

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор –  
проректор по научной работе  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего  
профессионального образования  
«Московский государственный  
технический университет  
имени Н.Э. Баумана», доктор  
технических наук, с.н.с.



В.Н. Зимин

«04» декабря 2015 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»  
на диссертацию Пономарёва Виктора Сергеевича  
«Напряженно-деформированное состояние антенных рефлекторов космических аппаратов при нестационарных тепловых воздействиях»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности  
01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

#### **Актуальность темы исследования диссертации**

Современные системы спутниковой связи комплектуются одной и более рефлекторными антеннами для приема и передачи сигнала. При заданной апертуре и строгом ограничении по массе основной характеристикой рефлекторных антенн является стабильность формы отражающей поверхности. Одним из главных факторов, вызывающих изменение формы отражающей поверхности рефлекторных антенн является деформирование конструкции рефлектора под действием неравномерного распределенных тепловых полей в процессе орбитальной эксплуатации. Таким образом, жесткие требования к рабочим характеристикам рефлекторов космических аппаратов определяют необходимость в подробном исследовании

распределения тепловых полей для проведения анализа температурных деформаций.

Для изготовления рефлекторов широко применяются композиционные материалы и структуры, использование которых позволяет создавать сверхлегкие конструкции более устойчивые к тепловым воздействиям и в то же время обеспечить их необходимой жесткостью. Моделирование теплового состояния композиционных структур с использованием современных численных алгоритмов путем прямого описания их структуры практически невозможно из-за чрезвычайно большой размерности общей модели. В этой связи изучение применимости существующих подходов и разработка новых моделей для описания термоупругого поведения конструкций космических рефлекторов в рабочих условиях представляет, как научный и так практический интерес.

### **Общая характеристика работы**

В диссертации поставлена цель: развитие постановки и решение краевых задач прогнозирования поведения деформируемых конструкций перспективных высокоточных и крупногабаритных развертываемых антенных рефлекторов космических аппаратов, функционирующих на орбитах при нестационарных тепловых воздействиях.

Диссертационная работа В.С. Пономарёва содержит введение, четыре главы, заключение и список литературы из 92 наименований, изложена на 139 страницах машинописного текста, включая 13 таблиц и 99 рисунков. Структура работы логична и последовательна, соответствует цели и задачам исследования. По объему, структуре и стилю изложения диссертационной работы замечаний не возникает.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, поставлены цель и задачи, сформулированы научная новизна и практическая значимость работы.

**В первой главе** приведен краткий обзор работ, посвященных современным зеркальным космическим антеннам, а также постановкам и решениям задач, возникающих при их проектировании. Показана зависимость коэффициента усиления антенны от точности формы поверхности её зеркала. Приводится формулировка задачи о напряженно-деформированном состоянии и задачи нагрева конструкций зеркальных космических антенн в условиях открытого космоса.

**Во второй главе** приведены решения задачи моделирования термомеханического поведения многослойных конструкций прецизионных

рефлекторов под действием рассчитанных тепловых полей, реализующихся на геостационарной орбите Земли. На основе определенных деформированных состояний конструкций определено изменение кривизны зеркал рефлекторов.

В третьей главе приводятся расчеты напряженно-деформированного состояния крупногабаритного трансформируемого рефлектора зонтичного типа, конструктивная особенность которого заключается в оригинальном способе компоновки и развертывания путем наматывания спиц вокруг центрального цилиндрического основания. Проанализирована способность саморазвертывания данной конструкции. Стоит отметить особую важность данных результатов, из-за недостаточной освещенности вопросов реализуемости данной конструкции актуальных размеров в научно-технической литературе.

В четвертой главе рассмотрено термоупругое поведение крупногабаритной трансформируемой космической системы для геостационарной орбиты Земли. Проанализированы основные подходы к описанию теплового состояния композиционных структур и с использованием предложенных усовершенствований и разработанных схем, обеспечивающих связанность тепловой и механической конечно-элементных моделей выполнен сложный анализ напряженно-деформированного состояния рассматриваемой многокомпонентной конструкции при нестационарном тепловом воздействии. На основании проведенного анализа определен ряд характеристик для отражающей поверхности, дающих представление об изменении точности формы и ориентации зеркала рефлектора на орбите в каждый момент времени.

Среди положений **о научной новизне**, сформулированных автором, следует выделить следующее:

- Разработан подход к определению эффективных параметров, позволяющий проводить анализ термоупругого поведения под действием нестационарных тепловых потоков для многокомпонентных конструкций, включающих элементы на основе композитных сетчатых структур.

- Проведены расчеты деформирования двух твердотельных прецизионных антенных рефлекторов от теплового воздействия на геостационарной орбите Земли.

- Исследовано влияние температурных деформаций в процессе орбитального функционирования системы космического аппарата на точность формы отражающей поверхности крупногабаритной трансформируемой космической антенны.

- Определены границы устойчивого раскрытия рефлектора с гибкими спицами в зависимости от натяжения сетеполотна и жесткости спиц.



Ведущая организации в силу своей профессиональной деятельности в области космического машиностроения имеет основания утверждать, что указанные результаты действительно представляются новыми.

### **Научная и практическая значимость полученных результатов**

Полученные результаты диссертационной работы могут использоваться при проектировании современных систем спутниковой связи, а разработанные модели для изучения тепловых режимов и прогноза напряженно-деформированного состояния перспективных космических конструкций, находящихся в условиях непосредственного воздействия тепловых потоков.

**Достоверность** полученных в диссертации результатов подтверждается строгостью математической постановки задач, физически обоснованными расчетными моделями и использованием апробированных гипотез механики деформируемого твердого тела.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Отсутствует информация относительно величины и критериев выбора шага интегрирования в уравнении теплопроводности.
2. Справедливость рассмотрения случаев относительно времени года на геостационарной орбите Земли в качестве крайних недостаточно аргументирована в п.1.4.3.

### **Заключение**

Диссертационная работа Пономарёва Виктора Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи об определении термоупругого напряженно-деформированного состояния конструкций антенных рефлекторов в условиях открытого космоса, имеющее существенное значение для развития механики деформируемого твердого тела и, таким образом, соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней». Результаты проведенной автором научной работы можно охарактеризовать как теоретически обоснованное исследование, представляющее интерес для специалистов в указанной области. Сделанные ведущей организацией замечания связаны с недостаточно подробным изложением отдельных вопросов и не снижают общего положительного впечатления о проделанной работе.

Выводы обоснованы. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации. Результаты исследований, представленных в диссертации,

опубликованы в 19 печатных работах, в том числе 5 статьях в рецензируемых научных изданиях из списка, рекомендованного ВАК РФ. Опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Ведущая организация МГТУ им. Н.Э. Баумана считает, что указанная диссертационная работа отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Пономарёв Виктор Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Диссертация, автореферат и отзыв на диссертацию Пономарёва В.С. рассмотрены и одобрены на заседании Научно-технического совета Научно-исследовательского института специального машиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана, протокол № 56, от 04.12.2015 г.

Заместитель директора  
Научно-исследовательского института  
специального машиностроения  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, профессор,  
доктор технических наук

Борзов Андрей Борисович

Ученый секретарь, кандидат  
технических наук

Смирнов Алексей Владимирович

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
Тел.: +7 (499) 263 63 91  
Эл. почта: [bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru)  
Web сайт: <http://bmstu.ru/>