

**Минимизация энергетических затрат при заданном законе сближения объектов.**

**Научный руководитель – Черкасов Олег Юрьевич**

**Юганов Андрей Владимирович**

*Студент (магистр)*

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

*E-mail: yugandrey@yandex.ru*

Рассматривается задача минимизации энергетических затрат при заданном законе сближения по дальности космических аппаратов (КА). Объекты рассматриваются, как материальные точки. В качестве управления принято ускорение активного КА, ортогональное линии визирования. Ограничения на управление отсутствуют, но квадраты от ускорений входят в интегральный функционал. Используемая математическая модель, которая описывает относительное движение КА, была предложена Клохесси и Уилтширом [1]. Эти уравнения относительного движения активного КА вблизи пассивного, находящегося на круговой орбите, были получены при изучении модели Хилла [2], и носят название уравнений НСВ (Хилла-Клохесси-Уилтшира).

В работе используется схема наведения, предложенная в статье [3], где рассматриваются командные ускорения в направлении линии визирования и перпендикулярно ей. Задача сближения активного КА с пассивным изучается на фиксированном промежутке времени. При помощи принципа максимума задача оптимального управления сводится к краевой. При исключении сопряженных переменных система уравнений краевой задачи сводится к уравнению Дуффинга. Проведен качественный анализ этой системы, построен глобальный фазовый портрет, анализ которого позволяет определить характерные свойства экстремалей. Установлено, что при больших временах процесса активный КА приближается к цели с почти постоянной угловой скоростью, чему соответствует спиралевидное движение в плоскости орбиты. Аналитически проведено сравнение энергетических затрат по сравнению со сближением с нулевым ускорением, ортогональным линии визирования. Численное решение краевой задачи осуществлялось при помощи пакета Matlab. Использовался метод пристрелки и дихотомии. Дополнительно рассмотрена задача с ограничениями на управление.

**Источники и литература**

- 1) Clohessy W.H., Wiltshire R.S. "Terminal Guidance System for Satellite Rendezvous". J. Astronaut. Sci. 1960. Vol. 27, No 9. P. 653–678.
- 2) Hill, G.: Researches in the Lunar Theory. American Journal of Mathematics 1(1), 5–26. (1878).
- 3) Yu Shaohua, "Terminal spacecraft coplanar rendezvous control". Journal of Guidance, Control, and Dynamics, vol. 18, issue 4, pp. 838-842.