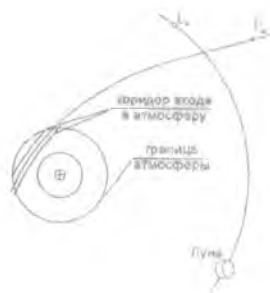


Белоконов В. М., Вечканов Д. А.

### ВОЗМУЩЁННОЕ ДВИЖЕНИЕ НАВИГАЦИОННОГО АППАРАТА В ТОЧКЕ ЛИБРАЦИИ L<sub>4</sub> СИСТЕМЫ «ЗЕМЛЯ-ЛУНА»

В последние годы выдвинут ряд предложений по размещению космических аппаратов (КА) в районах точек либрации системы «Земля-Луна». Ставшие актуальными межпланетные пилотируемые перелеты требуют повышенной точности работы систем навигации и коррекции КА, особенно на этапе возвращения к Земле. При возвращении КА с Марса возникает проблема уточнения навигации КА с целью попадания в коридор входа в атмосферу. Следовательно, существует необходимость создания навигационного аппарата (НА) в «удобном» для навигации месте. Также существует необходимость удешевления эксплуатации НА, то есть нужно обеспечить максимально длительное его пребывание в заданной области космического пространства с минимальными коррекциями орбиты. Для размещения НА целесообразно использовать одно из 2-х устойчивых лагранжевых решений ограниченной задачи 3-х тел в системе «Земля-Луна». Этими решениями являются треугольные точки либрации L<sub>4</sub> и L<sub>5</sub>. Выбор двух данных точек основан на том, что только они являются устойчивыми в системе «Земля-Луна», а также для выполнения навигационных задач удобно НА размещать именно в них (рис. 1). При этом имеются две «реперные» точки для уточнения навигации КА, возвращающегося с Марса, – Луна и НА в точке L<sub>4</sub>.

Рисунок 1 – Схема размещения НА в точке L<sub>4</sub>

Необходимо рассмотреть вопрос о возможности длительного пребывания НА в треугольных точках либрации без коррекции



OXYZ – инерциальная система координат, ось OX направлена в точку весеннего равноденствия, плоскость XOY совпадает с плоскостью орбиты Земля-Луна,

Oξηζ – барицентрическая система координат, ось Oξ которой направлена по линии Земля-Луна, вращающаяся относительно OXYZ с угловой скоростью ω (вектор ω совпадает с осью Z);

L<sub>4</sub>xуz – система координат, связанная с точкой либрации и полученная из Oξηζ параллельным переносом на величины ξ<sub>L<sub>4</sub></sub> и η<sub>L<sub>4</sub></sub> в плоскости орбиты Земля-Луна.

Уравнение относительного движения в системе координат L<sub>4</sub>xуz будет иметь вид

$$m\overline{W}_r = \sum_{i=1}^4 \overline{G}_i + \overline{F}_{ин}^{\varepsilon(\omega)} + \overline{F}_{ин}^{\kappa(\omega)} + \overline{F}_{ин}^{\varepsilon(\Omega)} + \overline{F}_{ин}^{\kappa(\Omega)} + \overline{S}_c, \quad (1)$$

где m – масса КА;

$\overline{W}_r$  – относительное ускорение КА,

$\overline{G}_i$  – гравитационные силы, где индекс  $i = 1, 2, 3, 4$  соответствует притяжению Земли, Луны, Солнца, Юпитера;

$\overline{F}_{ин}^{\varepsilon(\omega)}$  – переносная сила инерции, возникающая в результате вращения линии Земля – Луна;

$\overline{F}_{ин}^{\kappa(\omega)}$  – кориолисова сила инерции, возникающая в результате вращения линии Земля – Луна,

$\overline{F}_{ин}^{\varepsilon(\Omega)}$  – переносная сила инерции, возникающая в результате вращения системы вокруг Солнца;

$\overline{F}_{ин}^{\kappa(\Omega)}$  – кориолисова сила инерции, возникающая в результате вращения системы вокруг Солнца;

$\overline{S}_c$  – сила солнечного давления.

Результаты численного интегрирования приведены на рис. 3. Из них следует, что аппарат действительно достаточно долго может пребывать в окрестности треугольной точки либрации L<sub>4</sub> без коррекций движения. Однако, под влиянием возмущений область движения (в основном вдоль оси z) постепенно увеличивается. Следовательно, периодические малые коррекции движения необходимы.

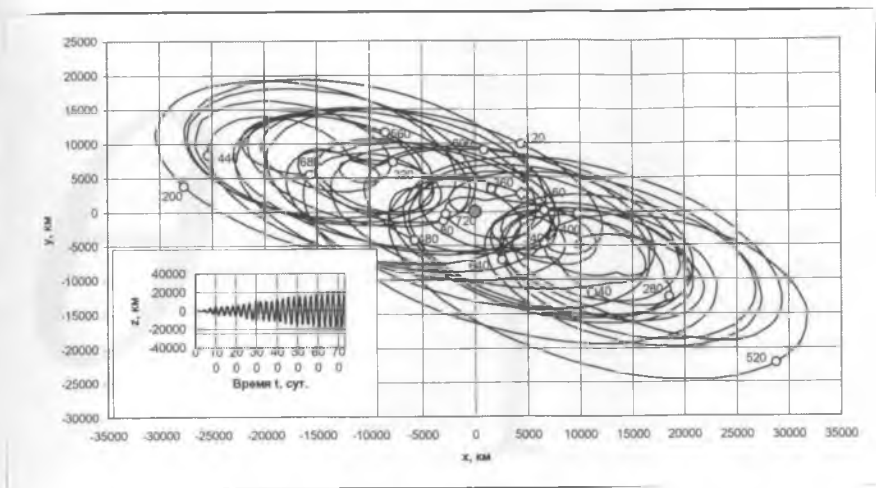


Рисунок 3 – Пассивное движение в течение двух лет с нулевыми начальными условиями

УДК 629.78

Белоконов И.В., Агафонова С.Е.

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
АДАПТИВНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ СПУТНИКОВЫХ  
НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ GPS/ГЛОНАСС ПРИМЕНИТЕЛЬНО К  
КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТАМ ДИСТАНЦИОННОГО  
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

**1. Общая характеристика проблемы**

В настоящее время наиболее перспективные навигационные технологии основываются на получении и использовании информации от спутниковых радионавигационных систем второго поколения типа ГЛОНАСС и GPS. Для них разработано большое количество типов приемной аппаратуры, позволяющей с высокой точностью определять координаты и ско-