

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

---

## Реализация опорно-поворотной антенны

### 1. Формулировка задачи

В современном мире космических технологий малые искусственные спутники становятся все более популярными благодаря их экономичности и функциональности. Одним из наиболее известных форматов таких спутников является кубсат, который имеет стандартные габариты  $10 \times 10 \times 10$  см и массу не более 1,33 кг. Детальную спецификацию этого формата можно найти на сайте <https://dernasherbrezon.com/posts/cubespec/>.

Для некоторой миссии компанией N был спроектирован малый космический аппарат (МКА) формата Cubesat 1U под кодовым названием «Орбикрафт». Цель данной миссии не уточняются, однако все приходящие сообщения с МКА кодируются с помощью метода аффинного шифрования в целях безопасности.

В рамках данной миссии школьникам предоставляется возможность разработать прототип МКА и наземную станцию с опорно-поворотной платформой.

### 2. ТЗ и этапы функционирования элементов разрабатываемого комплекса

Необходимо разработать МКА, имеющий на борту ультракоротковолновой радиомодуль (УКВ), и наземную станцию в виде опорно-поворотной антенны, состоящей из радиомодуля, датчиков для мониторинга состояния разработанной наземной станции (температура, магнитное поле и т.д.) и ЖК-дисплея.

МКА передаёт некоторые данные, зашифрованные с помощью аффинного шифрования, с помощью УКВ на наземную станцию, которая наводится по одной горизонтальной оси на МКА и впоследствии декодирует полученное сообщение и выводит его на ЖК-дисплей вместе с показаниями датчиков самой наземной станции. Подробное пояснение про метод аффинного шифрования представлено в приложении 2.

**ВАЖНО!** Сообщения, передаваемые с МКА необходимо выбрать из списка, представленного в приложении 1 (одно обязательное, содержащее

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

---

градус, на который необходимо повернуть опорно-поворотную платформу для наведения на МКА, и любые три). Не допускается использование своих сообщений. Для кодирования сообщений можно использовать произвольные значения параметров **a** и **b**.

Сообщения на ЖК-дисплей выводятся по следующему циклическому алгоритму:

- вывод на ЖК-дисплей расшифрованного сообщения, принятого с МКА по радиоканалу, с новой строки;
- очистка экрана от всей информации;
- вывод на ЖК-дисплей показаний датчиков мониторинга состояния системы наземной станции в формате: «**[обозначение передаваемого параметра на русском языке/английском языке] значение параметра в единицах СИ**», либо «**[обозначение передаваемого параметра на русском языке/английском языке] комментарий по анализу значению параметра**» в случае, если датчик не измеряет данный параметр в единицах СИ (например, аналоговый датчик выдает значения от 0 до 1023; необходимо вывести комментарий относительно анализа значения по поставленным условиям). Все значения датчиков выводить на ЖК-дисплей в порядке произвольной очереди, с условием, что каждое новое показание выводится с новой строки;
- очистка экрана от всей информации.

Модель МКА должна питаться от батарейного блока, а наземная станция может получать питание от компьютера, к которому она подключена.

Наряду с разработкой технической составляющей модели МКА и наземной станции, требуется создать 3D-модель корпуса МКА и опорно-поворотной платформы. Подробные требования к корпусу описаны в разделе 5.

**Состав комплекса изделий, которые необходимо разработать**

В рамках задания необходимо реализовать два независимых устройства:

- модель МКА форм-фактора 1U/2U, состоящий из платы с

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

---

микроконтроллером (исполнительного устройства) и УКВ радиомодуля;

- модуль наземной станции, включающий в себя плату микроконтроллером (исполнительное устройство), поворотный механизм (сервоприводы или моторы), датчики состояния разработанной наземной станции, радиомодуль и ЖК-дисплей.

Наземная станция должна иметь возможность выводить принимаемые сообщения на ЖК-дисплей.

Передача радиосигнала может осуществляться с помощью радиомодуля nrf24, HC-12 или иных. Пример описания подключения и работы nrf24:

<https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/arduino-nrf24l01-podkluchenie/>

### **3. Регламент испытания при демонстрации на видео:**

- демонстрация устройств без включения;
- демонстрация устройств после включения;
- демонстрация алгоритма работы согласно заданию.

### **4. Материалы и оборудование**

#### **Примерный перечень материалов для выполнения задания:**

- Микроконтроллеры или одноплатные компьютеры (Arduino, Raspberry и пр.);
- поворотный механизм (сервоприводы или моторы);
- радиомодули (например, NRF24L01);
- ЖК-дисплей (например, МТ-16S2Н);
- датчики мониторинга параметров системы разработанной наземной станции;
- батарейный блок.

#### **Примерный перечень программного обеспечения для выполнения задания:**

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

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

для Arduino);

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

### 5. Общие требования к предоставляемому решению задания

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

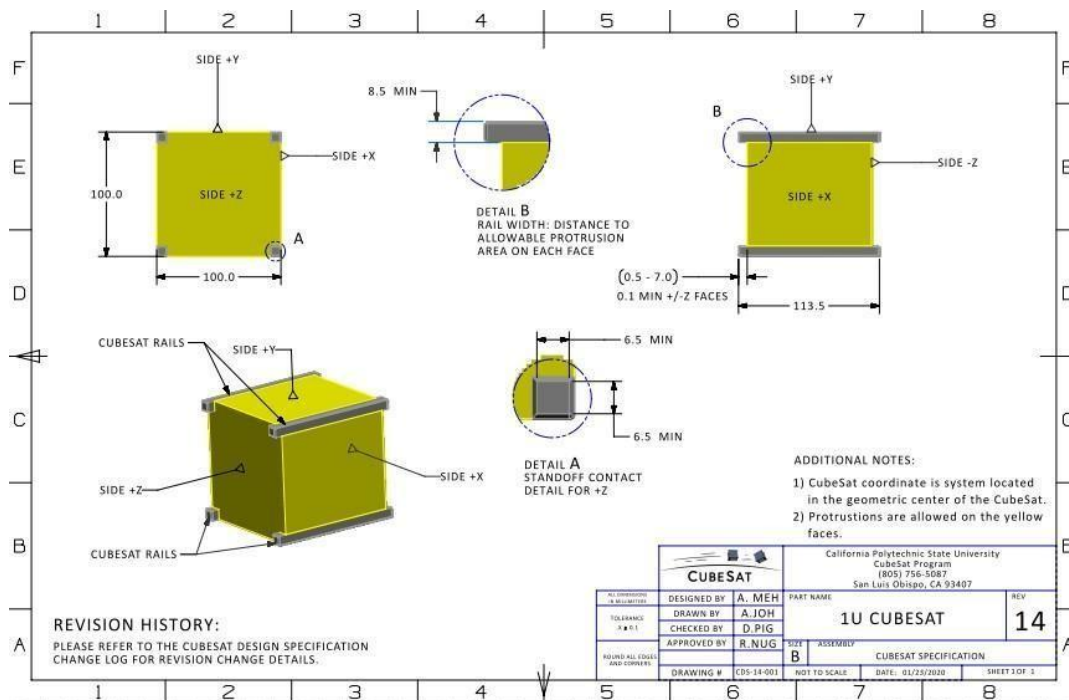


Рисунок 1. Чертеж спутника формфактора кубсат 1u

В дополнение к чертежу при проектировании спутника формфактора кубсат 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;
- рельсы должны иметь минимальную ширину 8,5 мм, измеренную от края

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

---

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 кубсата.

Необходимо предоставить трёхмерные модели корпуса МКА, а также чертежи каждой детали по отдельности и в сборке (сборочный чертёж).

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

3D-модели должны иметь возможность быть воспроизведенными с помощью современных аддитивных технологий.

При сборке устройства рекомендуется использовать только многоразовые (разборные) соединения элементов.

Необходимо представить программный код для разрабатываемых устройств:

- МКА;
- наземной станции.

Формат кода .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .sxx, .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.

Необходимо наличие электрических схем для каждого из устройств.

### **5.1. Форма представления результатов:**

- Программный код в виде текстового файла (формат .txt, .py, .c, .cpp, .h, .hpp, .sxx, .cc, .hxx или иного расширения, в названии файла должен быть указан язык программирования).
- Трёхмерная модель конструкции в формате .stl или .step.
- Чертежи деталей в формате .pdf.
- Электрические схемы в формате скриншотов или .pdf.

### **5.2. Демонстрация разработанных устройств**

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

---

**5.2.1. Демонстрация устройств без включения**

Необходимо в одной видеозаписи наглядно показать все этапы сборки, а именно следующие процессы:

- сборка корпусов разрабатываемых устройств с детальной демонстрацией элементов корпуса, например деталей разрабатываемого корпуса малого космического аппарата, и порядка сборки конструкции. В видео следует показать, как детали соединяются между собой и в каком последовательности выполняется сборка;
- создание электрических схем с подробной демонстрацией всех технических решений, связанных с электрическими схемами продукта. В видео необходимо показать, какие датчики и модули были использованы, а также как осуществлено их подключение к микроконтроллеру или одноплатному компьютеру. Следует продемонстрировать, к каким выводам подключены цифровые или аналоговые выводы датчиков, как выполнено подключение общего питания и заземления, а также объяснить использование пассивных элементов электрической цепи, таких как резисторы и конденсаторы, в случае их применения;
- размещение элементов внутри продукта, на видео должны быть во всех подробностях показаны конструкторские решения по способу размещения всех элементов электрических схем: датчиков, модулей, микроконтроллеров или одноплатных компьютеров, батарейных блоков и т.д., внутри разрабатываемых корпусов, показанных на видео ранее.

**5.2.2. Демонстрация устройств после включения**

Необходимо в виде одной или нескольких видеозаписей наглядно показать работу продукта, а именно продемонстрировать стабильную работу как каждого датчика по отдельности, так и системы в целом, и выполнение системой всех этапов функционирования разрабатываемых устройств, описанных в разделе 2. Порядок демонстрации:

# МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «АЭРОКОСМОС»

---

- поочередное включение датчиков с демонстрацией их работы, включая показ получаемых данных, проверку их соответствия действительности и выявление возможных ошибок;
- включение модуля жидкокристаллического дисплея с демонстрацией его работы, включая отображение показаний одного из датчиков на дисплее с обновлением данных через короткие промежутки времени;
- демонстрация приема и передачи сообщений между разрабатываемыми устройствами с последующим отображением на дисплее в соответствии с заданием и комментариями, подтверждающая успешную передачу всех сообщений от одного устройства к другому, их корректную декодировку и вывод на дисплей с обновлением в короткие промежутки времени, что обеспечивает полное соответствие принятых и отображенных на дисплее сообщений фактически отправленным;
- демонстрация работы всех частей устройств вместе при выполнении задания.

### **5.2.3. Демонстрация алгоритма работы согласно заданию**

Необходимо в виде одной или нескольких видеозаписей наглядно показать алгоритм работы программных кодов разрабатываемых устройств с подробным объяснением всего функционала программной части и использованных программных решений, а именно должны быть объяснены:

- обоснование выбора использованных для программных кодов библиотек;
- роль инициализированных глобальных переменных и/или переменных-констант;
- алгоритм сбора показаний с системы датчиков;
- алгоритм передачи/приёма сообщений по радиоканалу;
- алгоритм шифровки/дешифровки сообщений, принятых по радиоканалу;
- алгоритм вывода сообщений на дисплей и обновления данных.

### **5.3. Форма представления отчёта**

Отчёт, содержащий следующие пункты:

Москва  
2024/2025 уч. г.



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

---

- титульный лист с ФИО участников, наименованием кейса;
- этапы ЖЦ (жизненного цикла) проекта;
- схема деления комплекса и его изделий на СЧ (составные части) по ГОСТу с указанием ответственных за каждую СЧ изделий комплекса;
- ведомость конструкторских документов;
- пояснительную записку на весь проект, а не только на часть его жизненного цикла (далее ПЗ; оформляйте ПЗ в соответствии с содержанием ПЗ по ГОСТ 2.120);
- полученные результаты, выводы, выявленные нерешенные проблемы и описания их возможных решений.

В ПКД (проектно-конструкторской документации) обязательно должны быть отражены использованные те или иные инструменты и методы, обоснование выбранных аппаратных средств, описание их применения (Е1, Э3, 3D...), программный код и финансовую смету.

**6. Ссылки на рекомендуемые методические материалы**

- ГОСТ 2.120-2013 Единая система конструкторской документации.  
Технический проект  
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293767/4293767199.pdf>
- ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации(ЕСКД).  
Текстовые документы <https://www.minexp.ru/assets/files/GOST/gost-2-106-96/gost-2-106-96.pdf>
- 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 Керниган, Деннис Ритчи. Язык программирования С.Вильямс, 2019. — 288 с.
- Учебник по работе с устройствами. [Электронный ресурс] Режим доступа: Учебник по работе с устройствами



**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

---

- 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/>
- Уроки по работе с датчиками. [Электронный ресурс] Режим доступа:  
Ардуино. Датчики и сети для связи устройств.
- Путеводитель по Ардуино. [Электронный ресурс] Режим доступа: Радио-  
ежегодник. Путеводитель по Ардуино.
- Брайан У. Керниган, Роб Пайк. Практика программирования. Вильямс,  
2021. — 288 с.
- Электронные ресурсы 1. ИТЦ «СКАНЭКС» [Электронный ресурс] Режим  
доступа: <https://www.scanex.ru/>
- ООО «Спутникс» [Электронный ресурс] Режим доступа:  
<http://orbicraft.sputnix.ru/doku.php>

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

---

**Приложение 1.**

**Сообщения для передачи с УКВ радиомодуля**

**Примечание: передавать необходимо только содержимое кавычек, нумерация строк не входит в текст отправляемого сообщения!**

**Обязательное сообщение: "Azimuth: 127\*"**

1. "X:0528 Y:0723 Z:0129 "
2. "Vx:+02 Vy:+04 Vz:-07 "
3. "Battery: 95% "
4. "Temp: -5C "
5. "Status: Working "
6. "X:0125 Y:0458 Z:0791 "
7. "Vx:+04 Vy:+06 Vz:-03 "
8. "Battery: 94% "
9. "Temp: -6C "
10. "Status: Working "
11. "X:0126 Y:0460 Z:0793 "
12. "Vx:+04 Vy:+07 Vz:-02 "
13. "Battery: 93% "
14. "Temp: -7C "
15. "Status: Working "
16. "X:0128 Y:0462 Z:0796 "
17. "Vx:+03 Vy:+07 Vz:-01 "
18. "Battery: 92% "
19. "Temp: -8C "
20. "Status: Warning "

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

---

**Приложение 2.**

**Описание метода аффинного шифрования**

Аффинный шифр — это частный случай более общего моноалфавитного шифра подстановки. К шифрам подстановки относятся также шифр Цезаря, ROT13 и Атбаш. Шифрование проводится в 2 этапа. В первую очередь каждому символу присваивается индекс (порядковый номер), начиная с нуля. Далее выполняется замена символов по следующей формуле.

$$E(x) = (ax + b) \bmod m,$$

где  $a$  и  $b$  - произвольные заданные переменные,  $m$  - количество символов в алфавите, “mod” - арифметическая операция получения остатка от целочисленного деления,  $E(x)$  - порядковый номер зашифрованной буквы.

Для дешифровки требуется циклически прибавлять  $m$  к порядковому номеру зашифрованной буквы, пока не получится число, которое, если вычесть из него  $b$ , будет целочисленно делится на  $a$ .

**Важно.** Аффинное шифрование не изменяет длину сообщения.

**Пример шифровки и дешифровки сообщения методом аффинного шифрования**

Таблица 1. Русский алфавит с порядковыми номерами букв без буквы “Ё”,  
нумерация с нуля

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

Если принять  $a = 3$  и  $b = 5$ :  $E(x) = (3x + 5) \bmod m$ ,

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
«АЭРОКОСМОС»**

---

Таблица 2. Пример пошагового шифрования буквосочетания “МПО” аффинным шифрованием с  $a = 3$  и  $b = 5$

Исходная буква	М	П	О
$x$ (порядковый номер)	12	15	14
$3x + 5$	41	50	47
$(3x + 5) \bmod 32$	9	18	15
Зашифрованная буква	Й	Т	П

Таблица 3. Пример пошагового дешифрования буквосочетания “МПО” аффинным шифрованием с  $a = 3$  и  $b = 5$

Зашифрованная буква	Й	Т	П
$x$ (порядковый номер)	9	18	15
$x - b$	4	13	10
$(x - b) + m*n$	36	45	42
$((x - b) + m*n) \setminus 3$	12	15	14
Исходная буква	М	П	О

где  $n$  - минимальное количество прибавлений  $m$ , чтобы  $((x - b) + m*n) \bmod a = 0$ .