

УДК 629.7.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ РАВНОВЕСИЯ НАНОСПУТНИКА СТАНДАРТА CUBESAT ПОД ДЕЙСТВИЕМ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО И ГРАВИТАЦИОННОГО МОМЕНТОВ

© Миронов Е.Д., Барина Е.В.

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

e-mail: mironovevgeniy01@gmail.com

В настоящее время стандарт CubeSat является наиболее распространенным при разработке наноспутников (НС) для исследовательских и образовательных космических миссий.

Для выполнения множества целевых задач полета требуется обеспечение заданной ориентации НС. В зависимости от поставленных задач, условий полета и конструктивных ограничений ориентация может быть обеспечена системами активной, пассивной или комбинированной стабилизации. Системы пассивной стабилизации не требуют датчиков ориентации и исполнительных элементов, могут функционировать продолжительное время, не расходуя энергию и топливо, что делает их выгодным решением при проектировании аппаратов малых размеров. Важным этапом разработки систем пассивной стабилизации является определение положений равновесия КА при движении относительно его центра масс.

В литературе большое внимание уделяется определению положений равновесия относительно центра масс [1]. Например, в работах Сарычева В.А. рассматривается динамика спутника со смещенным центром давления относительно центра масс по трем координатам и тремя неравными главными моментами инерции, когда на него действуют аэродинамический и гравитационный моменты. Предложен символьно-численный метод определения всех положений равновесия спутника в орбитальной системе координат [2]. Для спутников, имеющих форму, близкую к сферической, «действие атмосферы на спутник сводится к силе сопротивления, приложенной в центре давления и направленной против скорости центра масс спутника относительно воздуха» [2], данная сила не зависит от ориентации аппарата, а значит, является постоянной.

Значимым отличием НС стандарта CubeSat от других классов аппаратов является то, что они имеют форму прямоугольного параллелепипеда, следовательно, аэродинамическая сила лобового сопротивления зависит от ориентации спутника относительно набегающего потока.

Определить положения равновесия НС стандарта CubeSat можно, решив систему динамических и кинематических уравнений Эйлера относительно углов Эйлера (угла атаки, угла прецессии, угла собственного вращения). Данную систему уравнений можно решить аналитически для двух частных случаев. В работе [3] приведено решение для динамически симметричного НС CubeSat при смещении центра масс от геометрического по трем осям. В работе [4] показано решение для динамически несимметричного НС CubeSat со смещением центра масс по продольной оси. В случае когда НС CubeSat имеет смещение центра масс по 3 главным центральным осям инерции и его главные моменты инерции не равны, аналитическое определение положений равновесия не представляется возможным.

В данной работе представлен алгоритм численного определения положений равновесия наноспутника стандарта CubeSat под действием аэродинамического и гравитационного моментов при движении по круговой орбите, с постоянной высотой. Для реализации алгоритма был использован математический пакет Wolfram Mathematica. В работе были определены положения равновесия в орбитальной системе координат для НС CubeSat 1-3U.

Работа выполнена в рамках проекта 0777-2020-0018, финансируемого из средств государственного задания победителям конкурса научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России.

Библиографический список

1. Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. М.: Наука, 1965. 416 с.
2. Sarychev V.A., Gutni, S.A., Dynamics of a satellite subject to gravitational and aerodynamic torques. Investigation of equilibrium positions // Cosmic Research. 2015. Vol. 53, no. 6. P. 449–457.
3. Баринаева Е.В., Тимбай И.А., Положения относительного равновесия динамически симметричного наноспутника формата CubeSat под действием гравитационного и аэродинамического моментов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2019. Т. 18, № 2. С. 21–32.
4. Barinova E.V., Timbay I.A., Determining of Equilibrium Positions of CubeSat Nanosatellite under the Influence of Aerodynamic and Gravitational Moments // 27th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems. ICINS, 2020 – Proceedings, 2020.