

УДК 629.78

**АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ  
ОТДЕЛЕНИЯ ГРУППИРОВКИ НАНОСПУТНИКОВ  
ОТ СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ**

Щербаков М. С.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время популярность кластерных запусков растёт вместе с возрастающей тенденцией использования космических аппаратов малых размеров, в том числе формата наноспутников (НС). Анализ существующих проектов показал, что выведение большинства НС на орбиту осуществляется с ориентированных платформ при заранее определённых параметрах отделения. Рассматривается проблема отделения группировки НС от платформы, которая осуществляет неориентированное движение вокруг своего центра масс, а, следовательно, направление отделения нельзя предсказать заранее. В качестве такой платформы предлагается использовать орбитальную ступень (ОС) ракеты-носителя (РН) «Союз», в переходном отсеке которой имеются резервы по выводимой на орбиту массе и объёму. После отделения основной полезной нагрузки ОС РН «Союз» совершает неконтролируемое движение относительно центра масс. Вследствие того, что отделение НС от ОС происходит в случайном направлении, а тормозящее влияние атмосферы на НС и ОС сильно отличаются друг от друга, возможно появление таких случаев, при которых может произойти опасное сближение как с ОС, так и друг с другом. Это является следствием того, что движение происходит на низкой орбите, где атмосфера имеет существенное влияние, а рассматриваемые объекты имеют разные баллистические коэффициенты. Также для проведения некоторых экспериментов требуется поддержание расстояния между НС в группировке не больше заданного, при этом НС не обладают большими запасами энергии для поддержания заданного расстояния относительно друг друга, что требует подбора определённых параметров отделения.

НС выводится на орбиту из переходного отсека орбитальной ступени РН «Союз» с определённой задержкой по времени после отделения основной полезной нагрузки. Рассмотрим движение орбитальной ступени относительно центра масс, пренебрегая действием внешних сил. Будем считать, что кинетическая энергия вращения ОС существенно больше работы внешних сил. Тогда после отделения основной полезной нагрузки ступень совершает вращательное движение, представляющее собой регулярную прецессию, при которой продольная ось ступени, проходящая через центр масс, описывает круговой конус относительно неизменного в пространстве направления вектора кинетического момента. Движение оси симметрии вокруг вектора кинетического момента происходит с постоянной угловой скоростью прецессии. Одновременно ступень вращается с постоянной угловой скоростью собственного вращения вокруг оси симметрии.

В данной работе была сформулирована и решена задача выбора параметров отделения наноспутников от орбитальной ступени ракеты-носителя, исключающих возникновение опасного сближения с ней и друг с другом при последующем движении, а также обеспечивающих заданное расстояние между НС. Исследование проводилось в стохастической постановке. Разработана методика и алгоритм выбора параметров отделения группировки НС.