

Минимизация площади корпуса вращающейся маневрирующей космической системы

Научный руководитель – Лебедев Владимир Валентинович

Екимовская Анна Алексеевна

Студент (специалист)

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
Москва, Россия

E-mail: any_ekimovskaya03@mail.ru

В начале освоения космоса первые конструкции выполнялись шаровыми по многим причинам. Одна из них заключается в экстремальном свойстве шара, известном из вариационного исчисления, – это геометрическое тело максимального объема при минимальной поверхности. В частности, мыльные пузыри принимают форму шара для минимизации энергии поверхностного натяжения плёнки. Однако при наблюдении мыльных пузырей мало кто обращает внимание на слипшиеся плёнки, которые имеют форму сферических сегментов, то есть усечённых сфер. В работе предлагается методика проектирования КА из модулей в виде сферических сегментов с внутренними перегородками [1]. Вариационная задача остаётся прежней – определить такие срезы сфер, чтобы отношение площади поверхности к объёму было минимальным. Выражение для целевой функции программируется в среде Skilab.

Для оптимизации разработан специальный алгоритм.

1. Задаётся условный радиус, проще всего задать $R=1$, отсека в виде сферы. Такое допущение не уменьшает общности задачи, полученные результаты пересчитываются для реальных значений по правилам геометрического подобия.

2. Задаются ограничения на величину относительного среза $x=h/R$ сферы, считая от её поверхности.

3. Задаётся диапазон и дискретный шаг изменения величины относительного среза $x=h/R$.

4. Задаются формулы для расчёта объёмов двух типовых тел – шара и шарового слоя.

5. Задаются формулы для расчёта площадей поверхностей трёх типовых тел: сферы, сферического слоя и круга.

6. В программу вводится вручную, в диалоговом режиме, количество сферических отсеков в составной конструкции, количество срезов сфер, количество круговых крышек-перегородок между сферическими сегментами.

7. Записывается формула для расчёта объёма составной конструкции.

8. Записывается формула для расчёта площади поверхности составной конструкции.

9. Записывается формула для расчёта выбранного показателя качества (максимизация) составной конструкции – отношения объёма к общей площади поверхности $f=V/S$.

10. Строится график $f(x)$ зависимости показателя качества от величины среза.

11. Выполняется анализ графика на предмет наличия максимума.

12. С любой априорно заданной точностью определяется оптимальное значение относительного среза сферических блоков.

Исследован пример проектирования рациональной вращающейся конструкции КА, которая содержит 12 модулей, 24 среза, 20 перегородок (рис.1). Конструкция корпуса содержит двойные перегородки, четыре центральных блока разделены одинарными перегородками. Для такой конструкции величина оптимального среза сфер равна $x=0,0824$, то есть

8,2% величины радиуса модуля. Двойные перегородки нужны для сохранения герметичности отсеков после их разделения с целью орбитального маневрирования.

Источники и литература

- 1) Екимовская А.А. Герметичная ёмкость из сферических слоёв с перегородками. Патент RU 226143 U1, публ. 22.05.2024, Бюлл. №15, на полезную модель от 08.05.2024. Заявка на полезную модель № 2024106140. Приоритет 11.03.2024.

Иллюстрации

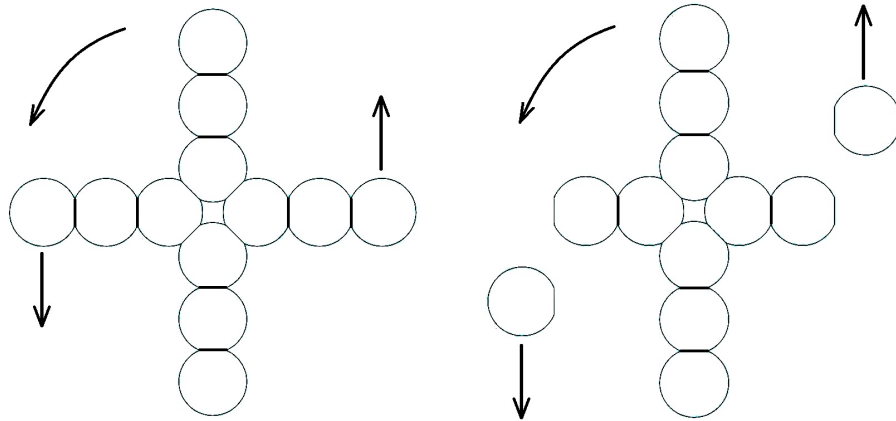


Рис. : Пример проектирования вращающейся космической системы с отделением модулей