



«Принципы работы систем кубсатов»

На мастер-классе будет рассказано о солнечных датчиках, магнитометре, датчике угловой скорости и других системах кубсатов. Информация поможет участникам определить тему своего проекта.

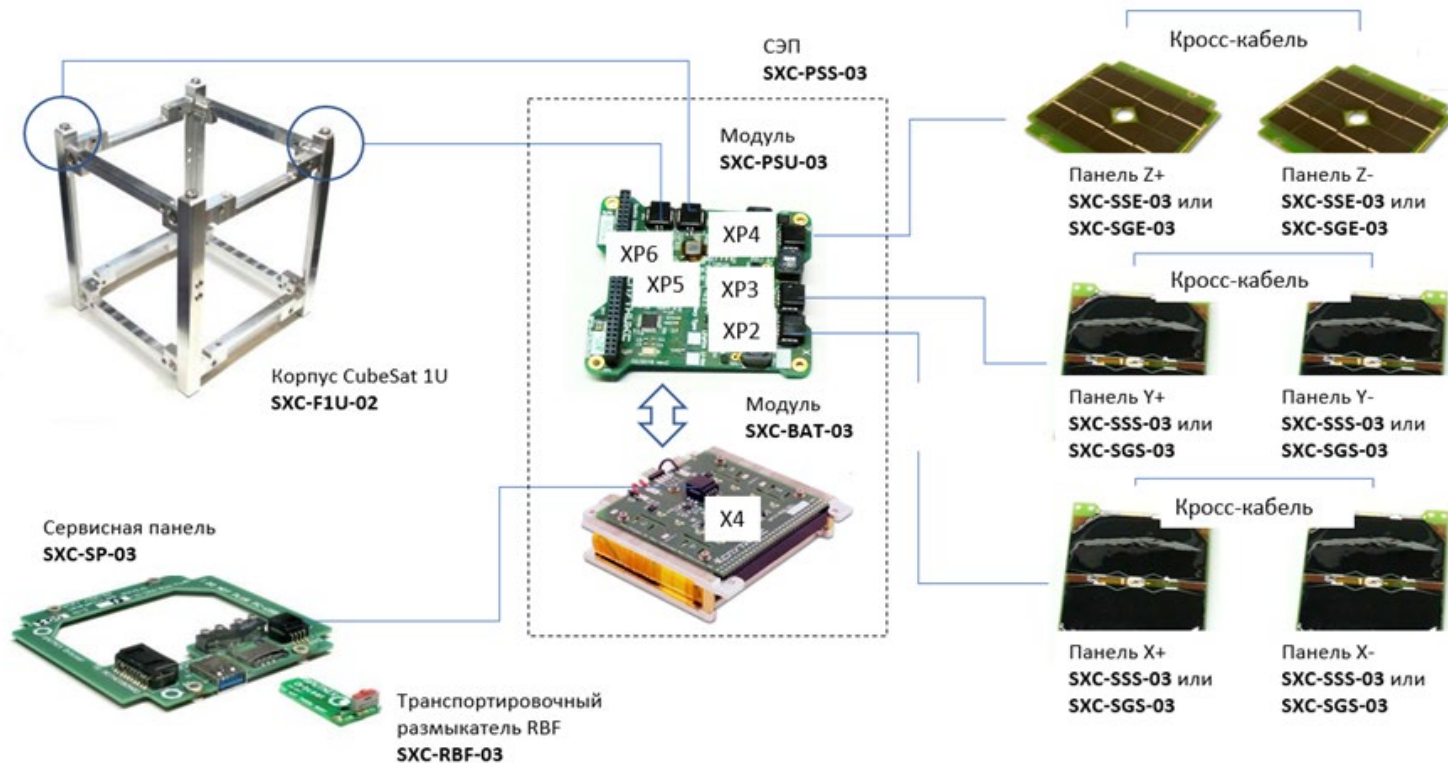
Ведущие: Роман Концов и Денис Голиков

Системы кубсата

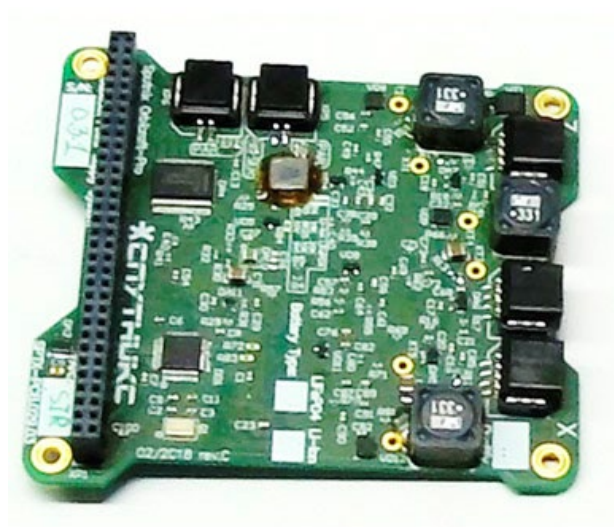
- СЭП
 - Аккумуляторы
 - Солнечные панели
 - Контроллер
- БКУ
 - Процессоры
 - ДУС
 - Магнитометр
- УДМ



СЭП: Общее описание

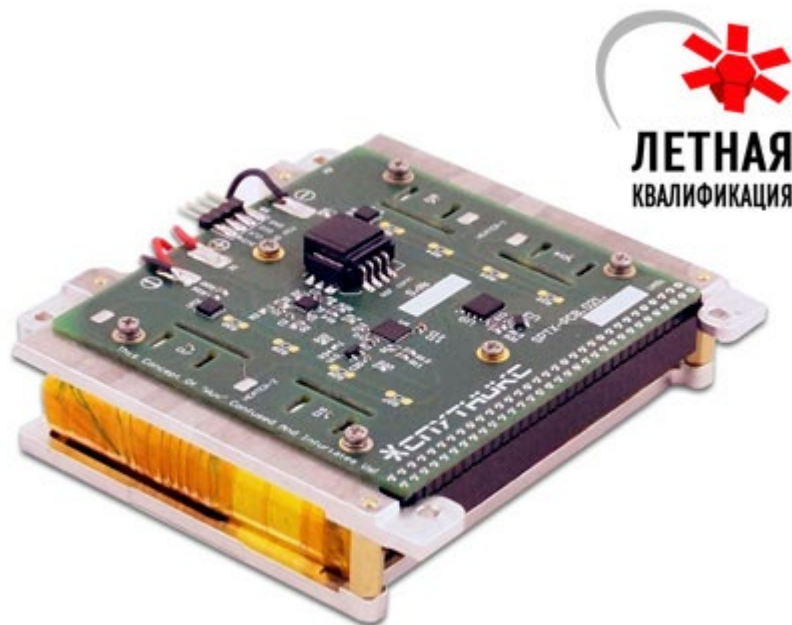


СЭП: параметры SXC-PSU-03



Размеры (без разъема PC104)	96 x 89 x 14 мм
Вес	58 г
Число каналов солнечных панелей	3
Тип солнечных панелей	GaAs, Si
Напряжение солнечных панелей	3..6 В
Максимальный ток солнечной панели в канале	1500 мА
Максимальный суммарный ток солнечных панелей	3000 мА
Напряжение системной шины	8 В (от солнечных панелей, ЗУ) 6.0 В – 8.4 В (от батарей)
Выходных каналов	4
Напряжение выходных каналов	Совпадает с напряжением системной шины
Максимальный ток выходного канала	1500 мА
Суммарный ток на выходе	5000 мА
Тип батарей	LiFePO4, Li-Ion
Напряжение батарей	2S (5.0 В – 8.5 В)
Напряжение зарядки	4.5 ... 5.5 В
Предельное значение тока зарядки	1.1А (настраиваемое)
Энергопотребление, максимум	0.16 Вт – без энергопотребления солнечных панелей

СЭП: параметры SXC-BAT-03

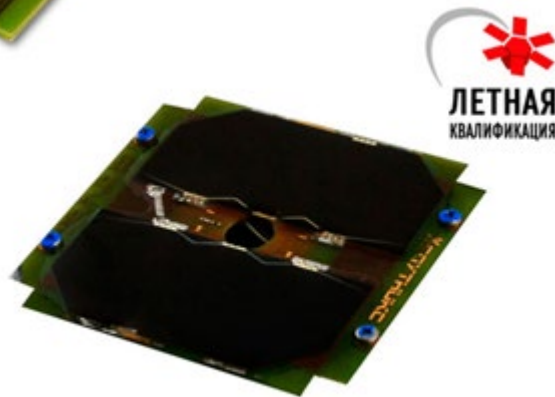
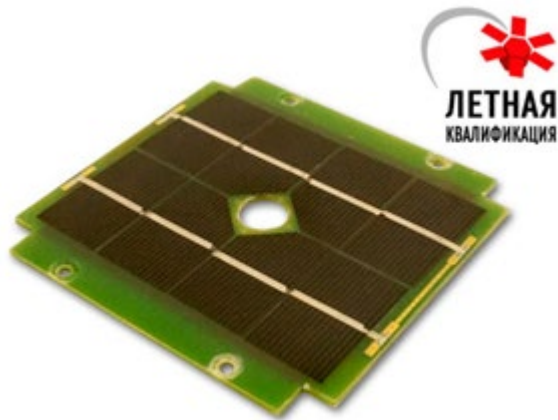


Размеры (без разъема PC104)	97 x 83 x 34.5 мм
Вес	360g
Интерфейсы	PC104, ключ RBF
Интерфейс передачи данных	UART, 115200 8-N-1

Характеристики

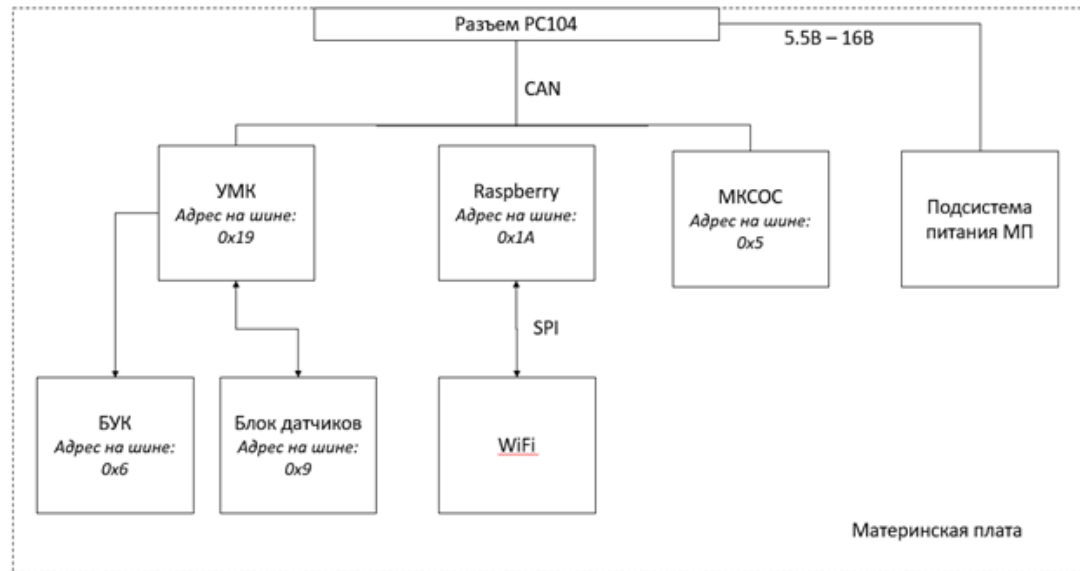
Тип аккумулятора	Li-Ion
Напряжение аккумулятора	2S (5.0В – 8.5В)
Емкость	10.6 А/ч (39.8 Вт/ч)
Предел защиты по току	5.0 А
Пределы защиты по напряжению	5.0 В, 8.5 В
Число каналов нагревателей аккумуляторов	2
Сопротивление нагревателя	40 Ом (типовое)
Состав телеметрии	Напряжение, температура

СЭП: параметры SXC-SSE-03 и SXC-SGE-03



Размеры	98 x 98 x 8.6 мм (толщина 1.7 мм без разъема)
Вес	32 г
Интерфейс	Hirose GT8E разъемы, масштабируемые
Характеристики	
Тип элемента	Si (кремний) / GaInP/GaAs/Ge на Ge подложке
Напряжение открытой цепи (V_{oc})	5.4 В / 5.3 В
Ток короткого замыкания (I_{sc})	330 <u>мА</u> / 500 мА
Напряжение при максимальной мощности (V_{mp})	4.4 В / 4.7 В
Ток при максимальной мощности (I_{mp})	250 мА / 480 мА
КПД	18% / 28%

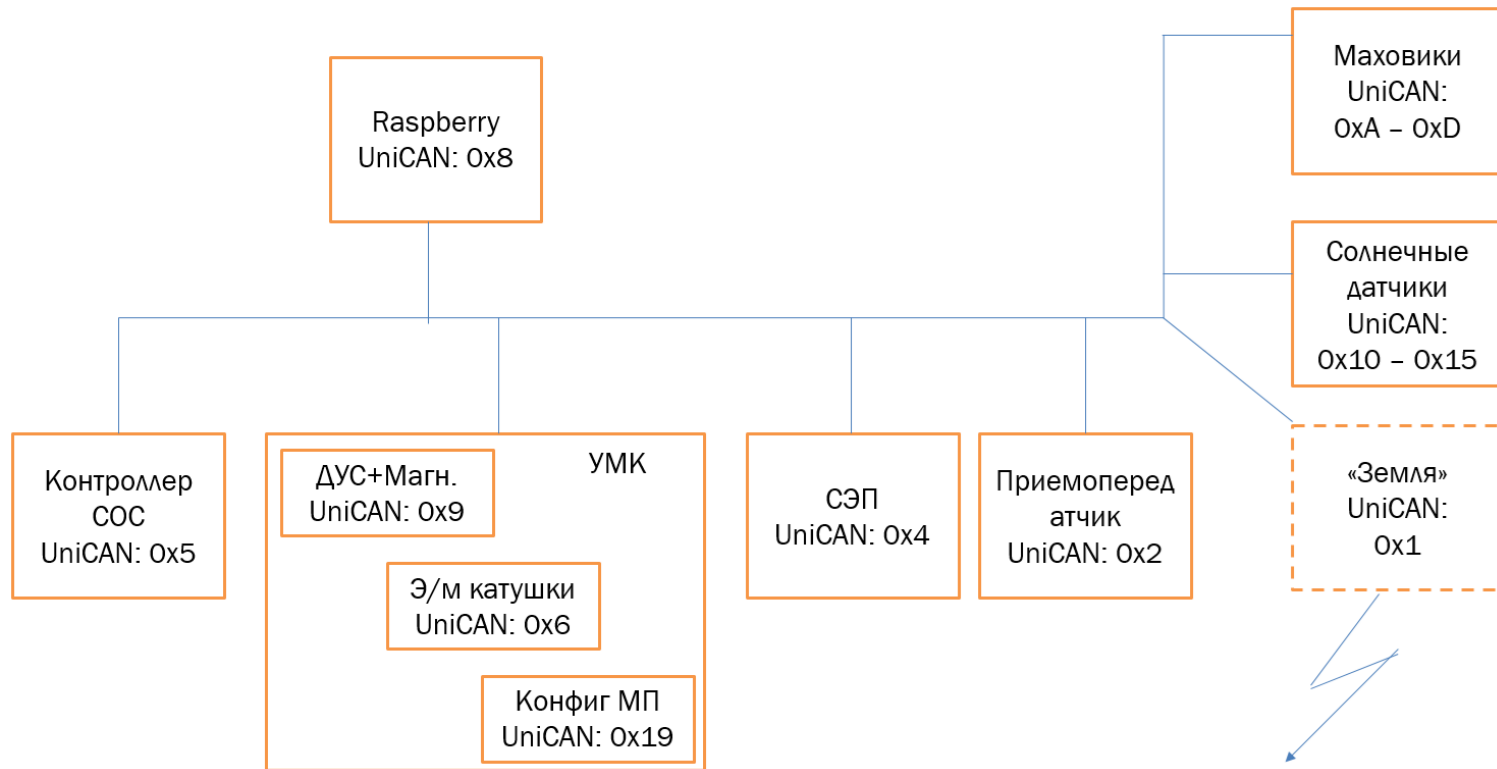
БВМ: Общее описание



БВМ: процессоры

	Управляющий МК	Контроллер СОС	Raspberry
Ресурсы	STM32L432KCU, 16МГц ПЗУ – 256 КБ (64+96+96) ОЗУ – 64 КБ	STM32F429, 180МГц ПЗУ – 2048 КБ (64+992+992) ОЗУ – 260 КБ	BCM2837, 4x1.2ГГц ПЗУ – 4 ГБ ОЗУ – 1 ГБ
Функции	Датчики Э/м катушки и В-DOT Малый полетный план	В-DOT, трехосная ориентация Полетный план	Программируемый CAN, SPI, I2C, UART, GPIO, USB, Camera
Канал питания	PCH1 + Aux.CH1 или PCH1 + Aux.CH2	PCH1 + Aux.CH3	PCH1 + Aux.CH2
Потребление	70 мВт	330 мВт	600 мВт (900 мВт с Wi-Fi)

БВМ: бортовая сеть КА



Датчик угловой скорости

Датчик угловых скоростей предназначен для измерения угловой скорости вращающегося объекта. Измерять угловую скорость необходимо для того, чтобы можно было остановить вращение спутника – стабилизировать его.

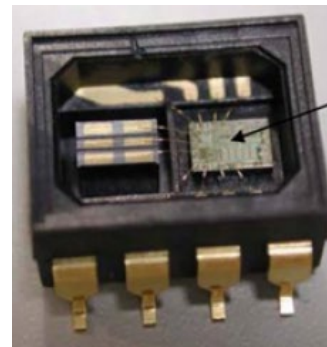
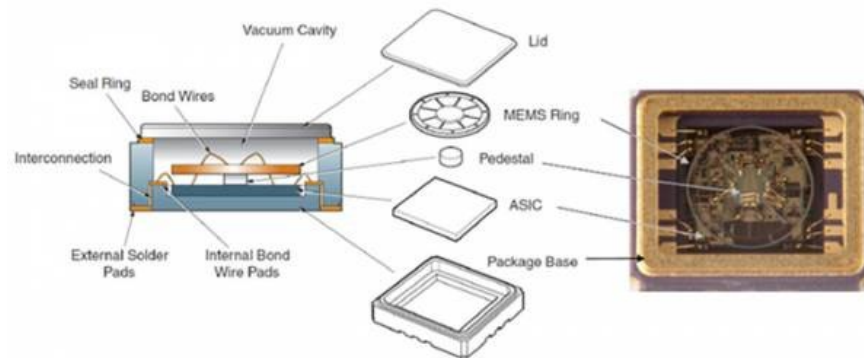
Также с помощью датчика угловой скорости можно заставить спутник вращаться с определенной скоростью.

Основным измерительным элементом датчика угловой скорости является специальный микроэлектромеханический (МЭМС) гироскоп.

Это не обычный гироскоп, в котором с большой скоростью вращается диск, а миниатюрный вибрационный гироскоп.

Внутри МЭМС гироскопа есть кольцо, которое, колеблется в одной плоскости. Если такой гироскоп поставить на вращающуюся платформу, плоскость которой совпадает с плоскостью колебаний кольца, то на нее начнет действовать сила Кориолиса пропорциональная скорости вращения платформы.

Сила Кориолиса измеряется с использованием пьезоэлементов, которые выдают напряжение, пропорциональное приложенной силе.



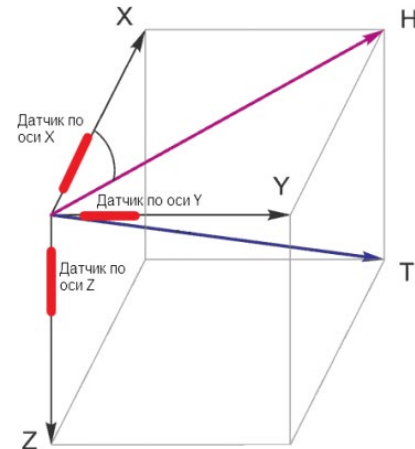
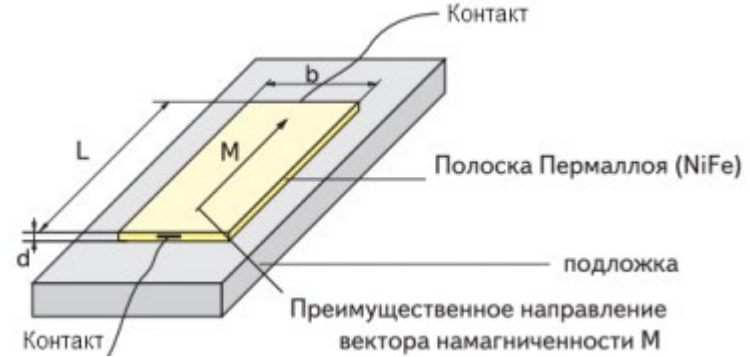
Микросхема чувствительного элемента

Магнитометр

Информацию об ориентации спутник получает по датчику угловой скорости и магнитометру. Информация об угле нужна для того чтобы разворачивать спутник в необходимую сторону, а информация об угловой скорости необходима для того чтобы стабилизировать спутник, т.е. погасить угловое вращение. Управляющий момент создается с помощью двигателя маховика.

Работа магнитометра основана на применении магниторезистивного эффекта, когда электрическое сопротивление проводника изменяется в соответствии с направлением линий магнитного поля.

В основе датчика лежит слой пермаллоя (специального сплава никеля с железом), который обладает сильным магниторезистивным эффектом. Электрическое сопротивление пермаллоя меняется обычно в пределах $\pm 5\%$ в зависимости от силы и направления действующего магнитного поля.



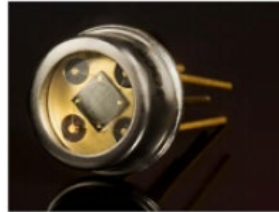
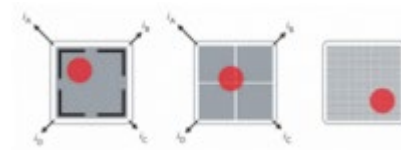
Солнечные датчики

Назначение солнечных датчиков — определение расположения спутника относительно Солнца. Так-как положение Солнца относительно Земли в любой момент времени известно достаточно точно, следовательно, можно определить и расположение спутника относительно Земли.

В основе солнечного датчика лежит фотодетектор, который измеряет яркость света. Самые популярные фотодетекторы — это фоторезисторы и фотодиоды. Фоторезистор состоит из материала, сопротивление которого меняется в зависимости от интенсивности падающего света.

В отличие от фоторезистора фотодиод выдает напряжение под действием света.

Фотодиодные датчики бывают нескольких типов — LEP (Lateral Effect Photodiode), QD-фотодиод (Quadrant Detector) или матричные.



Маховики

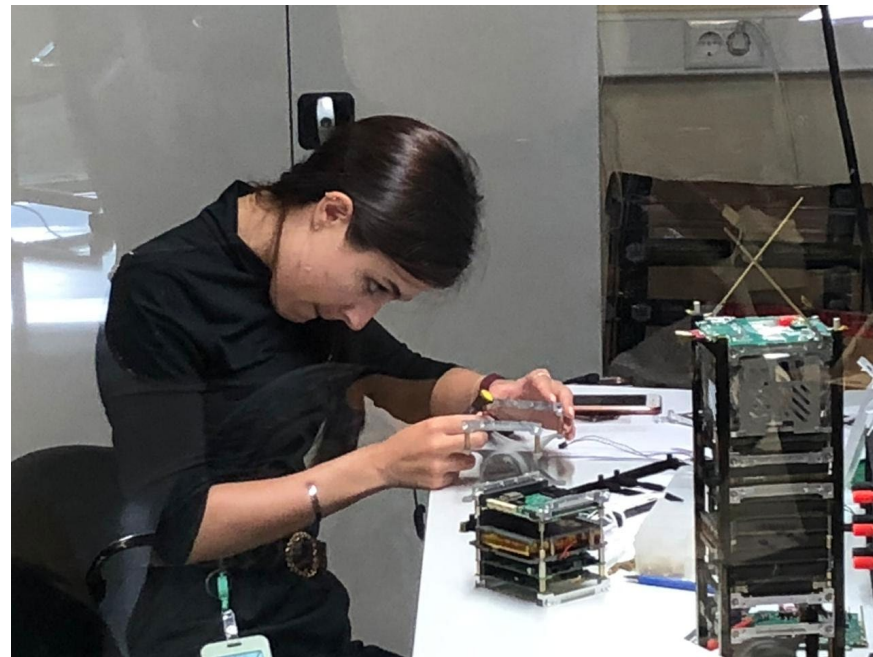
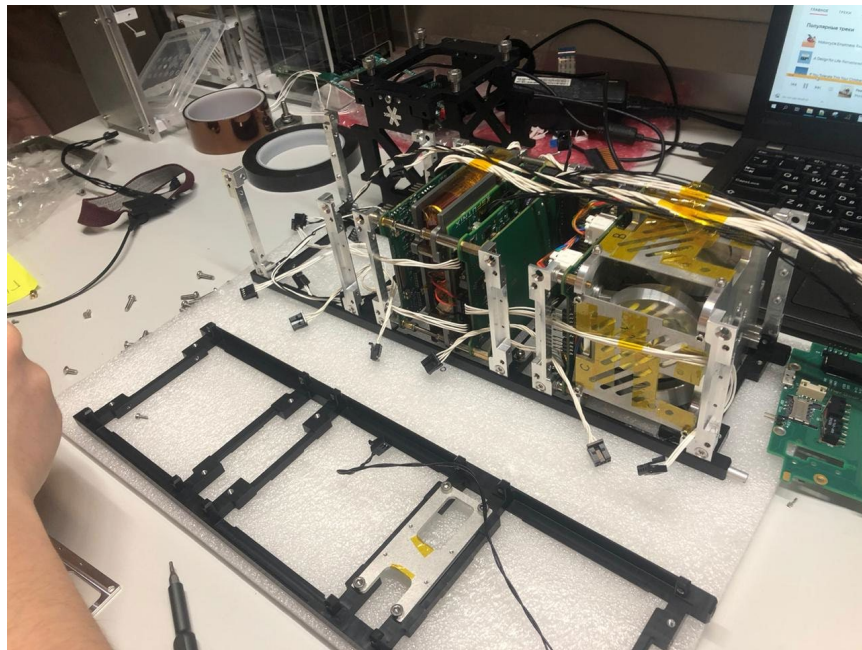


При движении по орбите многим спутникам требуется точная ориентация определенными гранями в нужном направлении - относительно Земли, Солнца, звезд или как-то иначе.

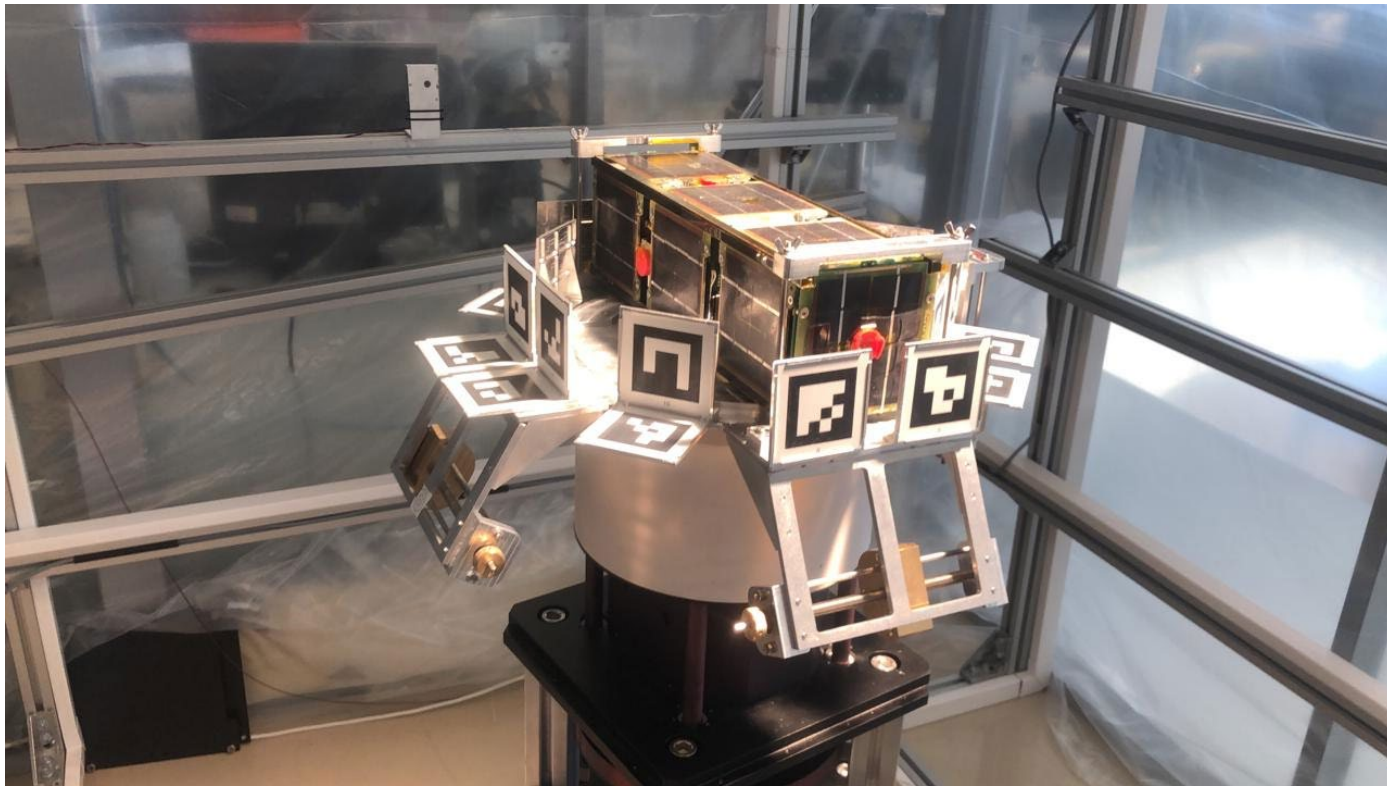
Например, чтобы навестись [камерой ДЗЗ](#) на Землю или солнечными батареями на Солнце. На малых же аппаратах для обеспечения заданной ориентации спутника в пространстве относительно центра масс чаще всего используются двигатели-маховики.

Двигатель-маховик - электромеханическое устройство, представляющий собой электромотор с насаженным на его ось вращения колесом. Двигатель вращается, то ускоряясь, то замедляясь, и по закону сохранения кинетического момента, вращается быстрее или медленнее сам космический аппарат. Так как в условиях космоса внешние силы отсутствуют и количество движения не может изменяться, вращение маховика по часовой стрелке приводит к вращению всего космического аппарата против часовой стрелки. Таким образом управляя двигателем и вращением двигателя-маховика мы можем управлять движением вокруг центра масс (по сути, вращением) всего аппарата.

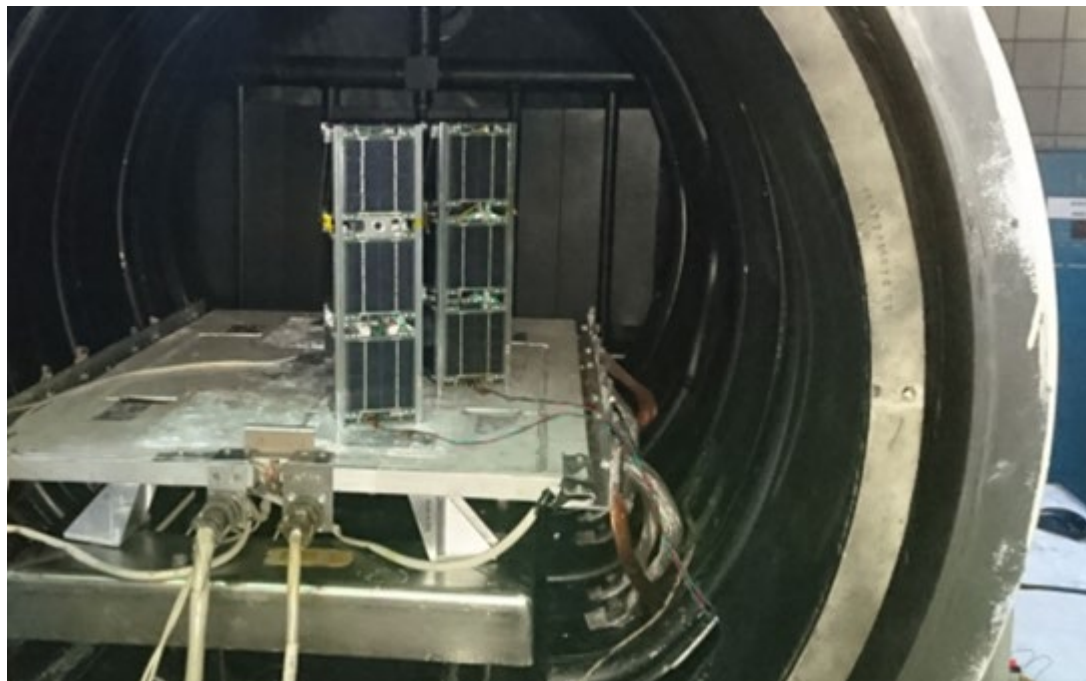
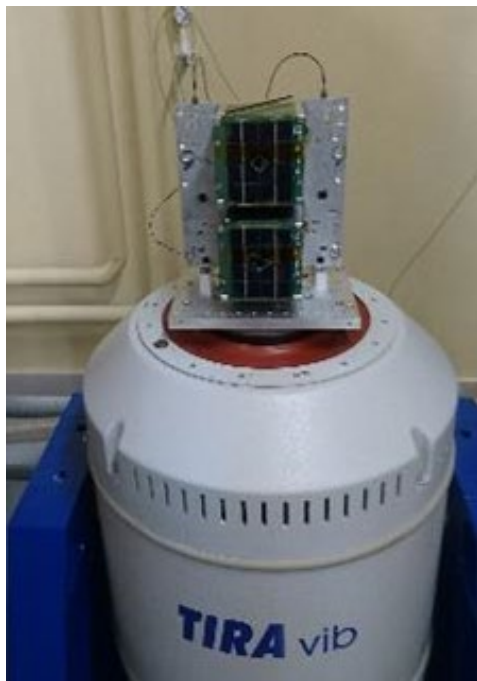
Сборка кубсата



Проверка кубсата на стенде



Испытания кубсата



Контейнер для запуска кубсатов

