

УДК 629.78

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ СПУСКАЕМОЙ КАПСУЛЫ

О.Н. Наумов

Научный руководитель – д.т.н., профессор Ю.М. Заболотнов
Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П.Королёва

В работе производится моделирование движения тросовой системы в процессе ее разворачивания с борта космического аппарата (КА) с учетом возможных вращательных движений КА и капсулы. Построены две математические модели, описывающие с разной точностью процесс разворачивания: 1) математическая модель, в которой концевые тела рассматриваются как материальные точки; 2) математическая модель, в которой КА и капсула рассматриваются как твердые тела конечных размеров. Целью работы является сравнение результатов моделирования по обеим моделям. В настоящее время чаще всего используются уравнения движения, которым соответствует модель двух точек на упругой связи. Поэтому исследование влияния вращательного движения капсулы и КА на процесс разворачивания космической тросовой системы представляет собой важную задачу. Моделирование движения производится на примере разворачивания космической тросовой системы для обеспечения доставки малых полезных грузов с низковысотных орбит в заданный район земной поверхности (космическая почта). Первый подобный эксперимент с тросовой системой будет реализован в проекте YES2, инициаторами которого являются Европейское космическое агенство. В работе рассматривается программное разматывание троса с катушки, установленной на борту космического аппарата. Разворачивание происходит по закону, принятому в настоящее время в данном проекте. При решении поставленной задачи моделирования и управления движением измеряются длина троса и его скорость, и происходит их сравнение с программными значениями. При этом используется классический принцип решения задачи регулирования – управление с обратной связью. Для моделирования упругих свойств троса применяется односторонний закон Гука, учитывающий то обстоятельство, что трос не воспринимает сжимающих усилий. При описании вращательных движений капсулы и КА используется классический метод механики: описание движений концевых тел в углах Эйлера. При построении уравнений движения применялось несколько систем координат: геоцентрическая, подвижная орбитальная и системы координат, связанные с концевыми твердыми телами. Для решения полученной системы дифференциальных уравнений был использован метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности с переменным шагом интегрирования. Программный закон разворачивания был задан в виде таблицы, поэтому при моделировании применялся метод линейной интерполяции. В модели использовалось центральное гравитационное поле Земли. Орбита КА была круговая. Действие диссипативных сил не учитывалось. Сравнение процессов разворачивания по обеим моделям показало, что вращательное движение капсулы при спуске ее на тросе необходимо обязательно учитывать, так как это позволяет уточнить значения коэффициентов обратной связи и обеспечить более безопасное отделение капсулы от КА. Программы для моделирования движения были составлены с помощью языка программирования Delphi и математического пакета Matlab.