

## СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ СПУТНИКА ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМЛИ

Живолуп А.В. (ДГТУ)

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор

Братищев А. В.

(ДГТУ)

**Введение.** В данной работе Земля и спутник трактуются как материальные точки. В качестве модели свободной системы рассматривается уравнение ограниченной задачи двух тел [4], которое описывает движение спутника в поле центральной силы тяготения Земли. Основная задача заключается в таком преобразовании свободной модели, чтобы она описывала вывод этого спутника из начальной на любую конечную орбиту независимо от его начальных условий. Полученная модель будет называться управляемой или синергетическим регулятором. Дальнейшая задача будет состоять в исследовании синергетического регулятора при варьировании его параметров, а также в нахождении оптимальной точки схода спутника с начальной орбиты для минимизации его ускорения тяги.

**Основная часть.** Модель свободной системы представляет собой систему двух дифференциальных уравнений (ДУ) второго порядка. Преобразование этой системы заключается в том, чтобы к её правой части добавить аддитивные управления. Именно в процедуре нахождения аддитивных управлений, которое невозможно без выбора агрегированной переменной, заключается метод теории синергетического управления Колесникова [1].

В монографии [2] Колесниковым был предложен синергетический регулятор для вывода спутника на любую круговую орбиту, в электронном учебнике [3] этот регулятор был им обобщён для любой кривой второго порядка. Однако в обеих работах [2], [3] используется два аддитивных управления; в работе автора, которая также подразумевает способ вывода спутника на любую орбиту, заданную кривой 2-го порядка, используется одно аддитивное управление радиальным ускорением спутника.

Траектория, соединяющая начальную и конечную орбиту, называется переходной; и следующая задача после проектирования синергетического регулятора заключается в исследовании переходной траектории. Если в агрегированном дифференциальном уравнении изменять значение коэффициента, стоящего перед первой производной, то мы будем наблюдать три разновидности движения спутника по такой траектории:

- движение с затухающими колебаниями относительно конечной орбиты;
- прямолинейное движение (движение двигателем большой тяги);
- виткообразное движение (движение двигателем малой тяги).

Последней задачей работы является нахождение оптимальной точки схода спутника с начальной орбиты. Цель её заключается в том, чтобы во время перехода минимизировать ускорение тяги спутника и тем самым уменьшить нежелательную перегрузку на него. Для первых двух типов движения по переходной траектории был предложен метод оптимизации точки схода: если угол схода соответствует кратчайшему расстоянию между орбитами, то он определяет оптимальную точку схода, в которой ускорение тяги минимальное.

**Выводы.** В ходе проведения научной работы были выполнены следующие задачи:

- 1) Спроектирован синергетический регулятор, позволяющий выводить спутник на любую конечную орбиту, независимо от его начальных условий. При этом используется одно аддитивное управление радиальным ускорением, и соблюдается

- закон площадей.
- 2) При варьировании параметров синергетический регулятор был исследован. В результате исследования было выявлено три типа движения спутника по переходной траектории, которые указаны выше.
  - 3) Для первых двух типов переходных траекторий был предложен метод оптимизации, минимизирующий ускорение тяги в точке схода.

**Список использованных источников:**

1. Братищев А. В. Математическая теория управляемых динамических систем. Введение в понятия и методы: учеб. пособие / А. В. Братищев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2015. — 292 с.
2. Колесников А. А. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного анализа. М: КомКнига, 2006. – 240 с.
3. Электронный учебник «Синергетическая теория управления» для самостоятельной работы студентов направлений 220100 «Системный анализ и управление», 220400 «Управление техническими системами», <http://synergetics.scp.sfedu.ru/biblio.html>
4. Поляхова Е. Н. Сборник задач по динамике точки в центральном поле сил. Изд. 2-е, доп. – Москва: «ЛИБРОКОМ», 2010. – 160 с.