

Дударев Олег Кимович

старший преподаватель

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный

университет науки и технологий

им. академика М.Ф. Решетнева»

г. Красноярск, Красноярский край

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕВОДА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА КРУГОВОЙ ОРБИТЕ

Аннотация: в данной статье приводятся результаты численного исследования задачи перевода космического аппарата на круговой орбите. Получено множество компромисса между расходом топлива и временем быстродействия, зависимости времени быстродействия от различных начальных отклонений по углу, эксцентриситету и периоду обращения. Автором сделана попытка вывода простых зависимостей на основе результатов расчетов.

Ключевые слова: круговая орбита, перевод космического аппарата, метод моментов, множество компромисса, расход топлива, время быстродействия.

Рассматривается следующая задача терминального управления динамической системой, описываемой системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, u), \quad x(0) = x^0, \quad x(T) = x^k, \quad x \in R^m, \quad u \in R^n, \quad u \in U, \quad t \in [0, T]. \quad (1)$$

Линеаризация уравнений в окрестности круговой орбиты дает систему линейных дифференциальных уравнений [1]:

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad x(0) = x^0, \quad x(T) = x^k, \quad x \in R^4, \quad u \in R^1, \quad |u| \leq u_m, \quad t \in [0, T], \quad (2)$$

где x_1 – отклонение от круговой орбиты по радиусу, x_2 – по радиальной скорости, x_3 – по угловой скорости, x_4 – по углу, u_1 – трансверсальное ускорение, u_2 – радиальное ускорение, u_m – предельное значение ускорений.

Задача решается методом моментов Н.Н. Красовского.

В следующем документе MathCAD показано множество компромисса между расходом топлива и временем быстродействия для перевода КА на угол 15 град.

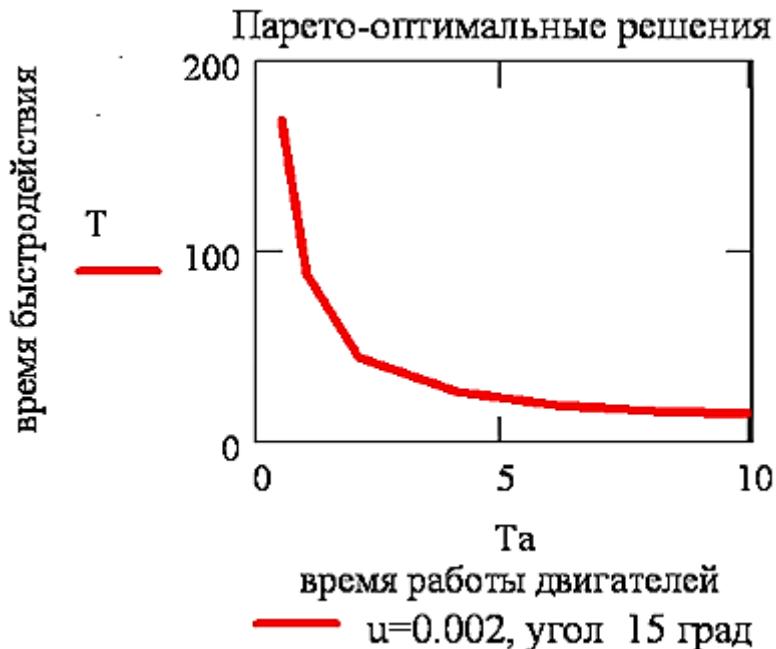


Рис. 1

Для исследования предельных по быстродействию характеристик в задаче перевода КА были численно исследованы зависимости времени быстродействия от различных начальных отклонений по углу от $\pi/18$ до 2π , по эксцентриситету от 0,005 до 0,2 и по периоду обращения от 0 до 3600 сек. Результаты расчетов были обработаны методом наименьших квадратов для определения простых зависимостей с целью оценки минимально необходимого времени управления в задаче перевода. Следующий рисунок иллюстрирует полученные зависимости для начального угла и соответствие оценки по формуле $T = 1.15 \cdot \sqrt{\frac{\Delta\lambda}{u_m}}$, где $\Delta\lambda$ начальное отклонение по углу, T – время быстродействия в сутках.

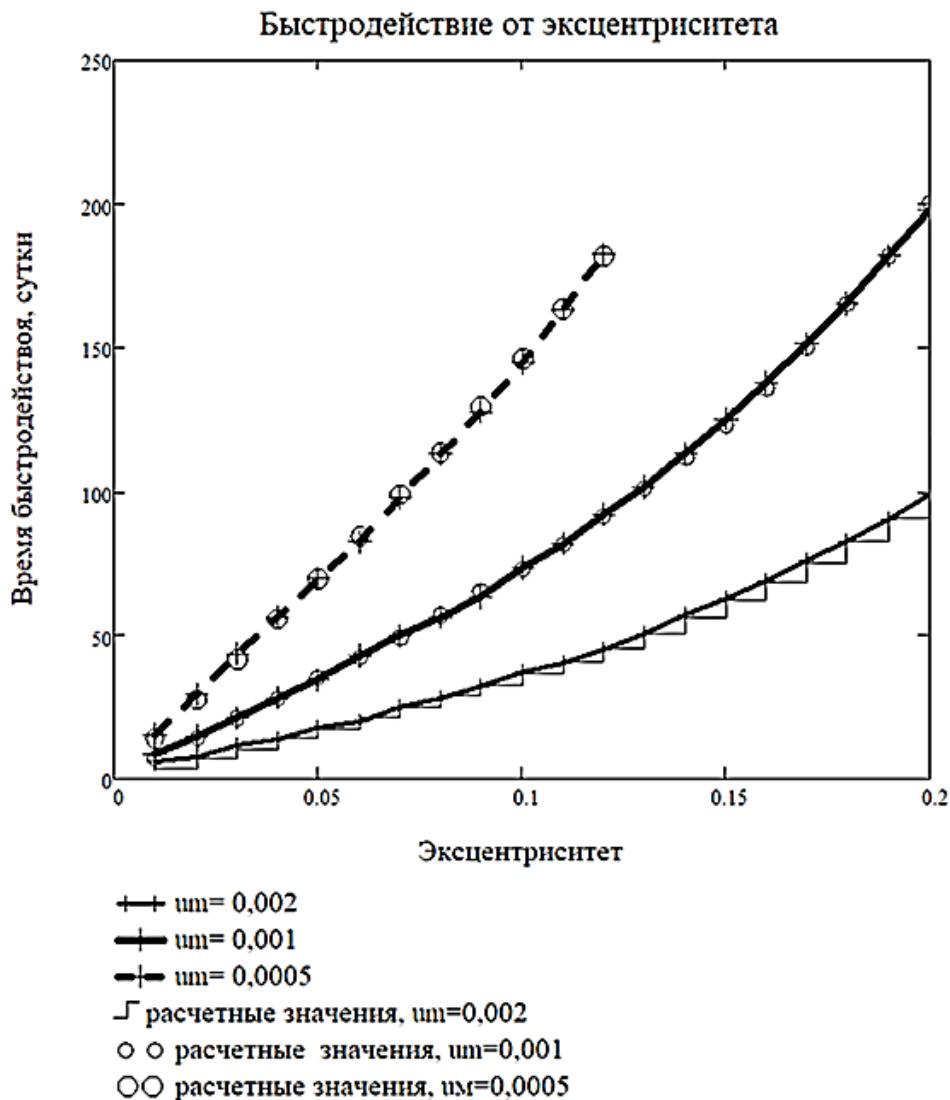


Рис. 2

Для оценки минимально необходимого времени перевода от начального эксцентризитета получена формула $T = \frac{(0.68 \cdot e + 38.8 \cdot e^4)}{u_m} + 0.6$, а для начального отклонения по периоду обращения формула $T = \frac{0.2}{u_m} \cdot \left(\frac{1}{\Delta T^4} - 1 \right) + 1.13$ для начальной орбиты ниже геостационарной и формула $T = \frac{0.18}{u_m} \cdot \left(\frac{1}{\Delta T^4} - 1 \right) + 1.46$ для орбиты выше геостационарной. Погрешность приведенных зависимостей не превышает 28% от времени перевода T .

Список литературы

1. Красовский Н.Н. Теория управления движением / Н.Н. Красовский. – М.: Наука, 1971. – 326 с.

2. Охорзин В.А. Векторная оптимизация в динамических системах управления / В.А. Охорзин, О.К. Дударев // Вестник Сибирской аэрокосмической академии им. академика М.Ф. Решетнева: Сборник научных трудов. Вып. 1 / Под ред. проф. Г.П. Белякова. – Красноярск: САА, 2000.