

Эволюция быстро вращающихся крупногабаритных объектов на солнечно-синхронной орбите

С.С. Ефимов¹, Д.А. Притыкин¹, В.В. Сидоренко^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

Проблема космического мусора в последнее время становится всё более актуальной, поскольку постоянно растущее число объектов в околоземном пространстве представляет серьёзную опасность для будущих космических миссий. Уже известны случаи столкновения объектов. Наиболее значимым происшествием является столкновение спутника Iridium 33 и верхней ступени ракеты-носителя спутника Космос-2251 в 2009 году. Инцидент привел к появлению около 1000 крупных осколков [1]. Проблема вызвала активное обсуждение миссий по удалению наиболее крупных объектов мусора с орбиты в целях уменьшения вероятности столкновений в будущем. Большая часть предлагаемых методов предполагает увод с орбиты специальным космическим аппаратом, захватывающим объекты непосредственно при помощи манипулятора, либо использующего гарпуны или сети. Все эти методы имеют сложности с захватом быстро вращающихся объектов.

Данная работа посвящена моделированию вращательного движения крупных объектов космического мусора с целью выявления общих закономерностей в его эволюции. Для рассмотрения выбраны солнечно-синхронные орбиты (ССО), поскольку ситуация на них особенно опасна из-за большой плотности объектов, имеющих при этом в отличие от геостационарной орбиты большие относительные скорости. В модели учтены такие факторы как гравитационный момент, остатки топлива в ступенях ракет-носителей и вихревые токи в проводящих элементах, наводимые магнитным полем Земли.

Показано, что наличие даже небольшого количества остаточного топлива, за небольшое время (порядка одного месяца) переводит произвольное начальное вращение ступеней ракет-носителей во вращение вокруг оси с наибольшим моментом инерции. Дальнейшая эволюция вращательного движения характеризуется, в первую очередь, экспоненциальным затуханием угловой скорости (рис. 1), заканчивающимся переходом тела в состояние гравитационной ориентации за времена порядка нескольких лет.

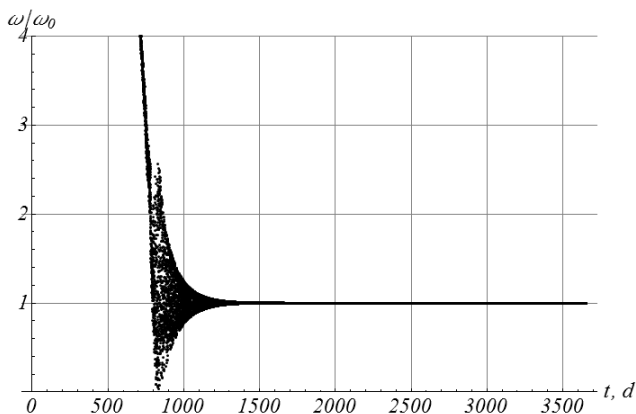


Рис. 1. Зависимость отношения угловой скорости тела к его орбитальной угловой скорости от времени, полученная в результате численного моделирования движения верхней ступени ракеты-носителя Ariane 4. На отметке ~1000 дней это отношение стабилизируется в окрестности единицы, что соответствует переходу тела в состояние гравитационной ориентации.

Литература

1. Praly N., Hillion M., Bonnal C., Laurent-Varin J., Petit N. Study on the eddy current damping of the spin dynamics of space debris from the Ariane launcher upper stages // Acta Astronautica. 2012. V. 76, P. 145–153.