

УДК 629.78

Траектории движения спускаемого аппарата с коническим тормозным устройством при управлении смещением 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. Траектория движения спускаемого аппарата разделена на участки где центр масс имеет статическое смещение и участок где происходит изменение положения центра масс. Результаты решения уравнений математической модели представлены в виде траекторий управляемого движения спускаемого аппарата. Сделан вывод о величине парируемых 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 рис. 1.

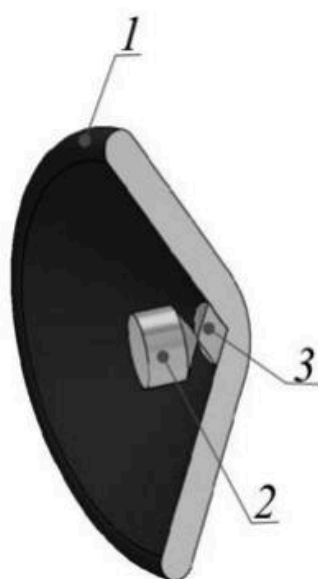


Рис. 1. Схема рассматриваемого СА:

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° .

Методы и материалы. В работе составлена система уравнений движения СА. При моделировании, СА представлен как система 2-ух твердых тел связанных между собой цилиндрическим шарниром. Для рассматриваемой системы составлены уравнения движения с использованием теоремы об изменении кинетического момента и уравнения Лагранжа 2-го рода [2, 3].

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

Задав набором управляющих воздействий, построено семейство траекторий движения СА. С этой целью проводилось варьирование угла крена, а так же величины угла поворота ПН. Одна из полученных траекторий представлена на рис. 2.

Полученные траектории позволяют рассчитать максимальное отклонение точки посадки.

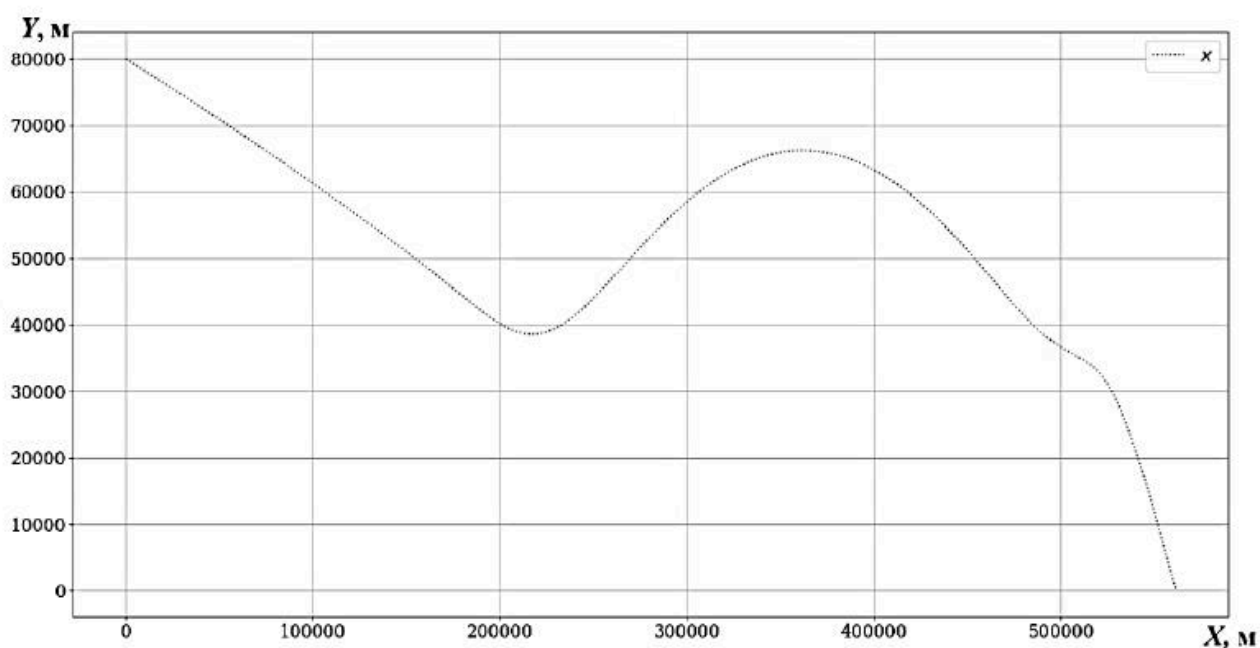


Рис. 2. Траектория управляемого движения спускаемого аппарата

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

Математическая модель и ПО для ее решения дают возможность построить область реализуемых точек посадки. Данный результат позволяет оценить величину возмущений начальных условий движения, которые удастся парировать рассмотренным методом управления.

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

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.
- [3] Кухаренко А.С., Корянов В.В., Игнатов А.И. Математическая модель углового движения спускаемого аппарата, управляемого смещением центра масс. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2025, вып. 7. EDN: COYUGP