



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015157095/28, 30.12.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.12.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2015

(45) Опубликовано: 20.07.2016

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Нелюба  
В.А. (МИЦ НМКН)

(72) Автор(ы):

Михайловский Константин Валерьевич (RU),  
Просунцов Павел Викторович (RU),  
Резник Сергей Васильевич (RU),  
Новиков Андрей Дмитриевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ  
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА СВЕРХЛЕГКОГО РАЗМЕРОСТАБИЛЬНОГО АНТЕННОГО РЕФЛЕКТОРА

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области сверхлегких размеростабильных антенных рефлекторов из полимерных композиционных материалов (ПКМ) с высокой размерной стабильностью для межспутниковых систем связи. Техническим результатом является создание конструктивной схемы сверхлегкого размеростабильного антенного рефлектора, удовлетворяющей требованиям технического задания по допустимым массе и деформациям (в рамках соглашения о предоставлении субсидии №14.577.21.0114 между Министерством образования и науки Российской Федерации и МГТУ им. Н.Э. Баумана), а именно: максимальная деформация оболочки рефлектора при самом невыгодном, с точки зрения перепадов температуры, его положении на геостационарной орбите составила 0,087 мм, при требованиях ТЗ - не более 0,1 мм, а погонная плотность рефлектора выбранной конструктивно-силовой схемы составила 1,61 кг/м<sup>2</sup> при требовании ТЗ не

более 1,9 кг/м<sup>2</sup>. Предлагаемая конструктивная схема сверхлегкого размеростабильного антенного рефлектора характеризуется тем, что состоит из оболочки и ребер рефлектора из нескольких слоев ткани из полимерного композиционного материала (ПКМ), на тыльной стороне которого установлено пятиконечное звездообразное оребрение с постоянной высотой ребер, край оболочки также подкреплён круговым ребром той же высоты. При этом при этом оптимальными является использование шестислойной оболочки из ткани Аспро А-60 - каждый слой по 0,1 мм толщиной, суммарная толщина оболочки и ребер рефлектора при этом составляет 0,6 мм; высота ребер 53 мм; выбрана схема армирования [0/+30°/-30°/+60°/-60°/+90°]; погонная плотность такого рефлектора составляет 1,61 кг/м<sup>2</sup>, что соответствует требованиям Технического задания (ТЗ) вышеуказанного соглашения. 1 ил.

## Область техники

Полезная модель относится к области сверхлегких размеростабильных антенных рефлекторов из полимерных композиционных материалов (ПКМ) с высокой размерной стабильностью для межспутниковых систем связи.

## 5 Уровень техники

Ближайшим аналогом предлагаемой полезной модели можно признать **КАРКАС КОНСТРУКЦИИ АНТЕННОГО РЕФЛЕКТОРА ИЗ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА** по патенту RU 2556424 (патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана) (МПК H01Q 15/16, Опубликовано: 10.07.2015), включающий тонкую оболочку сложной геометрической формы, подкрепленную со своей тыльной стороны ребрами жесткости в виде сетчатой структуры, которая собрана из трех комплектов параллельных ребер жесткости, расположенных относительно друг друга под углами 60 градусов и приклеенных к тыльной стороне оболочки рефлектора. Каждое из ребер имеет пазы, обеспечивающие сборку ребер в единую сетку для последующего склеивания друг с другом и совместно с оболочкой в единое целое, причем продольные плоскости всех ребер ориентированы параллельно фокусной оси рефлектора. При этом сетка выполнена в виде гибридной треугольно-гексагональной структуры, состоящей из трехгранных и шестигранных ячеек, и образована из изогридной треугольной структуры при эквидистантном смещении одного из трех комплектов параллельных ребер,

Недостатками являются сложность изготовления, достаточно высокие термические деформации и худшие массовые характеристики данного антенного рефлектора по сравнению с предлагаемой конструктивной схемой сверхлегкого размеростабильного антенного рефлектора.

## 25 Раскрытие полезной модели

Техническим результатом является создание конструктивной схемы сверхлегкого размеростабильного антенного рефлектора, удовлетворяющей требованиям технического задания по допустимым массе и деформациям (в рамках соглашения о предоставлении субсидии №14.577.21.0114 между Министерством образования и науки Российской Федерации и МГТУ им. Н.Э. Баумана), а именно: максимальная деформация оболочки рефлектора при самом невыгодном, с точки зрения перепадов температуры, его положении на геостационарной орбите составила 0,087 мм, при требованиях ТЗ - не более 0,1 мм, а погонная плотность рефлектора выбранной конструктивно-силовой схемы составила 1,61 кг/м<sup>2</sup> при требовании ТЗ не более 1,9 кг/м<sup>2</sup>.

Предлагаемая конструктивная схема сверхлегкого размеростабильного антенного рефлектора характеризуется тем, что состоит из оболочки и ребер рефлектора из нескольких слоев ткани из полимерного композиционного материала (ПКМ), на тыльной стороне которого установлено пятиконечное звездообразное оребрение с постоянной высотой ребер, край оболочки также подкреплен круговым ребром той же высоты. При этом при этом оптимальными является использование шестислойной оболочки из ткани Аспро А-60 - каждый слой по 0,1 мм толщиной, суммарная толщина оболочки и ребер рефлектора при этом составляет 0,6 мм; высота ребер 53 мм; выбрана схема армирования [0/+30°/-30°/+60°/-60°/+90°]; погонная плотность такого рефлектора составляет 1,61 кг/м<sup>2</sup>. что соответствует требованиям Технического задания (ТЗ) вышеуказанного соглашения.

## Перечень фигур

Фиг. 1 - предлагаемая конструктивная схема рефлектора с пятиконечным звездообразным оребрением на тыльной стороне круговой оболочки рефлектора

параболической формы.

Осуществление полезной модели

Для создания сверхлегких рефлекторов перспективной является схема, основанная на использовании тонкостенных оребренных оболочек из ПКМ. Использование такой 5  
схемы по сравнению с традиционными конструкциями позволяет существенно (до нескольких раз) снизить погонную массу конструкции. Размер и форма рефлектора определяются результатам проведения радиотехнических расчетов. В настоящей работе использованы следующие исходные данные: диаметр (апертура) рефлектора - 1200 мм, фокусное расстояние - 500 мм, строительная высота рефлектора - 180 мм. Для 10  
обеспечения минимального КЛТР обшивки рефлектора целесообразен выбор квазиизотропной структуры. Для обеспечения максимального и равномерного по направлениям коэффициента теплопроводности оптимальной является схема армирования  $[0/+30^\circ/-30^\circ/+60^\circ/-60^\circ/+90^\circ]$ . Эта же схема позволяет обеспечить минимальный КЛТР ПКМ. При использовании в ПКМ ткани Аспро А-50 толщина ее 15  
слоя составляет 0,1 мм. Для обеспечения минимального веса рефлектора (погонная плотность не более  $1,9 \text{ кг/м}^2$  по требованию Технического задания прикладных научных исследований (ПНИ) по Соглашению было принято решение использовать шестислойный пакет из ткани Аспро А-50. При этом погонная плотность оболочки 20  
зеркала рефлектора составляет около  $1,15 \text{ кг/м}^2$ . Оставшийся вес приходится на систему оребрения.

Для проектного расчета были использованы наименьшие из теоретически и экспериментально полученных значений коэффициента теплопроводности и степени 25  
черноты. Это гарантирует, что уточнение данных характеристик не вызовет увеличения уровня деформаций. Были приняты следующие значения теплофизических и термомеханических характеристик: коэффициент теплопроводности  $5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , удельная теплоемкость  $1000 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$ , плотность  $1550 \text{ кг/м}^3$ , степень черноты 0.5 и механических 30  
свойств: КЛТР  $6 \cdot 10^{-7} \text{ 1/К}$ , модуль упругости 140 ГПа.

Использование выбранной армирования позволяет считать материал рефлектора 30  
изотропным. Оребрение оболочки служит для повышения жесткости конструкции антенного рефлектора и должно изготавливаться из анизотропного композиционного материала с большой жесткостью в продольном направлении, что может быть достигнуто при соответствующей ориентации армирующих волокон.

При проведении проектных расчетов моделировалась работа рефлектора на 35  
геостационарной орбите. При расчете деформаций конструкция считалась закрепленной в 5 точках по вершинам пятиугольника, либо по внешнему краю рефлектора.

В компьютерной системе Siemens PLM NX была построена геометрическая и конечно-элементная модели предлагаемой конструктивной схемы. Наибольшие перепады 40  
температуры (до 173 градусов) возникают в положении, когда рефлектор совершает поворот вокруг своей оси относительно Солнца, при этом получены максимальные деформации рефлектора, которые составили 0,087 мм, что полностью удовлетворяет требованиям Технического задания (температурные деформации не должны превышать 0,1 мм).

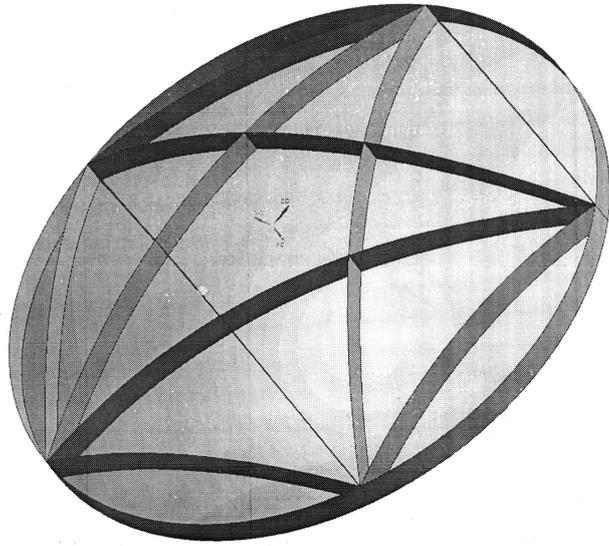
Выбор типа оребрения был проведен по результатам сравнительного анализа 45  
температурного и напряженно-деформированного состояния рефлекторов с различными схемами подкрепления. Рассматривались два варианта толщины рефлектора 0,6 и 1,0 мм и два способа закрепления рефлектора - круговое по ребру рефлектора и пятиточечное по соответствующим вершинам пятиконечной звезды.

Поверочные расчеты температурного и напряженно-деформированного состояния выбранной конструктивно-силовой схемы рефлектора со звездообразным оребрением различной высоты позволили определить рациональную высоту оребрения, которая позволяет полностью удовлетворить требования Технического задания (температурные деформации не должны превышать 0,1 мм). Расчеты показали, что оптимальной является высота оребрения 53 мм.

На последующих этапах ПНИ по соглашению №14.577.21.0114 предстоит изготовление опытных образцов рефлектора по данной конструктивной схеме и их натурные испытания.

#### Формула полезной модели

Конструктивная схема сверхлегкого размеростабильного антенного рефлектора, характеризующаяся тем, что состоит из оболочки и ребер рефлектора из нескольких слоев ткани из полимерного композиционного материала, на тыльной стороне которого установлено пятиконечное звездообразное оребрение с постоянной высотой ребер, край оболочки также подкреплен круговым ребром той же высоты; при этом оптимальным является использование шестислойной оболочки из ткани Аспро А-60 - каждый слой по 0,1 мм толщиной, суммарная толщина оболочки и ребер рефлектора при этом составляет 0,6 мм; высота ребер - 53 мм; выбрана схема армирования  $[0/+30^\circ/-30^\circ/+60^\circ/-60^\circ/+90^\circ]$ ; погонная плотность такого рефлектора составляет 1,61 кг/м<sup>2</sup>.



Фиг.1