

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСКРЫТИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОСМИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

*В.Г. Бойков, Ф.Р. Файзуллин*

ЗАО «АвтоМеханика», г. Москва

В настоящее время в космической технике достаточно широко используются различные типы крупногабаритных раскрываемых конструкций. Обычно это рефлекторы антенн, панели солнечных батарей, экраны системы терморегулирования и другие конструкции космических аппаратов. Достаточно часто они имеют ферменную конструкцию и раскрываются при помощи предварительно сжатых упругих элементов. Примером такой конструкции является рефлектор антенны разрабатываемый в «ОКБ МЭИ». Процесс раскрытия этого рефлектора представлен на рис. 1.

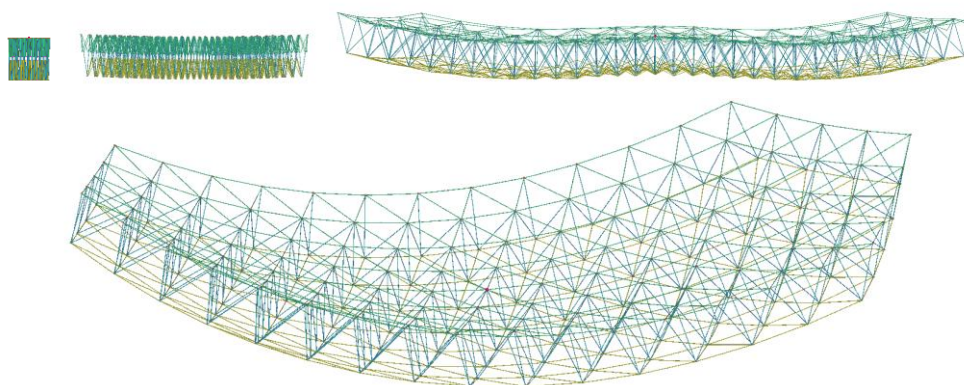


Рис. 1. Раскрытие рефлектора космической антенны

Предложенный рефлектор представляет собой пространственную ферменную конструкцию из соединенных шарнирами стержней. Стержни рабочей и тыльной сторон рефлектора имеют в средней части шарнир и в исходном (неразвернутом) положении они складываются. Диагональные стержни, соединяющие рабочую и тыльную стороны рефлектора, имеют сплошную (неделимую) конструкцию. Стержни рабочей/тыльной сторон и диагональные стержни соединены шарнирами в узловых точках. Во всех шарнирах установлены пружины, обеспечивающие раскрытие рефлектора. В узлах рабочей стороны рефлектора закреплено сетеполотно, которое после раскрытия рефлектора образует отражающую поверхность антенны. Все диагональные стержни имеют одинаковую длину, а длины стержней рабочей и тыльной сторон подбираются таким образом, чтобы после раскрытия рабочая сторона имела заданную параболическую поверхность. Представленный на рис. 1 рефлектор состоит из примерно 1600 тел (стержни и корпуса узловых точек), соединенных шарнирами.

Для конструкций подобного типа практически невозможно вывести уравнения движения аналитически. К тому же, в связи с наличием в конструкции упоров, при движении ее структура многократно изменяется. В настоящее время для моделирования подобных конструкций используется технология автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем. В силу большой трудоемкости разработки и сравнительной «молодости» этого направления количество таких комплексов в мире невелико. За рубежом в основном используются два подобных программных комплекса ADAMS и DADS. Аналогичный по назначению программный комплекс EULER [1-2], разработанный в России специалистами ЗАО «АвтоМеханика» и МГУ им.

М.В. Ломоносова обладает всеми основными возможностями, сравнимыми с возможностями ведущих программных комплексов в мире.

Для решения задачи динамики раскрытия представленного рефлектора в программном комплексе EULER была создана многомассовая модель конструкции, состоящая из примерно 1600 тел, соединенных шарнирами. В модели учитывались:

- массы и моменты инерции тел;
- упругость пружин системы раскрытия;
- упругость конструкции после постановки шарниров на упоры;
- сухое трение в шарнирах;
- диссипация энергии в конструкции.

В результате моделирования раскрытия рефлектора определялись динамическое поведение конструкции и силы в шарнирах. По этим результатам выбирались наиболее нагруженные стержни и шарнирные узлы и для них выполнялся расчет напряженно-деформированного состояния в критические моменты нагружения. Для расчета напряженно-деформированного состояния использовался программный комплекс ЛОГОС, для чего были созданы соответствующие конечно-элементные модели стержней и деталей шарнирных узлов.

#### Список литературы

1. Бойков В.Г., Юдаков А.А. Моделирование динамики системы твердых и упругих тел в программном комплексе EULER // Информационные технологии и вычислительные системы. 2011. № 1. С. 42-52.
2. Бойков В.Г. Программный комплекс автоматизированного динамического анализа многокомпонентных механических систем EULER // САПР и графика. 2000. № 9. С. 17-20.
3. Зимин В.Н. К вопросу моделирования и расчета динамики раскрытия трансформируемых космических конструкций // Оборонная техника. 2006. № 1,2. С. 123-127.