

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СПУТНИКА-ИНСПЕКТОРА В ОКРЕСТНОСТИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

А.А. Игнатова, А.В. Алексеев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

**Обоснование.** С постепенным освоением космоса, на орбите Земли появляется все больше спутников, космических аппаратов, исследовательских станций и т.д. Во время эксплуатации они подвержены разрушительному воздействию космического пространства, а значит могут выйти из строя и нуждаться в ремонте. Решить эту задачу может спутник-инспектор: малый космический аппарат, который может свободно перемещаться по орбите, проводя с минимально возможного расстояния внешний осмотр и бесконтактную диагностику объектов. Такой аппарат может подлететь к космическому объекту на расстояние, достаточное для сбора данных, необходимых для ремонта, исследований, сбора информации, проверки состояния объекта и т.д. В данной работе рассмотрен важнейший этап функционирования спутника-инспектора, а именно сближение с другим космическим аппаратом (КА).

**Цель** — вывести уравнения движения спутника-инспектора, определить управляющие импульсы, необходимые для маневра сближения, визуализировать полученные результаты.

**Методы.** Формулировка задачи имеет следующий вид: пусть КА находится на орбите радиуса  $R_0$ , расстояние между инспектором и КА намного меньше радиуса орбиты КА  $\rho \ll R_0$ . Будем рассматривать движение инспектора в подвижной системе координат, связанной с центрами масс Земли и КА. За начало отсчета берется КА, с которым будет сближаться инспектор. Выберем следующие направления осей системы координат:  $Ox_0$  проходит через центры масс Земли и КА,  $Oy_0$  направлена вдоль вектора скорости станции,  $Oz_0$  перпендикулярна плоскости орбиты.

С помощью основных теорем механики были выведены уравнения Клохесси – Уилтшира, описывающие движение спутника-инспектора в подвижной системе координат, связанной с центрами масс Земли и исследуемого КА [1]. Используя данные уравнения, удалось описать пассивное движение спутника-инспектора.

Главная часть работы — маневр сближения, который осуществляется с помощью двух импульсов: первый сокращает расстояние между КА и инспектором до заданных значений (импульс наведения), а второй уменьшает набранную скорость и завершает маневр (импульс торможения).

Используя математические преобразования, из уравнений пассивного движения спутника-инспектора были получены выражения для определения импульсов наведения и торможения в зависимости от начальных условий и значений параметров движения в конце соответствующего этапа движения.

Для визуального анализа построены графики зависимости параметров движения (координат и компонент вектора скорости) от времени, которые подтверждают выполнение поставленной задачи (наведение, торможение, совместное пассивное движение).

**Результаты.** Была разработана модель движения спутника-инспектора в окрестности КА на орбите Земли. Проведены расчеты для частного случая такого движения спутника-инспектора, а затем и для маневра сближения с КА и дальнейшего пассивного движения. Осуществлена визуализация параметров движения.

**Выводы.** В данной работе построена математическая модель движения спутника-инспектора, который безаварийно сближается с КА и сопровождает его в течение некоторого времени. Сближение осуществляется путем двухимпульсного маневра. Полученные результаты можно применять при проектировании систем управления движением КА, в задачи которых входят операции по сближению и сопровождению.

**Ключевые слова:** спутник-инспектор; сближение; космический аппарат; уравнения движения; маневр сближения.

## Список литературы

1. Alfriend K.T., Vadali S.R., Gurfil P., et al. Space Formation Flying. Elsevier Astrodynamics Series. 2010. P. 90–94.

*Сведения об авторах:*

**Анастасия Андреевна Игнатова** — студентка, группа 1305-010303D, институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: vijusvet06@gmail.com

**Алексей Владимирович Алексеев** — научный руководитель, кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры теоретической механики; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: alexeeff05@mail.ru