

Лаборатория проектирования
сверхмалых космических аппаратов

«АСТРОНОМИКОН»

Ваше персональное окно в космос

Nano satellite
design laboratory

«ASTRONOMIKON»

Your private window into space



МНОГОЦЕЛЕВАЯ ПЛАТФОРМА «СИНЕРГИЯ» БЛОЧНО-МОДУЛЬНОГО ТИПА ДЛЯ СБОРКИ НАНОСПУТНИКОВ

CEO-CDO Денис Малыгин

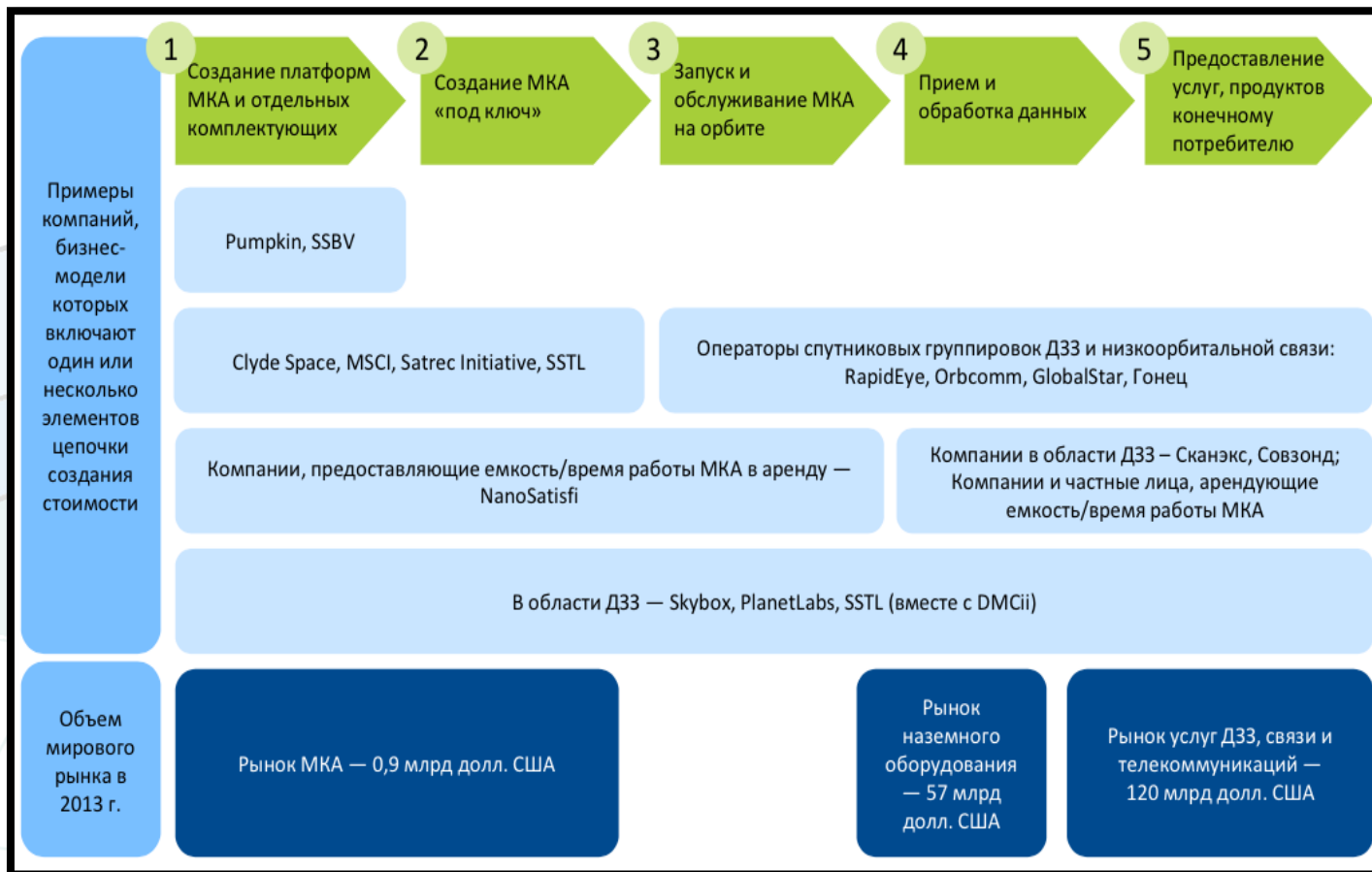
Наноспутники

Разработки



Конечный продукт

Бизнес-модель



Очень важно отметить, что рынок результатов космической деятельности в 130 раз превышает рынок СМКА, наибольший потенциал имеют бизнес-модели с выходом на конечного потребителя. Рассматриваются рынки: ДЗЗ, связь и телекоммуникации, научные исследования.

Конечный продукт

Бизнес-модель



1	Создание платформ МКА и отдельных комплектующих	2	Создание МКА «под ключ»	3	Запуск и обслуживание МКА на орбите	4	Прием и обработка данных	5	Предоставление услуг, продуктов конечному потребителю
Особенности развития ключевых бизнес-моделей									
	Объем рынка	Прибыльность	Потребитель	Возможность создания технологического преимущества	Риски	Барьеры входа			
1	Небольшой	Низкая	Не массовый	Средняя	Низкие	Низкие			
1+2	Небольшой	Средняя	Не массовый	Высокая	Средние	Средние			
1+2+3	Средний	Средняя	Массовый ¹	Высокая	Высокие	Средние			
4+5	Большой	Низкая	Не массовый	Низкая	Низкие	Средние			
3+4+5	Большой	Высокая	Не массовый	Низкая	Высокие	Высокие			
1+2+3+4+5	Большой	Высокая	Массовый	Высокая	Высокие	Высокие			

Матрица данных для бизнес-моделей

Конечный продукт

Бизнес-модель



Ключевые характеристики конечного продукта		Ключевые потребители	
	2013	2020	
ДЗЗ	Высокая стоимость Заказ съемки затруднен Значительное время ожидания	Стоимость на порядок ниже Возможность заказывать съемку и получать результаты через мобильные приложения Оперативность	Государство Крупный бизнес
Научные исследования	Высокий конкурс среди научных коллективов за проведение исследований в космосе Доступ к исследованиям ограниченного числа организаций	Использование модели «центра коллективного пользования» в космосе Доступ к исследованиям широкой массы людей	Научно-исследовательские организации
Связь и телекоммуникации	Высокая стоимость по сравнению с наземными альтернативами Незаменимы в малонаселенных районах, в морском и воздушном транспорте	Некоторое снижение стоимости услуг по сравнению с 2013 г. Незаменимы в малонаселенных районах, в морском и воздушном транспорте	Государство Крупный бизнес (транспорт, добыча полезных ископаемых)

Развитие продукции на базе СМКА

Конечное изделие

Платформа «Синергия»



- **Технологичность**

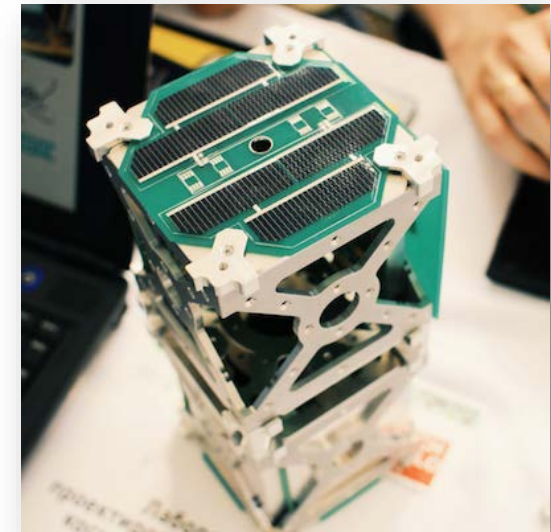
- Сверхмалый космический аппарат (СМКА) класса CubeSat
- Размеры 100x100x100 мм

- **Универсальность**

- Предназначена для обеспечения работы спектра полезных нагрузок
- Возможность соединения нескольких аппаратов в один

- **Низкая стоимость**

- Разработанные спецификации
- Запускается попутно с большим космическим аппаратом



Конечное изделие

Потребители



- **Научно-производственные организации**
 - Оработка новых технологий
 - Сертификация продукции
- **Исследовательский сектор**
 - Получение научных данных о различных физических процессах
 - Проведение экспериментов
- **Образовательные организации**
 - Включение полученных данных в образовательные программы
 - Проведение практических занятий с использованием реальных СМКА



Конечное изделие

Области применения



- ✓ Изучение и наблюдение земной поверхности
- ✓ Наблюдение Луны, Солнца, планет солнечной системы
- ✓ Фотографирование космических объектов, измерение их гравитационных и магнитных полей, изучение радиации и окружающей плазмы
- ✓ Слежение за перемещением объектов в космическом пространстве
- ✓ Исследование микрочастиц
- ✓ Обеспечение радиолобительской связи
- ✓ Отработка новых технологий
- ✓ Измерение параметров ионосферы при спокойных и возмущенных условиях и т.д.

Дорожная карта

Партнеры



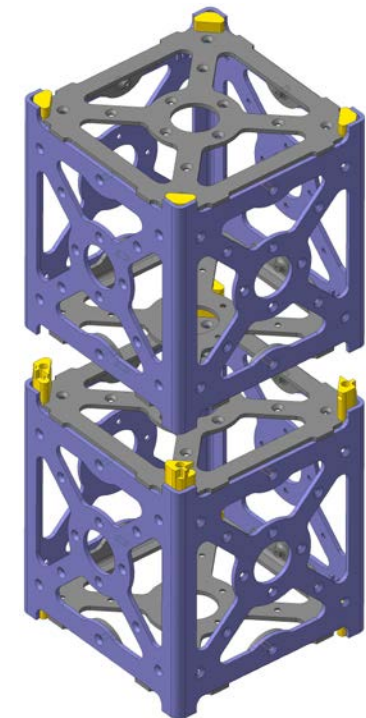
Архитектура СМКА

Технологии наноспутников



В основе платформы лежит блочно-модульный принцип построения спутника из типовых служебных подсистем и полезной нагрузки, позволяющий формировать масштабируемую архитектуру и технические характеристики спутника по принципу LEGO-конструктора. Подход основан на использовании открытых спецификаций, описывающих механические, электрические, информационные интерфейсы между служебными подсистемами и полезной нагрузкой.

Базовой единицей конструкции является модуль массой около 1 кг, получивший название **1Л**. Другие типовые размеры (**2Л, 3Л, 4Л**) с бОльшим резервом по массе и электрической мощности под полезную нагрузку может выполняться посредством увеличения количества однотипных модулей формата **1Л**. Выбранный форм-фактор (куб или правильный гексаэдр) обусловлен исключительно возможностями, удобством запуска платформы в качестве попутной нагрузки.





Подсистемы:

1. БКУ (бортовой комплекс управления – бортовое кибернетическое устройство)
2. БРТК (бортовой радиотехнический комплекс)
3. СЭО/СЭП (система энергетического обеспечения/система электропитания)
4. КИП (контрольно-измерительные приборы)
5. СТК (система телеметрического контроля)
6. БКС (бортовая кабельная сеть)
7. АФУ (антенно-фидерное устройство)
8. М/РМ (радиомаяк)
9. СОС (система ориентации и стабилизации)
10. СОТР/СТР (система обеспечения терморегулирования/ система терморегулирования)
11. ПН (полезная нагрузка)
12. ДУ (двигательная установка)
13. КЭ (корпус и его элементы)
14. СЗ/ТПК (система зачековки/транспортно-пусковой контейнер)



Важно отметить, что, применяя стандартизацию и унификацию, при изготовлении новых КА и последующих поколений необходимо рассматривать аргументы «за» и «против» для внедрения нововведений; приведем примеры:

аргументы «за»:

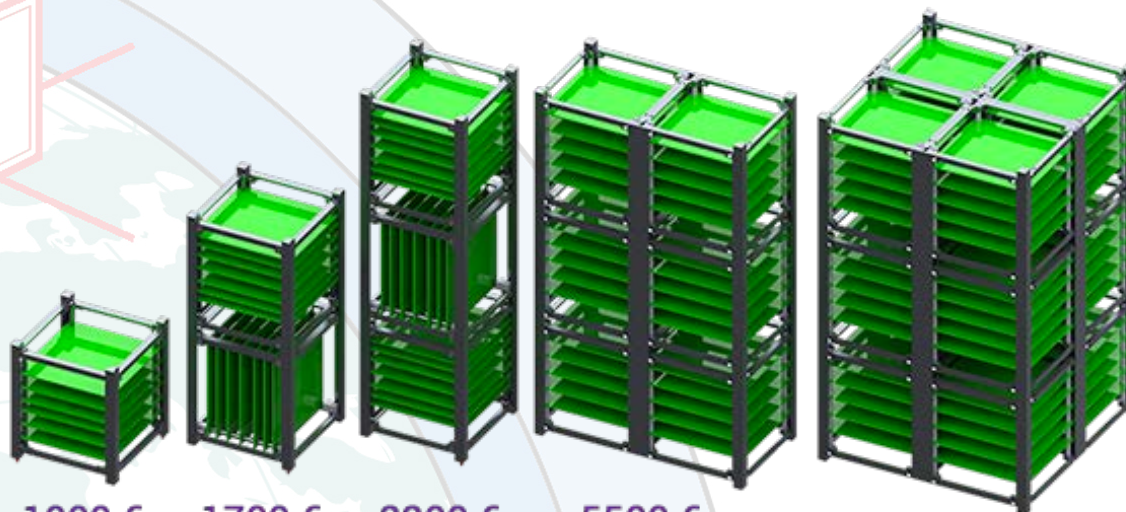
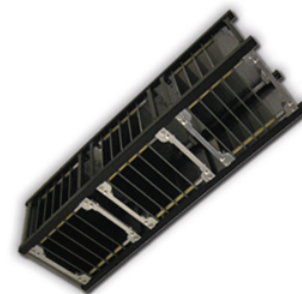
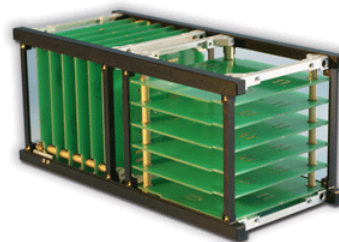
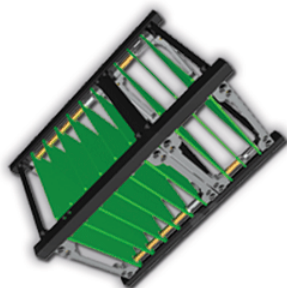
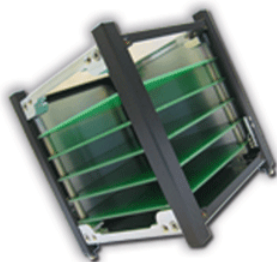
- внедрение коммерческих стандартов и технико-конструкторских и схемно-топологических решений, широкое использование COTS элементной базы
- применение в новых миссиях готовой продукции (технико-конструкторских и схемно-топологических решений), систем и комплексов от различных производителей
- сборка СМКА в сжатые сроки, свободная адаптация полезной нагрузки, сквозное тестирование, оперативная подготовка к запуску
- унификация и автоматизация управления нано- и пикоспутниками, преемственность, масштабируемость

аргументы «против»:

- проблемы применения уже существующих технико-конструкторских и схемно-топологических решений и систем на их основе
- комплекс вопросов при реализации (разработка ПО, компоновка, обеспечение защиты от воздействия факторов космического пространства)
- невозможно учесть в спецификации всех требований миссии заказчика

Архитектура СМКА

Корпус и его элементы



1000 €

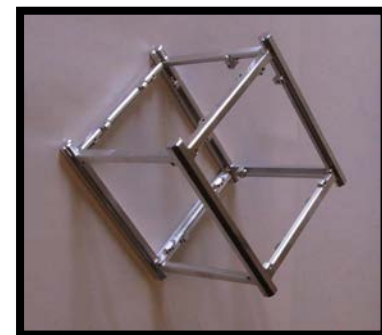
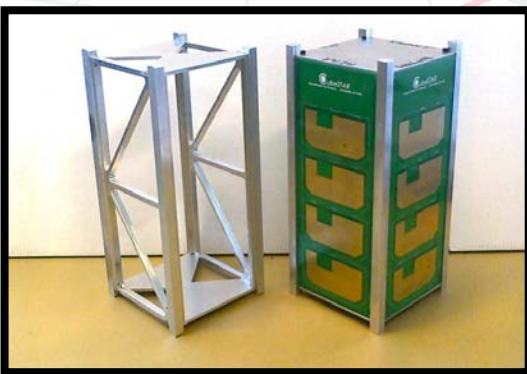
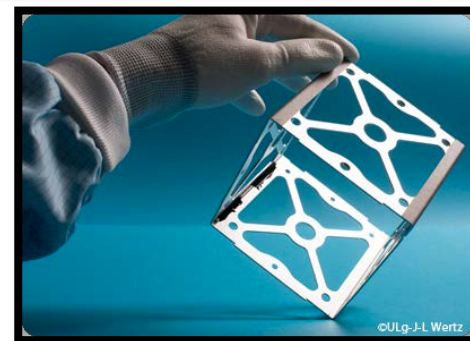
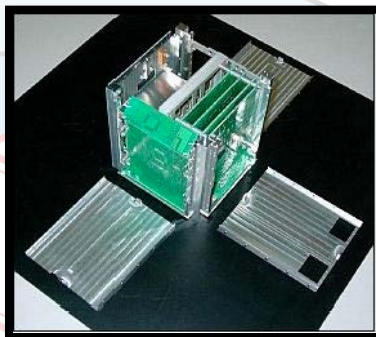
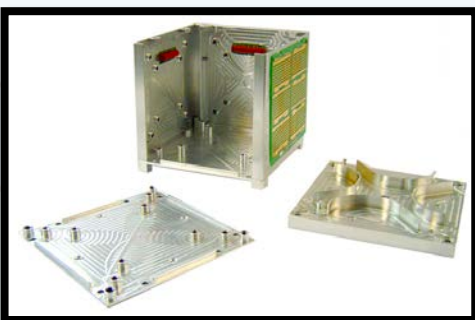
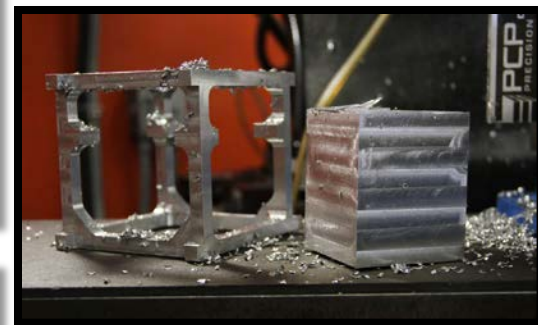
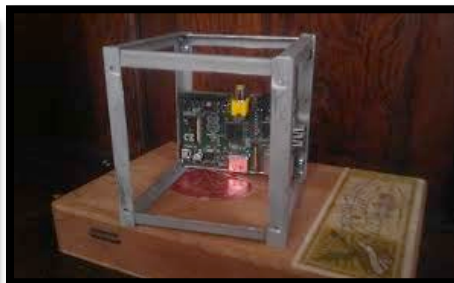
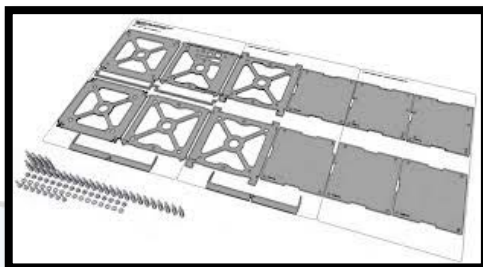
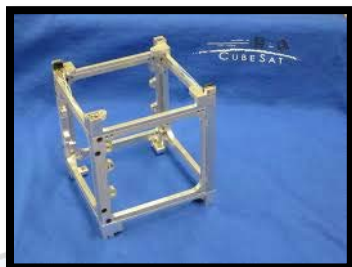
1700 €

2200 €

5500 €

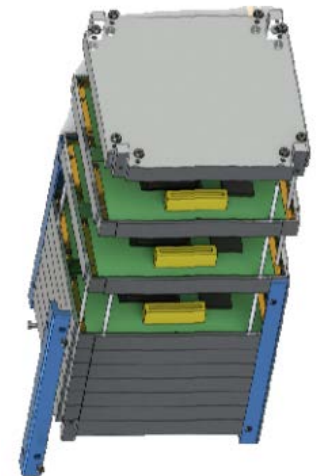
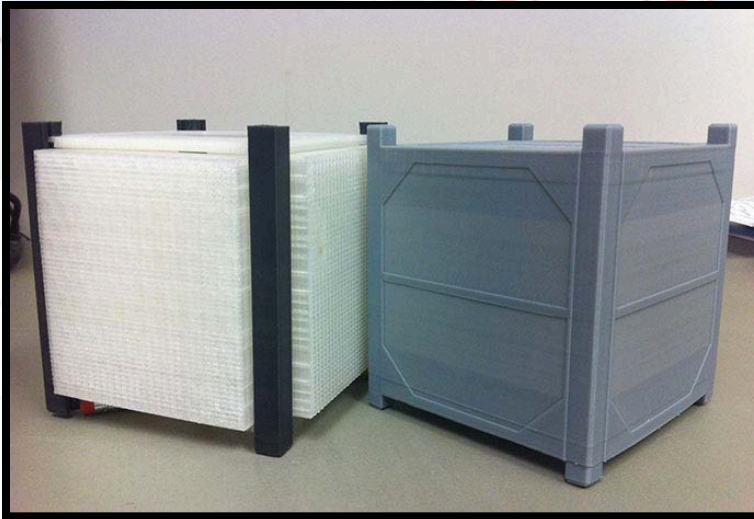
Архитектура СМКА

Корпус и его элементы



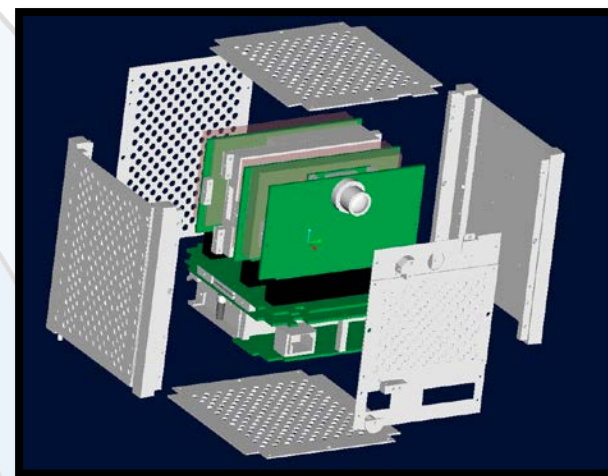
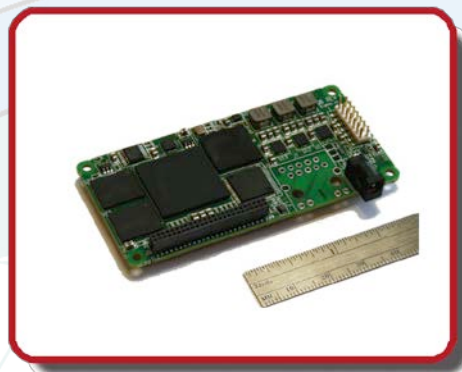
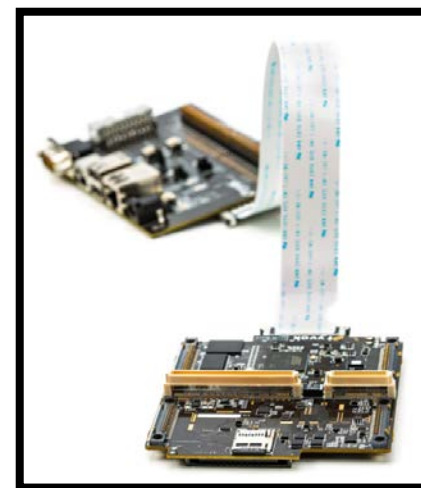
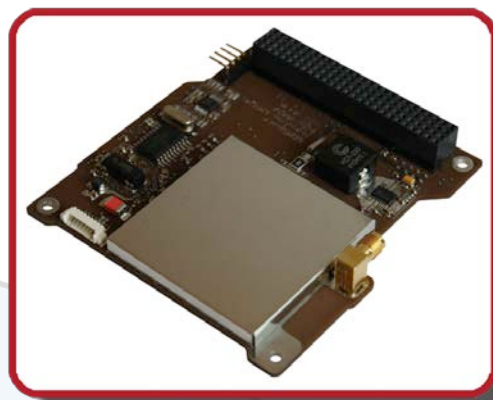
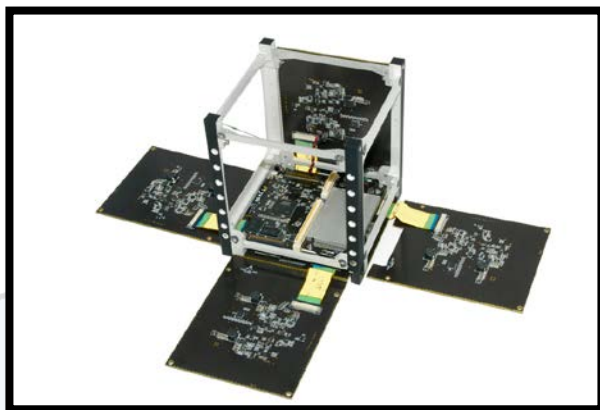
Архитектура СМКА

Корпус и его элементы



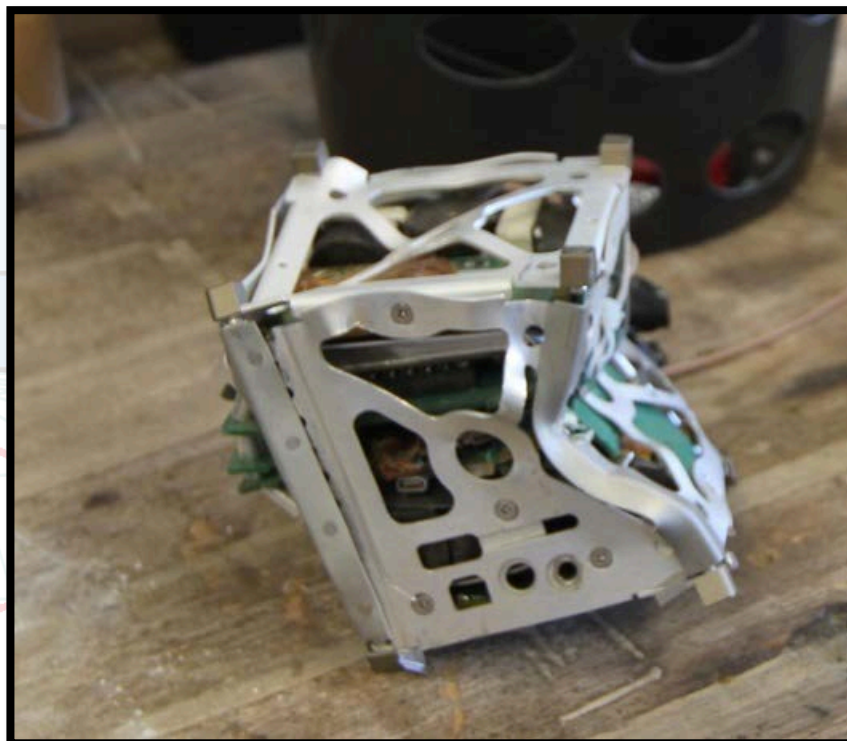
Архитектура СМКА

Корпус и его элементы



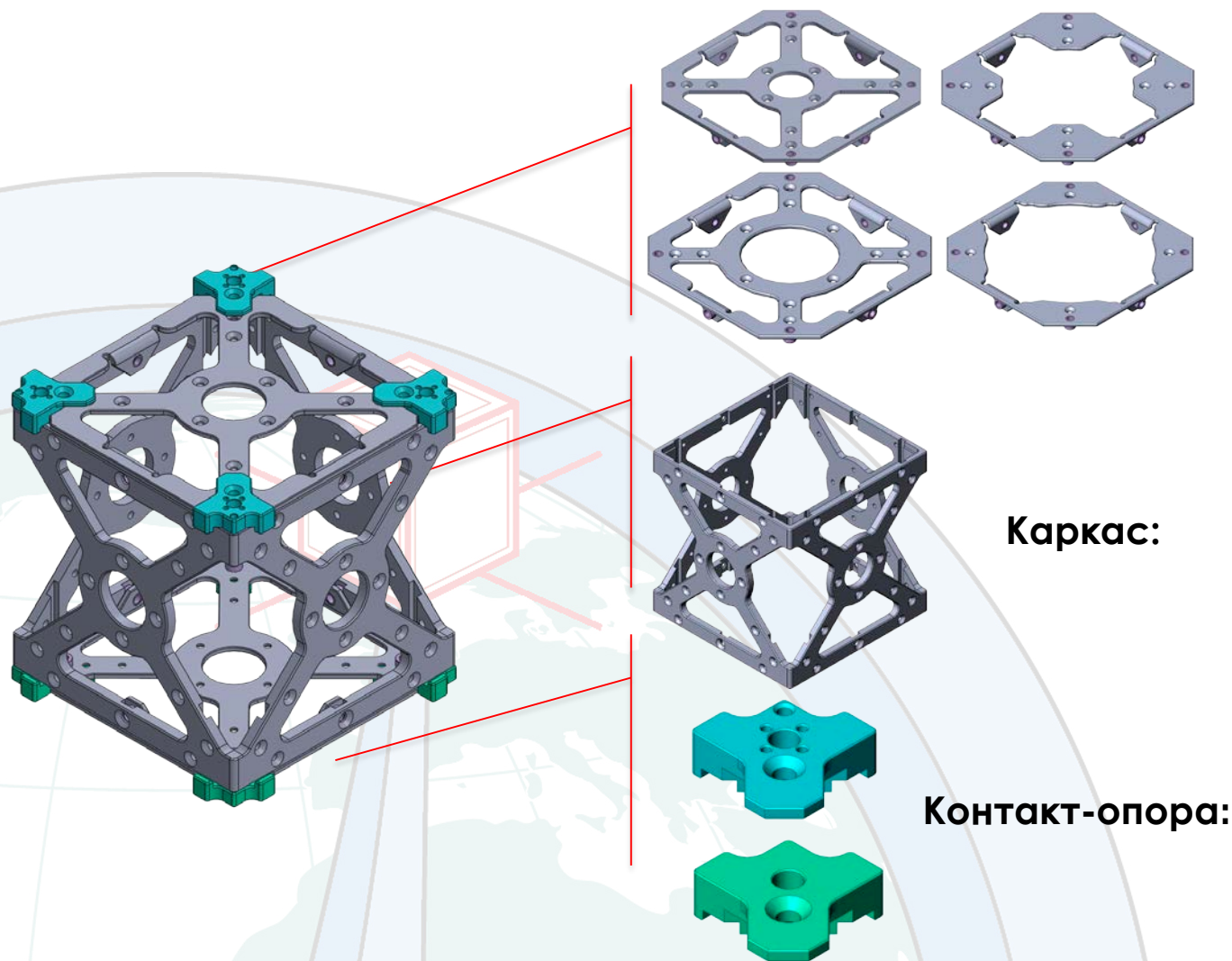
Архитектура СМКА

Корпус и его элементы



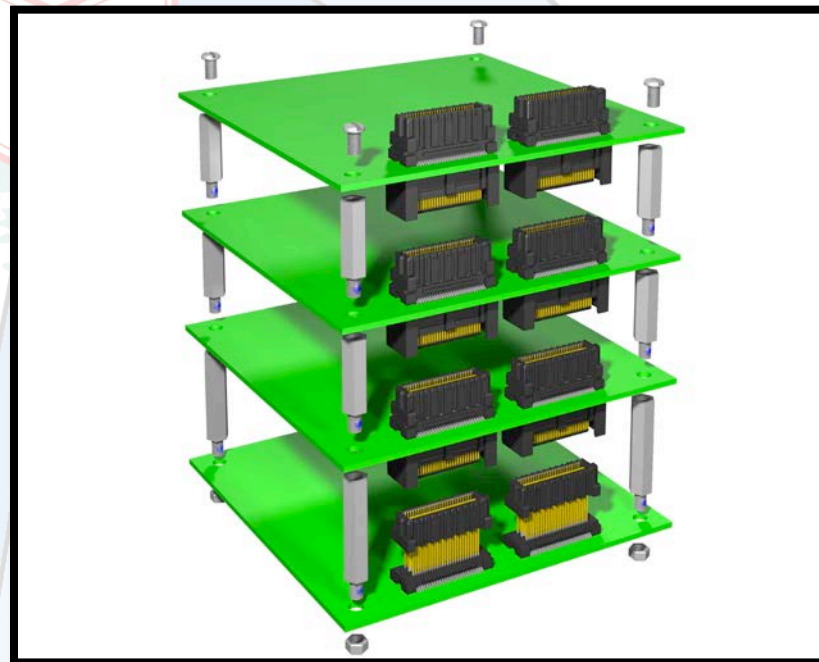
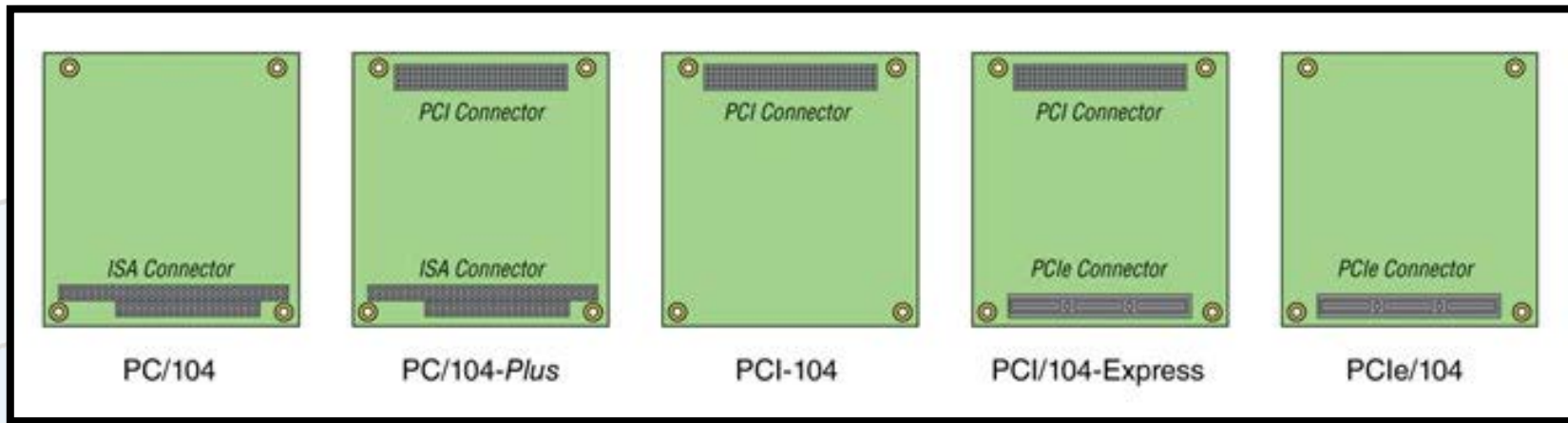
Компоненты платформы

Несущая конструкция



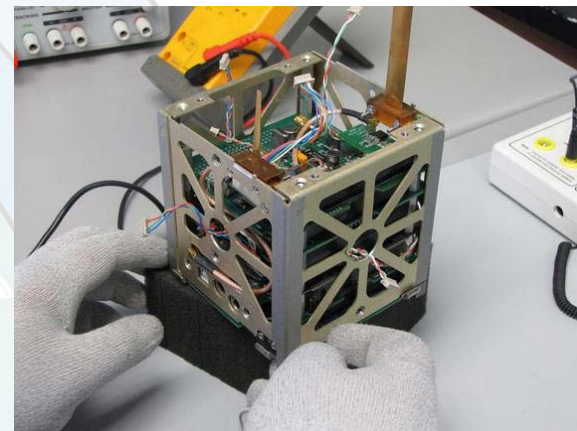
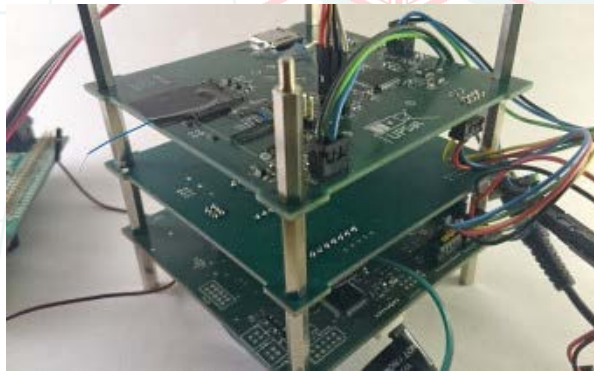
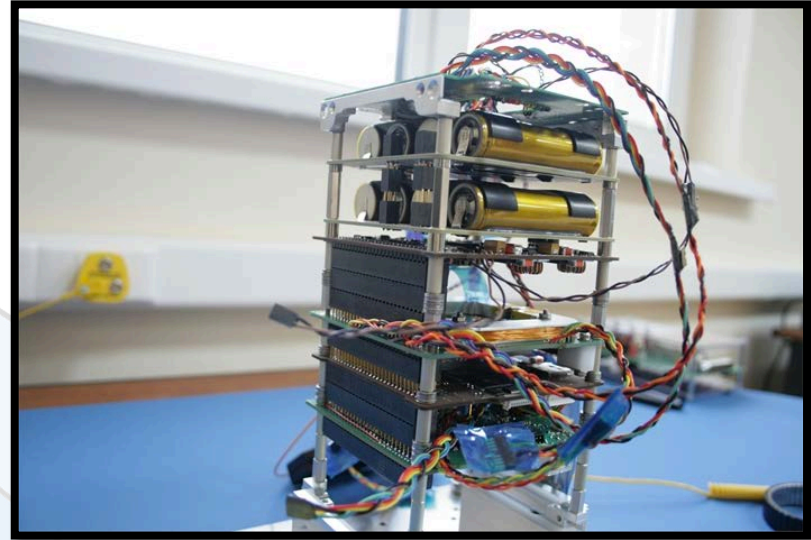
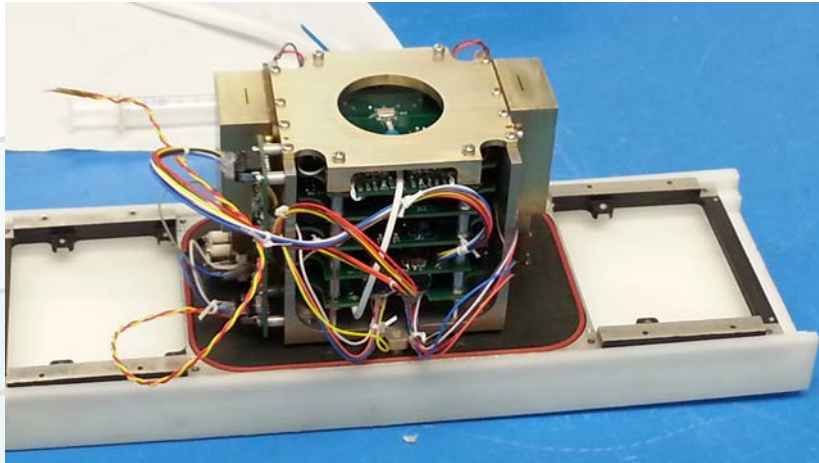
Архитектура СМКА

Корпус и его элементы



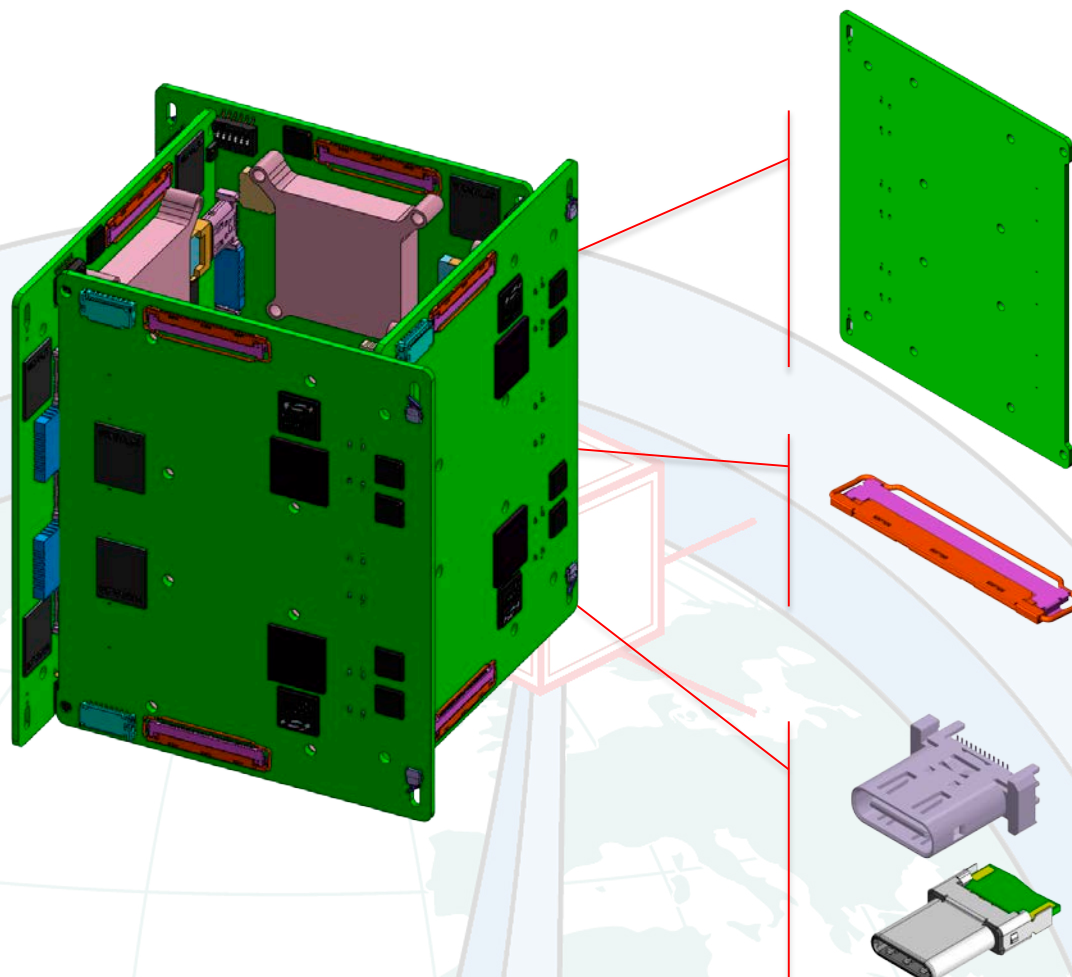
Архитектура СМКА

БКС



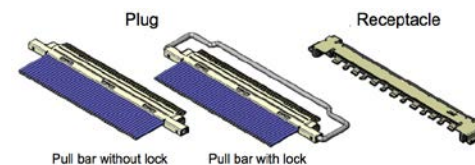
Компоненты платформы

Внутренняя компоновка



Боковая плата подсистем:

Шлейф-разъемы:

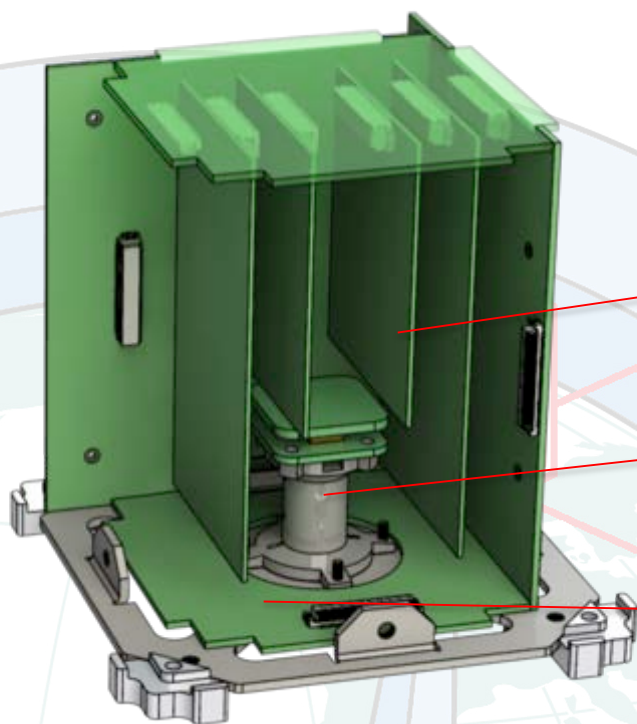


Межплатные разъемы:



Компоненты платформы

Варианты модификаций



Система ориентации и стабилизации – ЭМУ, маховиковая или КТС –
устанавливается на элементы силового набора

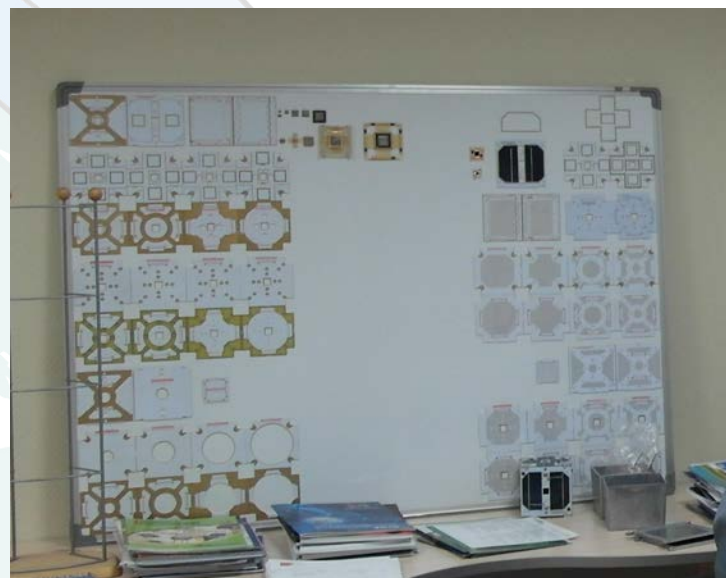
Внутреннее пространство
при необходимости может быть занято дополнительными платами

Электро-оптический прибор
устанавливается в зависимости от миссии космического аппарата

Торцевые платы
модифицируются в соответствии с требованиями полезной нагрузки

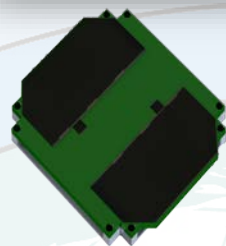
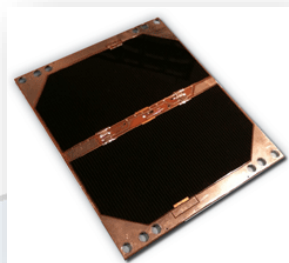
Архитектура СМКА

Платформа



Архитектура СМКА

СЭО



панели солнечных батарей

модульный
регулятор тока
с СБ

шина
энергетического
обеспечения

преобразователи
напряжения

служебные
подсистемы

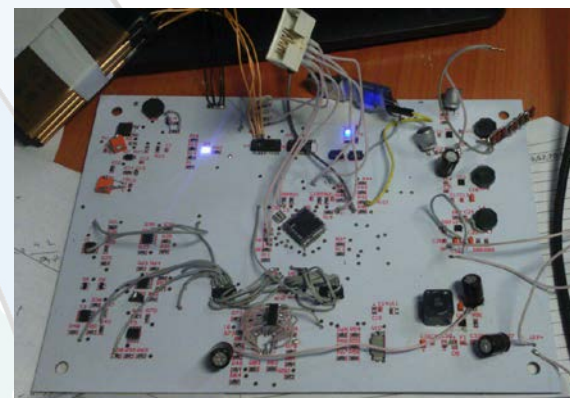
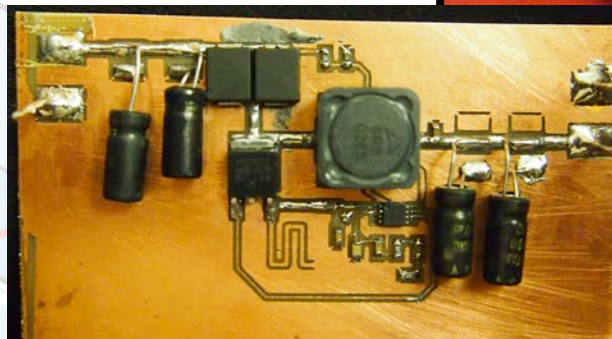
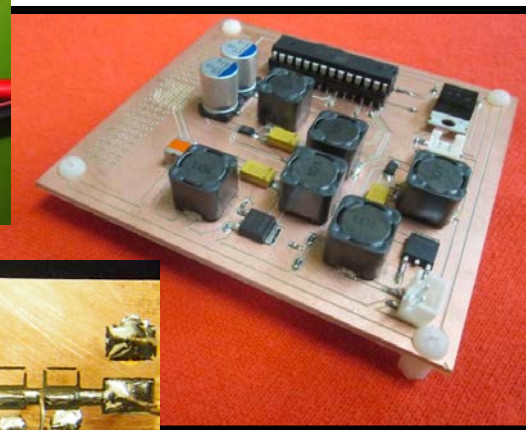
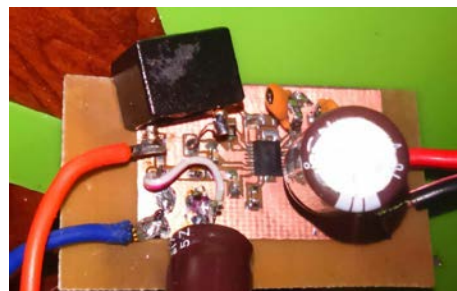
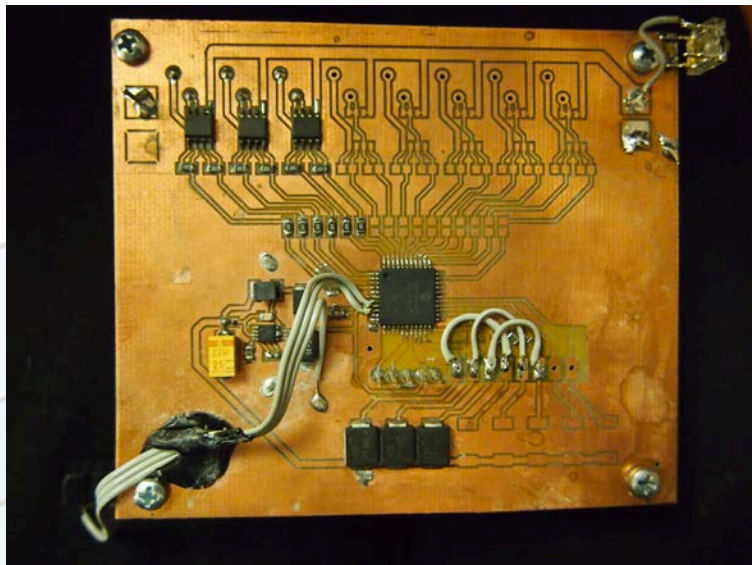
полезная
нагрузка



модули аккумуляторных батарей

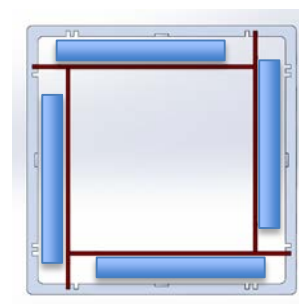
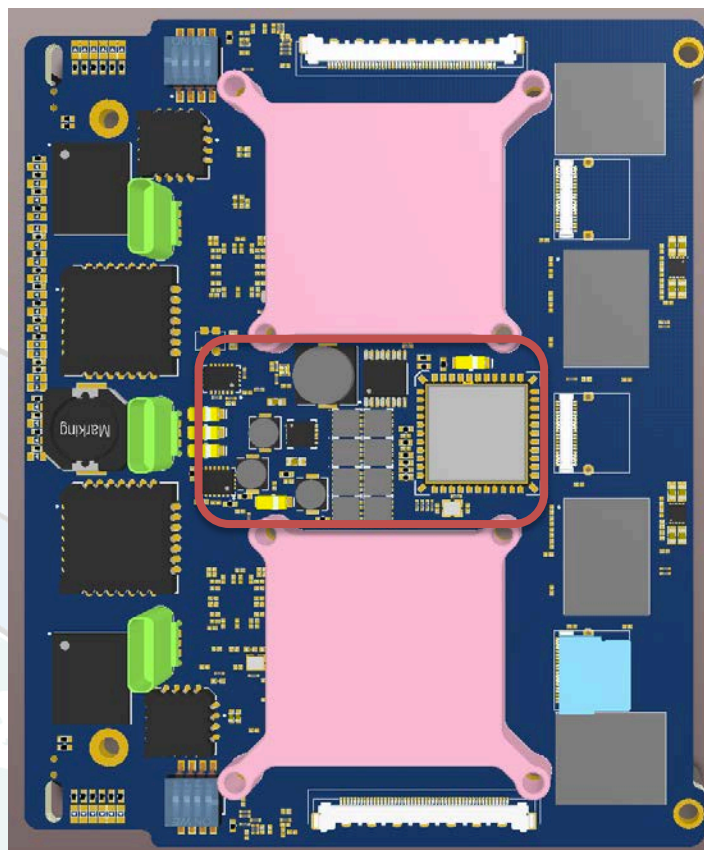
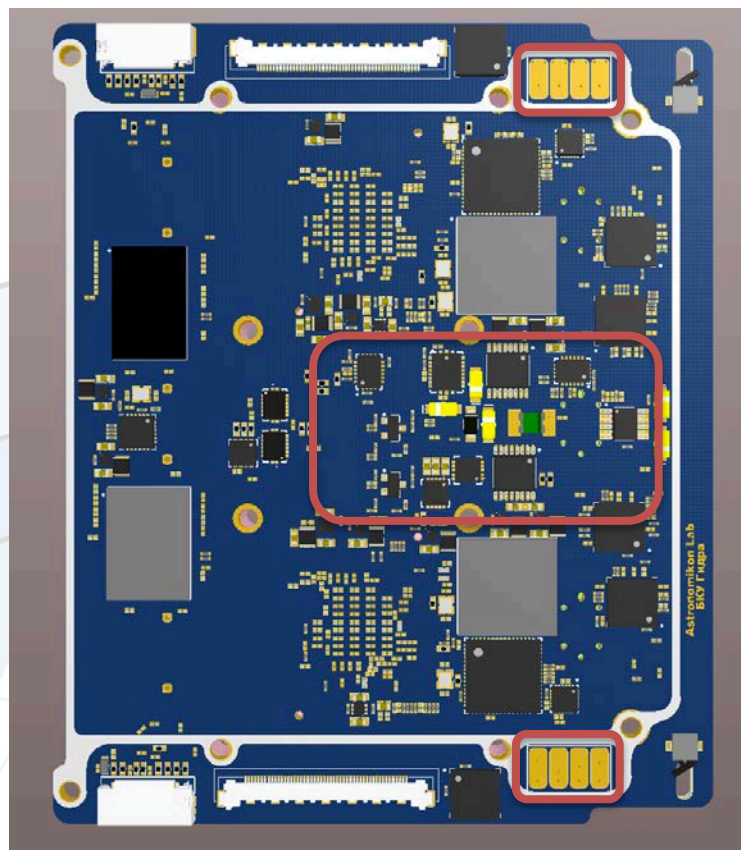
Архитектура СМКА

СЭО



Архитектура СМКА

СЭО

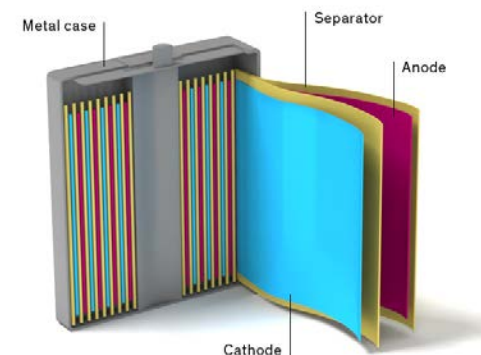
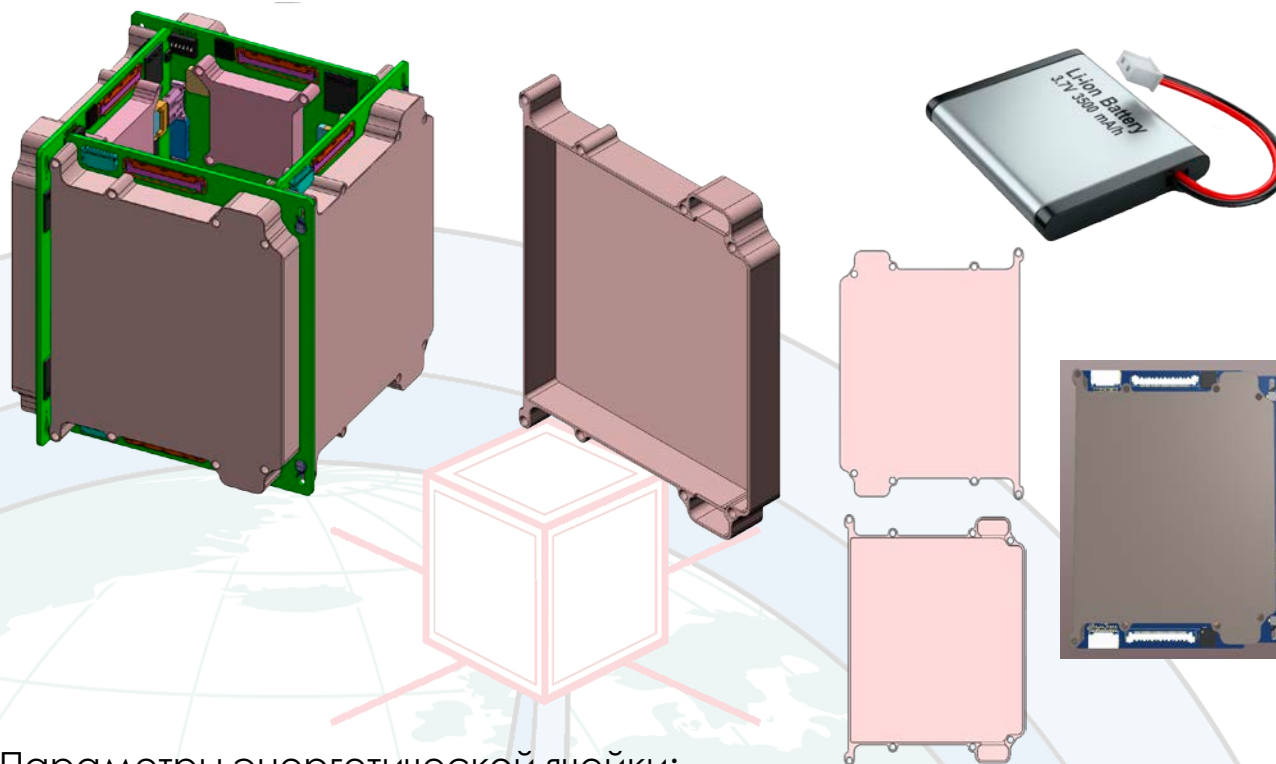


Параметры:

- 1 модуль платформы содержит максимум 4 СЭО, каждая из которых имеет 2 или 4 АкБ емкостью 3200 мАч

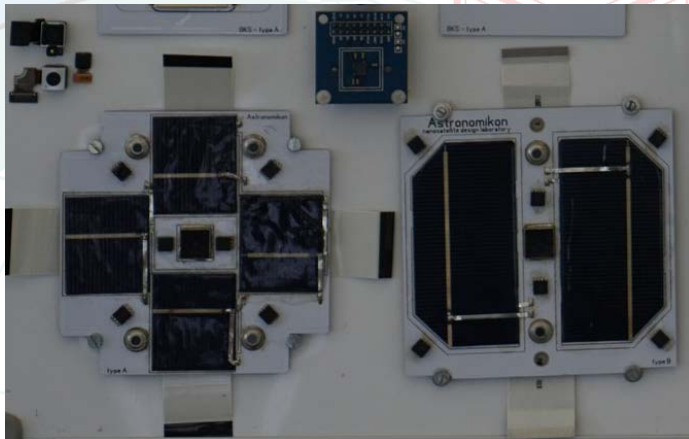
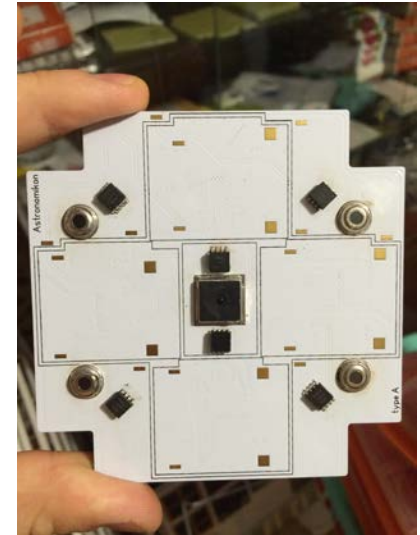
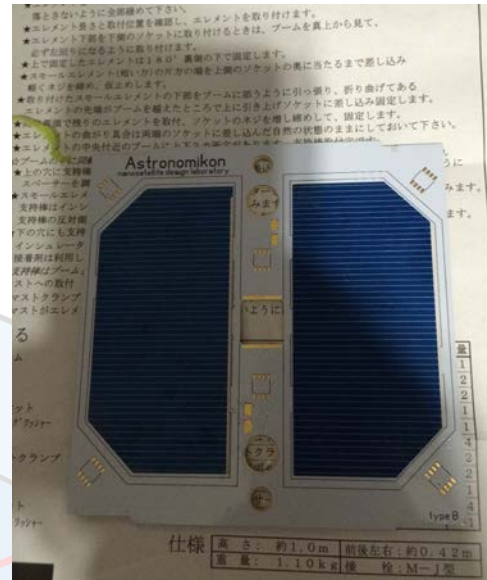
Архитектура СМКА

СЭО - АкБ



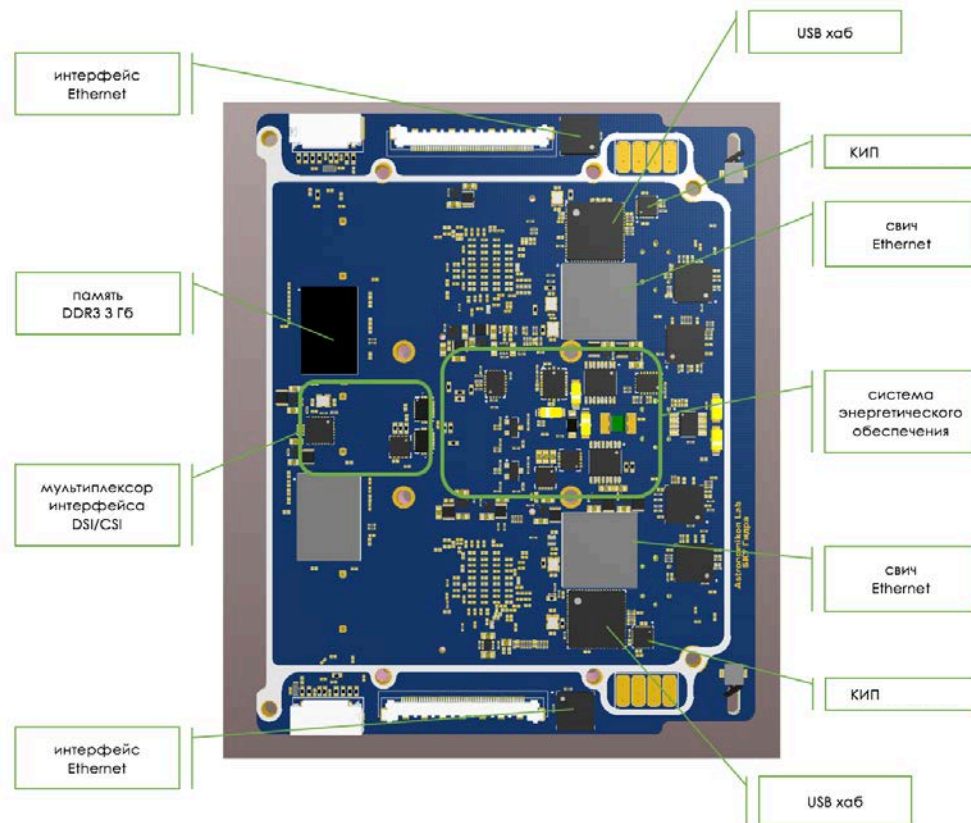
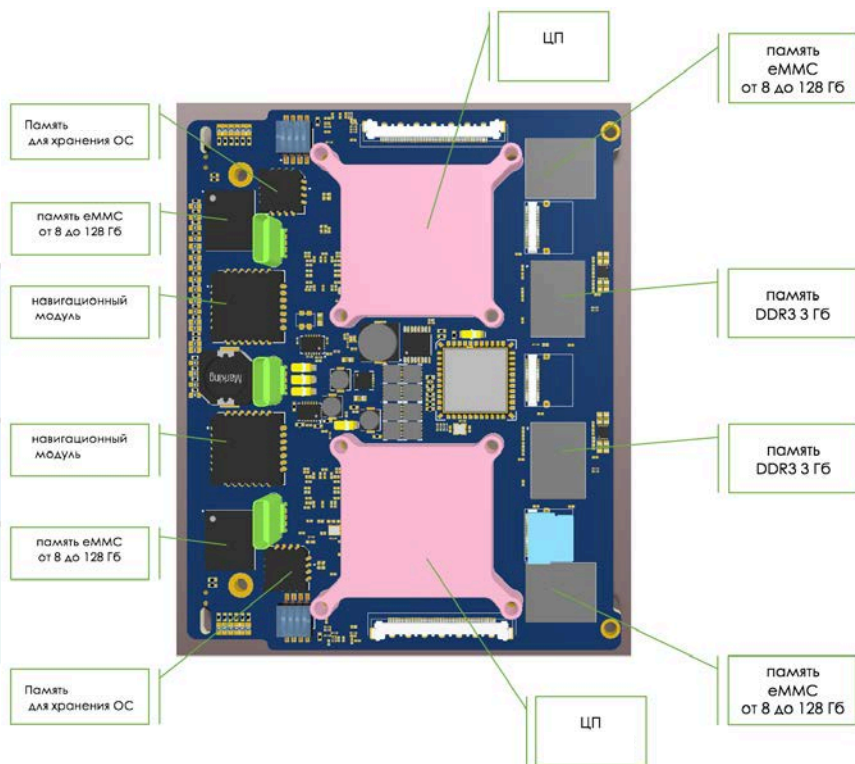
Параметры энергетической ячейки:

- смола эпоксидно-диановая неотверждённая марки ЭД-20 (высшего сорта, ГОСТ 10587-84);
- полиэтиленполиамин (ПэПа) ТУ 2413-646-11131395-2007;
- коллоидная система;
- Gd (оксид, порошок);
- Be (порошок);
- W (фольга).



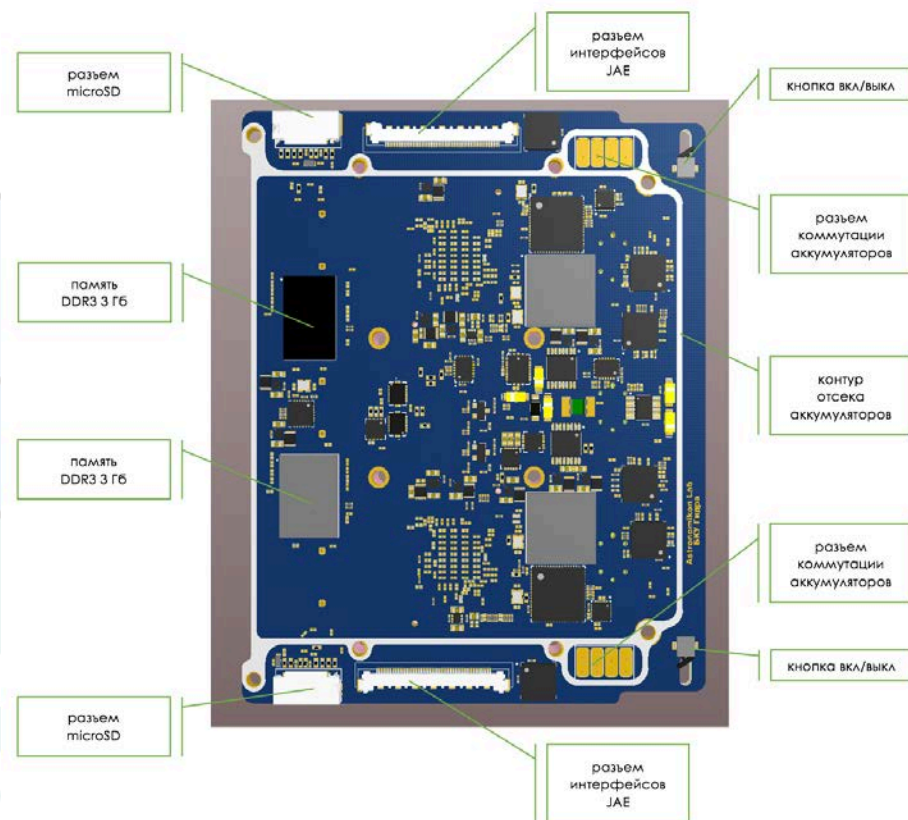
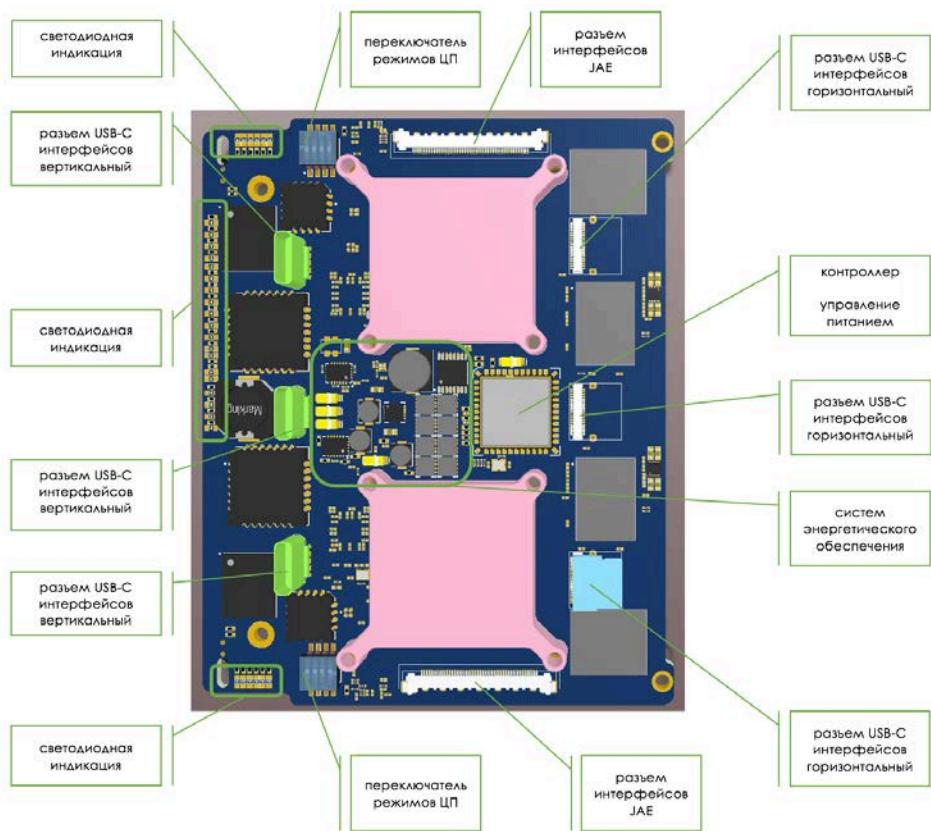
Архитектура СМКА

БКУ «Гидра»



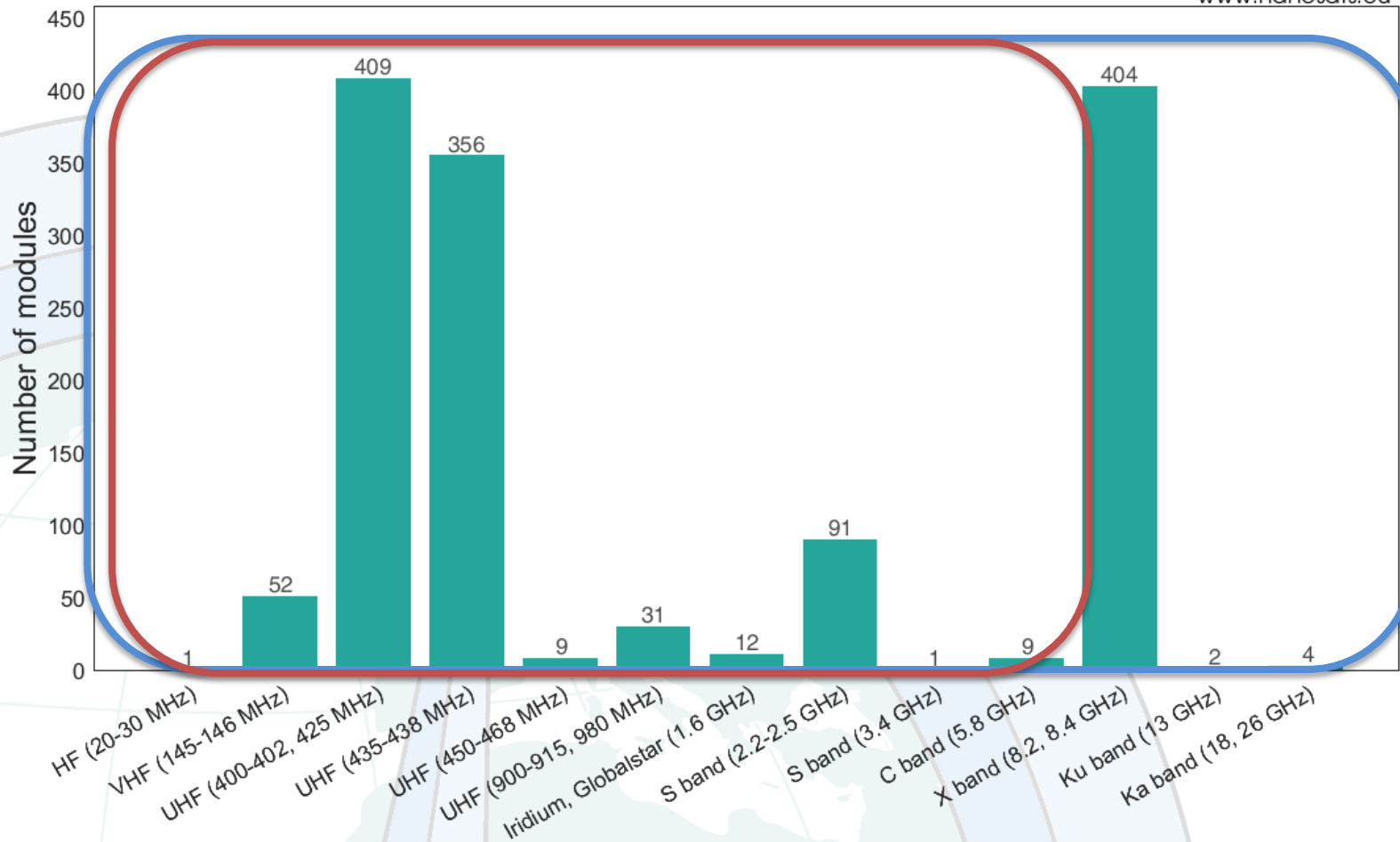
Архитектура СМКА

БКУ «Гидра»



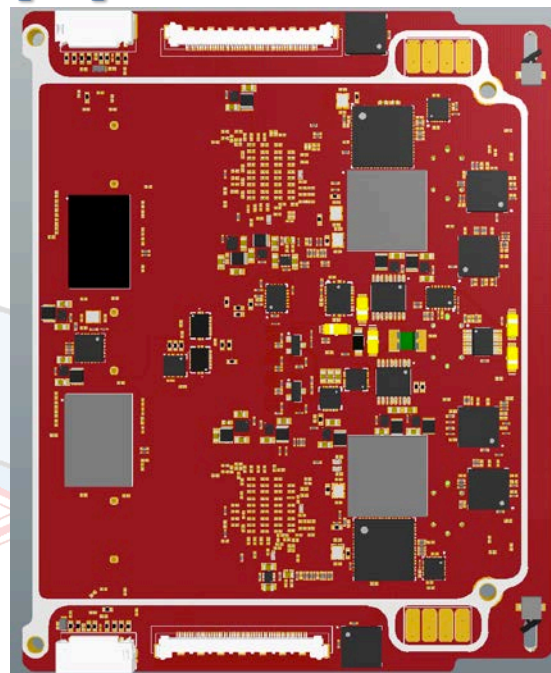
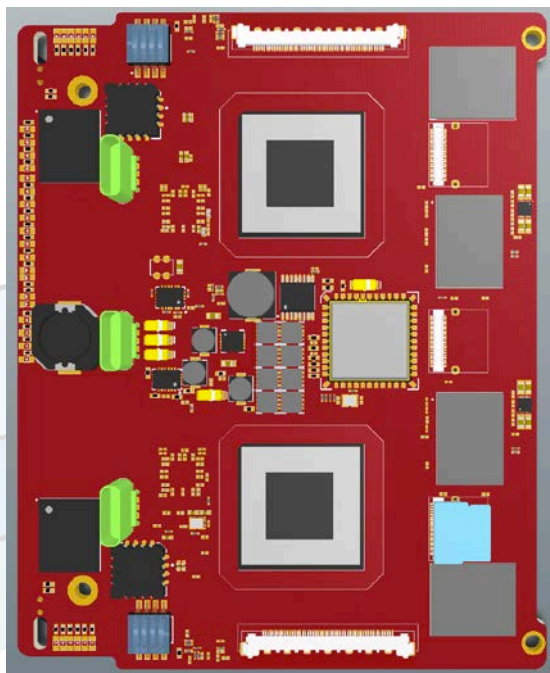
Nanosatellite downlink modules

www.nanosats.eu



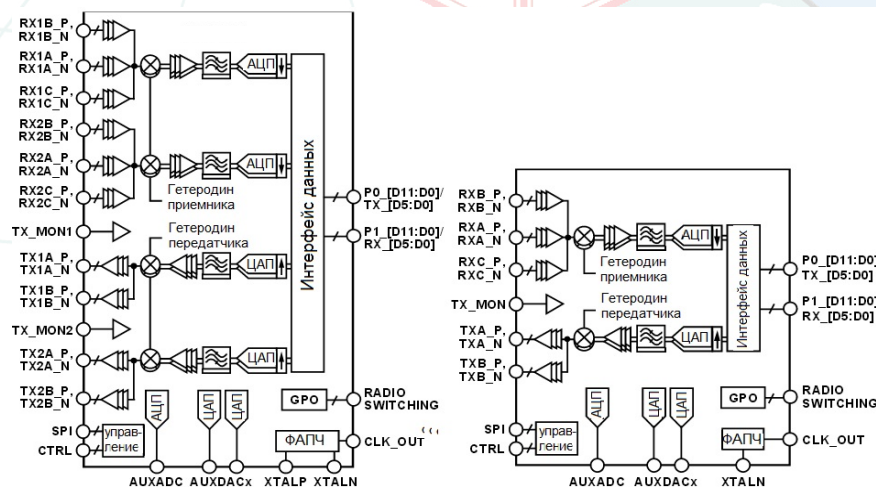
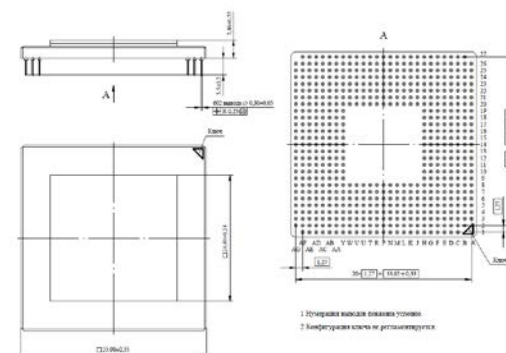
Downlink communication bands and frequencies

Архитектура СМКА БРТК «Полиморф»



SDR-технология

- 30 МГц – 6 ГГц
- до 33 ГГц (множитель частоты)



Архитектура СМКА

АФУ

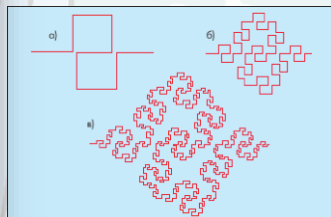
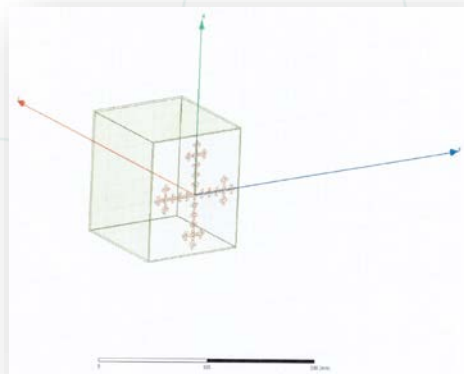
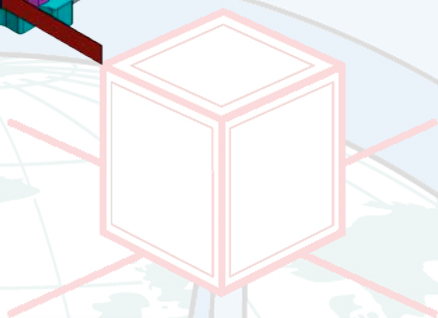
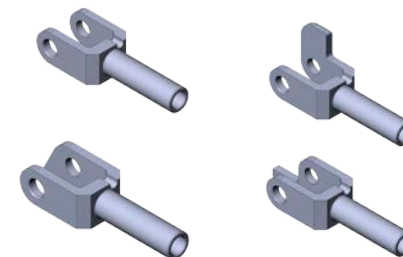
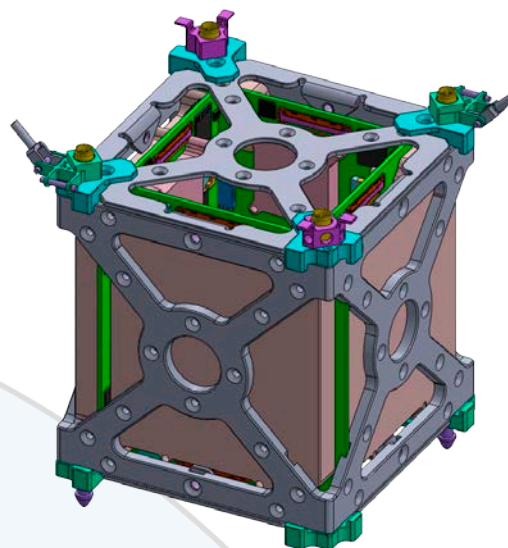
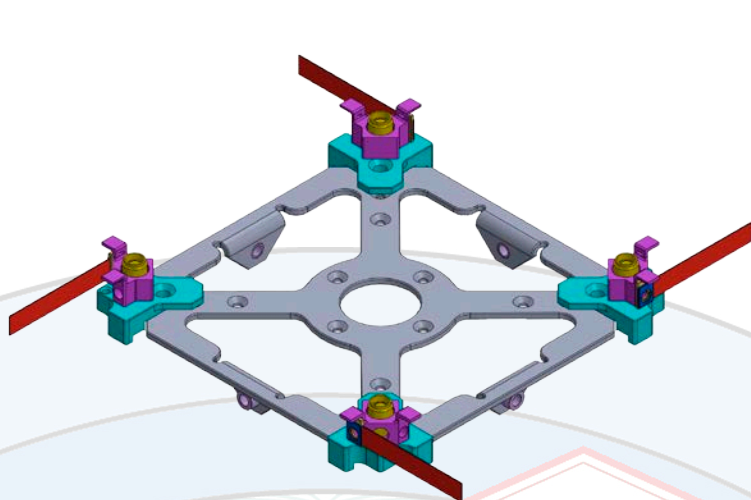
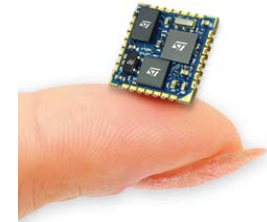
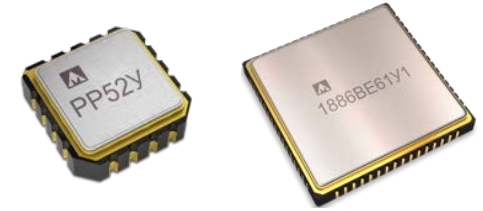
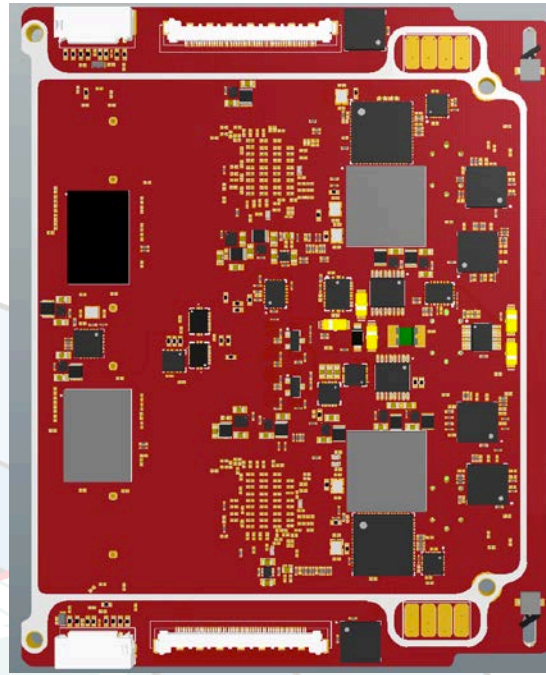
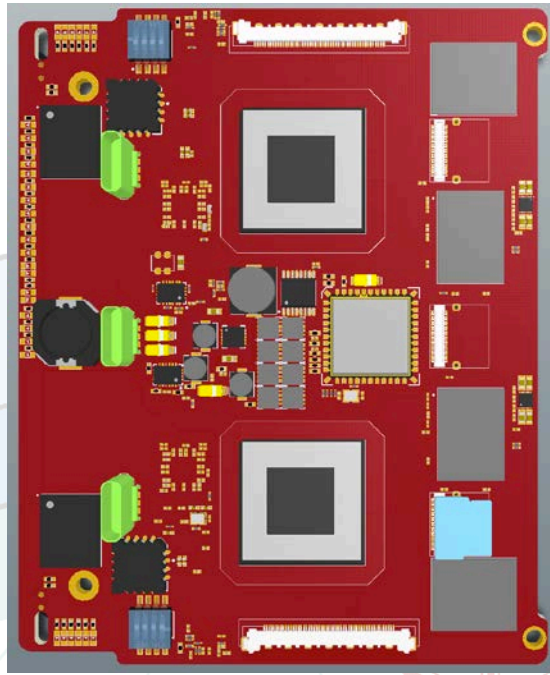


Рисунок 8 – сборочный макет рупорной антенны с турникетным соединением

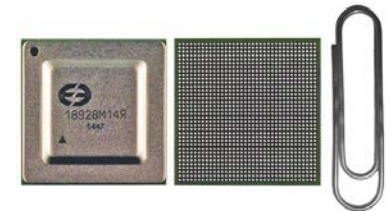
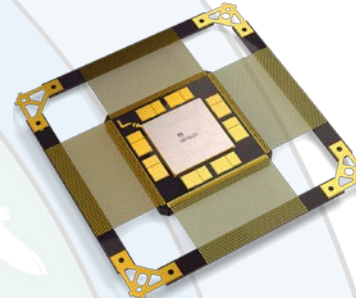
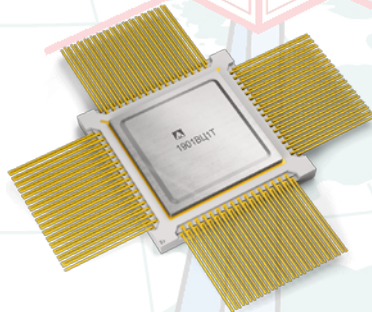
Архитектура СМКА

СТК «Интер»



Интерфейсы

- UART
- SPI
- I2C
- Ethernet
- USB
- MFBSP
- CSI
- DSI
- SpaceWire



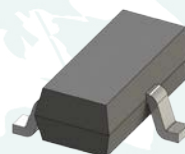
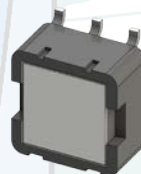
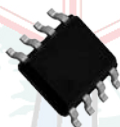
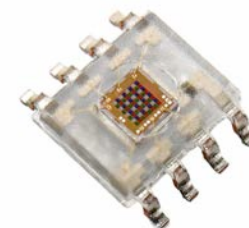
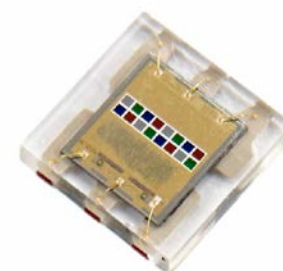
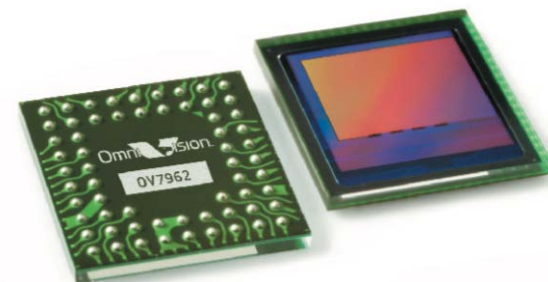
прием и передача телеметрической информации по стандарту CCSDS

Архитектура СМКА

СТК - КИП

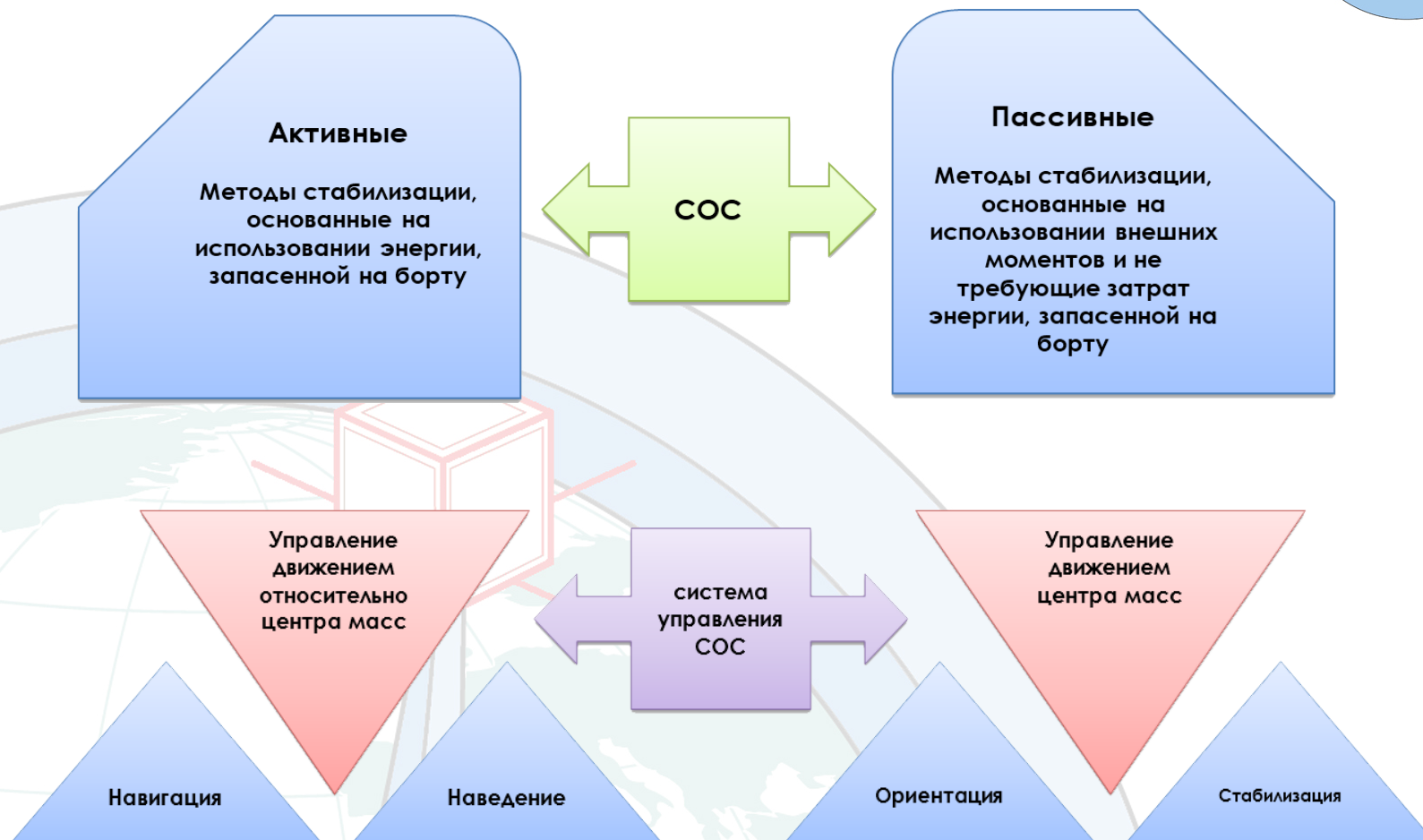


- цифровой температурный датчик (t , $^{\circ}\text{C}$)
- цифровой инфракрасный датчик (ИК, нм)
- МЭМС трех осевой акселерометр (A)
- МЭМС трех осевой гироскоп (G)
- МЭМС трех осевой магнитометр (M)
- цифровой датчик радиации (R_f , Крад)
- цифровой спектрометр
- цифровой регистратор излучений



Архитектура СМКА

СОС «Вортекс»



Архитектура СМКА

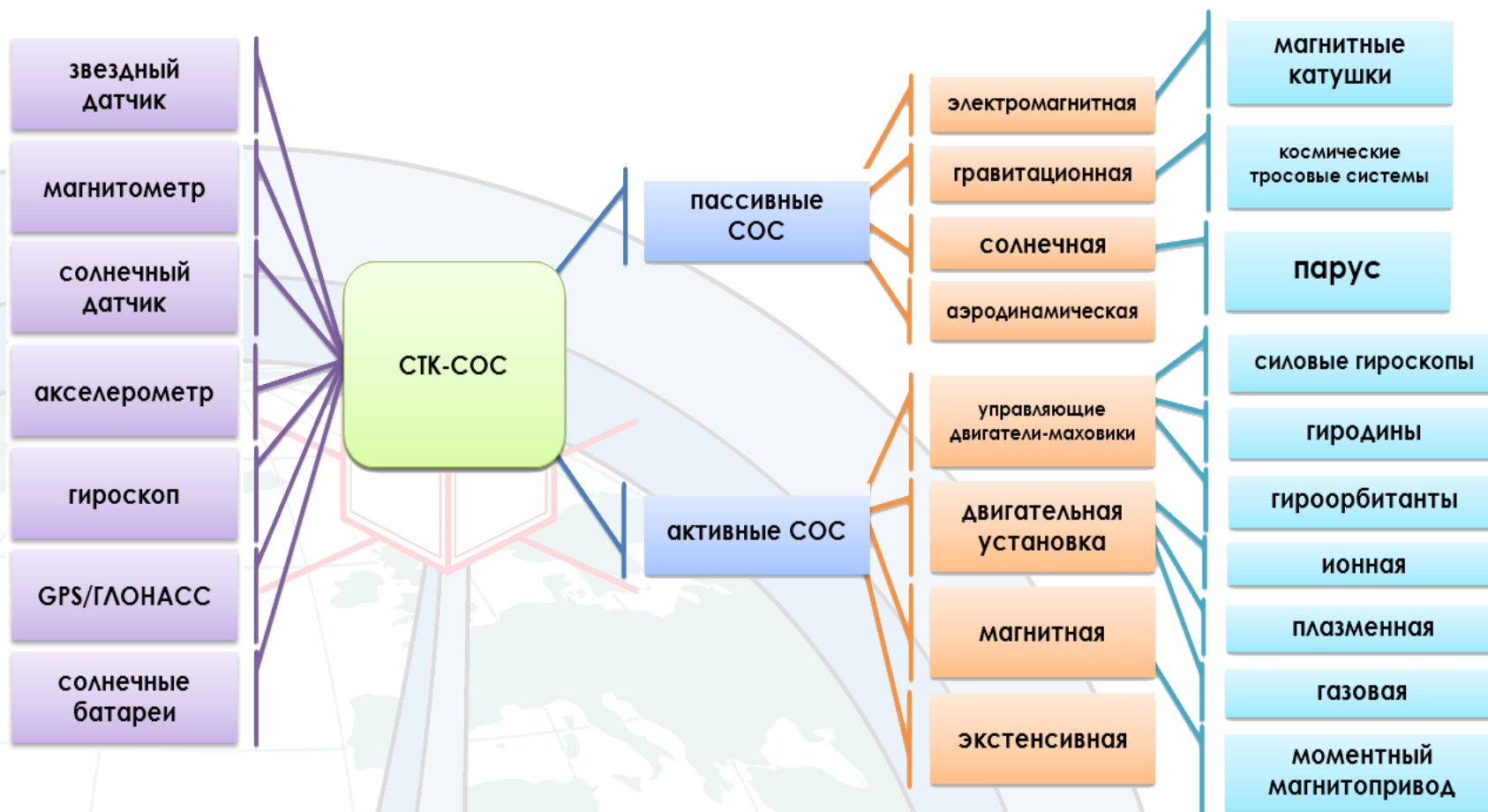
СОС «Вортекс»



Режим	Цель	Точность (не хуже)	Исполнительные элементы	Примечания
режим демпфирования угловой скорости	демпфирование угловой скорости вращения СМКА	величина угловой скорости менее 0.5 град/сек	магнитометр (КИП) – пассивная СОС	применяется после отделения от РН
безопасный режим	поддержание направления на Солнце панелей СБ	± 20 град	магнитометр, солнечные батареи, солнечный датчик (КИП) – пассивная СОС	в случае отказа маховиков, для поддержания энергобаланса
режим ориентации на Солнце	одноосная ориентация заданной осью на Солнце с требуемой точностью	$\pm 30''$, ± 0.005 град/сек	магнитометр, солнечные батареи, солнечный датчик (КИП) – активная СОС	режим наблюдения за Солнцем
режим предварительной трёхосной ориентации	трёхосная ориентация в наدير с невысокой точностью	± 1 град, ± 0.1 град/сек	магнитометр, солнечные батареи, солнечный датчик (КИП) – активная СОС	научные эксперименты
режим точной трёхосной ориентации	трёхосная ориентация в наدير с высокой точностью	$\pm 30''$, ± 0.001 град/сек	солнечный датчик, магнитометр, звёздный датчик, акселерометр, гироскоп, солнечные батареи, GPS/ГЛОНАСС (КИП) - активная СОС	научные эксперименты
режим удержания точки на поверхности Земли	трёхосная ориентация прибора на заданную область Земли в течение длительного времени	$\pm 30''$, ± 0.001 град/сек	солнечный датчик, магнитометр, звёздный датчик, акселерометр, гироскоп, солнечные батареи, GPS/ГЛОНАСС (КИП) - активная СОС	научные эксперименты
разворот	переориентация оси визирования ПН с одного объекта наблюдения на другой	скорость разворота до 15 град/сек	солнечный датчик, магнитометр, звёздный датчик, акселерометр, гироскоп, солнечные батареи, GPS/ГЛОНАСС (КИП) - активная СОС	съёмка земной поверхности по заданной программе

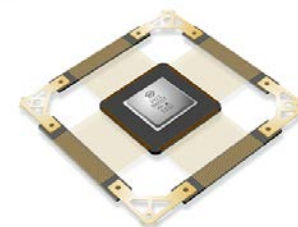
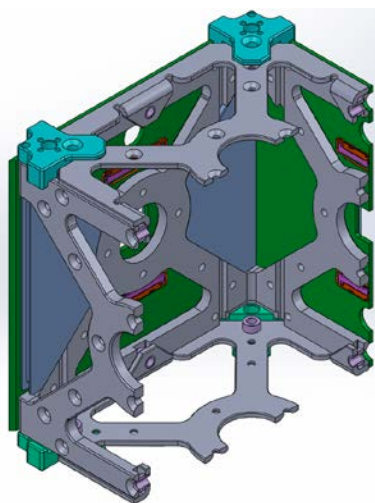
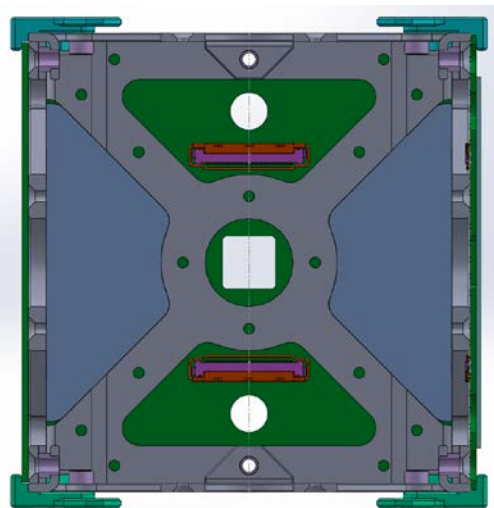
Архитектура СМКА

СОС «Вортекс»



Архитектура СМКА

СОС «Вортекс»

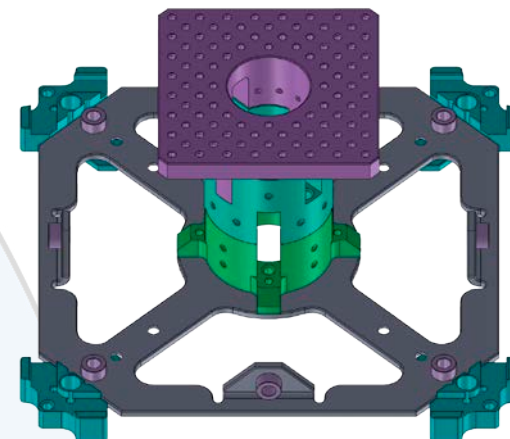
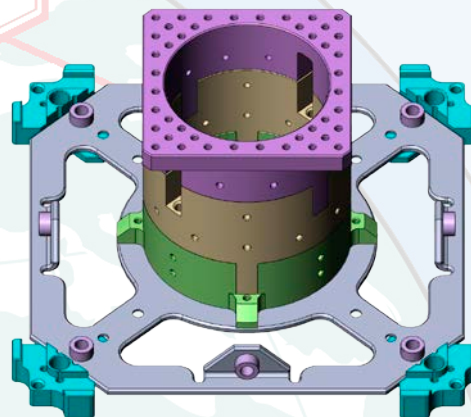
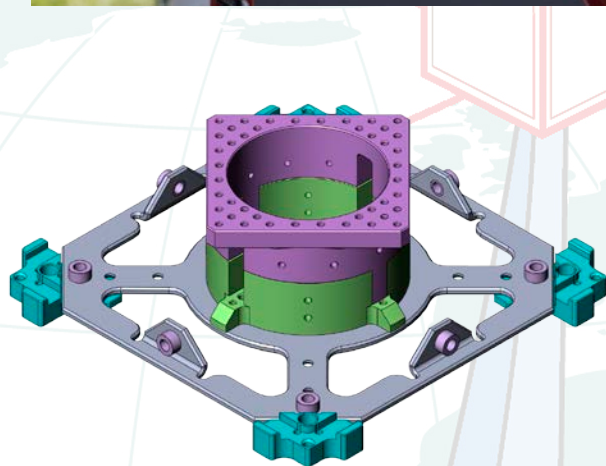
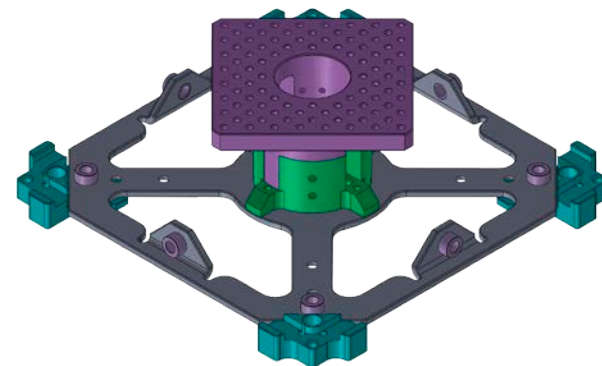
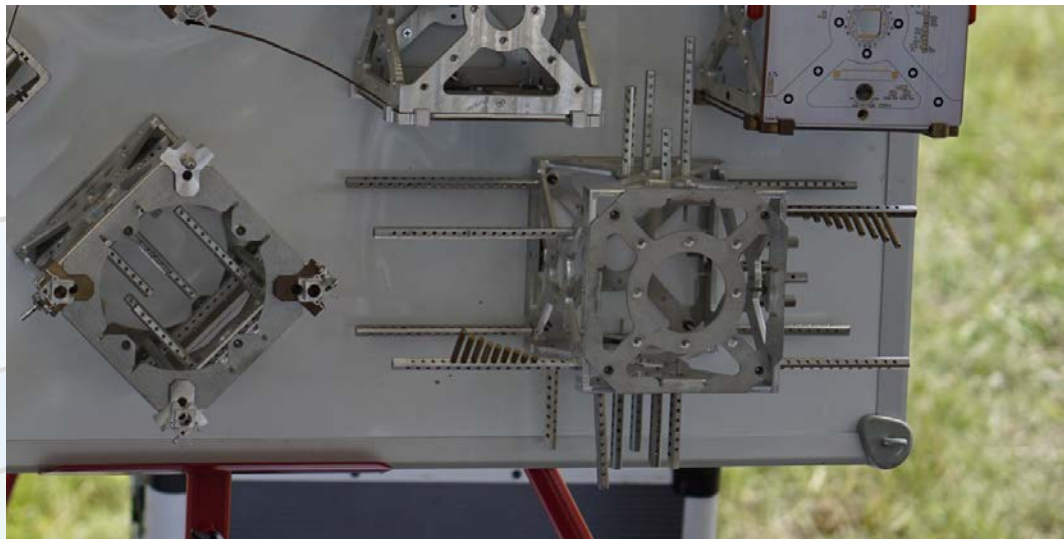


32-разрядный микроконтроллер
Архитектура RISC, тактовая частота до 100 МГц



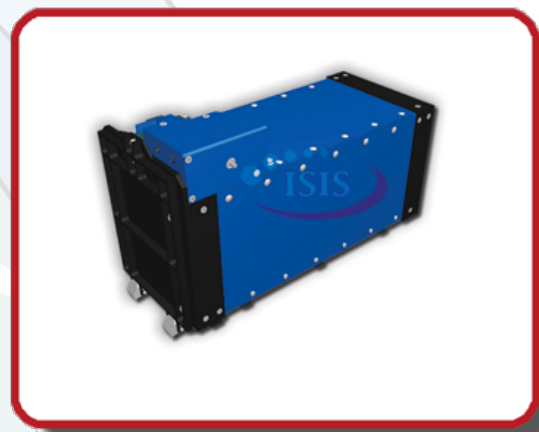
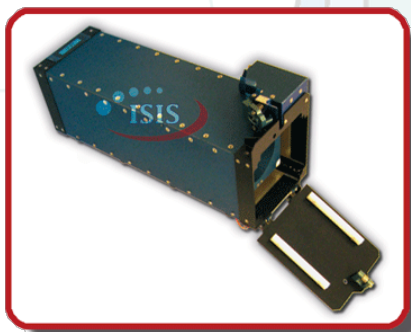
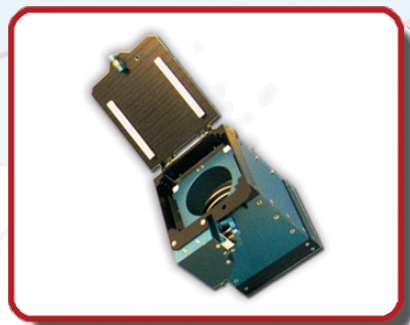
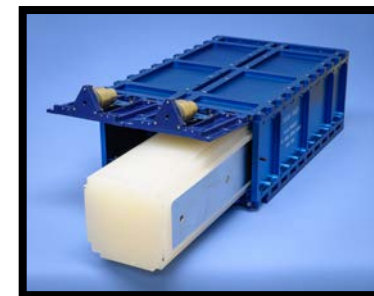
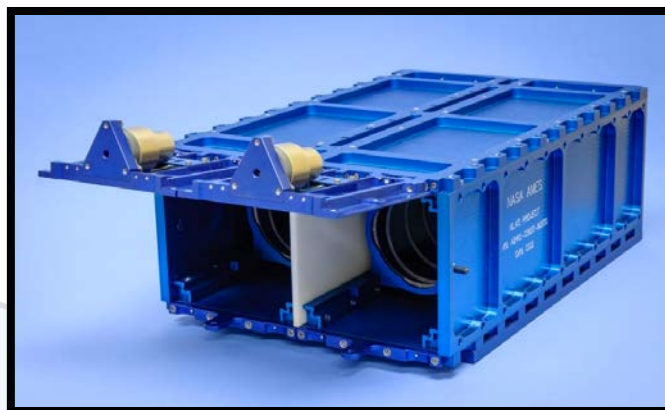
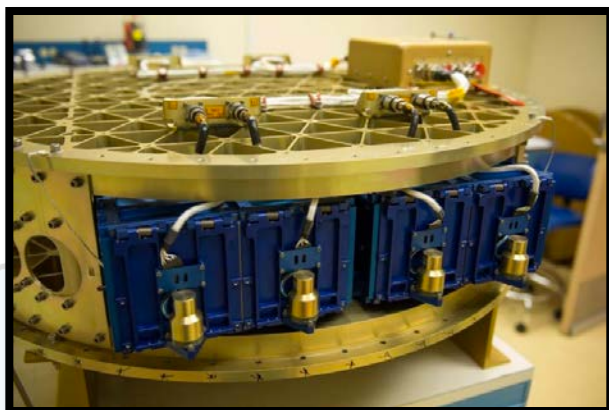
Архитектура СМКА

ПН



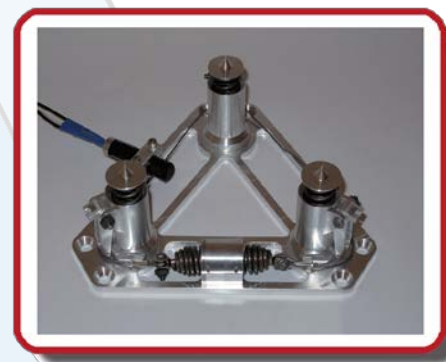
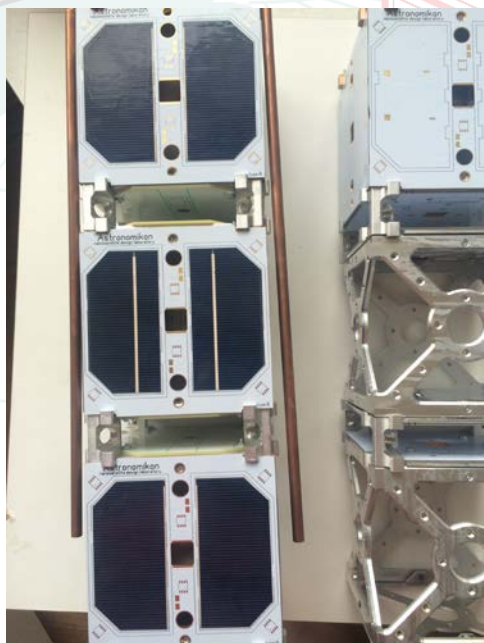
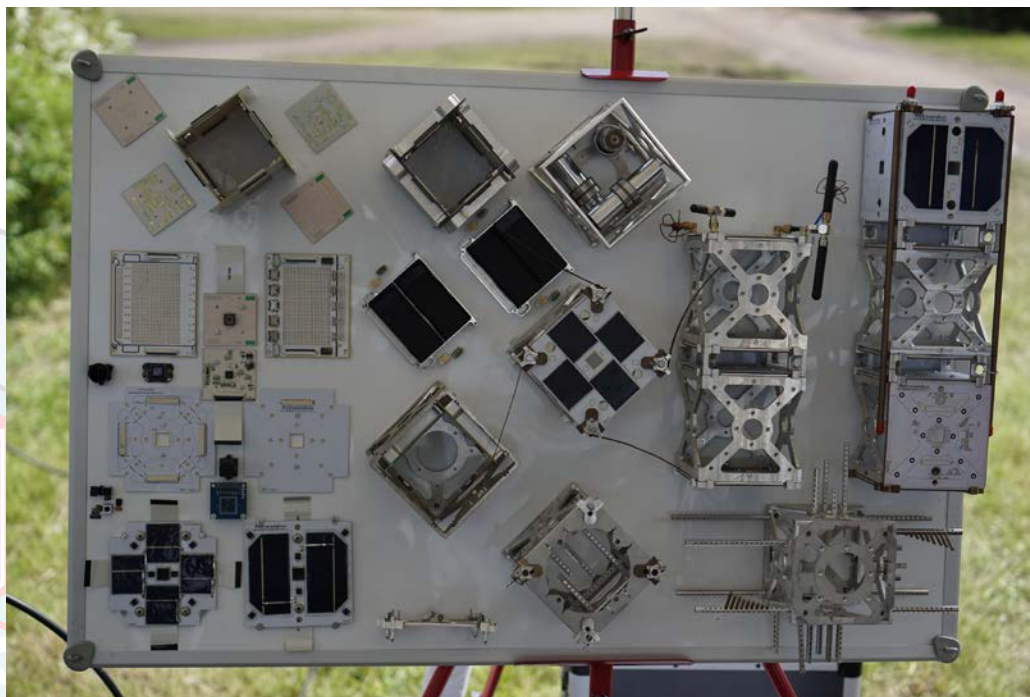
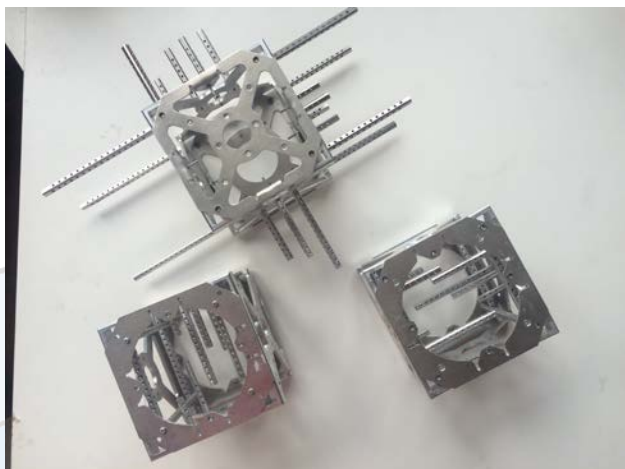
Архитектура СМКА

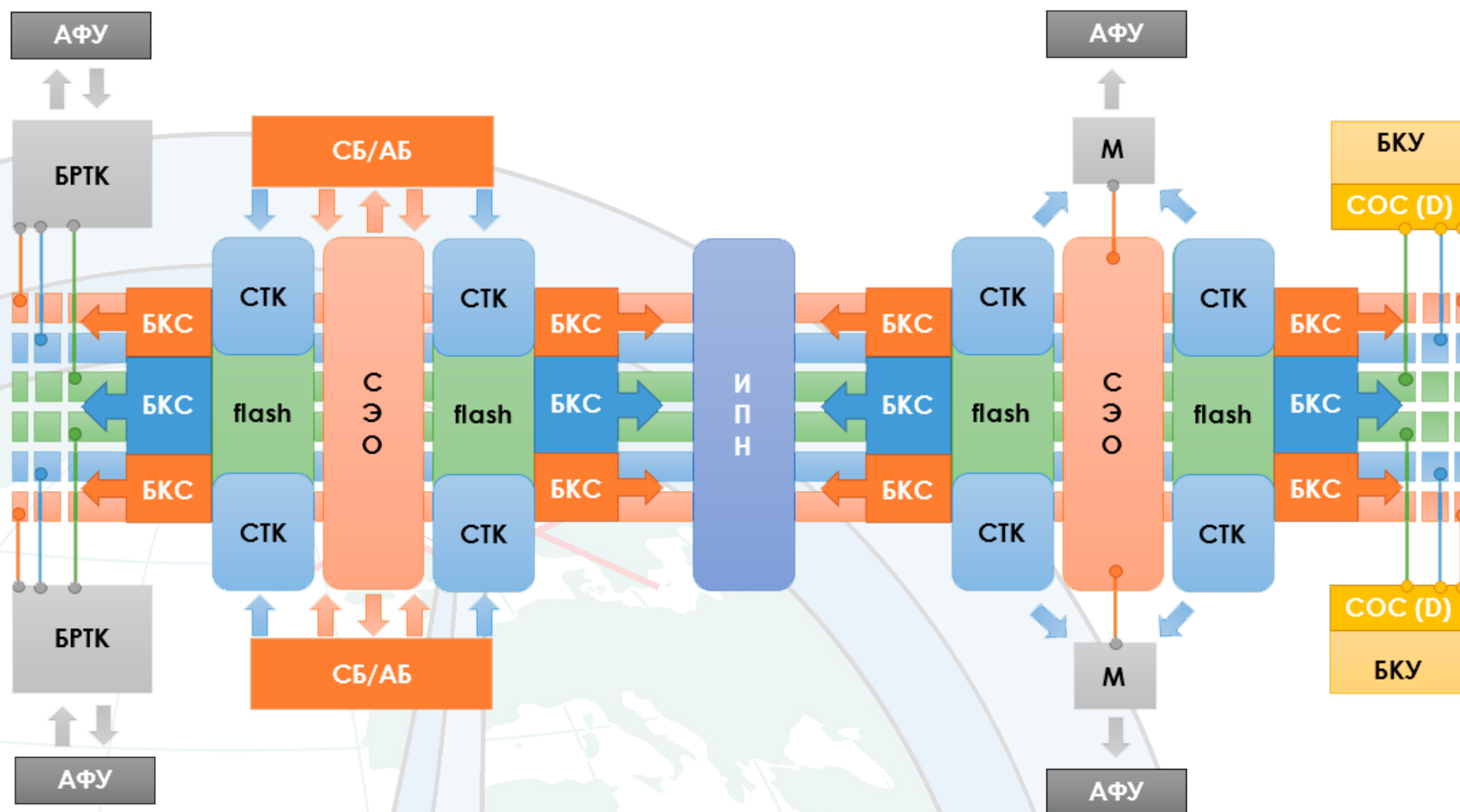
Вывод на орбиту



Архитектура СМКА

Вывод на орбиту





Планируемые миссии

Радиационное влияние на ИС



Цели:

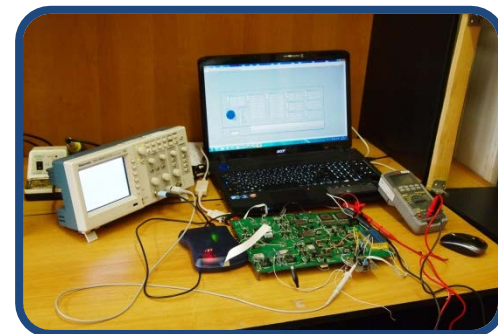
- Исследование радиационных эффектов в интегральных схемах (ПЛИС и ОЗУ/ПЗУ) в условиях космического пространства
- Обеспечение функционирования тестирующего устройства в течение всего срока активного существования

Задачи:

- Трехмодульный СМКА (ЗУ) – платформа «Синергия» + модули полезной нагрузки
- Срок активного существования – 5 лет
- Обеспечение вывода на орбиту

Инициатор:

Институт экстремальной прикладной электроники НИЯУ «МИФИ»,
ОАО «ЭНПО СПЭЛС», NI Rus Spb



Планируемые миссии

Регистратор излучений



Цели:

- Исследование радиационного поля тяжелых заряженных частиц и единичных событий с помощью сенсора на основе ПЗС и КМОП матриц
- Обеспечение функционирования исследующего устройства в течение всего срока активного существования

Задачи:

- Одномодульный СМКА (1U) – платформа «Синергия» + полезная нагрузка
- Срок активного существования – 1 ... 2 года
- Обеспечение вывода на орбиту

Инициатор:

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ)



Планируемые миссии СМКА-АИС



Цели:

- Фильтрации помех для АИС на базе платформы в пределах низкой, околоземной орбиты
- Обеспечение функционирования исследующего устройства в течение всего срока активного существования

Задачи:

- Трехмодульный СМКА (ЗУ) – платформа «Синергия» + модули полезной нагрузки
- Срок активного существования – 3 года
- Обеспечение вывода на орбиту

Инициатор:

ФГАОУ ВО СПбПУ, НПЦ Гранат



ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого



Планируемые миссии

Орбитальный сервер



Цели:

- Создание орбитального хранилища данных
- Реализация и отработка технологии обеспечения радиолинии с помощью канала передачи данных спутникового телефона
- Обеспечение функционирования исследующего устройства в течение всего срока активного существования

Задачи:

- Трехмодульный СМКА (ЗУ) – платформа «Синергия» + модули полезной нагрузки
- Срок активного существования – 5 лет
- Обеспечение вывода на орбиту

Инициатор:

НПЦ «Гранат», Лаборатория «Астрономикон»



Лос-Анджелеская компания
Cloud Constellation



Планируемые миссии

Трансивер на квантовой запутанности



Цели:

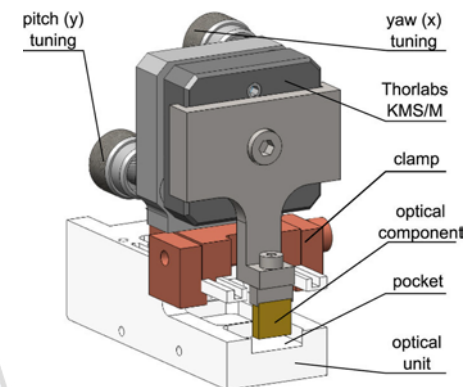
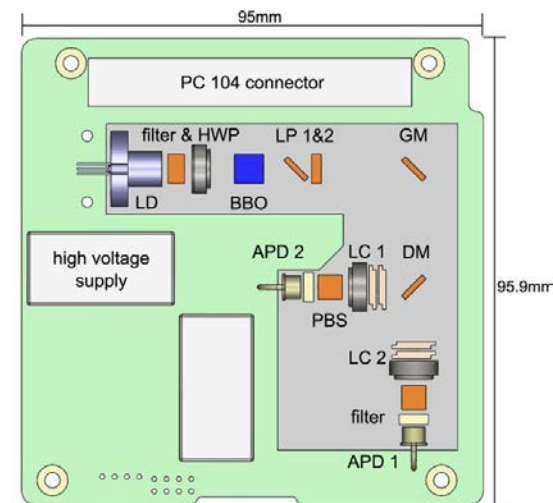
- Создание орбитального прототипа
- Реализация и отработка технологии обеспечения линии связи с помощью канала передачи данных при помощи квантовой телепортации
- Обеспечение функционирования исследующего устройства в течение всего срока активного существования

Задачи:

- Трехмодульный СМКА (ЗУ) – платформа «Синергия» + модули полезной нагрузки
- Срок активного существования – 1 ... 2 года
- Обеспечение вывода на орбиту

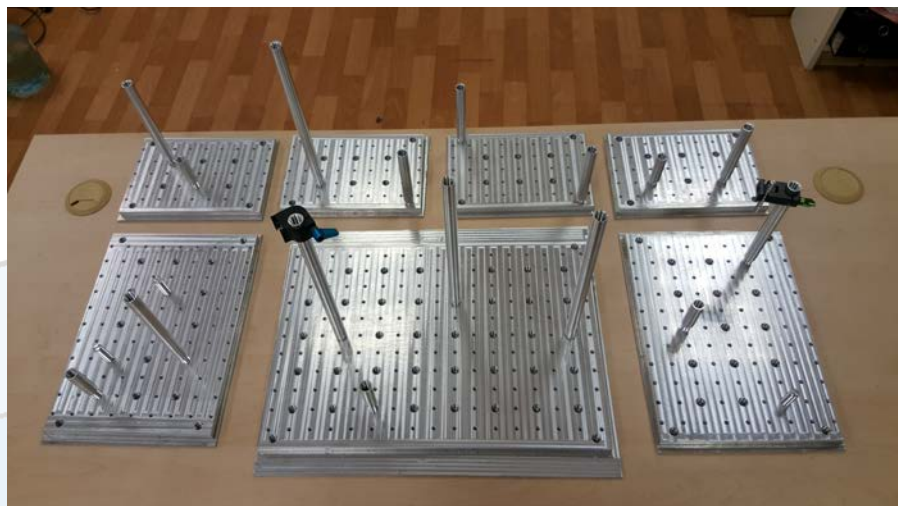
Инициатор:

Лаборатория «Астрономикон»



Стенды

Платформа «Синергия»



Лаборатория проектирования
сверхмалых космических аппаратов

«АСТРОНОМИКОН»

Ваше персональное окно в космос

Nano satellite
design laboratory

«ASTRONOMIKON»

Your private window into space



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ВАШИ ВОПРОСЫ?

CEO-CDO Денис Малыгин