

УДК 629.78

МЕТОДОЛОГИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФОРМОСТАБИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПКМ

© Рожков И.П., Титов М.А., Пасечник К.А., Власов А.Ю.

e-mail: rozhkovivan1993@gmail.com

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация*

Данная работа посвящена анализу методов конструкторско-технологического проектирования формостабильных конструкций космического назначения. Объектом исследования выступает силовая спица трансформируемого рефлектора зонтичного типа.

Проектирование композитных конструкций представляет собой комплексный процесс, включающий выбор материалов, определение технологии производства, оптимизацию, схемы армирования материала и выбор компоновочных решений. Цели проекта варьируются в зависимости от применения. Конкретные требования к применению определяют одну или комбинацию из двух или более следующих целей проектирования [1]:

1. Обеспечение жесткости;
2. Обеспечение прочности;
3. Устойчивость к действию динамических нагрузок;
4. Устойчивость и долговечность под действием климатических факторов внешней среды;
5. Стойкость к внешним механическим повреждениям.

Спица является элементом силовой конструкции антенны, поэтому к изделию предъявляются следующие требования: высокая стабильность размеров под воздействием факторов космического пространства, малые деформации от натяжения сотополюска и низкий вес. Удовлетворение данных требований соответствует целям проектирования 1 и 4. Для данного типа проектирования характерно использование материалов с низким КЛТР (Коэффициентом линейного термического расширения) и высоким удельным модулем упругости, применение трехслойных конструкций, выбор оптимальной ориентации волокон в силовых оболочках и модификация полимеров. Технология изготовления должна предполагать минимизацию короблений, вызванных внутренними напряжениями, использование формообразующей матрицы из материалов с КЛТР близкими к КЛТР изделия, контроль ориентации и натяжения армирующих волокон, равномерность температурного поля [2].

Спица силовая состоит из двух оболочек охватывающих сотоблок (рис. 1). Используется алюминиевый сотоблок толщиной 20 мм и плотностью 17 кг/м³. Оболочки приклеены к сотоблоку при помощи пленочного клея и склеены между собой вдоль общих ребер (рис. 2). Оболочка состоит из двух слоев полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе углеродной ткани А-80 со схемой армирования (45°). Полки и ребра оболочек усилены ПКМ из однонаправленного препрега на основе углеродной ленты (Волокно TENAX IMS 65). Схема армирования оболочек изображена на рис. 3.

Проектирование и анализ конструкции проводились в 4 этапа:

1. Эскизное проектирование, включающее выбор конструктивно-компоновочной схемы, построение электронной модели и оценка массы.
2. Выбор материала и прогнозирование физико-механических свойств ПКМ.
3. Расчет напряженно-деформированного состояния конструкции методом конечных элементов.
4. Оптимизация конструкции по результатам конечно элементного моделирования.

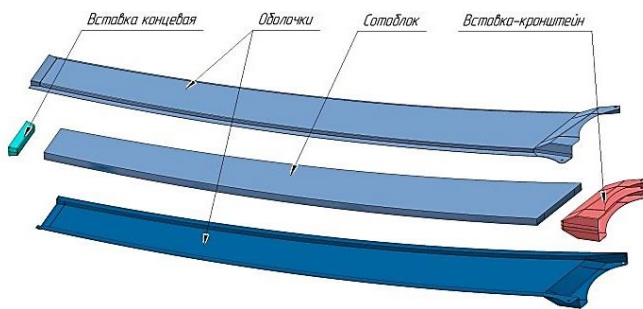


Рис. 1. Схема сборки спицы силовой

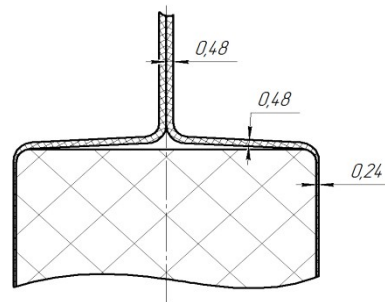


Рис. 2. Сечение спицы силовой

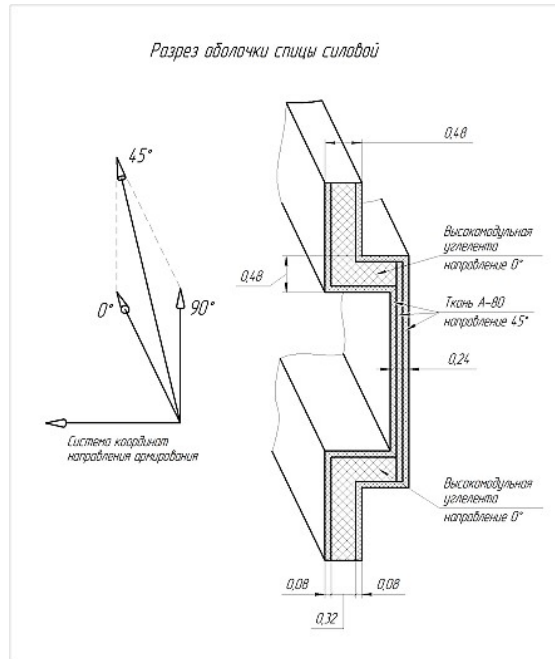


Рис. 3. Схема армирования оболочки спицы силовой

Результатом работы является конструкция силовой спицы из ПКМ массой 430 гр., длиной 1375 мм. Под действием сосредоточенной силы 19,6 Н действующей на конце спицы вдоль фокальной оси прогиб не превышает 0,8 мм, при условии консольного закрепления. Дальнейшая оптимизация конструкции возможна в применении принципов компенсации неравномерных температурных полей в процессе эксплуатации [3, 4].

Библиографический список

1. Isaac M. Daniel, Ori Ishai, Engineering mechanics of composite materials, 2006. – 463.
2. Власов А.Ю., Пасечник К.А., Обверткин И.В., Мартынов В.А. Разработка методики создания формостабильных рефлекторов зеркальных наземных антенн на основе полимерных композитных материалов // Решетневские чтения. 2015. №19.
3. Bo WANG, Zhou-yang LI, Huan-xiao LI, Zhuo XIE, Hui CHENG Rib Structure Optimization of Deployable Umbrella Reflector. International Conference on Computational, Modeling, Simulation and Mathematical Statistics 2018 (CMSMS 2018).
4. Li Dongying, Zhang Hua, Liu Hanwu. Dynamics Modeling and Numerical Simulation of Radial Stiffening Rib-Membrane Umbrella Antenna Structure [J]. Journal of Dynamics and Control, 2017, 15(2): 131-135.