

УДК 531.381

РАСЩЕПЛЕНИЕ ГЕТЕРОКЛИНИЧЕСКИХ ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ В УГЛОВОМ ДВИЖЕНИИ СПУТНИКА-ГИРОСТАТА

© Чуйко А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: tchuikoalisa@yandex.ru

Научный руководитель: Дорошин А.В., д-р физ.-мат. наук, доцент
*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

Ключевые слова: спутник-гиростат, динамический хаос, расщепление сепаратрис, гетероклинические траектории, метод матрицанта.

Исследование хаотических режимов движения спутников-гиростатов является важным направлением в современной динамике космического полета. Подобные режимы стоит учитывать при проектировании реальных космических систем, так как малые неточности в задании начального состояния системы с течением времени нарастают и процесс становится непредсказуемым, это может привести к срыву целевых задач миссии.

Расщепление и многократное пересечения устойчивых и неустойчивых многообразий гетероклинических фазовых траекторий при действии периодических возмущений различной природы является одной из основных причин возникновения хаотических режимов движения [1–5]. В работе рассматриваются первые шаги отображения Пуанкаре, демонстрирующие расщепленные формы возмущенных многообразий, полученных на интервале времени, равном одному периоду возмущений. С целью обнаружения хаотизации динамики спутника-гиростата реализован численно-аналитический алгоритм построения эволюции фазовой траектории на основе метода матрицанта [2]. В качестве математической модели движения используются дифференциальные уравнения движения динамически симметричного спутника-гиростата. Исследуется случай при действии внутреннего малого периодического возмущения. Для порождающей системы дифференциальных уравнений (при отсутствии возмущений) известны явные аналитические гетероклинические решения [3], которые используются для прямого численного построения возмущенных сепаратрис и реализации метода матрицанта. Полученные траектории иллюстрируют отклонение каждой точки невозмущенной сепаратрисы при возникновении возмущения в момент времени, равном периоду возмущений, где при движении в прямом направлении времени траектория расщепляется на неустойчивое многообразие, а в обратном – на устойчивое.

Для изучаемой системы построены изображения эволюции фазовых траекторий при наличии гармонических возмущений, на которых видны пересечения расщепленных полостей-сепаратрис, что указывает на хаотический характер динамики системы. В дополнение к результатам, полученным с использованием метода матрицанта, реализован численный метод построения эволюции фазовой траектории на основе прямого численного интегрирования дифференциальных уравнений движения. Результаты моделирования на основе метода матрицанта согласуются с достаточной точностью с результатами прямого численного интегрирования. Результаты моделирования показали наличие пересечений расщепленных многообразий

гетероклинических фазовых траекторий при действии внутренних гармонических возмущений, что свидетельствует о хаотическом характере движения космического аппарата.

В дальнейшем реализованный метод анализа может быть применим к системе с другими типами возмущений, а также использован для разработки новых методов подавления или управления хаосом.

Библиографический список

1. Aslanov, V.S. Chaotic dynamics of an unbalanced gyrostat (2010) / V.S. Aslanov, A.V. Doroshin // *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*. – 2010. – Vol. 74 (5). – P. 524–535.
2. Doroshin, A.V. Computing the Heteroclinic Orbits Splitting in Systems Phase Spaces via the Matricant Method / A.V. Doroshin // *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*. – 2018. – Vol. 1. – P. 428–433.
3. Doroshin, A.V. Heteroclinic dynamics and attitude motion chaotization of coaxial bodies and dual-spin spacecraft / A.V. Doroshin // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. – 2012. – Vol. 17 (3). – P. 1460–1474.
4. Holmes, P.J. Horseshoes and Arnold diffusion for Hamiltonian systems on Lie groups / P.J. Holmes, J.E. Marsden // *Indiana Univ. Math. J.* – 1938. – Vol. 32. – P. 273–309.
5. Iñarrea, M. Chaos in the reorientation process of a dual-spin spacecraft with time-dependent moments of inertia / M. Iñarrea, V. Lanchares // *International Journal of Bifurcation and Chaos*. – 2000. – Vol. 10, no. 5. – P. 997–1018.