

УДК 629.78

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ ИНСПЕКЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ НАНОСПУТНИКА НА ВЫСОКИХ ОРБИТАХ

© Щербаков М.С.

e-mail: sherbakov.m.s@mail.ru

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

Использование группировок наноспутников (НС) с каждым годом возрастает. В 2017 году было запущено около 230 НС формата CubeSat [1]. Традиционно такие космические аппараты использовались для отработки новых технологий, но начиная с 2010 года активно используются группировки НС для ДЗЗ, АИС, АЗН-В, проведения измерений метеорологических параметров. Такие формации можно отнести к классу созвездий, в них расстояние между отдельными аппаратами может достигать нескольких тысяч километров, которые движутся по существенно разным орбитам. Помимо таких масштабных группировок, используется формации с небольшим относительным расстоянием между НС, для обозначения таких орбит в англоязычной литературе используется термин «formation flying». Они активно используются для проведения научных экспериментов и инспекционного движения. Для таких группировок остро встает вопрос точного поддержания относительного расстояния в силу малых габаритов космических аппаратов формата CubeSat. Инспекционное движение по эллипсу, в центре которого располагается инспектируемый НС, описывается известным уравнением Clohessy-Wiltshire в предположении центрального, линеаризованного поля притяжения. Под воздействием возмущений пассивное движение инспектирующего НС будет отличаться от движения по инспекционному эллипсу (ИЭ). Параметрический анализ показал, что в большинстве случаев эллипс возмущённого движения под воздействием только гармоник  $J_2$  смещается в плоскости орбитального движения, при условии движения обоих НС в одной орбитальной плоскости. Но существуют инвариантные орбиты, при которых ИЭ смещаться незначительно, их существование обосновано в [2], при выполнении соотношения орбит НС. Определив область параметров движения обоих НС, соответствующих инвариантным орбитам, можно формировать критерий оптимальности управления с переходом в новый инспекционный эллипс, для минимизации топливных затрат.

### Библиографический список

1. World's largest data base of nanosatellites [электронный ресурс] <https://www.nanosats.eu/>
2. Hanspeter Schaub, Kyle T. Alfriend.  $J_2$  invariant relative orbits for spacecraft formations [Text] / Schaub Hanspeter [and etc.] // Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. 2001. Vol. 79. Pp 77-95.