



Обзор перспективной спутниковой платформы формата CubeSat

SPUTNIX SG3

Докладчик: Роман Жарких

В. В. Кузнецов, Р. Н. Жарких, А. В. Пуриков, В. Н. Максим

ООО «СПУТНИК»

Самара, 2025



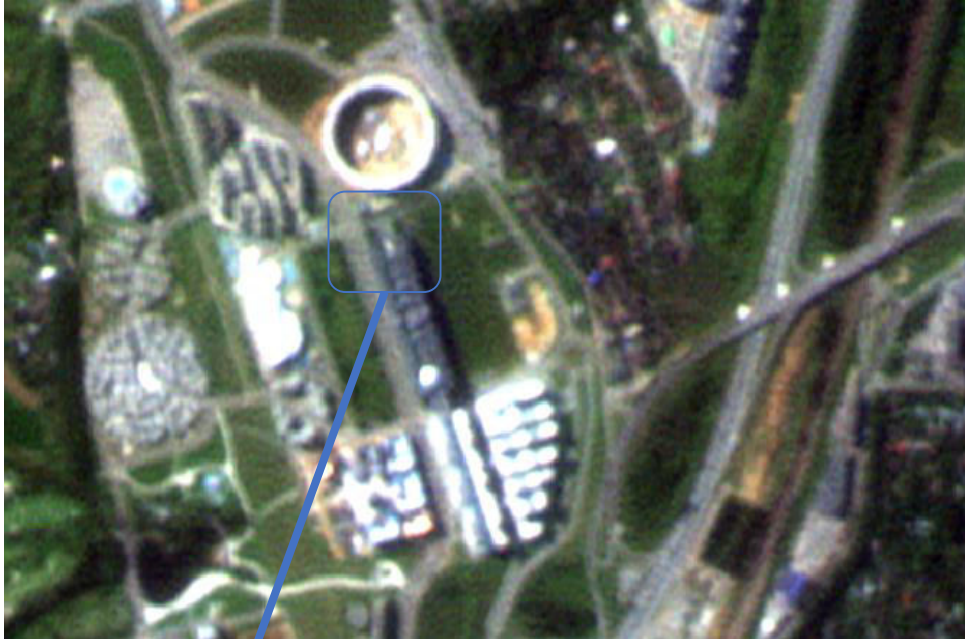
Снимки с КА «Зоркий-2М» <https://platform.sputnix-group.ru/>

 **Часть 1 – предпосылки**

 Часть 2 – описание платформы SG3

 Часть 3 – технические возможности

 Часть 4 - проектирование спутников и ПН



КЛЮЧЕВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ



Спутники и платформы



Наземное оборудование и ПО



Запуск на орбиту



Образование



Управление КА



Направление наноспутников

Саморазвитие



- математическая, наземная, орбитальная база
- постоянные обновления ПО на орбите
- непрекращающиеся эксперименты на орбите

Образование и наука

- первые в программе Space-Pi
- 22 спутника на орбите для 17 университетов



- владельцы получают работающие приборы на орбите
- спутники приносят реальные данные в длительном режиме

Коммерческие спутники



- первая в России группировка АИС – 52 КА за 2 года
- первая в России частная группировка ДЗЗ 2.5м – 4 КА за 2 года

Международный опыт

- 43 заказчика CubeSat из 10 стран





Направление наноспутников



Небольшой коллектив, рациональность → инновации и профессионализм

R&D – 20 человек

Производство – 10 человек

ЦУП – 10 человек



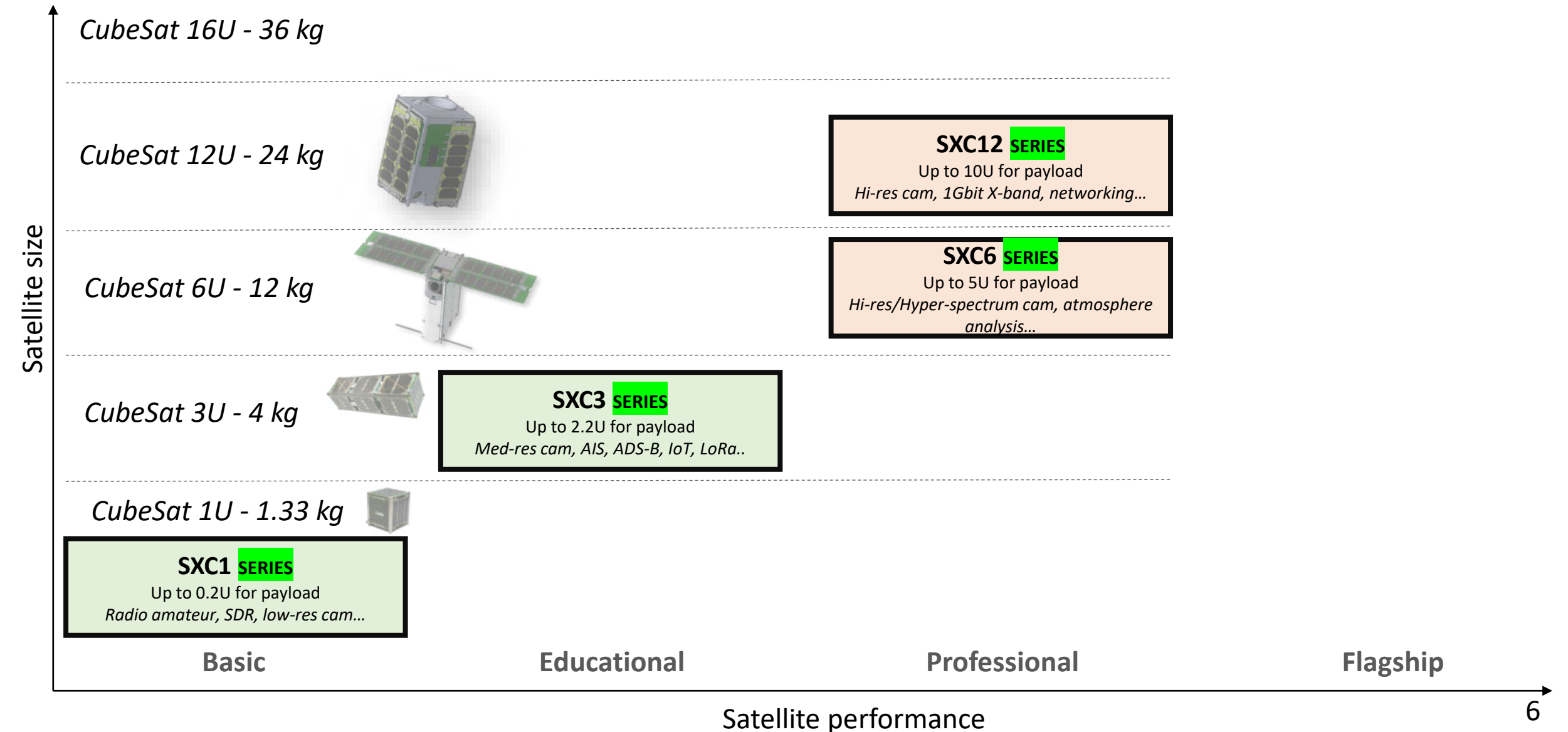
Произведено КА – более 150 шт

Запущено спутников – 88 шт

В эксплуатации ЦУА – 53 шт

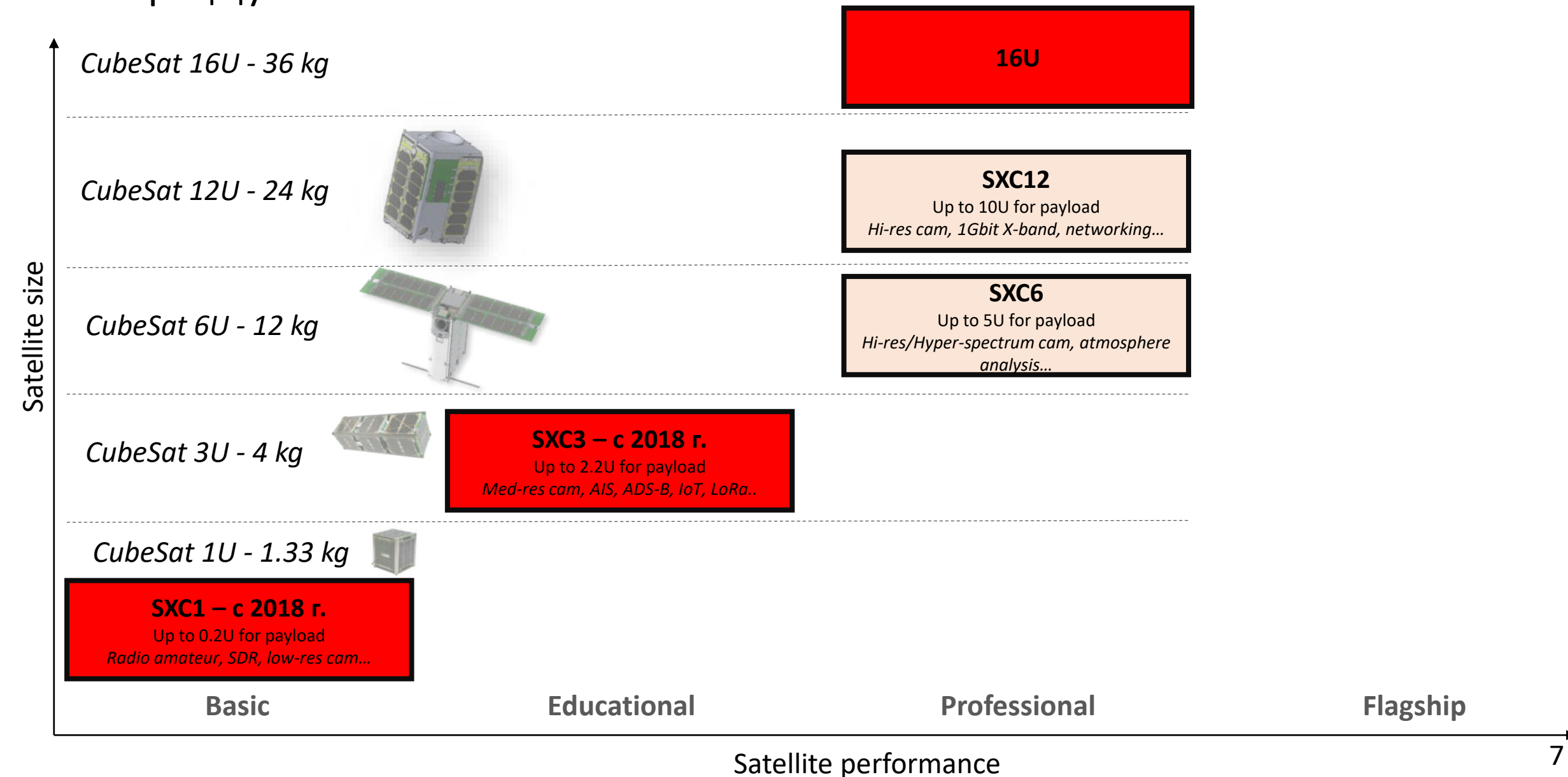


Продуктовая линейка CubeSat



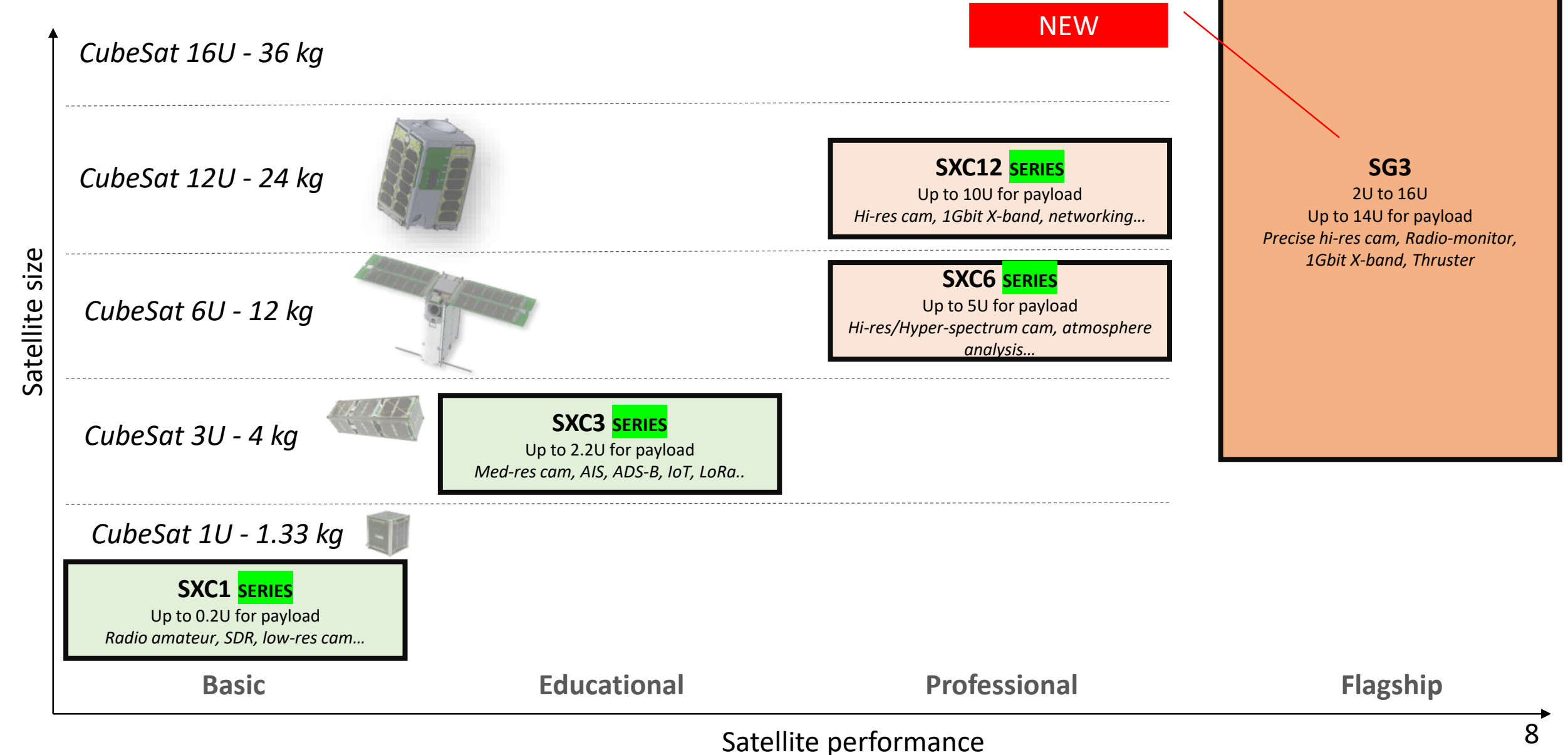


Продуктовая линейка CubeSat



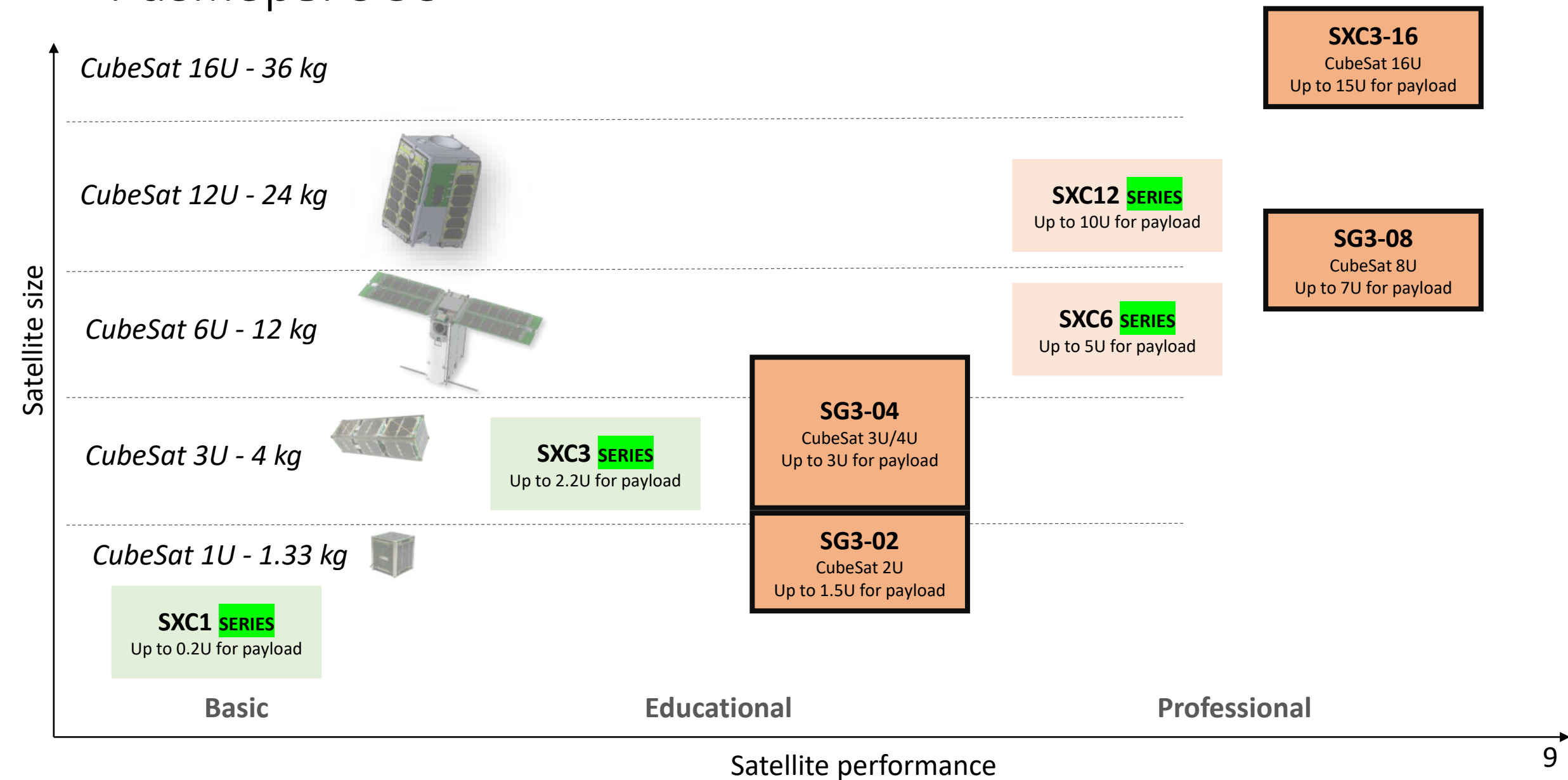


Продуктовая линейка CubeSat





Размеры SG3





Источники требований

1. Опыт - с 2018г

разработки
производства
запуска и эксплуатации
нереализованные проекты КА

3. Новые технологии

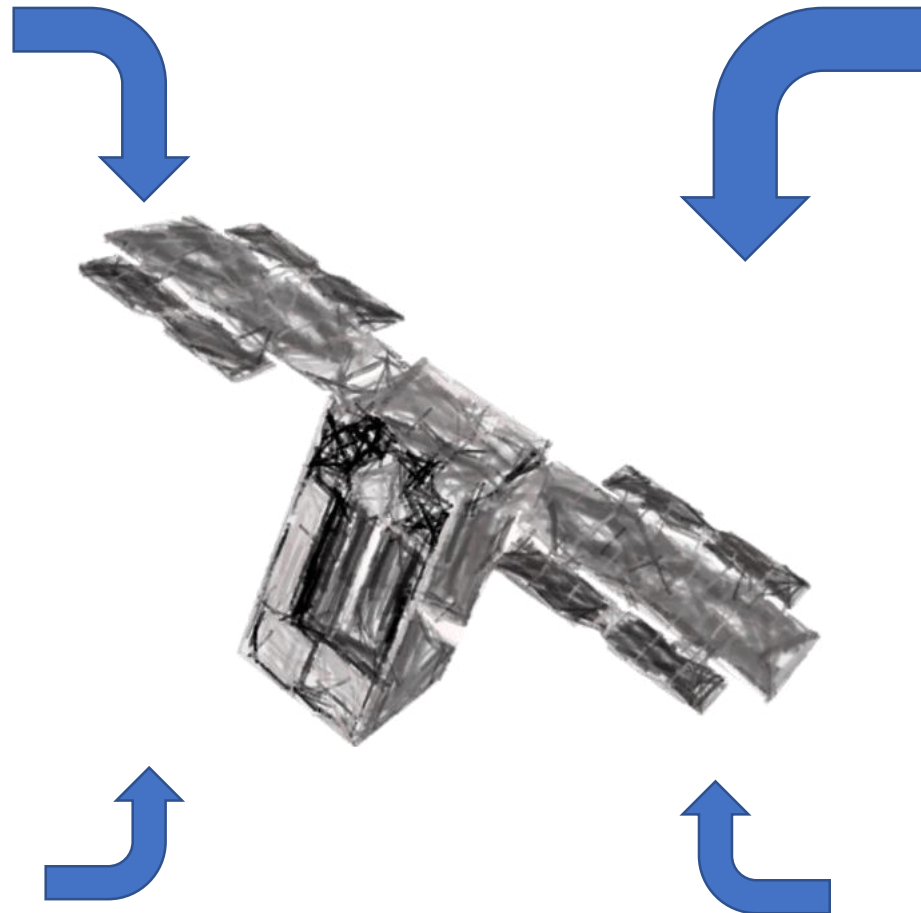
Контейнеры 16U
Отработка новых узлов
ЭКБ и технологий в электронике
Новые поставщики комплектующих и ЭКБ (РФ, Китай)
Производственные возможности Спутникс

2. Отзывы

Заказчиков и эксплуатантов
Запросы клиентов
Производственного и
испытательного отделов

4. Идеи коллектива

Алгоритмы и ПО
Конструкции
Кабельная сеть
ЭМС и радио





Предыдущий опыт



производства:

SXC1/SXC3 – более 150 платформ

SXC6/SXC12 – более 20 платформ

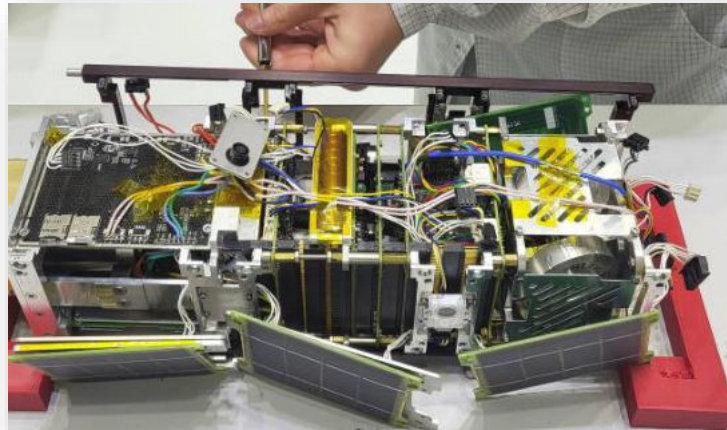


запуска и эксплуатации:

Запущено 88 КА типа CubeSat 1-12U

В эксплуатации 60 КА

Сошли с орбиты 27 КА



разработки:

Более 50 типов целевой аппаратуры адаптировано

SXC1/SXC3 – более 40 видов КА

SXC6/SXC12 – 6 видов КА

Нереализованные проекты КА:

SXC1/SXC3 – 9 типов КА

SXC6/SXC12 – 13 типов КА

3 космодрома (Байконур, Восточный, Плесецк) и МКС

Проекты в сфере: ДЗЗ, гиперспектр, АИС, IoT, космическая погода, радиомониторинг, зондирование атмосферы, АЗН-В, радиолюбители, биологические эксперименты, материаловедение, астрономия,

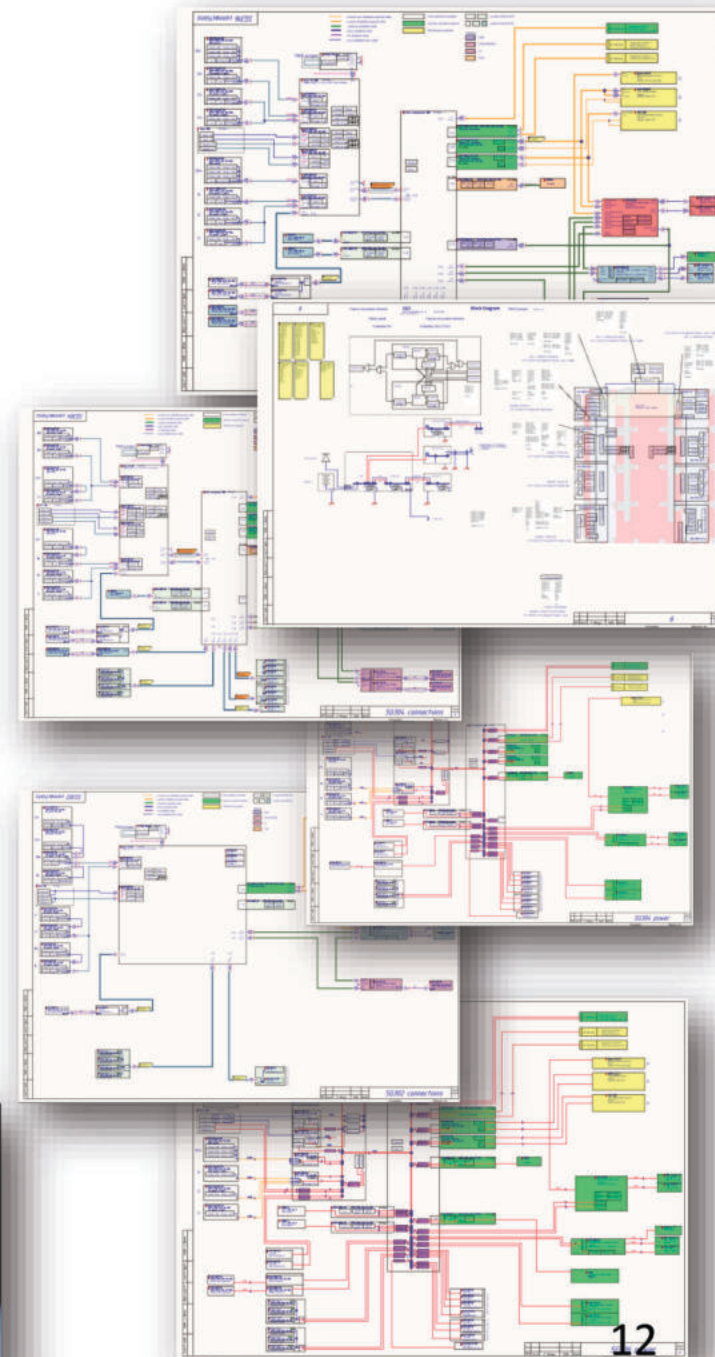
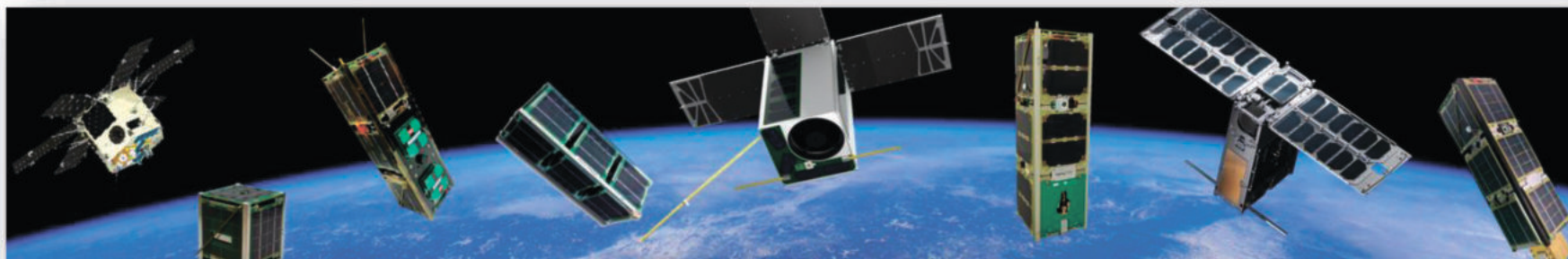


Обработка ОТЗЫВОВ

Заказчиков: десятки заказчиков из разных стран

Производственного и испытательного отделов:

- Закупки
- Входной контроль
- Учет
- Сборка
- Испытания
- Отгрузка и доставка
- Жизненный цикл КА.





Цели разработки

Расширить возможности:

- Больше размер и масса – **до 16U**
- До **двух звездных датчиков**
- Поддержка **двигательной установки**
- Больше портов подключения ПН
- Поставка отдельных систем в формате COTS
- Больше информационных интерфейсов
- Скорость бортовой шины – до 5 Мбит/с
- **Обработка данных на борту**, в т.ч. с машинным обучением и ИИ.
- Передатчик X/S-диапазона
- **Приемник S-диапазона**
- **Бюджетный звездный датчик**
- **Использование TunaCan**

Улучшить имеющееся:

- Полнее дублирование
- Лучше **точность ориентации**
- Точнее бортовое время
- Больше объема под ПН
- Больше энергетика
- Более гибкая стоимость
- Внешний вид
- Самодиагностика и восстановление ПО
- Терморегулирование
- Производительность процессоров платформы и данных
- Чувствительность ГНСС-приемников

Поменять системно:

- Кабельная сеть
- **ЭМС**
- **Оптимизация деления систем**

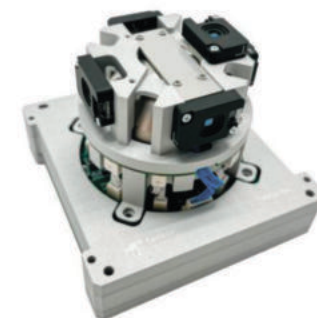
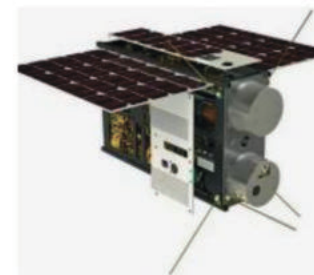
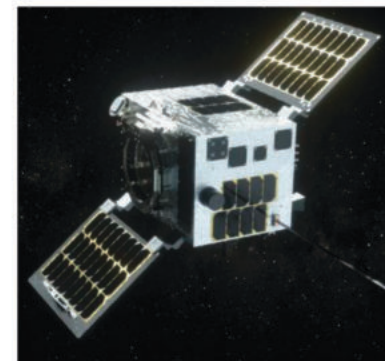


Целевые типы КА

Целевые продукты:

- КА ДЗЗ класса Зоркий-2М/Грифон с двумя 3Д и постобработкой на борту
 - мультиспектр и панхром
 - гиперспектр
 - ИК-съемка
 - КА ДЗЗ со сдвоенной камеры для расширения полосы обзора или стереосъемки
 - Астрономическая съемка
- КА комплексного радиомониторинга (радиосканер класса HawkEye)
- КА с приемопередатчиком IoT
- Stand-alone комплект системы ориентации и стабилизации для КА массой 3-50 кг

Лучшие мировые аналоги : ISIS space, GOM space



✱ Часть 1 – предпосылки

✱ Часть 2 – описание платформы SG3

✱ Часть 3 – технические возможности

✱ Часть 4 - проектирование спутников и ПН



Виды платформы SG3

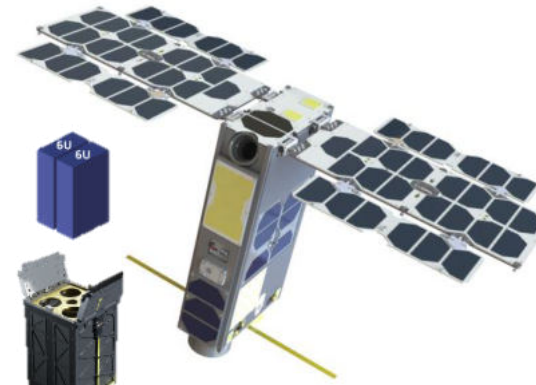
SG316

- *CubeSat 16U*
- *Максимальные возможности*
- *Энергетика, объем, двигатель*



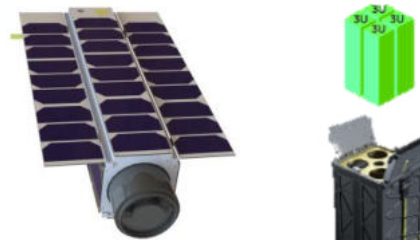
SG308

- *CubeSat 8U*
- *Возможности 16U*
- *50% экономия на запуске*



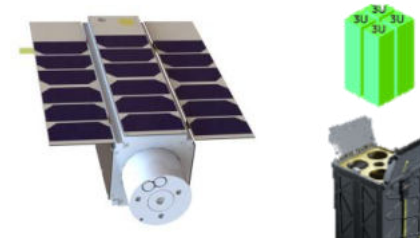
SG304

- *CubeSat 4U*
- *Высокоточная ориентация*
- *4 КА в одном контейнере*



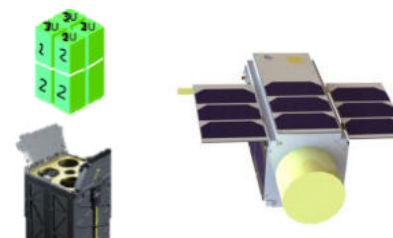
SG303

- *CubeSat 3U*
- *Бюджетный спутник с системой ориентации*
- *Совместимость с ТПК 12U*

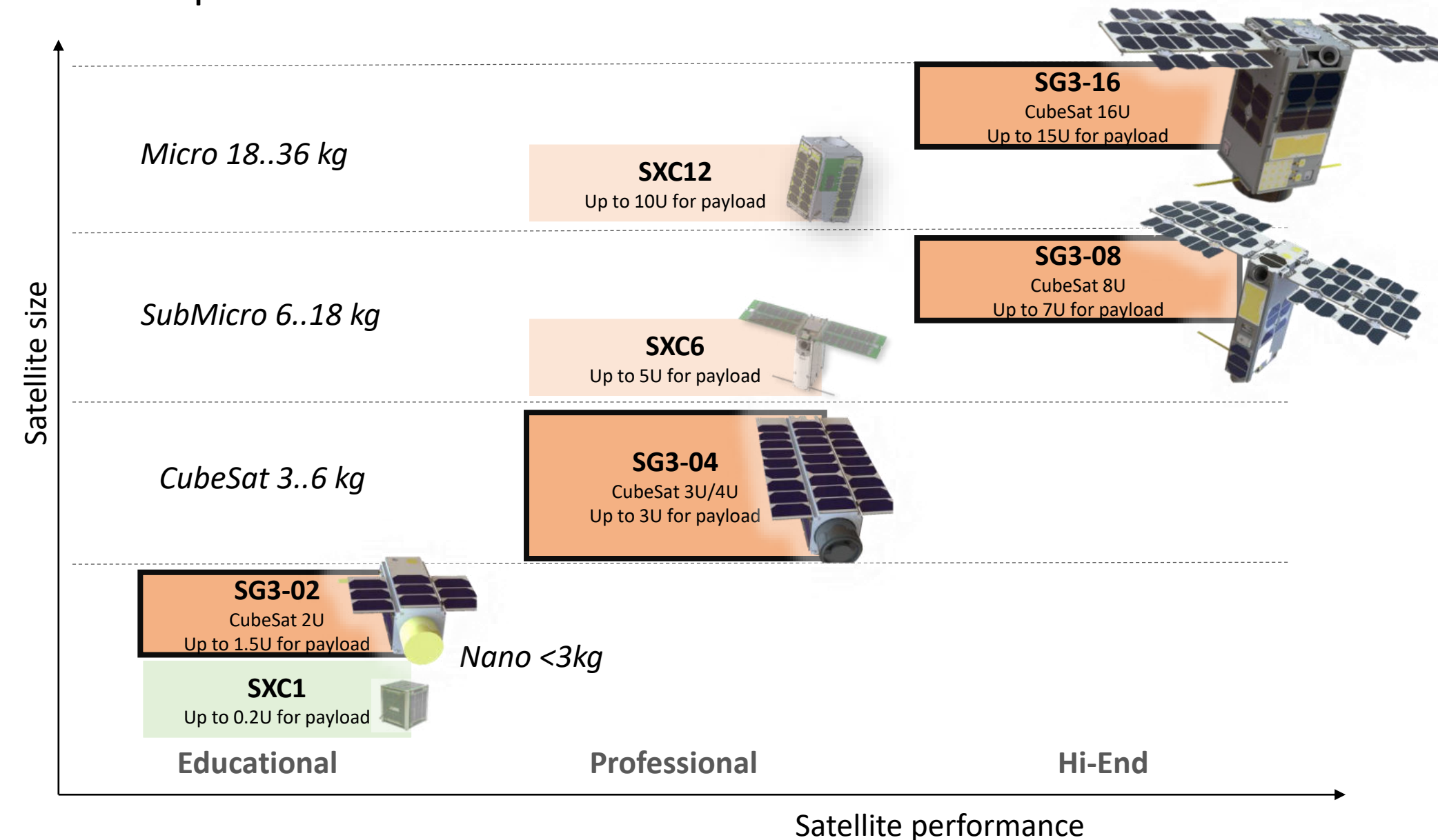


SG302

- *CubeSat 2U*
- *Бюджетный спутник с системой ориентации*
- *8 КА в одном контейнере*
- *Совместим с ТПК 12U*



Перспективная линейка CubeSat 2027





База надежности SG3

Отработанная ЭКБ

- 95% ЭКБ облетано на платформах SXC
- более 80 КА
- более 1000 приборов
- порядка 4 млн. часов активной наработки на НОО 350-800 км

Микроконтроллеры, силовая электроника, источники питания, пассивные компоненты

Отработанные решения и материалы

- Сплавы
- Терморегулирующие материалы
- Гибко-жесткие печатные платы
- Шарнирные и складные соединения

Отработанная схемотехника

- Унификация схемотехнических решений с SXC1/3 – 60%
- Унификация схемотехнических решений с SXC6/12 – 80%

Зарядные устройства, УКВ приемопередатчики и антенны, солнечные датчики, двигатели-маховики, звездные датчики, контроллеры и датчики системы ориентации

Собственная испытательная база:

- Термовакuumная камера
- Вибродинамический стенд
- Камеры тепла-холода
- Безэховые ЭМ-камеры
- Стенд системы ориентации
- Стенд ЭМС
- Радиочастотные стенды
- Энергетические стенды



Летная подготовка SG3

Уже прошли летную апробацию:

- Элементы кабельной сети
- Двигатели для маховиков
- Накопители SSD

Готовятся к запуску в 2025 г.:

- Двигательная установка
- Бюджетный звездный датчик
- Кабельная сеть и разъемы
- Новые источники питания
- Модифицированные ГНСС-антенны

✱ Часть 1 – предпосылки

✱ Часть 2 – описание платформы SG3

✱ Часть 3 – технические возможности

✱ Часть 4 - проектирование спутников и ПН



Построение конфигураций

Базовая (ADC)



Опции

Раскладные панели:

- **DN** – без раскладных панелей
- **DY1** – панели без доп.секций
- **FG** – оптический ДУС

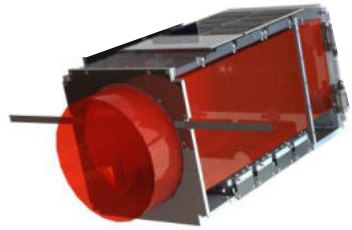
Система ориентации и навигации:

- **RS/RS2** – один/два звездных датчика (одновременная работа)
- **GN1/GN2** – один/два ГНСС-приемника (резервирование)
- **AC** – атомные часы
- **THR** – двигательная установка

Система радиосвязи:

- **XTX/XTX2** – один/два X-передатчика до 20 Мбит/с
- **XGB/XGB2** – один/два X-передатчика 1Гбит/с
- **STX/STX2** – один/два S-передатчика до 2 Мбит/с
- **SRX/SRX2** – один/два S-приемника до 0.12Мбит/с

«Пустая» (VOL)



*Для кастомизации
на низком уровне*

Только рама и базовый модуль:

- Питание
- Связь
- Стабилизация вращения
(демпфирование угловой скорости)

*Оптимум цена-
функциональность для
данного размера*

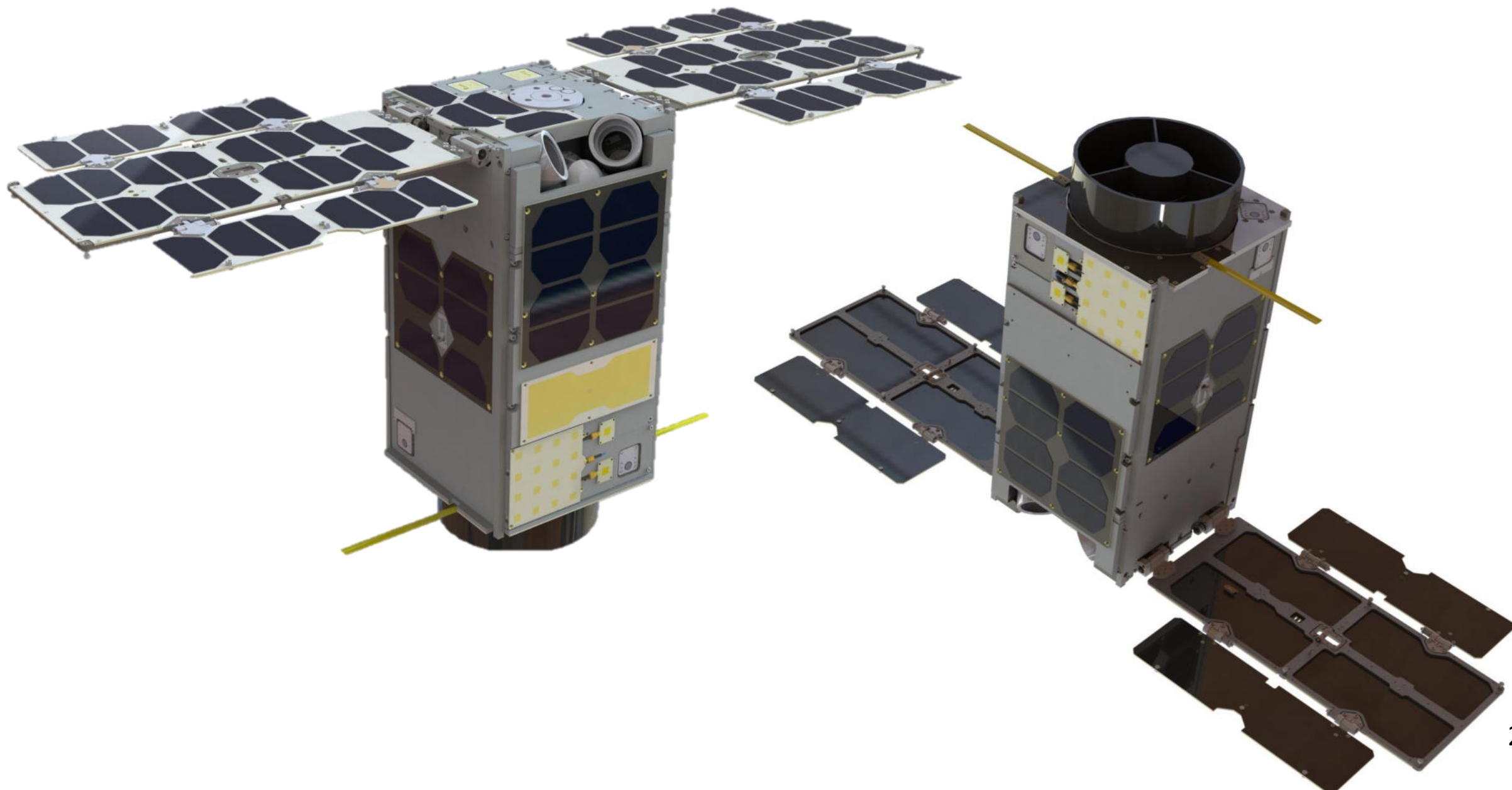
Зависит от размера КА:

- Питание, связь
- Система ориентации
- Скоростная связь
- Разные интерфейсы и шины для ПН



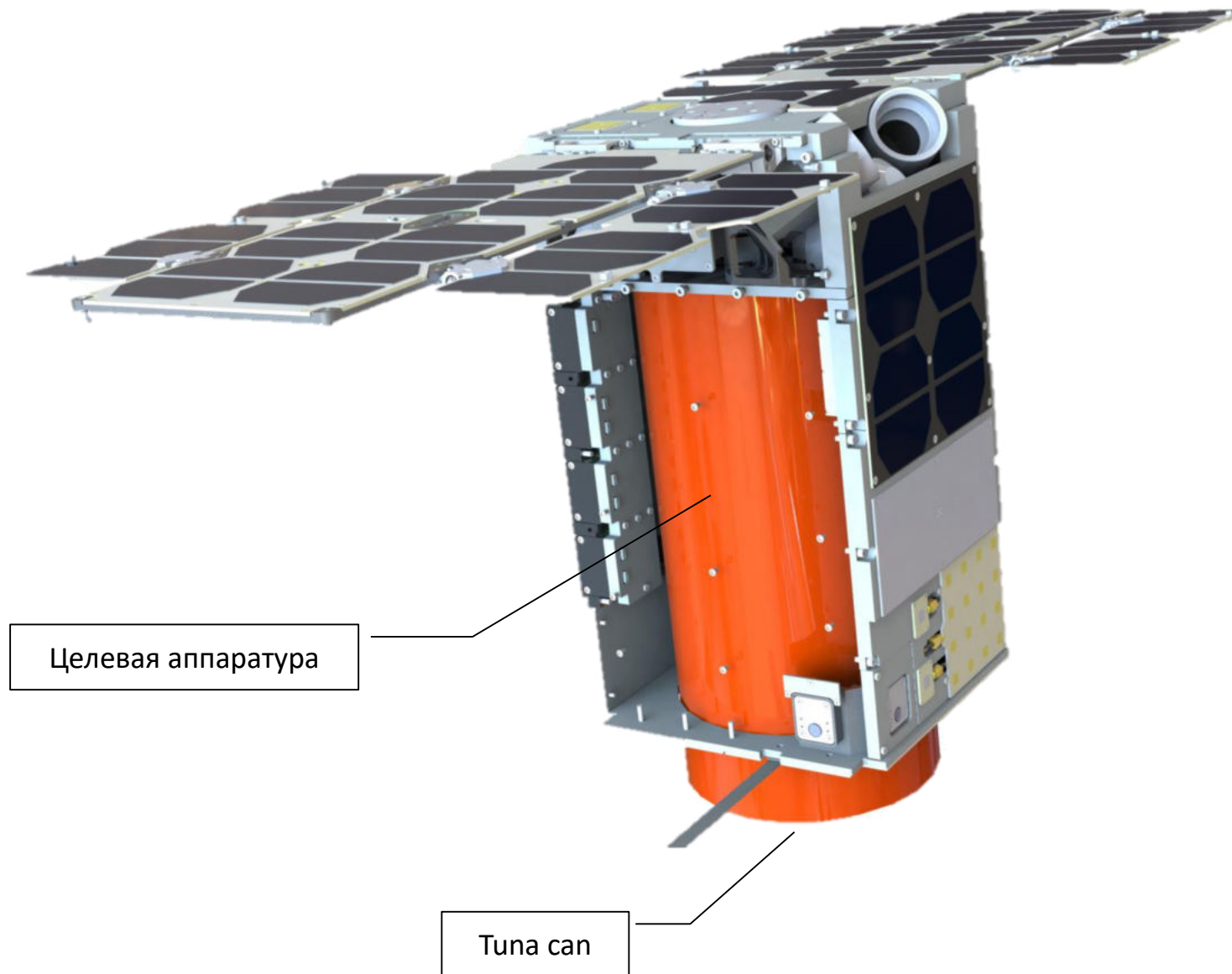
Конфигурация SG316

Пример в исполнении для ДЗЗ



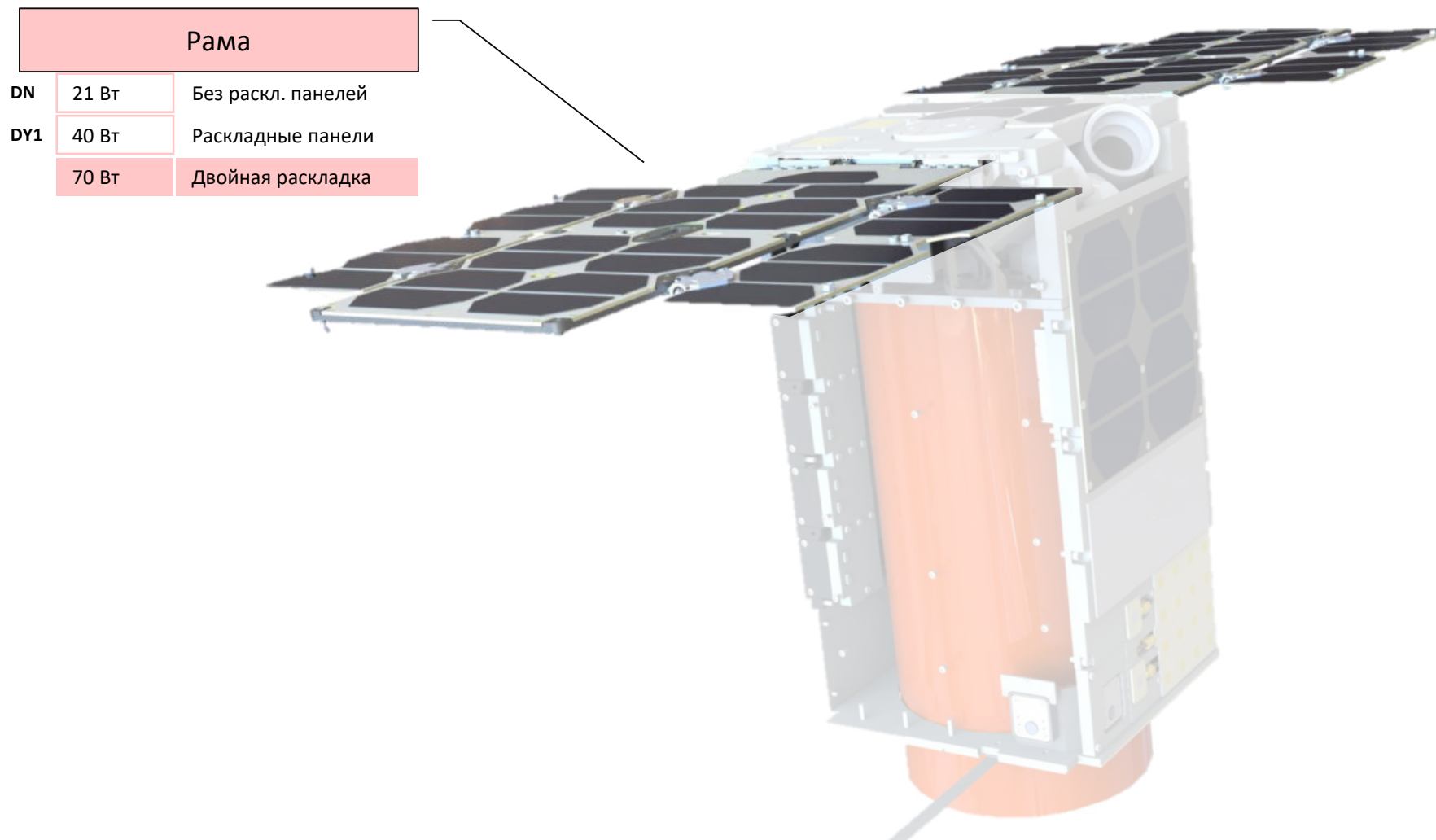


Конфигурация SG316



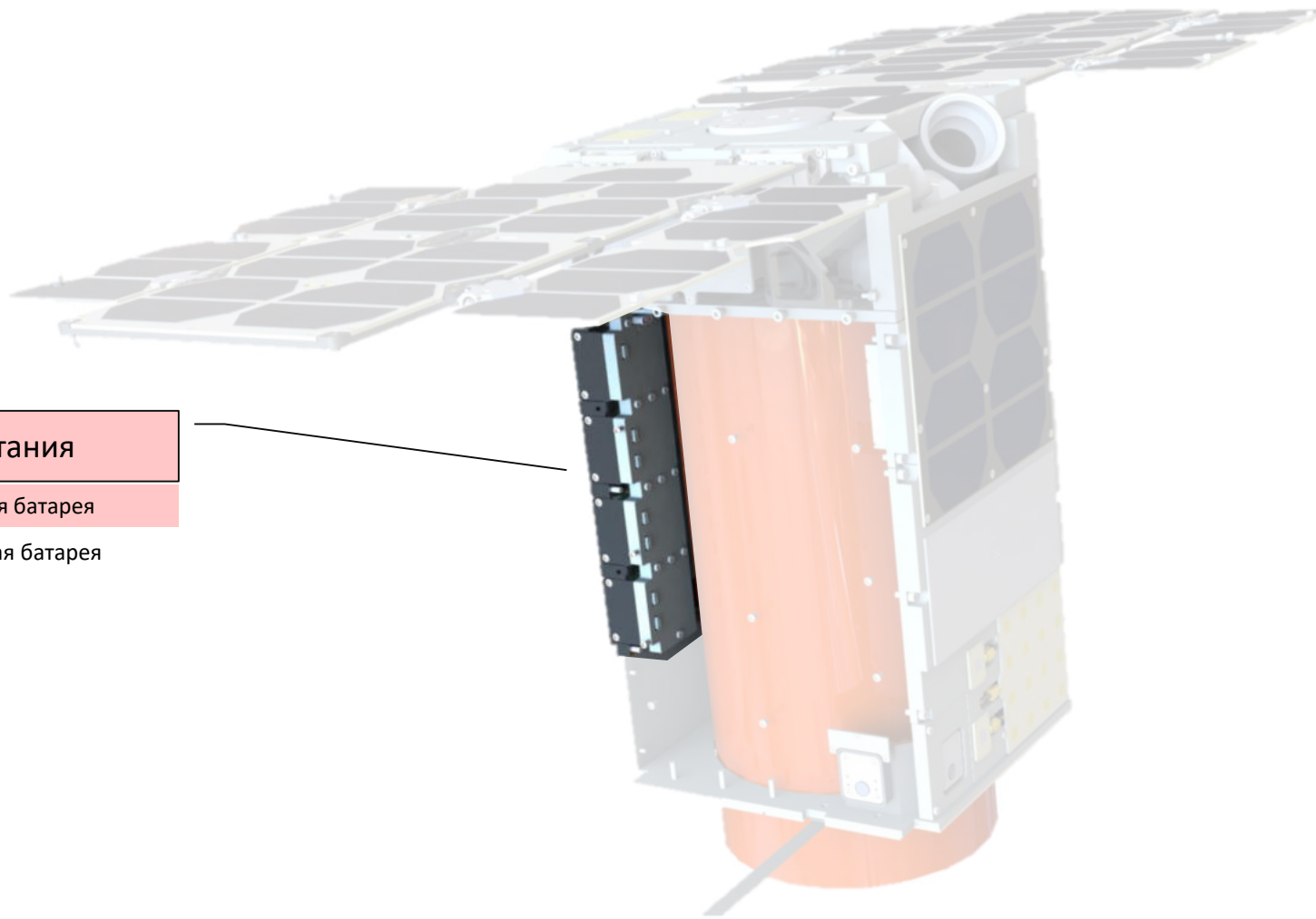


Конфигурация SG316





Конфигурация SG316



Модуль питания

240 Вт·ч

Базовая батарея

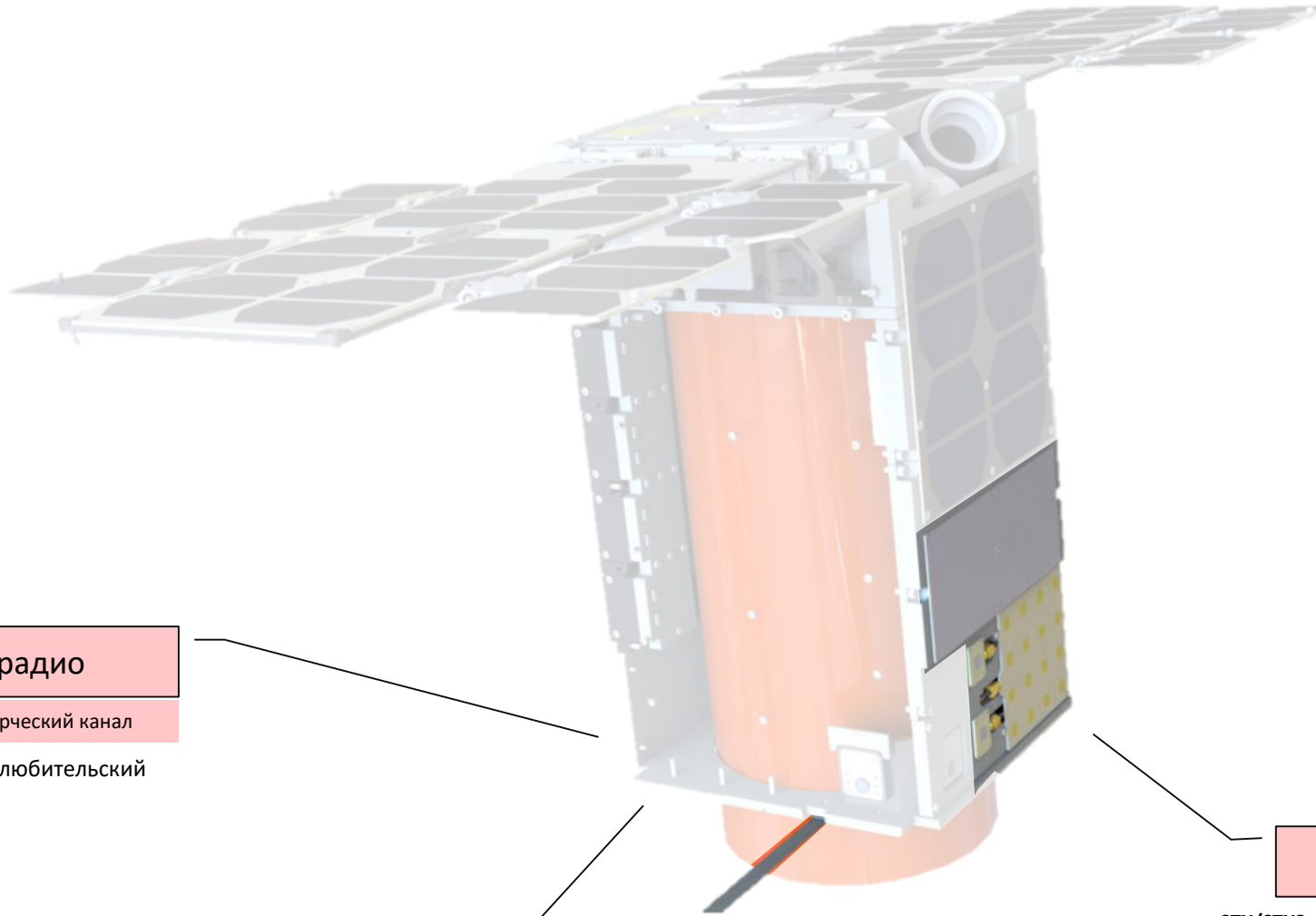
DY1

480 Вт·ч

Двойная батарея



Конфигурация SG316



Служебное радио

	401 МГц x2	Коммерческий канал
435M	435 МГц x2	Радиолюбительский

Скоростной канал «вверх»

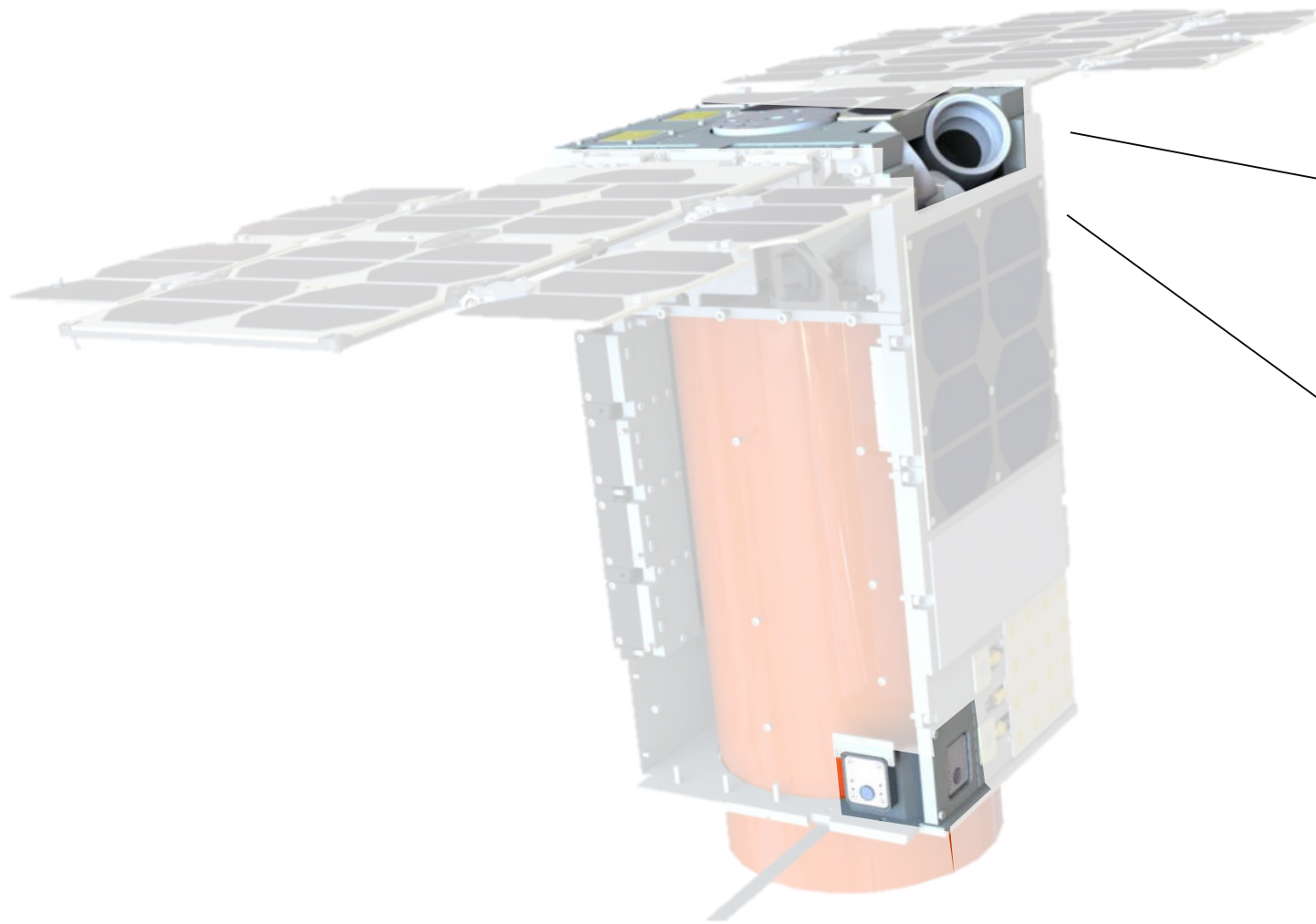
SRX/SRX2	S-0.12 Мбит/с	Один/два S-приемника
----------	---------------	----------------------

Скоростной канал «вниз»

STX/STX2	S-1 Мбит/с	Один/два S-передатчика
XTX/XTX2	X-10 Мбит/с	Один/два X-передатчика
XGB/XGB2	X-1000 Мбит/с	Один/два X-передатчика



Конфигурация SG316



Навигация и часы

GN0	200 м, < сек	Упрощенная, TLE
	50 м, < мсек	Синхрон. с ГНСС
AC	50 м, < мсек	ГНСС + атомн. часы

Ориентация и стабилизация

RS	0.5°, 0.01°/с	Базовая, StarCam
	0.1°, 0.01°/с	Прецизионная
	0.05°, 0.001°/с	Максимальная

Управление движением

THR	2-3 г. на орбите	Маховики, 6 шт.
	3-5 л. на орбите	Маховики + ДУ



Конфигурация SG316

Рама		
DN	21 Вт	Без раскл. панелей
DY1	40 Вт	Раскладные панели
	70 Вт	Двойная раскладка

Модуль питания		
	240 Вт·ч	Базовая батарея
DY1	480 Вт·ч	Двойная батарея

Служебное радио		
	401 МГц x2	Коммерческий канал
435M	435 МГц x2	Радиолюбительский

Скоростной канал «вверх»		
SRX/SRX2	S-0.12 Мбит/с	Один/два S-приемника

Базовая (ADC)

ADC

Навигация и часы		
GN0	200 м, < сек	Упрощенная, TLE
	50 м, < мсек	Синхрон. с ГНСС
AC	50 м, < мсек	ГНСС + атомн. часы

Ориентация и стабилизация		
	0.5°, 0.01°/с	Базовая, StarCam
RS	0.1°, 0.01°/с	Прецизионная
RS2	0.05°, 0.001°/с	Максимальная

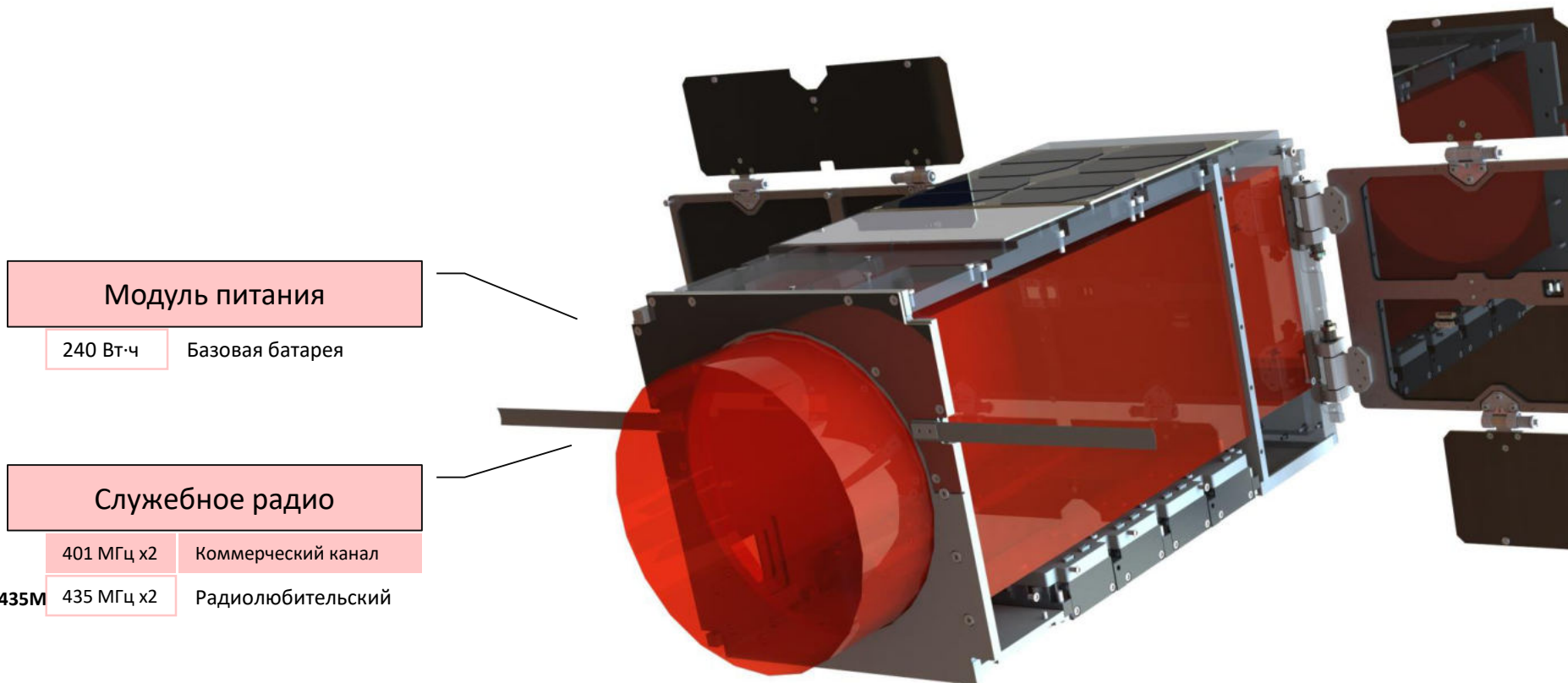
Управление движением		
	2-3 г. на орбите	Маховики, 6 шт.
THR	3-5 л. на орбите	Маховики + ДУ

Скоростной канал «вниз»		
STX/STX2	S-1 Мбит/с	Один/два S-передатчика
XTX/XTX2	X-10 Мбит/с	Один/два X-передатчика
XGB/XGB2	X-1000 Мбит/с	Один/два X-передатчика

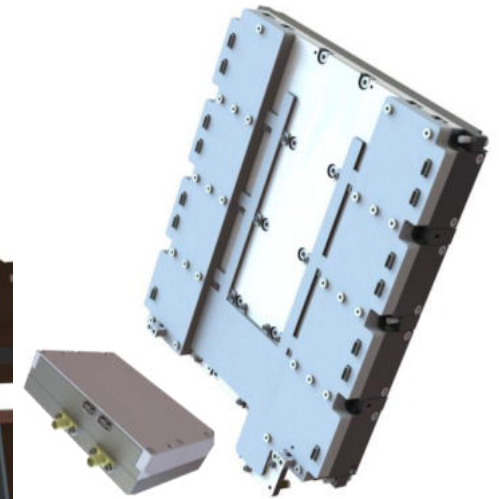


Конфигурация SG316-VOL

«Пустая» (VOL)



Базовый модуль + УКВ



Максимальный объем



Все системы -
индивидуально



Конфигурация SG316 – Характеристики

	SG316-VOL	SG316	SG316 Maximum
Масса		36 кг	
Габариты		CubeSat 16U - 226x226x454мм	
Масса ПН	27 кг	24 кг	22 кг
Объем для ПН	14U	13U	11U
Бортовая шина		CAN-2.0B (до 1Мбит/с) и CAN-FD (до 5 Мбит/с)	
АКБ	240 Вт·ч	240 Вт·ч	480 Вт·ч
ФЭП	21 Вт	40 Вт	70 Вт
Средневитковая мощность для ПН	8 Вт (130Вт max)	18 Вт (130Вт max)	37 Вт (200Вт max)
Радио TM&TK		Дублированное, 2400-115200 бит/с, диполь+патч 401/435 МГц	
Downlink		Дублированный X или S до 20 Мбит/с	Дублированный X 1Гбит/с
Uplink			Дублированный S-приемник 0.12 Мбит/с
Система ориентации		<1°, <0.01°/с StarCam	<0.05°, <0.001°/с Звездный датчик x2 Оптический гироскоп
Двигательная установка			Электротермическая 5-100 мН, 1200 Н·с
Навигация и время	Кварцевый RTC, < 1 с	Дублированный ГНСС, < 1мс	Дублированный ГНСС и атомные часы, < 1 мкс



Конфигурация SG316 – Ориентация

SG316-VOL

Режимы системы ориентации

Демпфирование
угловой скорости

SG316

Демпфирование угловой скорости

Ориентация на солнце (1, 3-осевая)

Надирная ориентация, ОСК (1, 3-осевая)

На точку на земле, LLA (1, 3-осевая)

На точку на небе, ECI (3-осевая)

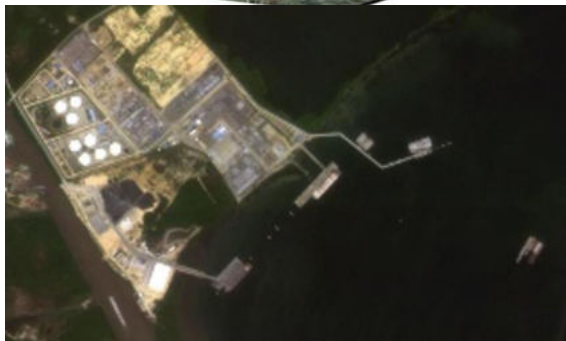
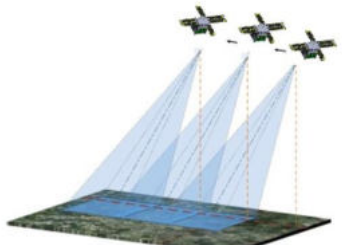
По заданной комплексной программе перенацеливания с поддержанием
угловых скоростей (ОСК, ECI), в т.ч. тангажное замедление

Автоматическое приоритетное переключение ориентаций (целевая-заряд-
разгрузка)

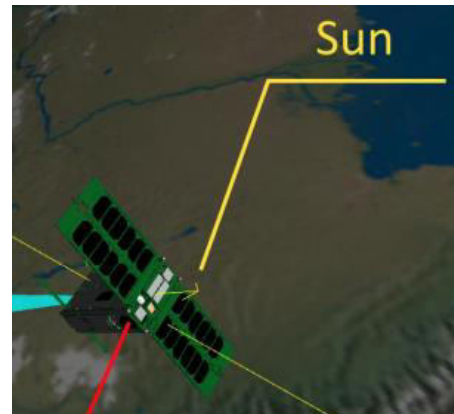
Поддержка аэродинамического маневрирования на орбите

Поддержка работы ДУ

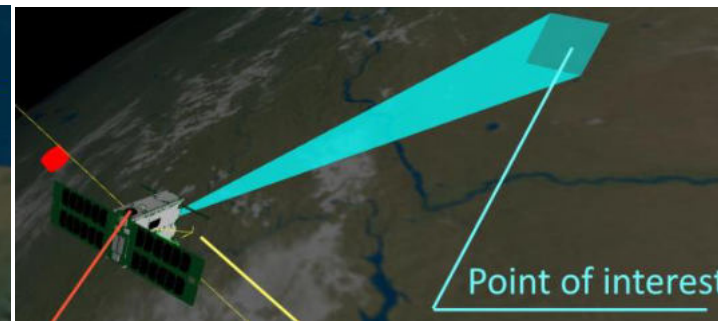
SG316 Maximum



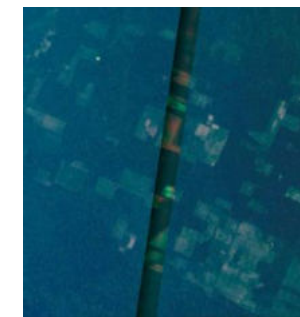
Маршрутная съемка



Зарядка АБ



Передача на станцию (1 ось)
Объектовая съемка (3 оси)



Поддержание
угловой
скорости



Астросъемка



Конфигурация SG316 – Обработка данных

SG316-VOL	SG316	SG316 Maximum
Компьютер обработки данных ПН	На базе RPi CM4	На базе Nvidia Jetson Xavier
Вычислительное ядро	ARM Cortex-A72 1.5 ГГц, 4 ядра	Carmel ARMv8.2 1.9 ГГц, 6 ядер
Объем ОЗУ	До 8 ГБ	До 16 ГБ
Объем ПЗУ	До 32 ГБ	До 480 ГБ
Интерфейсы	1GbE x1 100MbE / USB2.0-HS / PCIe x1 CSI camera I/F x2 DSI display I/F x1 WiFi client/hotspot Bluetooth 5.0 CAN x2, TSEC I2C, UART, 1w, GPIO	1GbE / LVDS-in x2 1GbE / LVDS-out x2 100MbE / USB3.1-SS x1 100MbE / PCIe x1 100MbE / USB2.0-HS x1 CSI camera I/F x2 WiFi client/hotspot CAN x2, TSEC I2C, UART, GPIO



Конфигурация SG316 – Мировой уровень

	ISIS 12U/16U bus	GOMspace 16U	SPUTNIX SG316
Payload Volume	8 – 12U	12 U	11U-14U
Payload Mass		13 kg	22-27 kg
Payload Average Power	Up to 40W	84.4 - 146.7 W	37W
Peak Power Generation	Up to 100W		70W
Battery Capacity		154 Wh	240-480 Wh
Pointing Accuracy	0.05°	0.07°	0.05°
Attitude Knowledge	0.02°	0.055°	0.01°
Payload Data Downlink	4.3Mbps (S-Band) or 50Mbps (X-Band)	up to 225 Mbps (X-band)	Proved 1Gbit/s
Uplink	9.6kbps	500 kbps to 6 Mbps (S-band)	120 kbps
Storage	Up to 64GB	Up to 120 GB	Up to 480 GB
Propulsion	Up to 2000Ns	10 to 300 m/s	1200 Ns



Конфигурация SG308

- Аналогичен 16U по системам и характеристикам
- Чуть меньше опций

Плюсы:

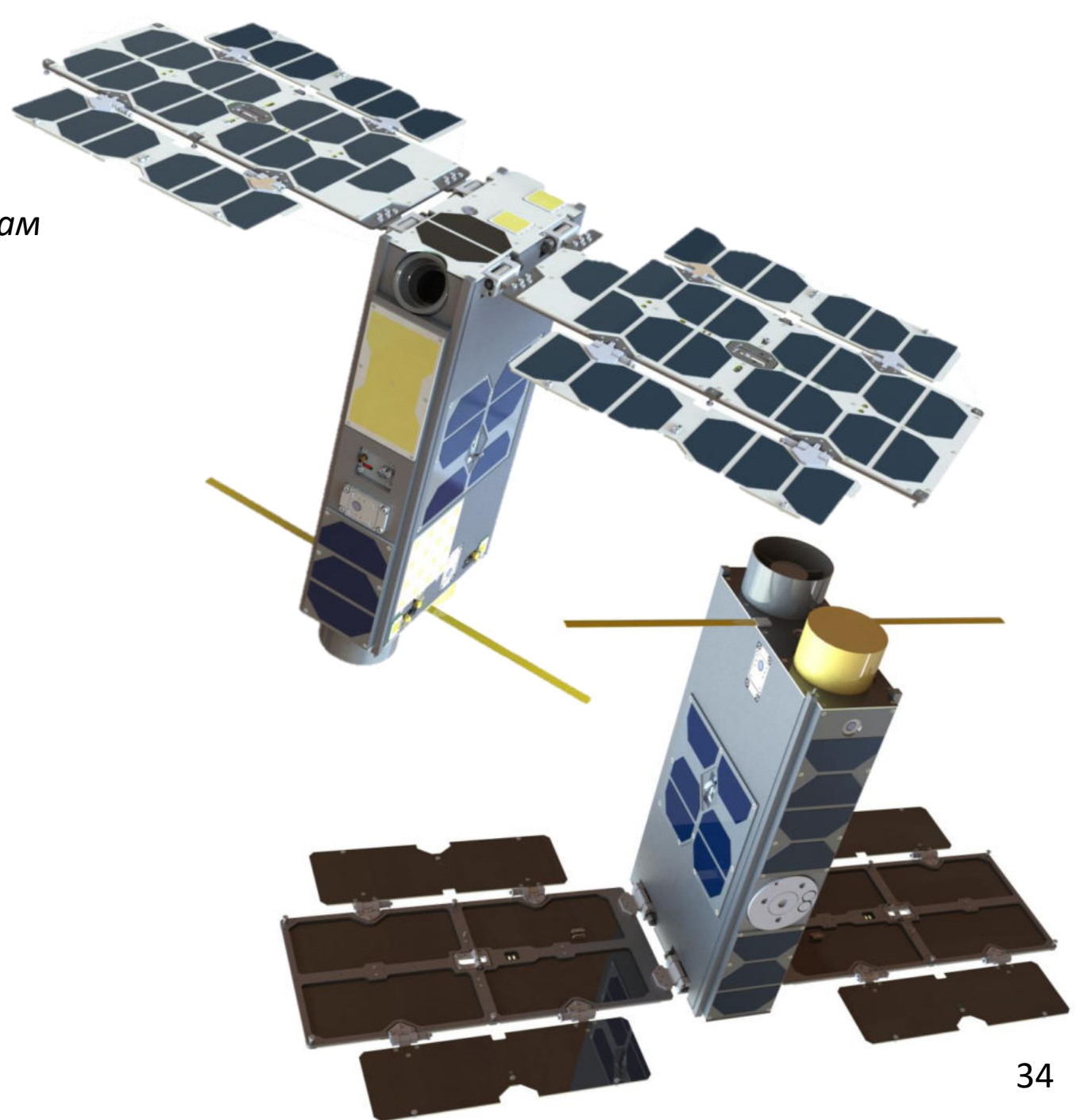
- Вдвое дешевле при запуске

Ограничения:

- Меньше места для ПН

Сравнение SG316 и SG308

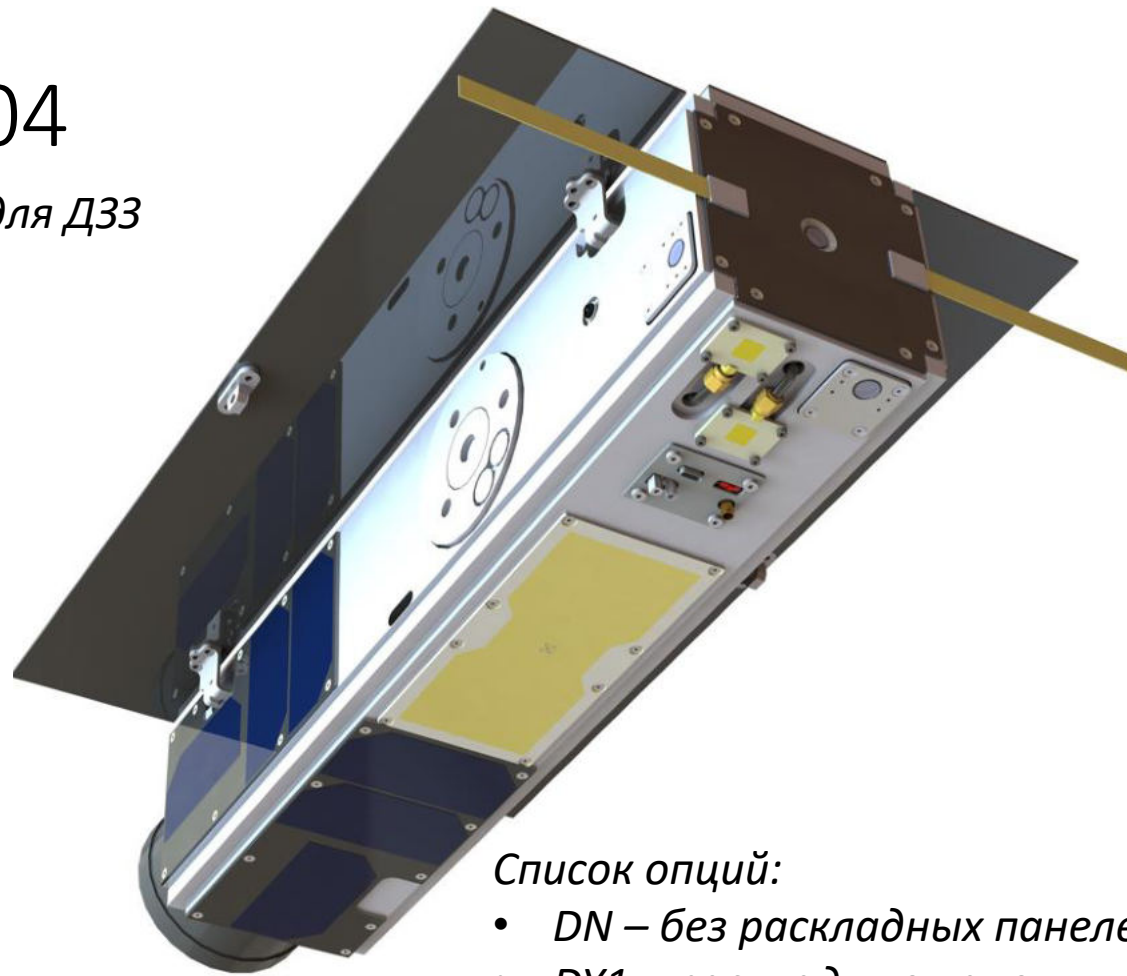
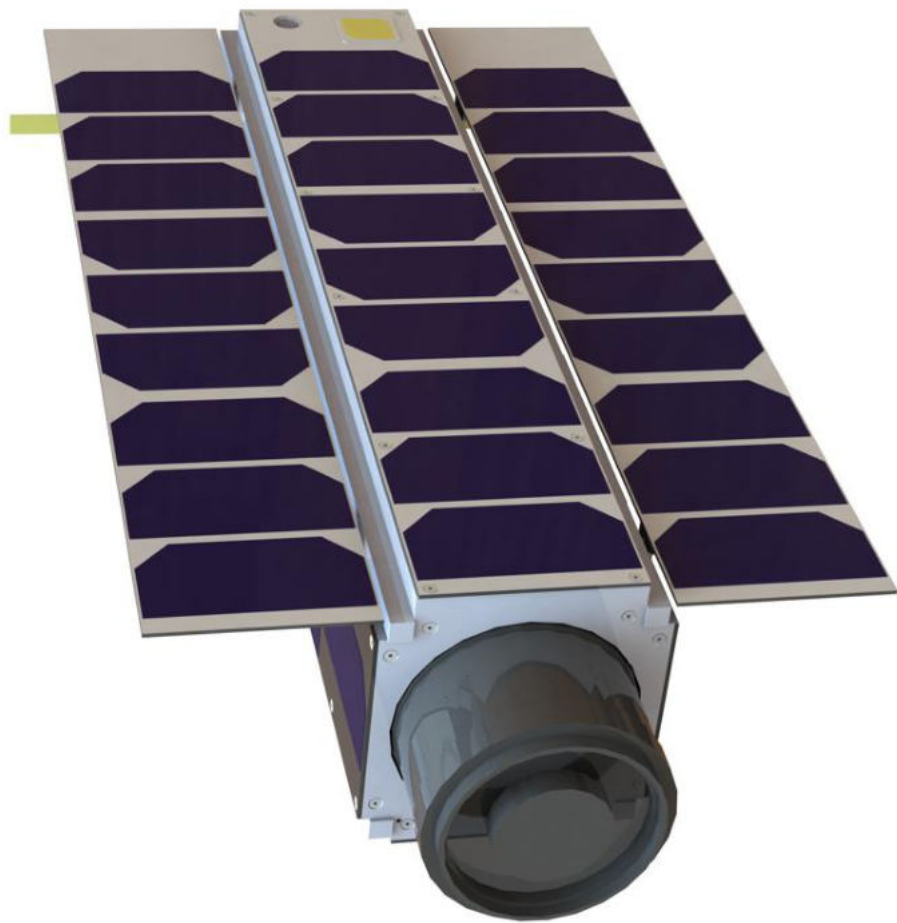
	SG316	SG308
Общая масса	36 кг	18 кг
Питание	70W peak 37W orbit	65W peak 35W orbit
Объем ПН	11U-14U	4U-6U
Масса ПН	22-27 кг	10-12 кг





Конфигурация SG304

Пример для ДЗЗ

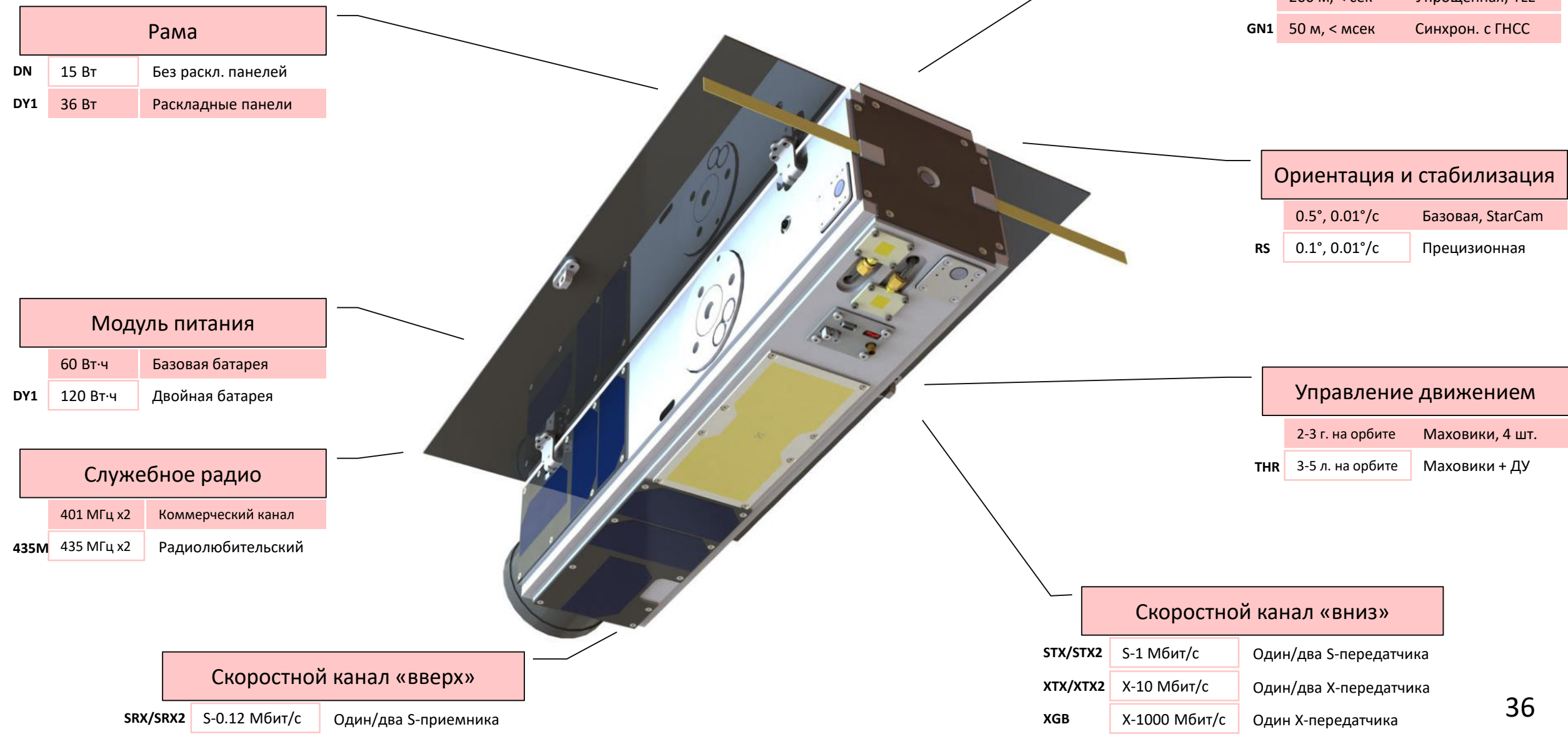


Список опций:

- *DN – без раскладных панелей*
- *DY1 – раскладные панели*
- *RS– звездный датчик*
- *GN1–ГНСС-приемник*
- *THR – двигательная установка*
- *XTX/XTX2 – один/два X-передатчика до 20 Мбит/с*
- *XGB – X-передатчик 1Гбит/с*
- *STX/STX2 – один/два S-передатчика до 2 Мбит/с*
- *SRX – S-приемник до 0.12Мбит/с*



Конфигурация SG304





Конфигурация SG304 – характеристики

	SG304-VOL	SG304	SG304 Maximum
Масса		10 кг	
Габариты		CubeSat 4U - 226x226x454мм	
Масса ПН	8 кг	6.5 кг	6 кг
Объем для ПН	3.2U	2.5U	2U
Бортовая шина	CAN-2.0B (до 1Мбит/с) и CAN-FD (до 5 Мбит/с)		
АКБ	60 Вт·ч	60 Вт·ч	120 Вт·ч
ФЭП	15 Вт	41 Вт	41 Вт
Средневитковая мощность для ПН	6 Вт (80Вт max)	15 Вт (80Вт max)	15 Вт (150Вт max)
Радио TM&TK	УКВ-приемопередатчик, 2400-115200 бит/с, 401/435 МГц	Дублированное, 2400-115200 бит/с, диполь+патч 401/435 МГц	
Downlink		Х-передатчик до 20 Мбит/с	Х-передатчик 1Гбит/с
Uplink			S-приемник 0.12 Мбит/с
Система ориентации		<1°, <0.01°/с StarCam	<0.01°, <0.01°/с Звездный датчик
Двигательная установка			Электротермическая 5-100 мН, 200 Н·с
Навигация и время	Кварцевый RTC, < 1 с	Кварцевый RTC, < 1 с	ГНСС-приемник, < 1 мс



Конфигурации SG303 и SG302

3U:

- Аналогичны 4U по системам и характеристикам

Плюсы:

- Подходит для контейнеров (ТПК) «стандартной» высоты 12U

Ограничения:

- Меньше места для ПН

2U:

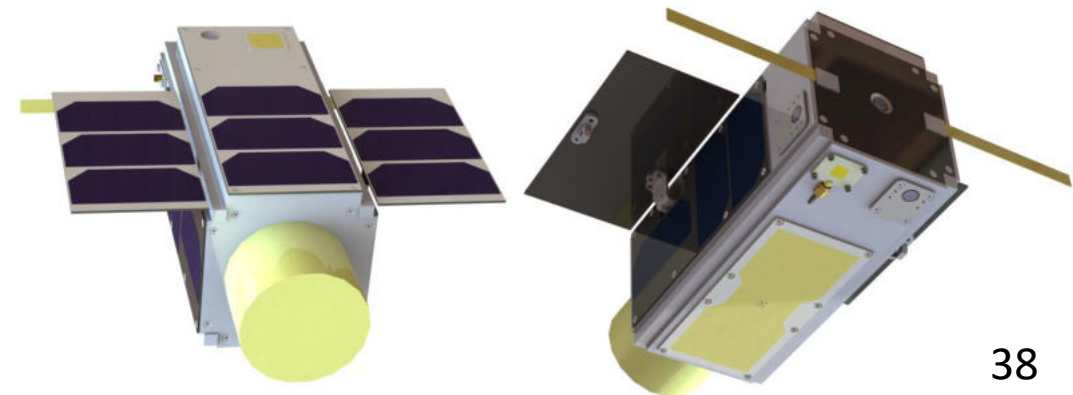
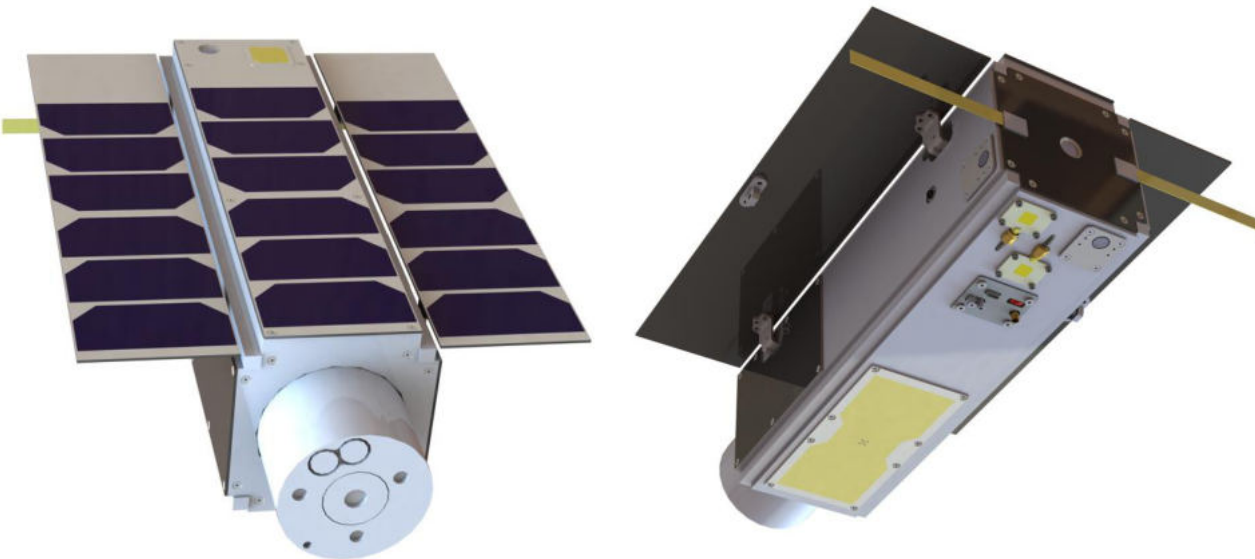
Самый бюджетный вариант

Плюсы:

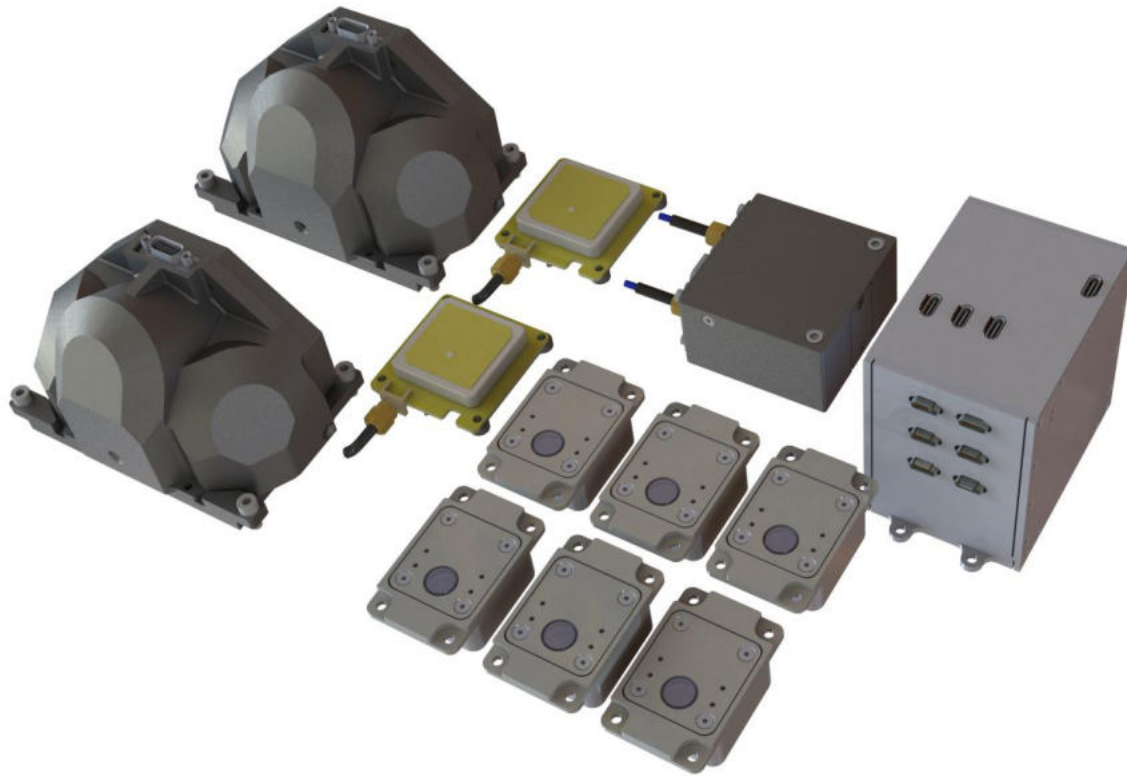
- Поддерживает систему ориентации
- Легко разместить в контейнерах (ТПК) любого размера

Ограничения :

- Меньше места и энергии для ПН
- Минимальный набор опций



Комплект системы ориентации и стабилизации



SG3-ADCM

Базовый:

- блок управления с ДУС
- блок ГНСС-приемников
- солнечные датчики 0.3°
- двигатели-маховики

Опции:

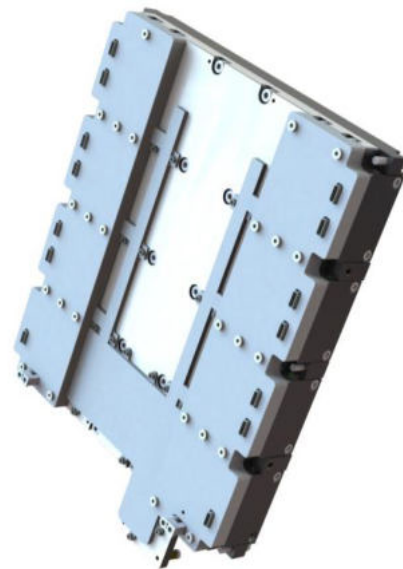
- двигательная установка
- звездный датчик (0.5°)
- прецизионный звездный датчик ($5''/30''$)
- два звездных датчика ($5''/5''$)

Приборы CubeSat платформы SG3

SG3-PSU16

Моноблок СЭП:

- АКБ 240 Вт*ч
- 12 каналов ФЭП
- драйвер ЭМ-катушек
- ДУС/Мгм с демпфированием угловой скорости
- выходы шин и питания УКВ



SG3-UHF2

Блок УКВ-приемопередатчика:

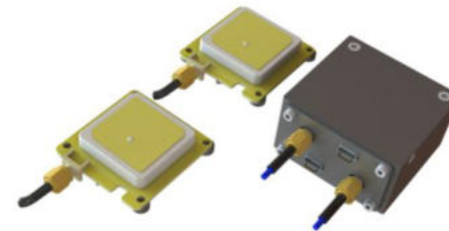
- полное дублирование
- мощность 2 Вт
- скорость 1200-115200 бит/с



SG3-XTX2

Блок X-передатчика:

- полное дублирование
- мощность 0.5-2 Вт
- скорость 1-20 Мбит/с



SG3-GNSS2

Комплект приемников ГНСС:

- дублированный приемник ГНСС
- антенны ГНСС (2 шт)

SG3-SD1

Солнечный датчик:

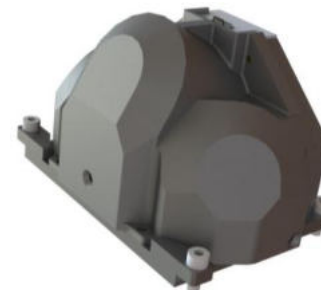
- потребление 30 мВт
- точность 0.3°
- угол обзора 120°



SG3-FW3

Блок маховиков:

- 3 маховика
- встроенные драйверы



✱ Часть 1 – предпосылки

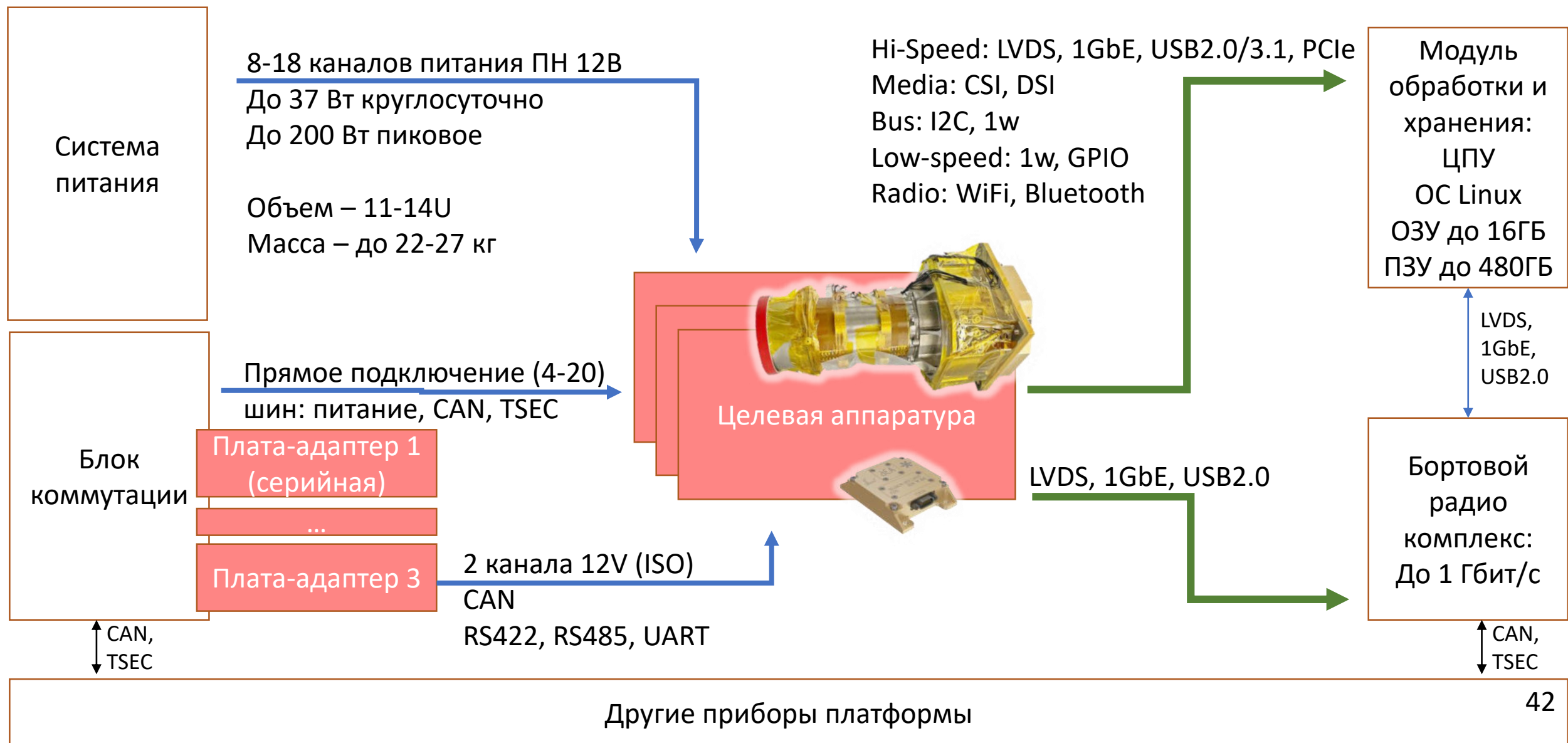
✱ Часть 2 – описание платформы SG3

✱ Часть 3 – технические возможности

✱ Часть 4 - проектирование спутников и ПН



Конфигурация SG316 – целевая аппаратура



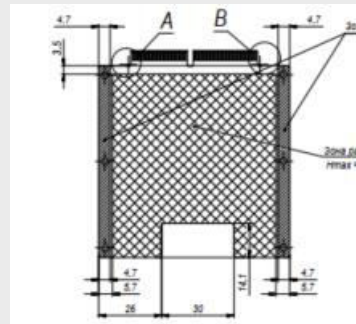
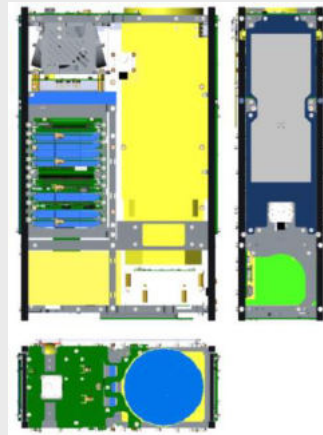
Инструменты для разработки на SG3

- Совместимость ПО и аппаратуры с приборами SXC1/3 и SXC6/12
- Совместимость ПО наземной КПА и ЦУП
- Обучение и сертификация операторов и оборудования ЦУП
- Выгрузка данных с ПН через API, ftp, сетевой диск

SG3 ICD

3D модели STEP
Шаблон платы
Механика и нагрузки
Подключение
Питание
Информационный обмен
Обмен ИД
Полезные примечания

А также:
- SG3 РЭ
- SG3 Operator's manual
- Houston РЭ



Отладочная плата с исходниками

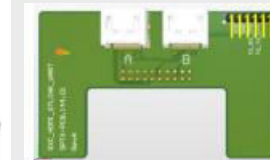
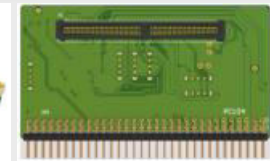
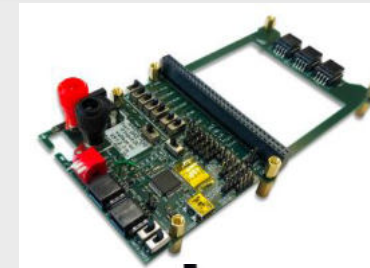
Техническое описание
Руководство программиста
Схема электрическая
Проект в САПР Altium
ПО для МК в исходниках
Загрузчик по CAN
Наземное ПО HoustonApp



КПА

Подключение к ПК
ПО для ПК
Питание по USB

Адаптер SG3
Адаптер программатора





Спасибо за внимание!

Присоединяйтесь!



contact@sputnix.ru

www.sputnix.ru