. В начале проверялась применимость типов элементов, предоставляемых пакетом ANSYS, для решения динамических задач, как по отдельности, так и при совместном использовании. Затем верифицировалась конечноэлементная модель космического аппарата с рефлектором. Результаты показали хорошее согласование с известными аналитическим решением, численными решениями и экспериментальными данными других авторов. Показана сходимость численного решения задачи движения космического аппарата на последовательности сгущающихся пространственных и временных сеток. По результатам верификации достоверность численной модели нежесткого космического аппарата с зонтичным рефлектором сомнений не вызывает.

В четвертой главе представлены результаты численного исследования реакции отражающей поверхности зонтичного рефлектора на действия нестационарных возмущений, приложенных к корпусу нежесткого космического аппарата. Целью

исследования являлось определение таких параметров возмущения, при которых динамическое отклонение отражающей поверхности рефлектора от стационарного положения будет минимальным. В качестве возмущений рассматривались как отдельные "прямоугольные" (по времени) импульсы момента сил, так и последовательности из двух таких импульсов. При этом момент количества движения, передаваемый космическому аппарату отдельным импульсом был постоянным. Результаты исследования позволяют, заключить, что согласование длительности возмущения с периодом возбуждаемых колебаний приводит к существенному снижению амплитуды динамического отклонения отражающей поверхности или практически полному его устранению. Этот вывод справедлив и для возмущения, имеющего зависимость от времени отличную от "прямоугольной", например "синусоидальную".

В пятой главе предлагается метод активного демпфирования колебаний нежесткого космического аппарата. Автор рассматривает активное демпфирование с позиции управляемого изменения эффективной жесткости демпфера. В предлагаемом методе используется свойство тонкостенных трубчатых элементов конструкции (в данном случае штанги, соединяющей рефлектор с корпусом космического аппарата) изменять жесткость на изгиб под действием внутреннего давления. Численная реализация метода включала два этапа. На первом этапе определялась зависимость жесткости штанги от величины внутреннего давления. При этом газодинамическая задача не ставилась и полагалось равномерное распределение давления по внутренней поверхности штанги. На втором этапе в сценарий нагружения численной модели вводился закон управления изменением жесткости штанги. В качестве управляющего сигнала была выбрана величина изгибающего момента в середине штанги в текущий момент времени. Этот сигнал обрабатывался по заданному алгоритму, в результате чего определялась новая величина жесткости штанги. Результаты численного моделирования показали принципиальную работоспособность предлагаемого метода.

В заключении отмечены основные результаты и выводы, полученные при выполнении диссертационной работы.

К наиболее значимым научным результатам работы, полученным соискателем, можно отнести:

– математическую модель нежесткого космического аппарата с крупногабаритным зонтичным рефлектором на основе геометрически нелинейной системы уравнений движения деформируемого твердого тела, с учетом преднапряженного состояния конструкции рефлектора;

– метод получения начальных условий для численного решения задачи движения нежесткого космического аппарата при различных способах крепления крупногабаритного зонтичного рефлектора;

– условие согласования параметров возмущения с собственными частотами нежесткого космического аппарата, при выполнении которого динамическое отклонение отражающей поверхности рефлектора от оптимального положения минимально;

– метод активного демпфирования колебаний нежесткого космического аппарата, использующий свойство полой штанги, соединяющей рефлектор с корпусом, изменять изгибную жесткость при ее нагружении внутренним давлением, и подтверждение его работоспособности результатами численных экспериментов.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные модели, методы, компьютерные программы использовались или имеют перспективу использования при разработке новой космической техники АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию, отражает актуальность темы исследования, его цель и задачи, научную новизну, практическую значимость, обоснованность и достоверность научных положений, результатов и выводов, сформулированных в диссертации.

Публикация основных результатов диссертации в научной печати. По теме диссертации соискателем опубликовано 8 работ, в том числе 5 в рецензируемых научных изданиях из списка, рекомендованного ВАК Министерства образования и науки для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций.

По содержанию диссертации необходимо сделать следующие замечания:

1. В пункте «*научная новизна*» формулировки научных результатов не конкретны и носят характер констатации проделанной работы, не раскрывая сути научного результата.

2. Описание физико-механических характеристик конструктивных элементов рефлектора и космического аппарата следовало представить в табличном виде, а не распределять их по тексту диссертации, что снижает информативность и затрудняет анализ полученных результатов.

3. В математическую модель космического аппарата введена матрица демпфирования. Однако пассивное демпфирование колебаний в диссертации не рассматривается.


4. В работе исследована реакция отражающей поверхности рефлектора на действие различных типов возмущений. В процессе исследования характеристики конструктивных элементов рефлектора и космического аппарата (распределение масс, изгибная жесткость, натяжение сетеполотна и шнуров) оставались постоянными.

Следовало бы дополнить работу оценкой влияния этих характеристик на динамику отражающей поверхности рефлектора.

Сделанные замечания не снижают положительной оценки диссертационной работы.

Заключение. Диссертационная работа Жукова А.П. является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на хорошем квалификационном уровне. Автору удалось достичь поставленных целей, а полученные им результаты имеют существенное значение для разработки новых видов сложной космической техники. Поэтому диссертация «Динамика отражающей поверхности крупногабаритного зонтичного рефлектора космического аппарата» удовлетворяет требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 - Механика деформируемого твердого тела, а ее автор Жуков Андрей Петрович заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Официальный оппонент
директор Институт кадастра, экономики
и инженерных систем в строительстве
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Томский государственный
архитектурно-строительный университет»
634003, Томская обл., г. Томск,
пл. Соляная, д.2,
+7(3822)65-39-67,
rector@tsuab.ru,
<http://www.tsuab.ru>
доктор физико-математических наук,
профессор


подпись

Радченко
Андрей Васильевич

«05» сентября 2016 г.

Подпись А. В. Радченко удостоверяю.
Проректор по научной работе Томского
государственного архитектурно-строительного
университета




В.А. Клименов