

УДК 629.78

Движение спускаемого аппарата, управляемого изменением положения центра масс

Кухаренко Андрей Сергеевич^(*)

kuharenko-as@mail.ru

Корянов Всеволод Владимирович

vkoryanov@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе проведено исследование движения спускаемого аппарата, управляемого методом смещения центра масс. Исследования выполнены с применением составленной математической модели движения. Уравнения математической модели составлены с применением уравнений Лагранжа 2-го рода. Результаты решения уравнений математической модели представлены в виде траекторий управляемого движения спускаемого аппарата. Сделан вывод о величине парировемых при управлении возмущений.

Ключевые слова: спускаемый аппарат, полезная нагрузка, управление смещением центра масс, управление движением, уравнения математической модели

Введение. В работе проведено исследование движения спускаемого аппарата (СА), управляемого методом смещения центра масс (ц.м.). Смещение ц.м. проводится за счет изменения углового положения внутренней подвижной массы [1].

Проведено моделирование движения СА схема конструкции которого представлена на рисунке.

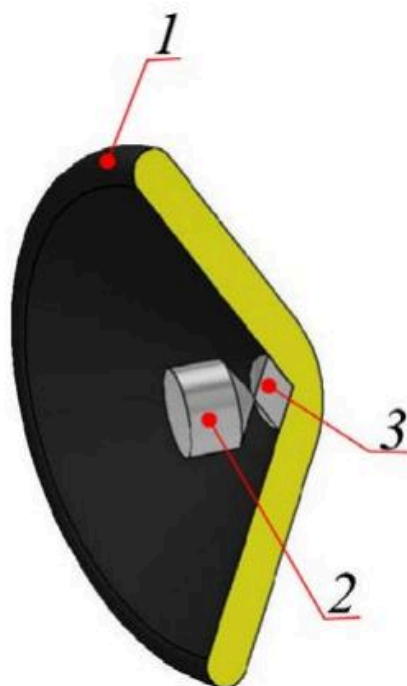


Схема рассматриваемого СА:

1 — надувное тормозное устройство; 2 — полезная нагрузка;
3 — поворотное устройство

Управление движением СА происходит следующим образом: внутри надувного тормозного устройства (НТУ) расположена полезная нагрузка (ПН), выполняющая роль внутренней подвижной массы. С тормозным устройством ПН соединена посредством поворотного механизма, предназначенного для поворота ПН вокруг точки их сопряжения. Изменение углового положения внутренней подвижной массы приводит к смещению ц.м. СА относительно продольной оси НТУ. Это смещение ц.м., в свою очередь, приводит к повороту СА на некоторый угол атаки, в результате чего возникает аэродинамическая сила, перпендикулярная направлению движения. За счет этой аэродинамической силы и осуществляется управление движением [2].

Величина управляющих сил ограничена углом поворота ПН. Максимальное угловое отклонение ПН ограничено конструкцией СА и составляет 30° .

Материалы и методы; результаты. В работе составлена система уравнений движения СА. При моделировании, СА представлен как система двух твердых тел, связанных между собой цилиндрическим шарниром. Для рассматриваемой системы составлены уравнения движения методом Лагранжа 2-го рода.

Решение уравнений движения СА выполнено с применением разработанного программного обеспечения (ПО).

Для набора управляющих воздействий построено семейство траекторий движения СА. С этой целью проводилось варьирование угла крена, а так же величины угла поворота ПН. Полученные траектории позволяют рассчитать максимальное отклонение точки посадки.

Математическая модель позволила провести расчет перегрузок возникающих в процессе управляемого движения СА. Построена зависимость изменения кривизны траектории от времени управляемого движения и изменения углового положения СА в процессе управления. Построена область реализуемых точек посадки.

Заключение. В работе составлена математическая модель движения СА. Математическая модель составлена с допущением о том, что соединение внутренней подвижной массы и НТУ выполнено цилиндрическим шарниром.

Выполнено решение уравнений математической модели с применением разработанного ПО.

С применением разработанного ПО проведен анализ:

- перегрузок, возникающих в процессе управляемого движения СА;
- зависимости изменения кривизны траектории от времени управляемого движения.

зависимости изменения углового движения СА в процессе управления.

Выполненные решения позволили построить область реализуемых точек посадки.

Область реализуемых точек посадки представляет из себя площадь поверхности небесного тела в пределах которой возможно сместить точку посадки от расчетной.

Список источников

- [1] Atkins B.M. Mars precision entry vehicle guidance using internal moving mass actuators. Ph. D. Diss. Virginia Tech, 2014.
- [2] Кухаренко А.С., Корянов В.В. Угловое движение спускаемого аппарата при управлении методом поворота полезной нагрузки. *Вестник Московского авиационного института*, 2023, т. 30, № 3, с. 174–186.