УДК 517.9

Частичная устойчивость математической модели управляемого движения космического аппарата

О.С. Язовцева [1], П.А. Шаманаев [1]

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва[1]

Рассмотрим задачу об исследовании частичной устойчивости семейства положений равновесия системы обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{v_1} = w_1 + v_2 \\ \dot{v_2} = w_2 - v_1 \\ \dot{w_1} = k_1 v_1 + k_2 v_2 + k_3 w_1 + k_4 w_2 - k_1 - k_4 \\ \dot{w_2} = -\dfrac{3v_2}{(v_1^2 + v_2^2)^{\frac{3}{2}}} - v_2 - w_1 \end{cases} . \qquad (1)$$

К исследованию частичной устойчивости системы (1) сводится задача об управляемом движении космического аппарата [1].

В работе решена задача об исследовании частичной устойчивости семейства положений равновесия $c^* = (c_4^*, 0, 0, c_4^*)$ системы (1).

В качестве первого приближения системы (1) возьмем

$$\begin{cases} \dot{y_1} = y_2 + y_3, \\ \dot{y_2} = y_4 - y_1, \\ \dot{y_3} = k_1 y_1 + k_2 y_2 + k_3 y_3 + k_4 y_4, \\ \dot{y_4} = -y_2 - y_3. \end{cases} \qquad (2)$$

Применяя методы из работы [2], получим, что множество параметров k_i, $i = \overline{1,4}$, при которых нулевое решение системы (2) устойчиво по переменным y_1 и y_4 и асимптотически устойчиво по переменным y_2 и y_3, имеет вид

$$k_1 = -k_4,\ k_3 < 0,\ k_3 < k_2,\ k_4 > -\frac{k_2}{k_3}. \qquad (3)$$

Теорема 1. *Пусть параметры* k_i, $i = \overline{1,4}$, *удовлетворяют условию* (3). *Тогда каждая точка из семейства положений равновесия вида* $c^* = (c_4^*, 0, 0, c_4^*)$ *системы* (1)

1) асимптотически устойчива по переменным x_2 *и* x_3*;*

2) устойчива по переменным x_1 *и* x_4*, причем имеет локальное асимптотическое равновесие по этим переменным.*

Доказательство теоремы основано на установлении локальной покомпонентной асимптотической эквивалентности [3] и проводится аналогично работам [4]- [6].

Литература

1. Шмыров А. С., Шмыров В. А. Об асимптотической устойчивости по отношению к части переменных орбитального движения космического аппарата в окрестности коллинеарной точки либрации // Вестник СПбГУ. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2009. – № 4. – С. 250–257.

2. Никонов В. И. Геометрический аспект устойчивости линейных систем относительно части переменных // Журнал Средневолжского математического общества. – 2011. – Т. 13, № 2. – С. 95–99.

3. Язовцева О. С. Локальная покомпонентная асимптотическая эквивалентность и ее применение к исследованию устойчивости по части переменных [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2017. – № 13. – Режим доступа: http://journal.mrsu.ru/arts/lokalnaya-pokomponentnaya-asimptoticheskaya-ekvivalentnost-i-ee-primenenie-k-issledovaniyu-ustojchivosti-po-chasti-peremennyx.

4. Шаманаев П. А., Язовцева О. С. Достаточные условия локальной покомпонентной асимптотической эквивалентности нелинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений и ее приложение к устойчивости по части переменных // Журнал Средневолжского математического общества. – 2017. – Т. 19, № 1. – С. 102–115.

5. Шаманаев П. А., Язовцева О. С. Достаточные условия полиустойчивости по части переменных нулевого решения нелинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений // Журнал Средневолжского математического общества. – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 304–317.

6. Шаманаев П. А., Язовцева О. С. Исследование устойчивости положения равновесия системы динамики биоценоза в условиях межвидового взаимодействия // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28, № 3. – С. 321–332.

MSC 34C20

Partial stability of the mathematical model of the controlled motion of a spacecraft

O.S. Yazovtseva [1], P.A. Shamanaev [1]

National Research Ogarev Mordovia State University [1]