

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЧАТОГО РЕФЛЕКТОРА С УВЕЛИЧЕННОЙ АПЕРТУРОЙ**

С.В. Белов, А.В. Бельков, А.П. Жуков

Научный руководитель: д.ф.-м.н. С.В. Пономарев

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: belovsv@niipmm.tsu.ru

**MODELING LARGE-SIZED MESH REFLECTOR WITH EXTENDED APERTURE**

S.V. Belov, A.V. Belkov, A.P. Zhukov

Scientific Supervisor: Dr. S.V. Ponomarev

National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: belovsv@niipmm.tsu.ru

***Abstract.** Offset large-sized deployable mesh reflector with symmetric frontal and rear nets is described in the paper. This reflector involves extended aperture area and reduced framework elements by applying beam elements in the peripheral areas of reflecting surface. Strain-stress analysis is conducted to calculate reflecting surface shape with required accuracy.*

**Введение.** Создание новых крупногабаритных трансформируемых космических антенных рефлекторов является одной из важнейших задач как для военной, так и для промышленной и научной областей. Практическая значимость крупногабаритных трансформируемых космических антенных рефлекторов отмечается в работах [1–3]. В работах [4–7] рассматриваются различные типы конструкций космических трансформируемых рефлекторов, оценивается их жесткость с помощью определения собственных форм и соответствующих им частот, анализируются разные методы и подходы к решению нелинейных задач для вантово-оболочечных конструкций включая определение начального приближения.

Увеличение размеров апертуры рефлектора напрямую связано с увеличением коэффициента усиления антенны. Но при увеличении размеров апертуры рефлектора стандартными способами (имеется ввиду удлинения элементов силового каркаса т. е. спиц) происходит значительное увеличение массы конструкции и ее габаритных размеров, а это является нежелательными факторами учитывая то обстоятельство, что конструкцию требуется транспортировать на орбиту. Целью данной работы являлось моделирование крупногабаритного трансформируемого офсетного рефлектора с малой массой, увеличенной апертурой и требуемой точностью зеркала.

**Модель рефлектора.** Применение жестких элементов на периферийных участках секторов, показанных на рис. 1, позволяет удовлетворить вышеописанным требованиям. При небольшом увеличении массы конструкции (элементы силового каркаса остаются без изменений) можно добиться довольно существенного увеличения площади апертуры рефлектора, как показано на рис.1. Жесткие элементы позволяют контролировать форму отражающей поверхности на периферии секторов, тем самым повышая точность рефлекторов с минимальным количеством спиц.

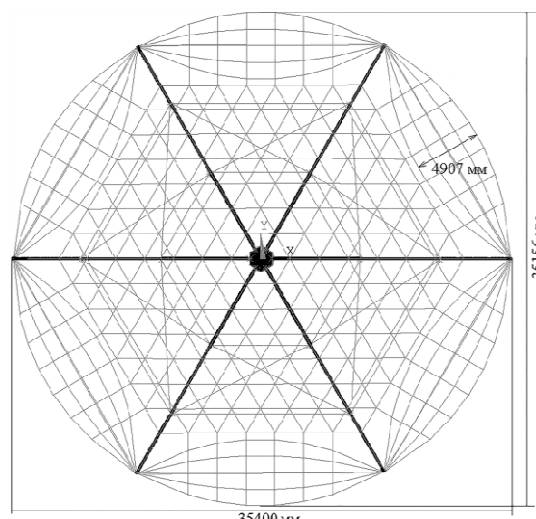
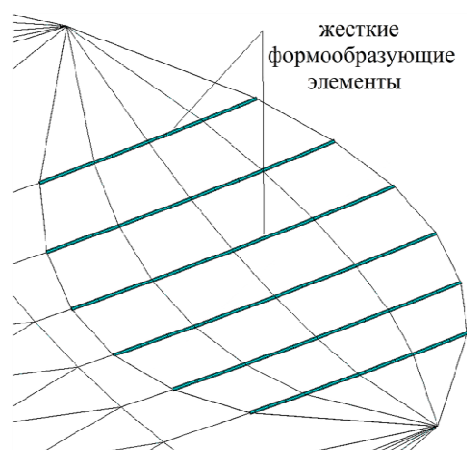


Рис. 1. Периферийная часть сектора рефлектора с жесткими формообразующими элементами  
Рис. 2. Геометрические размеры рефлектора и периферийной зоны

Рассматривался офсетный сетчатый рефлектор с силовым каркасом на шести спицах с симметричными фронтальной и тыльной сетями диаметром 35 метров, конечноэлементная модель (КЭМ) которого показана на рис. 2. Состав КЭМ: оболочечные без изгибной жесткости (отражающая поверхность), одномерные веревочные (тыльная, фронтальная сети, оттяжки), оболочечные с изгибной жесткостью (спицы) и одномерные балочные (жесткие формообразующие на периферии секторов) элементы. Характеристики жестких формообразующих элементов: диаметр сечения – 0,005 м, толщина стенки – 0,0007 м, максимальная длина – 4,9 м, материал – углепластик, их суммарная масса – 13,2 кг.

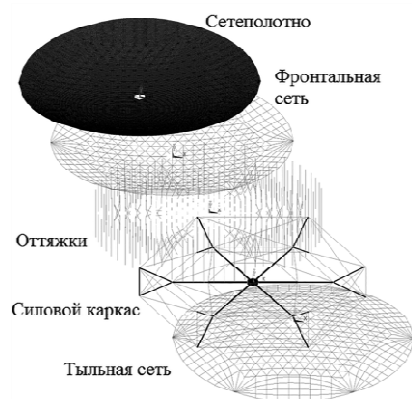


Рис. 3. Составные части КЭМ

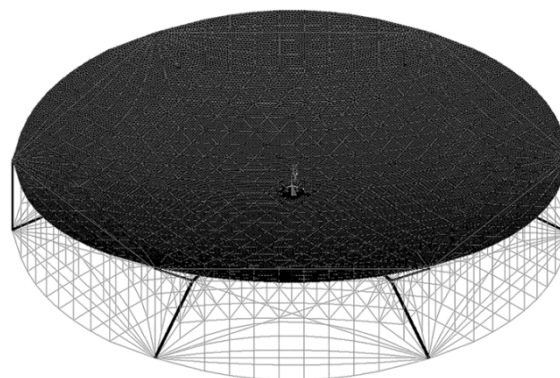


Рис. 4. КЭМ рефлектора

**Результаты.** Настройка рефлектора осуществлялась с помощью оттяжек, показанных на рис.3, количество оттяжек – 480. Величина среднеквадратичного отклонения (СКО) по всем узлам отражающей поверхности составила 4,8 мм. Отклонения узловых точек отражающей поверхности от идеального параболоида показаны на рис.5.

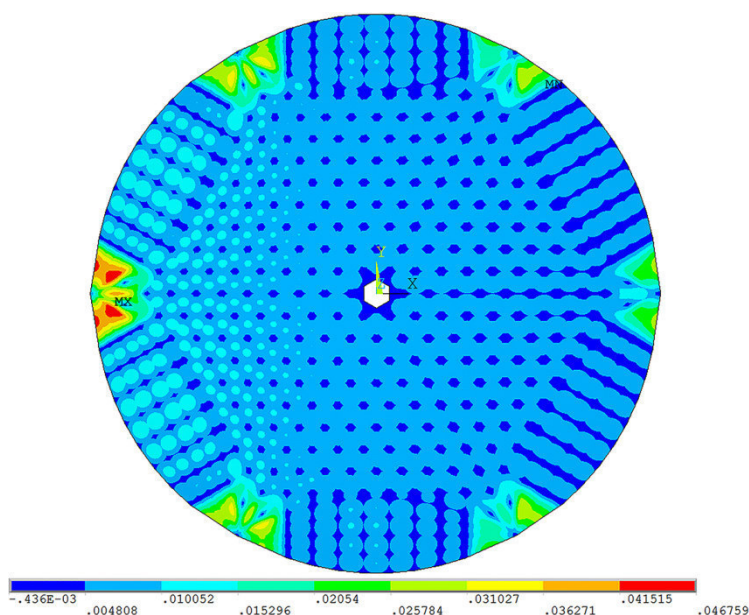


Рис. 5. Отклонения узловых точек отражающей поверхности от идеального параболоида

**Выводы.** Использование жестких формообразующих элементов из углепластика на периферийных участках секторов фронтальной и тыльной сетей позволяют существенно увеличить площадь апертуры антенного рефлектора без увеличения его геометрических размеров и с малым увеличением массы конструкции в пределах 14 кг. Также при наличии жестких элементов улучшается контроль за точностью на периферии секторов, что позволяет осуществить настройку зеркала до значений СКО менее 5 мм.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России. Соглашение №14.575.21.0144. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57517X0144.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Z. Chu, Z. Deng, X. Qi and B. Li, *Acta Astronaut.* **95**, 51-60 (2014).
2. Y. Tang, T. Li, Z. Wang and H. Deng, *Acta Astronaut.* **104**, 125-133 (2014).
3. L.Scialino, A. Ihle, M. Migliorelli, N. Gatti, L. Datashvili, K. van 't Klooster and J. Santiago Prowald, *CAES SPACE J.* **5**, 125-146 (2013)
4. Belkov A., Belov S., Pavlov M., Ponomarev V., and Zhukov A., Stiffness estimation for large-sized umbrella space reflector, *MATEC Web of Conferences*, 2016; 48 02001: 1-6
5. Belov S., Pavlov M., Ponomarev V., Ponomarev S., and Zhukov A., Calculation method for cable-beam shell structures. XIII International Conference on Prospects of Fundamental Sciences Development, PFSD 2016, Tomsk, Russia. 2016; 1772: 1-8.
6. S. Ponomarev, A. Zhukov, A. Belkov, V. Ponomarev, S. Belov, M. Pavlov. Stress-strain state simulation of large-sized cable-stayed shell structures. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 2015. Vol. 71, 012070, P.1-7. doi:10.1088/1757-899X/71/1/012070
7. Белов С.В., Жуков А.П., Пономарев С.В. Расчет начального приближения в геометрически нелинейной задаче сетчатого антенного рефлектора // Решетневские чтения: материалы XX Юбил. Междунар. науч. конф. (09–12 ноября 2016, г. Красноярск): в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2016. С. 80–82