

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Инженерно-конструкторское направление.**  
**Аэрокосмический профиль.**

---

**Система стабилизации космического аппарата по одной оси вращения  
с помощью двигателя-маховика**

Выполнение функциональных назначений космического аппарата (КА) требует возможностей изменения углового положения КА в орбитальной системе координат. Данные возможности обеспечиваются наличием систем ориентации и стабилизации (СОС) КА. Исполнительными органами (ИО) СОС КА за счет создаваемых управляющих моментов, воздействующих на КА, обеспечиваются угловые маневры вращения вокруг центра масс КА и его стабилизация. В качестве ИО СОС КА применяют двигатели-маховики (ДМ).

**1. Условие задачи:**

В рамках задания требуется разработать комплекс устройств для демонстрации стабилизации вращения КА вокруг центра масс по 1 оси вращения:

1) стенд на котором происходит имитация вращения и стабилизации космического аппарата (КА) по 1 оси;  
2) КА формата CubeSat 1U или 2U, который, как минимум (можно использовать дополнительные изделия), состоит из: бортовой вычислительной машины, модуля акселерометра, радио-модуля\*, подсистемы энергопитания и подсистемы стабилизации вращения КА (двигателя-маховика, который в свою очередь состоит как минимум из двигателя, диска вращения, необходимых для их управления покупных комплектующих изделий);

3) наземную станцию приема телеметрии от КА (состоящая из бортовой вычислительной машины, радио-модуля), которая способна обработать полученную информацию, характеризующую вращение КА, провести расчеты и выдать обратно на КА управляющий сигнал для запуска в определенном режиме двигатель маховика.

\*Передача радиосигнала может осуществляться с помощью радиомодуля nrf24, HC-12 или иных. Пример описания nrf24:

<https://forum.arduino.cc/t/simple-nrf24l01-2-4ghz-transceiver-demo/405123/3>

Вращение КА должно стабилизироваться за счет функционирования подсистемы двигателя-маховика. Стабилизация вращения не должна быть идеальной. После стабилизации, ДМ должен удерживать одну из осей КА от отклонения более чем на 45 градусов в ту или иную сторону вращения.

**Этапы алгоритма работы устройств комплекса:**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Инженерно-конструкторское направление.**  
**Аэрокосмический профиль.**

1. Демонстрируется передача телеметрии от КА на наземную станцию в режиме реального времени.
2. КА подвешивается на стенде и закручивается в любую сторону вокруг оси центра масс КА.
3. Наземная станция принимает от КА телеметрию и отправляет на КА сигнал с управляющим воздействием на подсистему стабилизации.
4. Подсистема стабилизации начинает работу и КА стабилизируется (перестает вращаться).

**2. Общие требования.**

Отличительной чертой спутников формата CubeSat являются направляющие рельсы, предназначенные для помещения спутника в пусковой контейнер. Внутреннее содержимое спутника поддается интерпретации, но размеры и рельсы остаются неизменными. Корпус макета КА CubeSat должен быть реализован с соблюдением замечаний, указанных на чертеже (Рисунок 1):

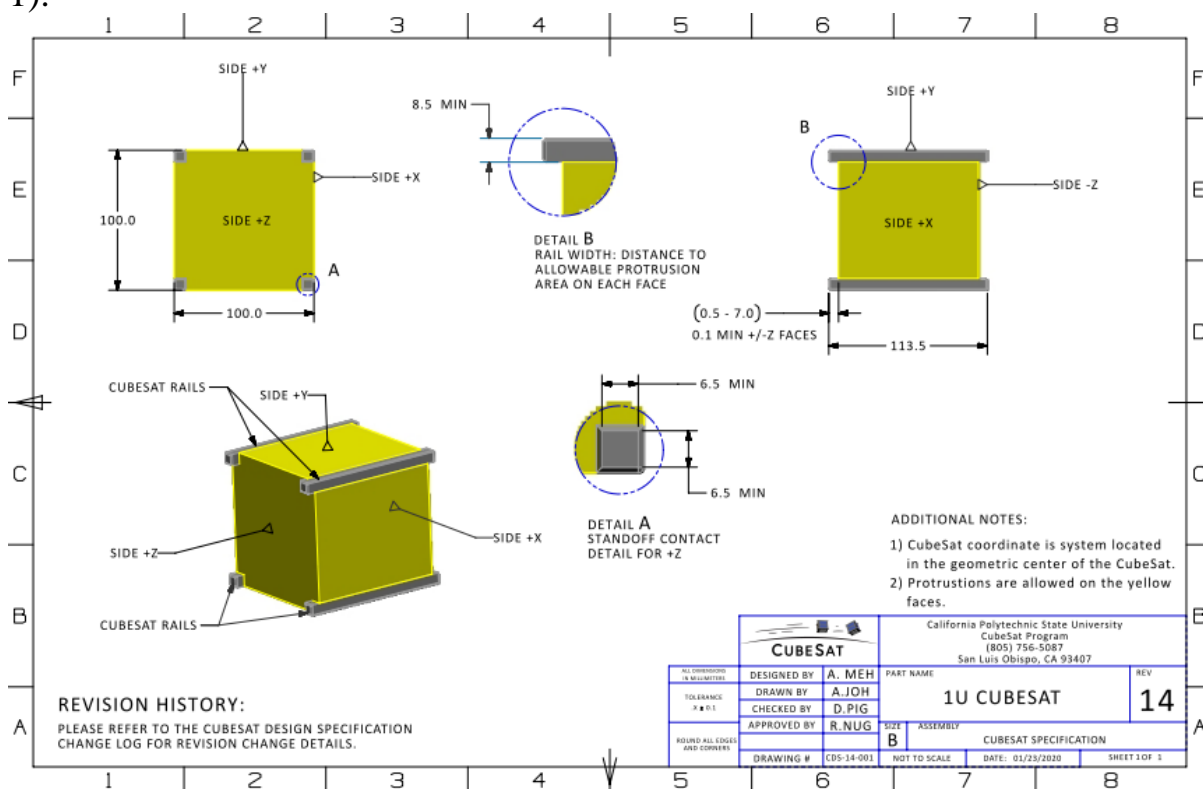


Рисунок 1. Чертеж спутника форм-фактора Cubesat 1U

В дополнение к чертежу, при проектировании устройства необходимо соблюдать следующие требования:

- Никакие компоненты на сторонах, заштрихованных желтым цветом, не должны выступать дальше, чем на 6,5 мм по нормали к поверхности от плоскости рельса.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Инженерно-конструкторское направление.**  
**Аэрокосмический профиль.**

---

- Рельсы должны иметь минимальную ширину 8,5 мм, измеренную от края рельса до первого выступа на каждой грани.
- Края реек должны быть закруглены до радиуса не менее 1 мм.
- Концы направляющих на стороне +/- Z должны иметь минимальную площадь контакта 6,5 мм x 6,5 мм с соседними направляющими CubeSat.
- Необходимо предоставить трёхмерные модели:
  - корпус модуля приёмника, осуществляющий жёсткое крепление всех элементов модуля (контроллера, приёмника, макетных/паечных плат и т. д.);
  - корпус спутника CubeSat форм-фактора 1-2U;
  - итогового устройства в сборке.

Допускаются конструкторские расхождения в трёхмерной модели и физической реализации. Созданная модель должна удовлетворять требованиям функционирования итогового устройства.

- Необходимо предоставить схему деления комплекса с отражением состава входящих в него систем (КА, станция, стенд).
- Необходимо представить программный код для разработанного устройства стабилизации вращения КА, программный код работы всего КА и для наземной станции приема сигнала (формат .txt, .ру, .с, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования) для каждого этапа алгоритма где для работы системы необходимо было запрограммировать работу устройств.
- Наличие электрической схемы для каждого устройства комплекса.

**3. Регламент испытания при демонстрации жюри:**

- Демонстрация комплекса без включения;
- Демонстрация комплекса после включения его устройств;
- Демонстрация алгоритма работы устройств комплекса согласно заданию.

**4. Форма представления результатов:**

- Программный код в виде текстового файла (формат .txt, .ру, .с, .cpp, .h, .hpp, .cxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования)).
- Трёхмерная модель конструкции в формате .stl.
- Схема деления и электрическая схема в формате скриншота или .pdf.
- Демонстрация работы продукта в виде одной или нескольких видеозаписей, наглядно показывающих продукт и его поведение в условиях, описанных в разделе 1.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Инженерно-конструкторское направление.**  
**Аэрокосмический профиль.**

---

- Отчёт, содержащий следующие пункты:
  1. Титульный лист с ФИО участников, наименованием кейса.
  2. Цель, задачи.
  3. Этапы проекта.
  4. Инструменты и методы, обоснование выбранных аппаратных средств, описание их применения (Е1, Э3, 3D...) и программирования (код).
  5. Полученные результаты, выводы, выявленные нерешенные проблемы и описания их возможных решений.

**5. Примерный перечень материалов для выполнения задания:**

Микроконтроллеры (Arduino, Raspberry и пр.), двигатель 12v, 2 радиомодуля, батарейный блок, акселерометр.

**6. Примерный перечень программного обеспечения для выполнения задания:**

Blender, tinkercad.com, T-flex для 3d-моделирования;  
tinkercad.com, fritzing для моделирования электрических схем (tinkercad.com может быть использован для написания программного кода для Arduino);

PuCharm Edu и/или Arduino IDE- как среда программирования.

**7. Ссылки на рекомендуемые методические материалы для восполнения необходимых навыков:**

- ГОСТ Р 2.711-2019. Единая система конструкторской документации. СХЕМА ДЕЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ НА СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ.  
[https://standartgost.ru/g/ГОСТ\\_Р\\_2.711-2019](https://standartgost.ru/g/ГОСТ_Р_2.711-2019)
- Брайан У. Керниган, Роб Пайк. Практика программирования. Вильямс, 2021. — 288 с.
- Брайан Керниган, Деннис Ритчи. Язык программирования С. Вильямс, 2019. — 288 с.
- Работа с датчиками. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://zelectro.cc/>
- Учебник по работе с устройствами. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Учебник по работе с устройствами](#)
- Учебник: Электроника. В.А. Петин. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Электроника. В.А. Петин](#)
- Уроки по работе с ардуино. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://lesson.iarduino.ru/>

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ**  
**Инженерно-конструкторское направление.**  
**Аэрокосмический профиль.**

---

- Уроки по работе с датчиками. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Ардуино. Датчики и сети для связи устройств.](#)
- Проектная работа по разработке системы. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://arduino-diy.com/>
- Путеводитель по Ардуино. [Электронный ресурс] Режим доступа: [Радио-ежегодник. Путеводитель по Ардуино.](#)