

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Пономарёва Виктора Сергеевича

«Напряженно-деформированное состояние антенных рефлекторов космических аппаратов при нестационарных тепловых воздействиях»,

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Проектирование перспективных космических конструкций антенных рефлекторов представляет собой сложную задачу, которая формируется при строгих и постоянно растущих требованиях относительно их точности и апертуры. Поэтому использование математического моделирования для разработки конструкций космических рефлекторов позволяет повысить их качество и надежность.

Обязательным условием возможности космической эксплуатации разрабатываемых рефлекторов является сохранение точности формы отражающей поверхности при нестационарных внешних воздействиях. Таким образом, развитие математических моделей и решение комплексной задачи определения тепловых нагрузок и оценки изменения точности рефлекторных антенн под действием термомеханического нагружения является необходимым звеном при проектировании современных конструкций рефлекторов. Поэтому актуальность темы диссертационной работы В.С. Пономарёва не вызывает сомнений.

В состав работы входят введение, четыре главы, заключение и список литературы, состоящий из 92 источников. Диссертационная работа содержит 99 рисунков и 13 таблиц, общий объем 139 страниц.

*Во введении* обоснована актуальность, сформулированы цель, основные задачи, научная новизна работы и положения, выносимые на защиту. Отдельно выделены научная и практическая значимость, отражены апробация и внедрение полученных результатов.

*В первой главе* представлен обзор российских и зарубежных научных работ на предмет последних достижений в области разработки конструкций рефлекторов и методов их анализа. Записана постановка комплексной термомеханической задачи, включающей соотношения механики деформируемого твердого тела, а также систему уравнений, описывающих распределение температурных полей при нестационарном радиационно-кондуктивном теплообмене.

*Вторая глава* содержит результаты исследования искажения формы отражающей поверхности твердотельных конструкций рефлекторов на основе сэндвич панелей при тепловом нагружении от неравномерного радиационного воздействия. По результатам решения ряда статических задач определено изменение среднеквадратическое отклонение формы отражающей поверхности рассматриваемых конструкций рефлекторов в зависимости от положения на орбите.

*В третьей главе* приведены результаты исследования крупногабаритной раскрываемой конструкции рефлектора с гибкими ребрами. В рамках данного исследования разработан ряд конечно-элементных моделей, с использованием которых проведена оценка достижимой точности рефлектора, оценена возможность раскрытия подобного типа конструкции и определен диапазон рабочих температур для ребер рефлектора.

*Четвертая глава* работы посвящена моделированию термомеханического поведения крупногабаритного зонтичного рефлектора в составе космического аппарата на геостационарной орбите Земли. Большую часть главы занимает задача определения тепловых нагрузок для композиционных сетчатых элементов.

Результирующие температурные поля использованы в качестве тепловых нагрузок для определения искаженной формы отражающей поверхности.

*В заключении* отмечены основные результаты и выводы, полученные в ходе диссертационной работы.

К числу основных новых научных результатов работы, полученных соискателем можно отнести:

–разработана модель термоупругого поведения антенных рефлекторов космических аппаратов при нестационарных тепловых воздействиях;

–проведен анализ влияния орбитальных тепловых потоков на точность формы отражающей поверхности для двух различных конструкций прецизионных твердотельных рефлекторов;

– определены границы устойчивого раскрытия рефлектора с гибкими ребрами;

– на примере 50 метрового рефлектора с 36 гибкими ребрами показана целесообразность использования вантовой структуры для данного типа конструкций;

–развит подход к определению температурных полей в сетчатых тонкостенных элементах конструкций при радиационно-кондуктивном теплообмене;

–с использованием разработанной модели проведен подробный анализ искажения формы отражающей поверхности крупногабаритного рефлектора в составе космического аппарата в зависимости от его положения геостационарной орбите Земли.

*Научная и практическая значимость работы* заключается в настоящем использовании разработанных моделей, подходов, схем, а также полученных на их основе результатов в проектных работах АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» и перспективой их применения при создании современных космических конструкций.

*Обоснованность и достоверность результатов работы* базируется на корректном построении математических моделей, применении известных и апробированных методов решения, решении тестовых задач и согласовании отдельных характеристик с экспериментальными данными.

*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 диссертационного исследования соискателем опубликована 19 работ, в том числе 5 статей в рецензируемых изданиях из списка, рекомендованного ВАК РФ. Опубликованные работы отражают основное содержание диссертационной работы.

#### *Замечания по диссертации*

1. Пункт «научная новизна» неоправданно перегружен: приводится девять положений, формулировки некоторых научных результатов не конкретны и носят характер констатации проделанной работы, а суть нового научного результата не раскрывают.

2. Инструментом исследования в работе является численное моделирование, в качестве метода используется метод конечных элементов, так как используется не авторский программный продукт необходимо наличие соответствующих ссылок.

3. Не приведены упругие и прочностные характеристики исследуемых материалов, что снижает информативность и возможность количественной оценки полученных результатов.

4. В работе присутствует постановка статической задачи МДТТ, а тепловые нагрузки предлагается находить из решения нестационарного уравнения теплопроводности, соответственно не хватает пояснения, каким образом выбираются позиции на орбите для определения напряженно-деформированного состояния конструкций.

5. В соответствии с названием работы следовало бы включить исследование термомеханического поведения и оценку изменения точности рефлектора с гибкими ребрами под действием внешних тепловых воздействий.

6. Для анализируемых сетчатых композиционных структур силового каркаса крупногабаритного рефлектора в тексте диссертации используется термин «изогридный», который более применим к структурам с повторяющейся равносторонней треугольной ячейкой, для исследуемых в работе конструкций использование термина будет более уместным «анизогридный».

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации В.С. Пономарёва.

*Заключение.* Диссертация Пономарёва В.С. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на хорошем квалификационном уровне. Также можно сделать вывод о том, что автору удалось достичь поставленных целей. В диссертационной работе содержится решение задачи, имеющее существенное значение для создания сложной космической техники в интересах развития спутниковой связи России, поэтому диссертация «Напряженно-деформированное состояние антенных рефлекторов космических аппаратов при нестационарных тепловых воздействиях» 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 Пономарёв Виктор Сергеевич заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Директор института кадастра, экономики  
и инженерных систем в строительстве  
федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Томский государственный  
архитектурно-строительный университет»,  
доктор физико-математических наук  
(01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела),

профессор

Радченко Андрей Васильевич

634003, г. Томск, пл. Соляная, д. 2,

Тел. +7 (3822) 65-39-67, e-mail: [rector@tsuab.ru](mailto:rector@tsuab.ru), <http://www.tsuab.ru/>

Подпись Радченко Андрея Васильевича заверяю,

Проректор по НР  
4 декабря 2015г.



Клименов В.А.