

Управление тягой вдоль брахистохроны в сопротивляющейся среде

Научный руководитель – Черкасов Олег Юрьевич

Ферштер Андрей Александрович

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра прикладной механики и управления,
Москва, Россия

E-mail: andreifersh@mail.ru

Рассматривается задача оптимизации управляемого спуска летательного аппарата в однородном поле сил тяжести при наличии ускоряющей силы и силы сопротивления, нелинейно зависящей от скорости. Движение происходит в вертикальной плоскости. В качестве управления приняты подъемная сила и сила тяги. Исследуемая модель также описывает движение материальной точки по кривой, при этом управлениями являются нормальная составляющая силы реакции опоры и разгоняющая сила. Целью управления является максимизация горизонтальной дальности (терминальный член в функционале) и минимизация энергетических затрат (интегральный член) в заданный момент окончания процесса. Максимизация дальности связана с задачей о брахистохроне - задачей выбора формы траектории, соединяющей две заданные точки в вертикальной плоскости, время движения по которой будет минимальным. Для решения задачи применяется принцип максимума Понтрягина и методы качественного исследования динамических систем. Экстремальное управление построено в виде обратной связи по фазовым переменным исходной системы. Выявлены характерные свойства траекторий, что позволило обосновать результаты, полученные другими авторами с помощью численного моделирования или сформулированные в виде гипотез. Показано, что при больших временах процесса экстремальная траектория складывается из трех участков, представляющих собой выход в окрестность асимптотической магистрали, движение в этой окрестности и выход для удовлетворения конечных условий. Установлено зависимость структуры экстремального управления тягой от вида законов сопротивления среды. Полученные результаты могут использоваться для построения квазиоптимальных решений и в качестве эффективных начальных приближений при численном решении задач оптимизации траекторий, описываемых моделями более высокого порядка.