МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«Самарский национальный исследовательский университет

имени академика С.П. Королёва»

(Самарский университет)

Институт ракетно-космической техники

Кафедра теоретической механики

ОТЧЁТ

ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

по дисциплине

«Динамика твёрдого тела и систем тел»

Выполнил

Студент гр. \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*

Проверил

Доцент Юдинцев В. В.

Самара 2018

# Постановка задачи

## Задание

Построить математическую модель движения орбитальной ступени ракеты-носителя после отделения космического аппарата. Разработать программу на языке MATLAB для моделирования движения орбитальной ступени. Построить графики изменения положения центра масс ступени, проекций скорости центра масс ступени в проекциях на оси орбитальной подвижной системы координат, которую принять за инерциальную. Построить графики изменения проекций угловой скорости ступени на связанные её оси и графики изменения параметров, определяющих угловое положение ступени, в качестве которых рассмотреть:

- углы Эйлера;

- направляющие косинусы;

- кватернионные параметры.

## Схема системы

Схема орбитальной ступени, системы координат приведены на рисунке 1. На рисунке показаны:

– орбитальная подвижная система координат;

– система координат, связанная с орбитальной ступенью (главная центральная система координат);

– сила тяги реактивного сопла увода орбитальной ступени;

…

…

На рисунке 2 приведен график изменения тяги реактивного сопла от времени.

# Математическая модель движения ступени

…

## Динамические уравнения движения

…

## Кинематические уравнения

…

…

…

…

# Описание программы

Программа моделирования движения орбитальной ступени на языке MATLAB состоит из \* файл-функций и \* файл-скриптов.

## Функция Ax

Функция предназначена для вычисления матрицы поворота вокруг оси x для заданного значения угла.

## Функция dqdt

Функция предназначена для вычисления вектора правой части системы дифференциальных уравнений движения системы. Входными параметрами функции являются текущее время и соответствующий этому моменту времени вектор состояния системы.

Для версии программы, использующей для определения ориентации ступени углы Эйлера вектор состояния имеет следующую структуру …

..

..

Для версии программы, использующей для определения ориентации ступени направляющие косинусы вектор состояния имеет следующую структуру …

## Функция …

Функция предназначена для …

Текст программы приведён в приложении А.

# Результаты

## Уравнения движения с использованием углов Эйлера

На рисунке \* приведены графики изменения ..

…

…

## Уравнения …

На рисунке \* приведены графики изменения ..

…

## Уравнения …

На рисунке \* приведены графики изменения ..

…

# Заключение

В работе построена математическая модель движения орбитальной ступени после отделения космического аппарата. Разработана программа для численного моделирования движения центра масс орбитальной ступени и её движения вокруг центра масс.

Результаты моделирования показывают, что после окончания работы сопла увода продольная ось орбитальной ступени совершает прецессионное движение вокруг вектора кинетического момента с углом нутации \*\* градусов, при этом угловая скорость прецессии равна \*\* градусов в секунду, угловая скорость собственного вращения -- \*\* градусов в секунду. Проекции скорости центра масс ступени на оси орбитальной подвижной системы координат:

Список использованных источников

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Текст программы