

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 23 сентября 2016 года публичной защиты диссертации Жукова Андрея Петровича «Динамика отражающей поверхности крупногабаритного зонтичного рефлектора космического аппарата» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

На заседании присутствовали 22 из 26 членов диссертационного совета, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

1.	Христенко Юрий Федорович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р техн. наук	01.02.04
2.	Васенин Игорь Михайлович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
3.	Пикущак Елизавета Владимировна, ученый секретарь диссертационного совета	канд. физ.-мат. наук	01.02.05
4.	Архипов Владимир Афанасьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
5.	Биматов Владимир Исмагилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
6.	Бубенчиков Алексей Михайлович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
7.	Бутов Владимир Григорьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
8.	Ворожцов Александр Борисович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
9.	Герасимов Александр Владимирович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
10.	Глазырин Виктор Парфирьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
11.	Зелепугин Сергей Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
12.	Крайнов Алексей Юрьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
13.	Люкшин Борис Александрович	д-р техн. наук	01.02.04
14.	Макаров Павел Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
15.	Прокофьев Вадим Геннадьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
16.	Скрипняк Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
17.	Смоляков Виктор Кузьмич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
18.	Старченко Александр Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
19.	Тимченко Сергей Викторович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
20.	Шрагер Геннадий Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
21.	Шрагер Эрнст Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
22.	Якутенко Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05

Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор технических наук, старший научный сотрудник Христенко Юрий Федорович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – 2) диссертационный совет принял решение присудить А.П. Жукову учёную степень кандидата физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.13
на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23.09.2016 г., № 265

О присуждении **Жукову Андрею Петровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «**Динамика отражающей поверхности крупногабаритного зонтичного рефлектора космического аппарата**» по специальности **01.02.04** – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 31.05.2016 г., протокол № 255, диссертационным советом **Д 212.267.13** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 203-161 от 08.02.2008 г.).

Соискатель **Жуков Андрей Петрович**, 1960 года рождения.

В 1983 г. окончил Новосибирский государственный университет им. Ленинского комсомола.

Для подготовки диссертации с 01.04.2008 г. по 31.03.2013 г. был прикреплен к федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности научного сотрудника лаборатории исследования конструкций из композиционных материалов Научно-исследовательского института прикладной математики и механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный

исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре прочности и проектирования физико-технического факультета и в лаборатории исследования конструкций из композиционных материалов Научно-исследовательского института прикладной математики и механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Пономарев Сергей Васильевич**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория исследования конструкций из композиционных материалов Научно-исследовательского института прикладной математики и механики, заведующий лабораторией.

Официальные оппоненты:

Радченко Андрей Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», институт кадастра, экономики и инженерных систем в строительстве, директор института

Козлова Мария Александровна, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики нелинейных сред, младший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном **Мешковским Виталием**

Евгеньевичем (отдел «Крупногабаритные космические конструкции» Научно-исследовательского института специального машиностроения, заведующий отделом), **Колосковым Игорем Михайловичем** (кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского института специального машиностроения, заведующий сектором), **Смирновым Алексеем Владимировичем** (кандидат технических наук, Научно-исследовательский институт специального машиностроения, ученый секретарь,) указала, что актуальность темы диссертации обусловлена важностью проблемы сохранения формы отражающей поверхности крупногабаритной рефлекторной антенны при действии нестационарных возмущений, создаваемых работой различных систем и механизмов космического аппарата, находящегося в условиях орбитального полета. Диссертационную работу можно характеризовать как теоретически обоснованное исследование, представляющее интерес для специалистов в указанной области и имеющее существенное значение для развития механики деформируемого твердого тела. Новыми результатами, полученными соискателем, следует считать следующие: математическую модель движения нежесткого космического аппарата с крупногабаритным зонтичным рефлектором на основе геометрически нелинейной системы уравнений движения деформируемого твердого тела, с начальными условиями, учитывающими предварительно напряженное состояние конструкции рефлектора; метод получения начальных условий для численного решения задачи движения нежесткого космического аппарата при различных способах крепления крупногабаритного зонтичного рефлектора; формулировку условия согласования параметров возмущения с собственными частотами нежесткого космического аппарата, при выполнении которого динамическое отклонение отражающей поверхности рефлектора от стационарного положения минимально. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что модели, методы, компьютерные программы, разработанные в рамках выполнения диссертационной работы, использовались при разработке новой космической техники АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва».

Соискатель имеет 40 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 8 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5, в сборниках материалов международной и всероссийских конференций – 3. Общий объем публикаций – 1,93 п.л., личный вклад автора – 1,42 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Жуков А. П.** Реакция отражающей поверхности крупногабаритного рефлектора на действие возмущающего импульса / А. П. Жуков // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2011. – № 4 (16). – С. 101–109. – 0,29 п.л.

2. **Жуков А. П.** Технология получения начальных условий для задачи динамики крупногабаритного рефлектора / А. П. Жуков, С. В. Пономарев // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2012. – Т. 55, № 7/2. – С. 72–76. – 0,31 / 0,22 п.л.

3. **Жуков А. П.** Динамика отражающей поверхности крупногабаритного зонтичного рефлектора космического аппарата / А. П. Жуков, С. В. Пономарев, В. И. Халиманович, А. И. Величко // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 7/3. – С. 152–154. – 0,19 / 0,14 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов. Отзывы представили: 1. **Д. Б. Усманов**, канд. физ.-мат. наук, главный специалист по математическому обеспечению Отраслевого центра крупногабаритных трансформируемых механических систем АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева, г. Железногорск, Красноярский край, с замечаниями: недостаточно подробно описана конечно-элементная модель космического аппарата с зонтичным рефлектором, в состав которой входят такие разнородные

элементы как нити, мембраны, балки; не указана связь параметров возмущающих импульсов с характером маневрирования космического аппарата на орбите (изменение ориентации или положения точки стояния) и рекомендуемые режимы маневрирования для сохранения контроля за формой отражающей поверхности.

2. **И. И. Анисимов**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., начальник отдела прочности (отдел № 27) АО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», г. Бийск, и **О. С. Татаринцева**, д-р техн. наук, ученый секретарь Ученого совета АО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», г. Бийск, *с замечаниями*: не рассмотрено влияние уровня механических характеристик элементов колебательной системы космического аппарата 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-механического старения и механической усталости; при численном моделировании колебания рефлектора рассмотрены только механические (силовые) нагрузки, кроме которых на космический аппарат и рефлектор 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. 3. **Н. Ю. Гришаева**, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры механики и графики Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, *с замечаниями*: космический аппарат может содержать значительную массу жидкости (топлива), но из текста автореферата не ясно, учитывается ли наличие жидкости в математической и численной моделях космического аппарата; не описано влияние поворота панелей солнечных батарей на динамику отражающей поверхности. 4. **В. Н. Лейцин**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий лабораторией фундаментального и прикладного материаловедения НОЦ РиФМ Научно-технологического парка Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, г. Калининград, *с замечаниями*: описание параметров конечноэлементной модели является

недостаточно полным; некоторые рисунки трудночитаемы. 5. **В. Н. Цыпкин**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры проблем управления Московского технологического университета, *с замечаниями*: в автореферате не раскрыт вопрос определения собственных частот и форм колебаний космического аппарата, следовало бы привести наиболее характерные возбуждаемые формы колебаний; представляет интерес разделение изменения величины среднеквадратичного отклонения отражающей поверхности от статического положения на две компоненты: обусловленную собственно деформацией рефлектора; вызванную перемещением, связанным с изгибом штанги.

В отзывах отмечается, что исследования, посвященные разработке методов и моделей для анализа реакции отражающей поверхности рефлекторной антенны на действие нестационарных возмущений, обусловленных функционированием космического аппарата, являются крайне важными для достоверного прогноза поведения деформируемых конструкций перспективных рефлекторов в условиях космического полета. Автором исследована динамика отражающей поверхности рефлектора при действии на космический аппарат различных типов возмущений, определены условия, при которых динамические искажения формы зеркала рефлекторной антенны будут минимальны. Принципиальной новизной 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. Применение разработанных в рамках диссертационной работы моделей и методов может быть распространено на анализ динамики рефлекторов других типов, например, ободных или надувных.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что в сферу интересов **А. В. Радченко** входят вопросы численного моделирования напряженно-деформированного состояния конструкций при нестационарном механическом взаимодействии; в сферу интересов **М. А. Козловой** входит нестационарная механика анизотропных тел, математическое моделирование различных аспектов поведения материалов под действием

динамических нагрузок; **Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана** – ведущий российский университет в области исследований и разработки космической техники, в том числе крупногабаритных трансформируемых конструкций, методов анализа поведения таких конструкций при различных видах механического воздействия.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана численная модель нежесткого космического аппарата с крупногабаритным зонтичным рефлектором, учитывающая все основные элементы конструкции, в том числе и отражающую поверхность рефлектора, позволяющая описывать динамику отражающей поверхности в условиях орбитального полета;

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

предложен метод активного демпфирования колебаний нежесткого космического аппарата, использующий свойство полой штанги, соединяющей рефлектор с корпусом КА, изменять изгибную жесткость при ее нагружении внутренним давлением.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

в работе получены результаты фундаментального характера, которые вносят вклад в расширение существующих представлений о закономерностях динамического поведения деформируемых конструкций антенных рефлекторов в орбитальных условиях, а именно:

численно исследована реакция крупногабаритного рефлектора, как механической подсистемы космического аппарата, на действие возмущающих импульсов;

определено условие согласования параметров возмущений с собственными частотами нежесткого космического аппарата, при которых величина динамического среднеквадратичного отклонения от стационарного значения минимально;

показана применимость условия минимизации величины динамического среднеквадратичного отклонения для возмущений в виде отдельного импульса, так и для последовательности импульсов.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены модели и методы, которые могут быть использованы для прогнозирования динамического поведения крупногабаритного рефлектора космического аппарата в условиях космического полета;

получены закономерности динамического поведения рефлекторов, которые могут применяться при разработке рекомендаций для повышения эффективности работы космических систем имеющих в своем составе крупногабаритные рефлекторные антенны.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы при проведении ПНИР и НИОКР в учреждениях РАН и высших учебных заведениях, таких как Конструкторско-технологический институт научного приборостроения СО РАН (г. Новосибирск), Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» КНЦ СО РАН (г. Красноярск), Институт механики УрО РАН (г. Ижевск), Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (г. Санкт-Петербург), Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва (г. Красноярск) и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованы корректные физическая и математическая постановки задачи нестационарного деформирования структурно-неоднородной среды;

для решения задачи использованы апробированные численные методы;

проведены тестовые расчеты, на основании которых выбраны параметры численной модели, необходимые для корректного описания динамического поведения конструкции космического аппарата с крупногабаритным рефлектором;

проведено тестирование численной модели сравнением результатов расчетов с имеющимися экспериментальными данными и численными решениями других авторов.

Новизна результатов диссертационного исследования заключается в том, что развиты методы и подходы динамического анализа конструкций космических аппаратов с крупногабаритными рефлекторными антеннами, имеющими

мембранные отражающие поверхности, и функционирующими в условиях нестационарных механических воздействий; получены оценки изменения точности крупногабаритного зонтичного рефлектора от параметров возмущения, действующего на космический аппарат.

Личный вклад автора заключается в: непосредственном участии в выполнении, обработке и анализе всех расчетов, проведенных в работе. Постановка задач кандидатской диссертации и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем. Автор принимал личное участие в апробации результатов исследования. При активном участии автора подготовлены основные публикации по теме диссертации.

Диссертация отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи о численном исследовании процессов динамического отклонения отражающей поверхности крупногабаритного зонтичного рефлектора космического аппарата от оптимального положения при действии возмущений, обусловленных функционированием космического аппарата на орбите, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела.

На заседании 23.09.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Жукову А. П.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – 2.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

23 сентября 2016 г.



Христенко Юрий Федорович

Пикущак Елизавета Владимировна