

УДК 629.78

ОСВЕЩЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МАРСА С ПОМОЩЬЮ СОЛНЕЧНОГО ПАРУСА

Рожков М. А., Старинова О. Л.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Мировое космическое сообщество активно развивает свои проекты в направлении пилотируемого полёта на Марс. Разрабатываются соответствующие технологии и решаются множественные задачи, связанные с доставкой и пребыванием человека на красной планете. Одна из таких задач может представлять собой дополнительный прогрев, например, марсианской базы.

Средняя температура на поверхности Марса составляет -50°C . Для поддержания благоприятной для человека температуры предлагается использовать космический аппарат (КА) с солнечным парусом. В силу своих физических особенностей парус в то же время является зеркалом и может отражать солнечные лучи на заданный участок поверхности. Отражённый свет будет нагревать солнечные коллекторы или освещать солнечные батареи даже в ночное время суток, тем самым обеспечивая должную температуру и увеличивая выработку электроэнергии на базе.

Особенность использования солнечного паруса заключается в возможности поддержания его на "широтной цилиндрической орбите" (рис. 1) за счёт постоянной малой тяги, генерируемой давлением солнечных лучей. КА будет висеть над заданным участком на выбранной широте β аналогично синхронной орбите.

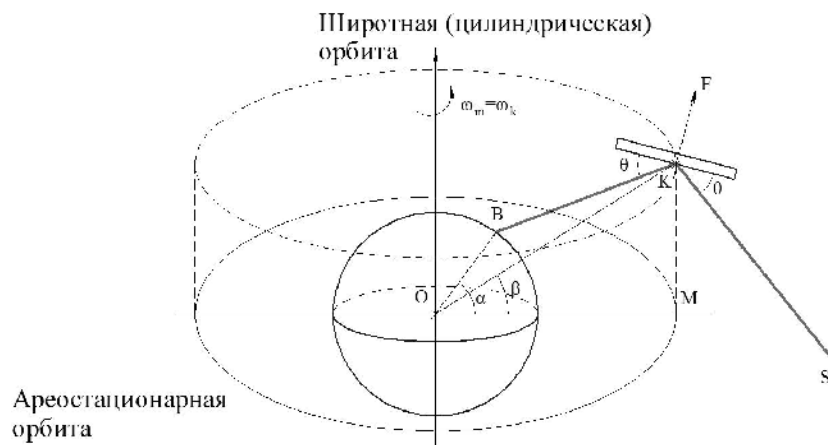


Рис. 1. Цилиндрическая орбита

В данной работе изучены орбитальные и физические характеристики Марса, особенности движения солнечного паруса и характеристики цилиндрических орбит. С помощью планетоцентрических и оскулирующих систем координат, уравнений перехода и матрицы поворота было определено положение КА относительно Солнца и Марса, а также его движение с течением времени. Ориентация КА при заданных значениях долготы и широты освещаемого участка в любой промежуток времени определяется с помощью направления вектора нормали, которая является биссектрисой угла между падающими и отражёнными лучами солнечного света. Используя элементы линейной алгебры, определено направление вектора нормали:

$$\vec{n} = \frac{\vec{KO}}{|\vec{KO}|} + \frac{\vec{KS}}{|\vec{KS}|}.$$

Необходимые данные, занесённые в математический пакет MathCAD, позволяют задавать координаты любого исследуемого участка на поверхности Марса и определить ориентацию солнечного паруса в условиях отражения солнечных лучей на выбранный участок, а именно его вектора нормали.

В качестве примера была выбрана долина Анио с координатами 38 градусов северной широты и 56 градусов восточной долготы. КА было решено вывести на цилиндрическую орбиту, параллельную ареостационарной и с широтой 30 градусов.

Для анализа полученных результатов построены два графика, показывающие поведение паруса в течение марсианских суток и года (рис. 2). На графиках видны отклонения вектора нормали в условиях невозмущённого движения КА вокруг Марса по цилиндрической орбите. Изменения ориентации паруса, как видно на графиках, являются периодическими, что соответствует общему представлению работы данного КА.

отклонение нормали

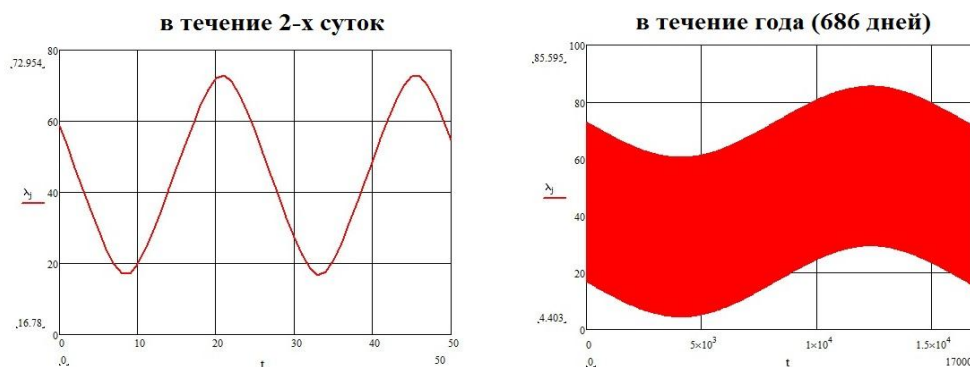


Рис. 2. Анализ полученных результатов

Для удобства использования алгоритма вычислений была составлена программа на языке Delphi (рис. 3). Данная программа может прослеживать изменение ориентации паруса в реальном времени.

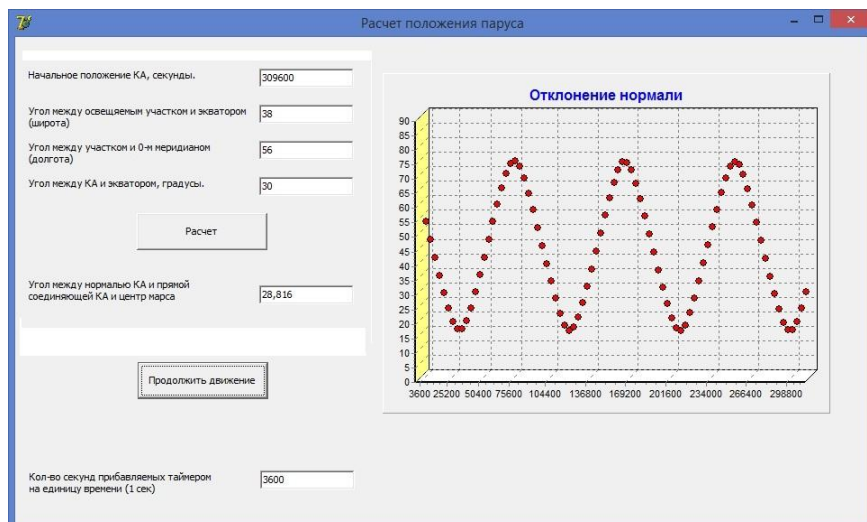


Рис. 3. Вычисление направления вектора нормали

Удобство использования заключается в наличии карты Марса, возможности выбора проектных характеристик солнечного паруса, которые, в свою очередь, определяют силу тяги. Полученное значение тяги определит широту цилиндрической орбиты.