

Оптимальное программирование тяги вдоль траектории в сопротивляющейся среде

Научный руководитель – Черкасов Олег Юрьевич

Горобец Валентина Дмитриевна

Студент (магистр)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет космических исследований, Москва, Россия

E-mail: gorobets.valentina@yandex.ru

В работе рассматривается задача управления движением материальной точки в вертикальной плоскости в однородном поле тяжести и в однородной среде с линейным вязким трением. В качестве управляющих переменных рассматриваются реактивная сила тяги, ограниченная по величине, и угол наклона траектории. Количество топлива задано. Целью управления является максимизация горизонтальной дальности за заданное время. Рассматриваемая система уравнений описывает «промежуточную» модель летательного аппарата [1], для которой принимается гипотеза о возможности управления подъемной силой без изменения силы сопротивления. Кроме того, динамика системы не зависит от изменения массы. В такой постановке задача была рассмотрена для одномерного случая [2]. Такая же система уравнений используется для исследования задач о брахистохроне в сопротивляющейся среде [3], в которых требуется форму найти траектории, двигаясь по которой точка переместится из начального положения в конечное за минимальное время. В задачах о брахистохроне управление углом наклона траектории происходит за счет выбора нормальной реакции опоры кривой движения.

Поставленная задача исследуется при помощи принципа максимума Понтрягина и теории особых управлений. В результате задача оптимального управления сведена к краевой задаче для системы двух нелинейных дифференциальных уравнений с двумя неизвестными параметрами. С помощью необходимого условия Келли оптимальности особых управлений установлено, что оптимальная траектория не включает в себя участок движения с промежуточной тягой. Следовательно, экстремальная траектория состоит из комбинаций двух дуг: движения с максимальной тягой и с нулевой тягой. Приведены результаты численного решения краевой задачи. Произведено численное моделирование и интерпретация результатов.

В дальнейшем предполагается изучение задачи при квадратичной зависимости сопротивления от скорости и с учетом влияния изменения массы на динамику системы.

Источники и литература

- 1) Н. М. Гревцов, О. Е. Ефимов, И. О. Мельц. Оптимизация траекторий снижения самолета в вертикальной плоскости. Ученые записки ЦАГИ, Том XXVI, 1995, № 3-4 с.98-110
- 2) Andrei Dmitruk, Ivan Samylovskiy, A simple trolley-like model in the presence of a nonlinear friction and a bounded fuel expenditure // Discussiones Mathematicae. Differential Inclusions, control and optimization. 2013. Vol. 33, No. 2. P. 135-147
- 3) Вондрухов А.С., Голубев Ю.Ф. Оптимальные траектории в задаче о брахистохроне с разгоняющей силой//Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2015. №4. С.13-23