

# Тестовое задание

16 октября 2024 г.

## 1 Задание

Тестовое задание заключается в разработке программного обеспечения для моделирования системы стабилизации космического аппарата (КА) с использованием языка программирования C++ или Matlab и состоит из следующих частей:

1. Реализовать решатель нормальной системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). На вход решатель должен принимать вектор-функцию правых частей.
2. Записать в форме системы ОДУ динамику КА и его систему управления, которая на вход принимает кватернион целевой ориентации, а на выходе выдает изменение кинетического момента системы из трёх маховиков.
3. Обосновать выбор параметров, коэффициентов и структуры системы управления, а также выбор настроек решателя.

NOTE Разрешается использовать библиотеки линейной алгебры. Обоснования, пояснения, графики полученных результатов должны быть оформлены отдельным текстовым документом.

## 2 Параметры космического аппарата

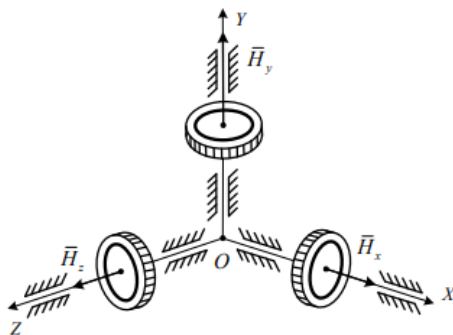
Тензор инерции КА  $\mathbf{J} = \begin{pmatrix} 3.0 & -0.1 & 0.0 \\ -0.1 & 2.3 & 0.2 \\ 0.0 & 0.2 & 1.9 \end{pmatrix}$

Максимальный кинетический момент маховика  $H_{max} = 0.2 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}$

Максимальный момент маховика  $M_{max} = 0.005 \text{ Н}\cdot\text{м}$

Момент инерции ротора  $J_p = 5 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$

Оси трёх маховиков расположены по осям связанной системы координат



NOTE Датчики КА измеряют угловую скорость и ориентацию в связанной системе координат. Измерения и управления считать идеальными.

### 3 Полезные выражения

Динамические уравнения Эйлера:

$$J \frac{d\vec{\omega}}{dt} + \vec{\omega} \times J\vec{\omega} + \vec{\omega} \times \vec{H} = -\frac{d\vec{H}}{dt}$$

где  $\frac{d\vec{H}}{dt}$  - управление.

Кинематические соотношения для кватерниона ориентации:

$$\begin{pmatrix} \dot{q}_0 \\ \dot{\vec{q}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vec{q} \cdot \vec{\omega} \\ q_0 \vec{\omega} + \vec{q} \times \vec{\omega} \end{pmatrix}$$

### 4 Полезные источники

1. Full quaternion based attitude PD-control for a quadrotor  
<https://folk.ntnu.no/skoge/prost/proceedings/ecc-2013/data/papers/0927.pdf>
2. A study of angular motion of the Chibis-M microsatellite with three-axis flywheel control  
[https://www.researchgate.net/publication/257832553\\_A\\_study\\_of\\_angular\\_motion\\_of\\_the\\_Chibis-M\\_microsatellite\\_with\\_three-axis\\_flywheel\\_control](https://www.researchgate.net/publication/257832553_A_study_of_angular_motion_of_the_Chibis-M_microsatellite_with_three-axis_flywheel_control)