



Частная космическая компания России

Электроника в космосе

Р.Н. Жарких



Автор лекции



Роман
Жарких

Руководитель направления
наноспутников, инженер
космических систем

Частная космическая компания
СПУТНИКС



План на сегодня

1. Обзор индустрии
2. Как летать вокруг Земли
3. Как устроен спутник
4. Разработка техники
5. Заключение
6. Доступный космос



План действий

1. Обзор индустрии

Кому это нужно?

2. Как летать вокруг Земли

3. Как устроен спутник

4. Разработка техники

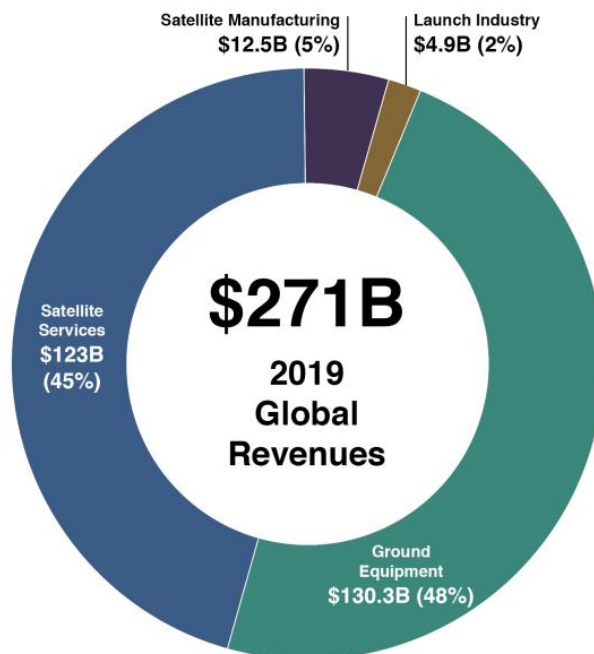
5. Заключение

6. Доступный космос



Рынок космоса

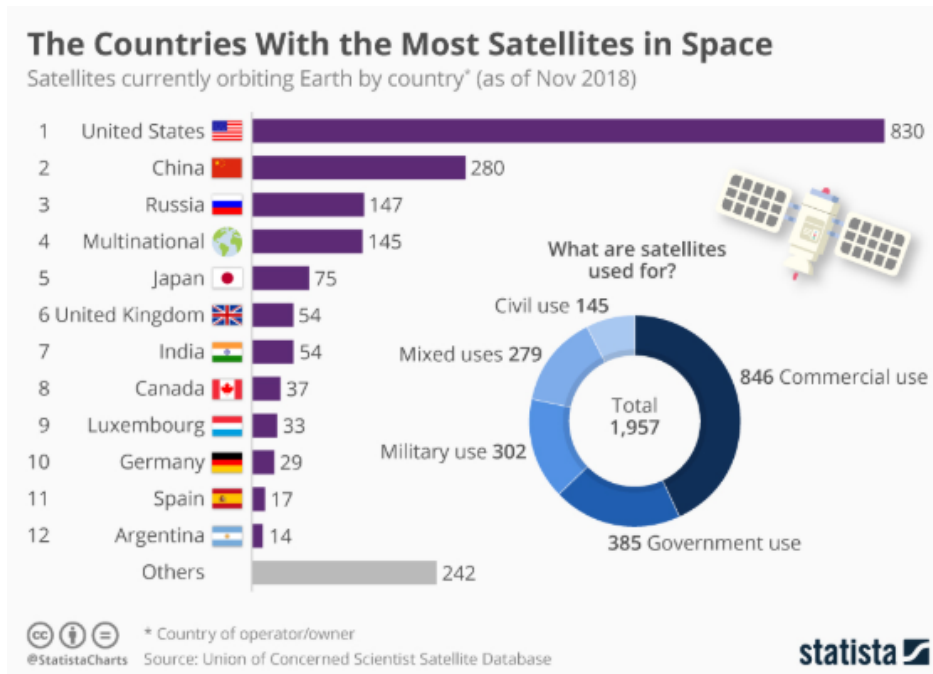
На 2019 год: с 2017 г рост объема – 1%, количества спутников – на 30%



На 2015 год – 1500 КА

На 2019 год – 2500 КА

Действующие миссии

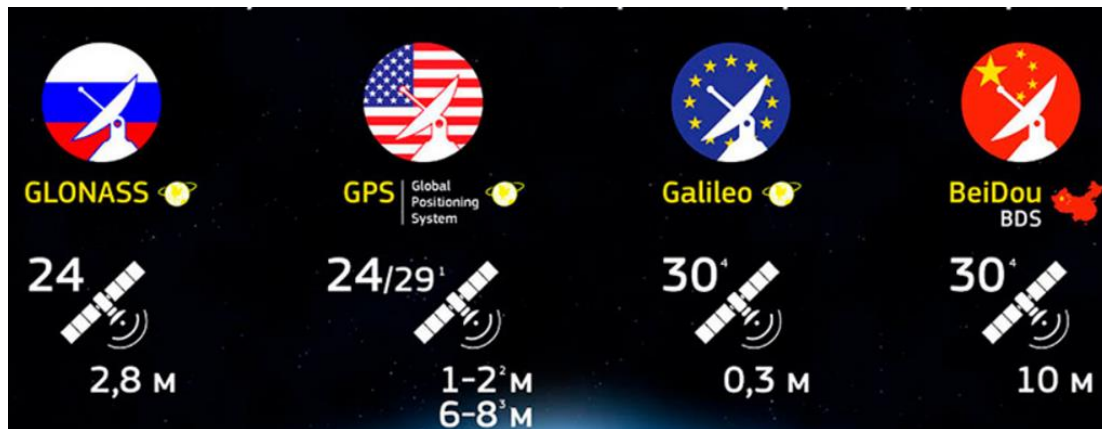


Больше всего –
коммерческих спутников,
но не в России



Действующие миссии

Навигационные группировки



Действуют с 1978 г.



Действующие миссии

Телевидение



55 КА, GSO, Люксембург



IS-33E, 6500 кг



40 КА ~550 кг, LEO 1400 км, США



ГОНЕЦ
СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА

13 КА ~280 кг, LEO 780 км, РФ

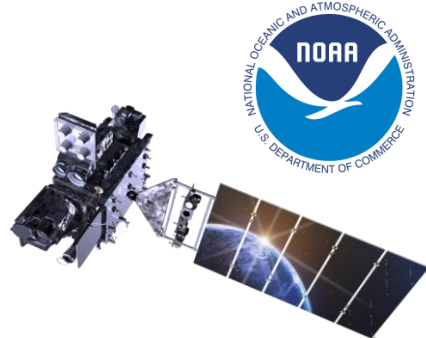
Действующие миссии

Связь



98 КА ~700 кг, LEO 780 км, США

Мониторинг



~40 КА, LEO 780 км, США

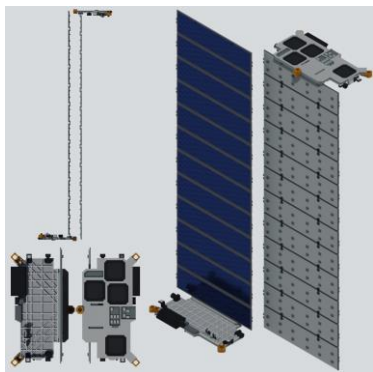
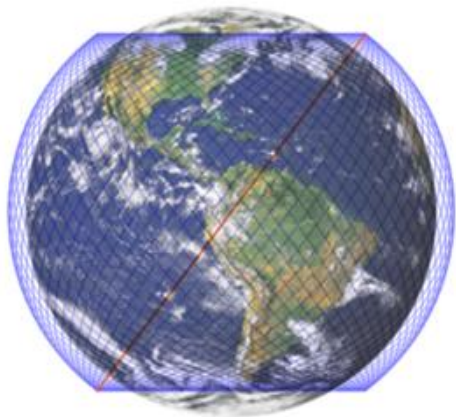


100 КА, 5-50 кг, LEO, США



Сверхбольшие группировки

SpaceX
Starlink



775/1600 КА, 250 кг, 300-1300 LEO, США

OneWeb



74/650 КА, 250 кг, 1200 LEO, UK



Программа СФЕРА

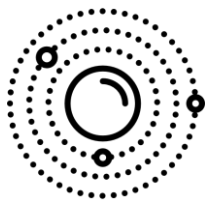


~600 КА, 100–2000 кг, 300–1300 LEO, РФ <https://www.roscosmos.ru/21922/>

http://satcomrus.ru/resources/Ulrichich_GIT.pdf



Тенденции



Научные

Избегать повторений
Увеличение
инструментов



Коммерческие

Уменьшение габаритов
Полное покрытие
Земли
Открытый рынок



Государственные

Сокращение финансирования
Национальные проекты
Сдвиг сроков

1. ОБЗОР ИНДУСТРИИ



Где работают частники?

Примеры успешных частных коллективов

Ракеты



2002 г, 8000
человек

BLUE ORIGIN

2000 г, 2000
человек



2014 г, 50
человек



2016 г



НСТР Космические Системы
Частная космическая компания

2016 г, <10
человек



FH B5

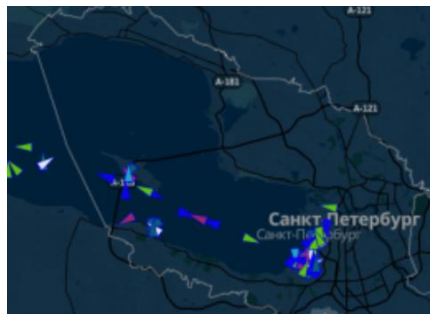


Где работают частники?

Наземка



1995 г, ~90
человек



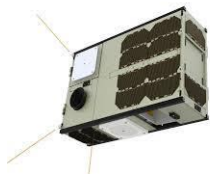
2017 г, ~10
человек





Где работают частники?

Спутники и полезные нагрузки



GOMSPACE

2007 г, 200
человек



2006 г, 90
человек



2011 г, <10 человек



2011 г, 70
человек

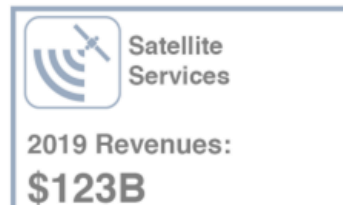


2011 г, 40
человек

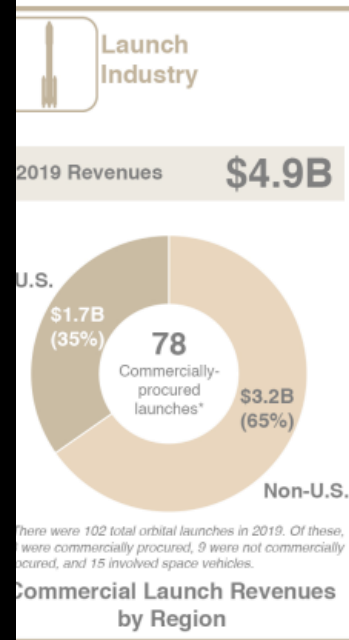
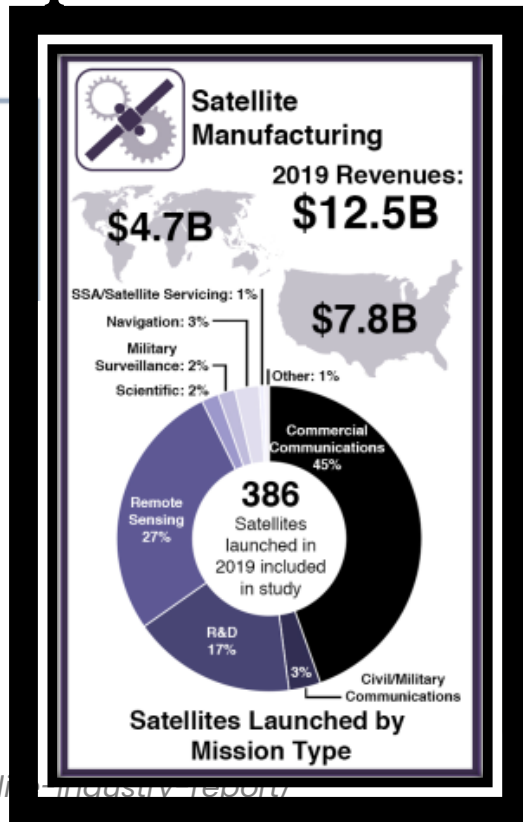
1. ОБЗОР ИНДУСТРИИ

Структура индустрии

В какой же рынок податься?



Чем дальше от космоса – тем больше рынок.
Почему же мы им заинтересованы?





Заказчики в России

Кому нужны наши аппарат?



Бюджетные

ФКП

ФЦП «Глонасс»,
«Гонец», «Сфера»

Фонды,

Образование



Коммерческие

Зарубежные

контракты

Реклама

IoT



Собственные

Технологические

запуски



Виды спутников

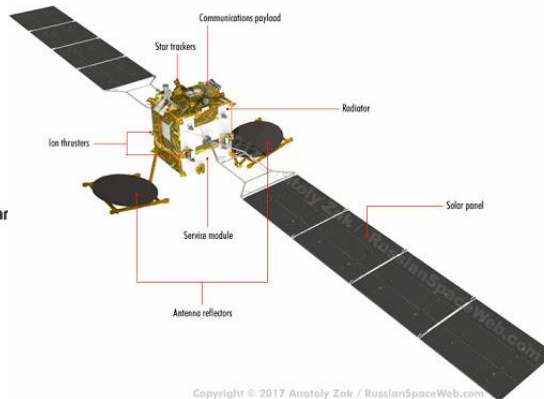
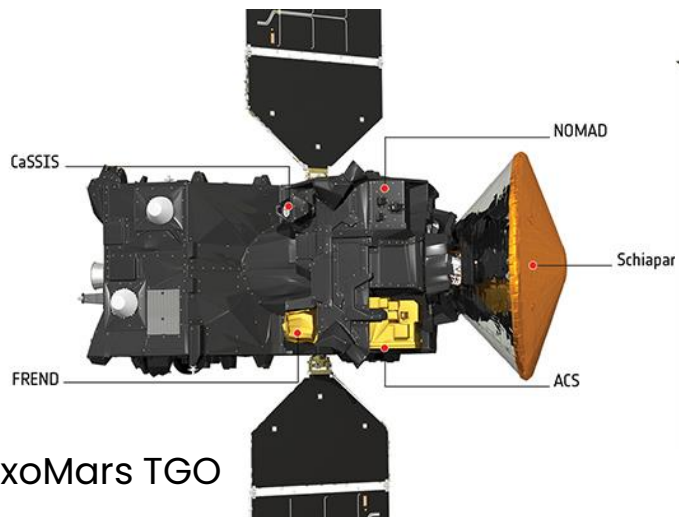
Научные

Связные

Экспериментальные

Трансляционные

Образовательные



Copyright © 2017 Anatoly Zak / RussianSpaceWeb.com

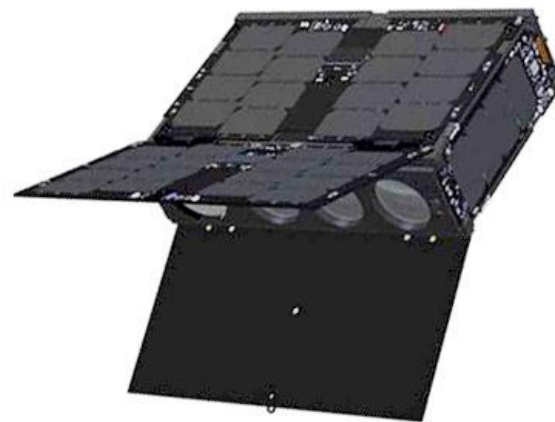




Виды спутников

ДЗЗ:

- Метеорологические
- Низкое (более 100 м)
- Среднее (10-100м)
- Высокое (1-10м)
- Сверхвысокое (менее 1 м)





Размеры КА



«Классические» КА:

Средние — 500 кг–1000 кг

Большие — более 1000 кг

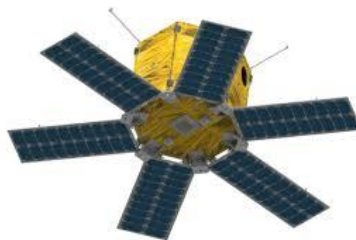
Крупногабаритные

WorldView-1 (2007г)

Ball Aerospace

2500 кг

ДЗЗ



Малые КА:

10 кг–100 кг —

микроспутник;

100 кг–500 кг —

миниспутник.

ТаблетСат-Аврора (2014г)

Спутник

26 кг

ДЗЗ



Наноспутники:

1 кг – 10 кг

SiriusSat-1 (2018г)

Спутник

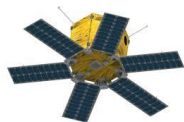
1,5 кг

Космические излучение

Пикоспутники:

100 г – 1 кг

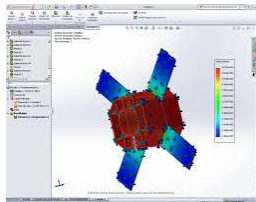
Сравнение размеров



1. ОБЗОР ИНДУСТРИИ

Маршрут

Разработка



Производство



Испытания



Ракета



Мониторинг баллистики



Оператор запуска



Страховка



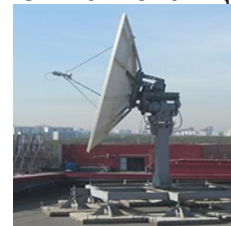
Получатель данных



ЦУП



Приемная станция





План на сегодня

1. Обзор индустрии

2. Как и где летать в Космосе

Куда можно полететь?

3. Как устроен спутник

4. Разработка техники

5. Заключение

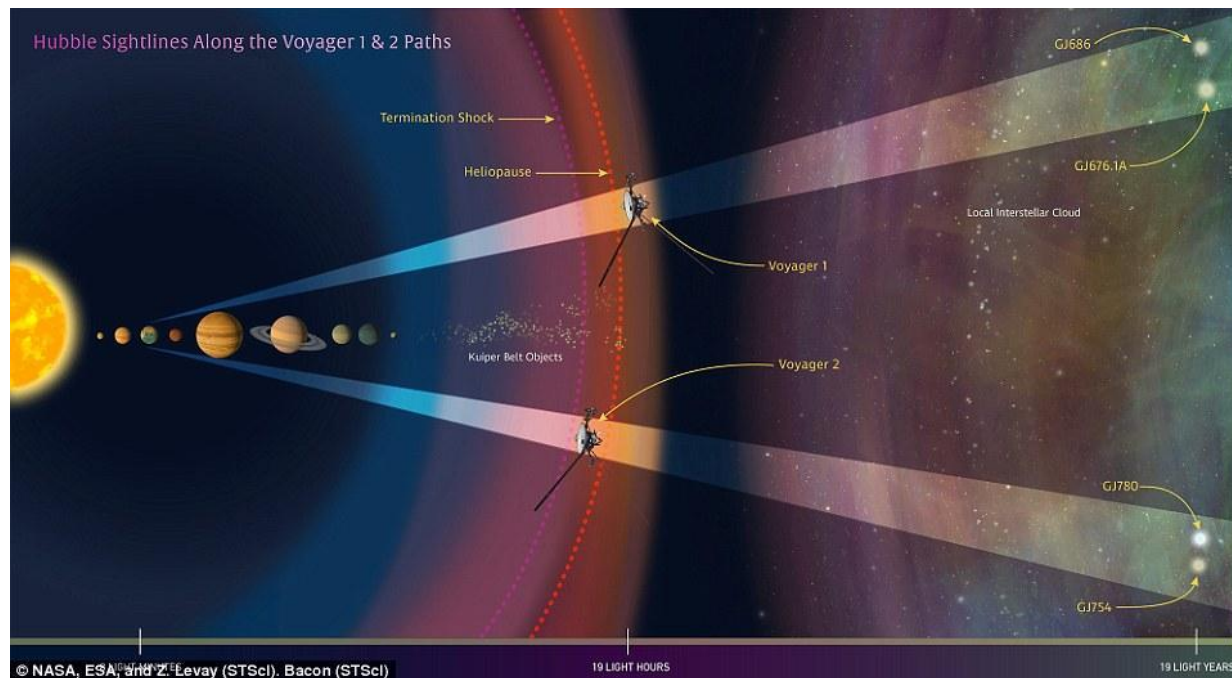
6. Доступный космос

2. КАК И ГДЕ ЛЕТАТЬ В КОСМОСЕ



Солнечная система

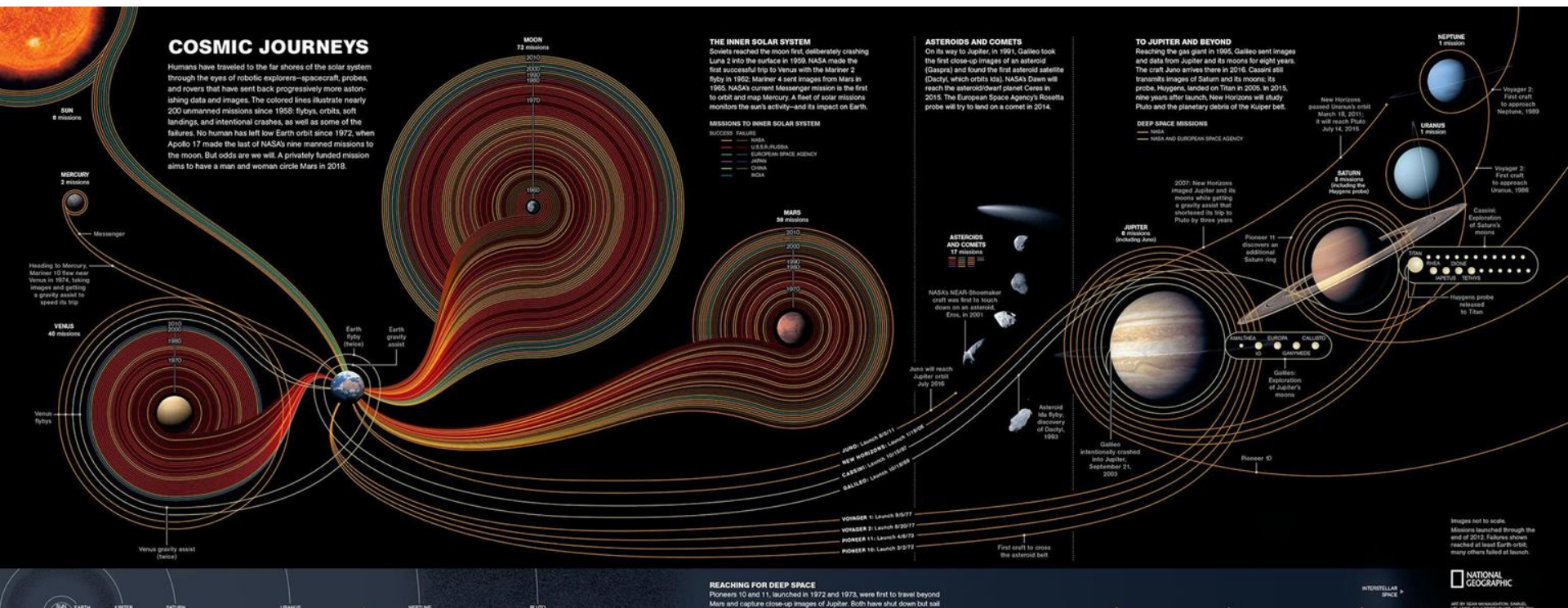
Межзвездная среда



2. КАК И ГДЕ ЛЕТАТЬ В КОСМОСЕ

Солнечная система

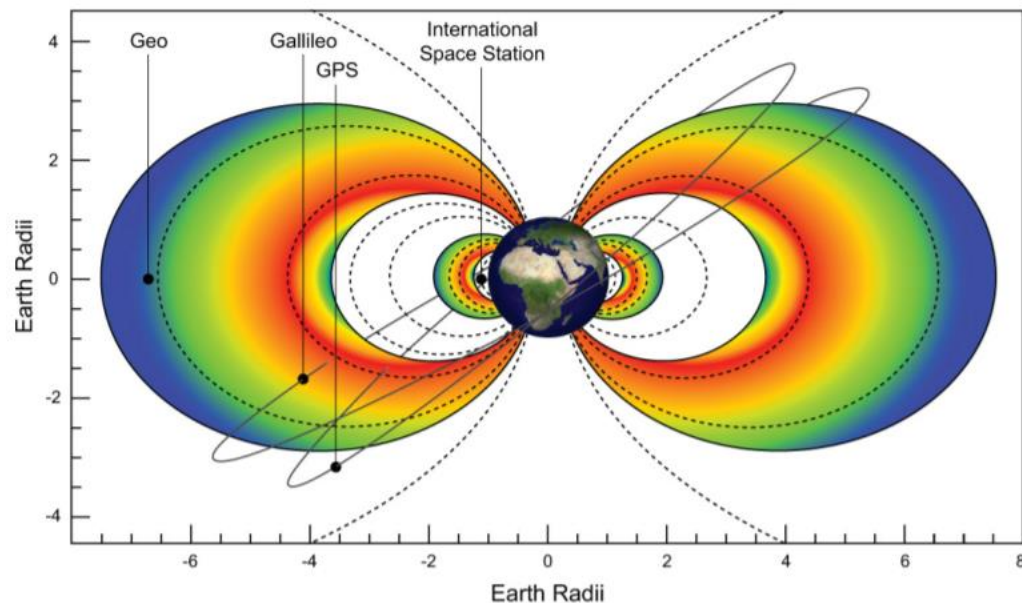
Межпланетная среда





Солнечная система

Околоземные орбиты

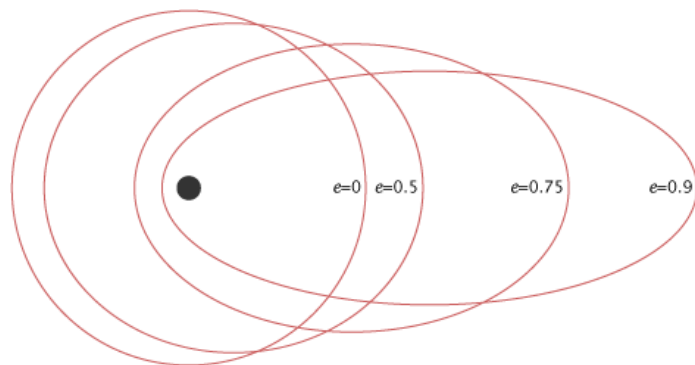




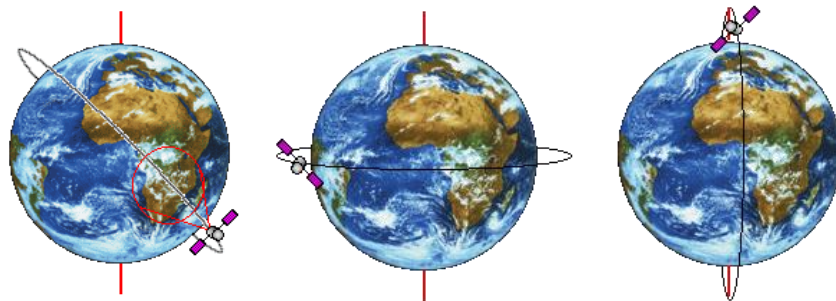
Классификация орбит

Околоземные орбиты

Эллиптичность



Наклонение

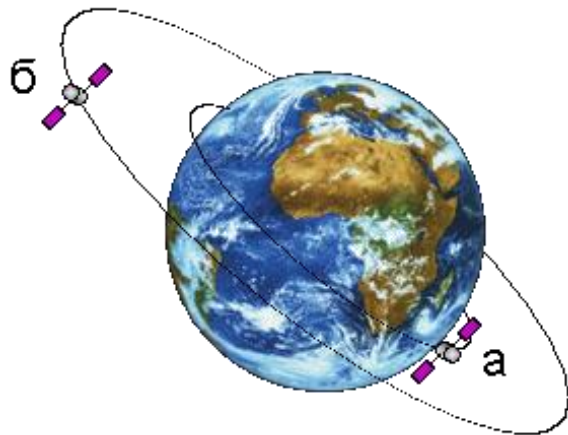




Классификация орбит

Околоземные орбиты

Высота



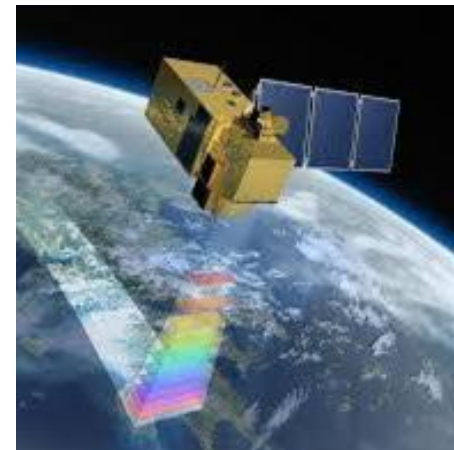
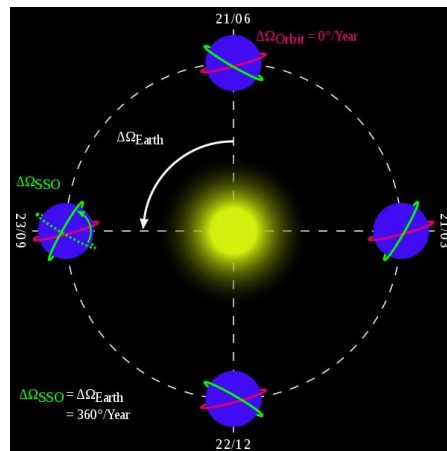
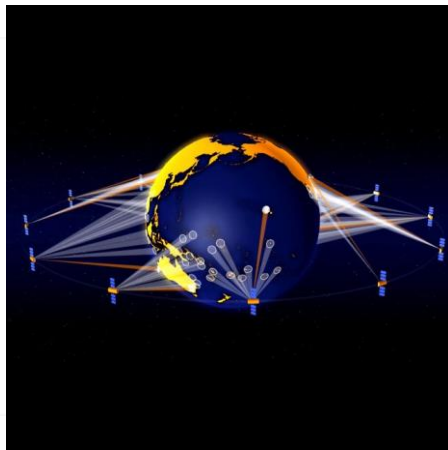
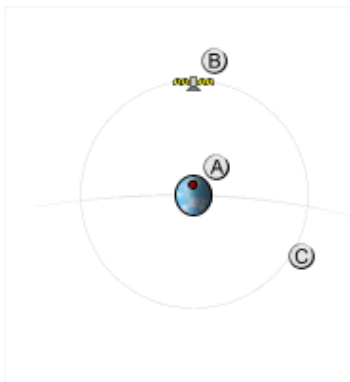
Низкоорбитальные (НОО, LEO) – до 2000 км
Среднеорбитальные (СОС, МЕО) – 2 – 35 тыс.км
Геостационарные и геосинхронные – 35786 км
Высокоорбитальные (Молния)



Примечательные орбиты

Геостационарные (GSO)

Солнечно-синхронные (SSO)





Куда можно полететь?

Полетим на низкую

Солнечно-синхронную орбиту

$$i = 98^\circ$$

$$e = 0.0$$

$$h = 400-600 \text{ км}$$



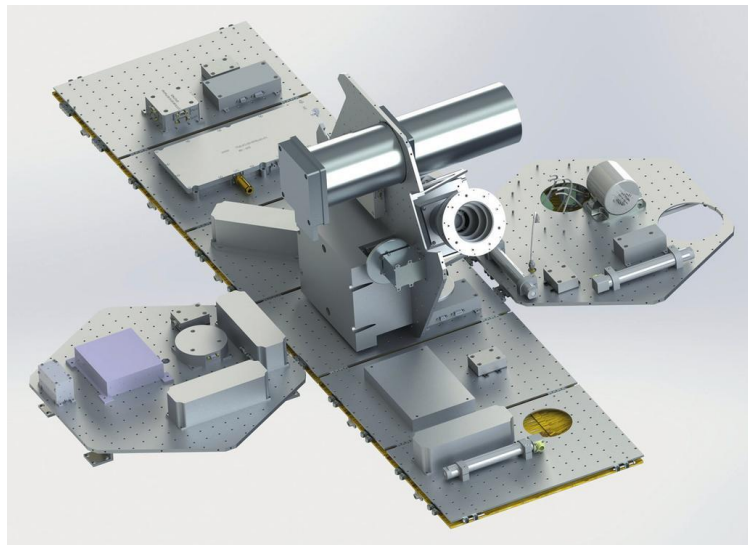
План на сегодня

1. Обзор индустрии
2. Как летать вокруг Земли
3. Как устроен спутник
4. Разработка техники
5. Заключение
6. Доступный космос

Что в нем должно быть?

3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК

Строение МКА



«ТаблеСат-Аврора»

Система электроснабжения



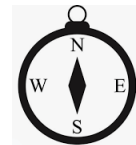
Система обеспечения температурного режима



Система связи

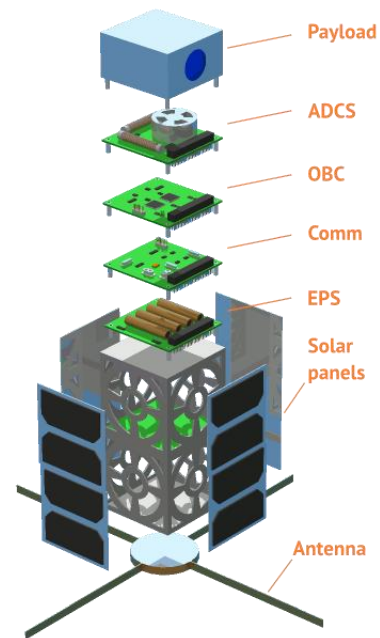


Система ориентации



(Двигательная установка)

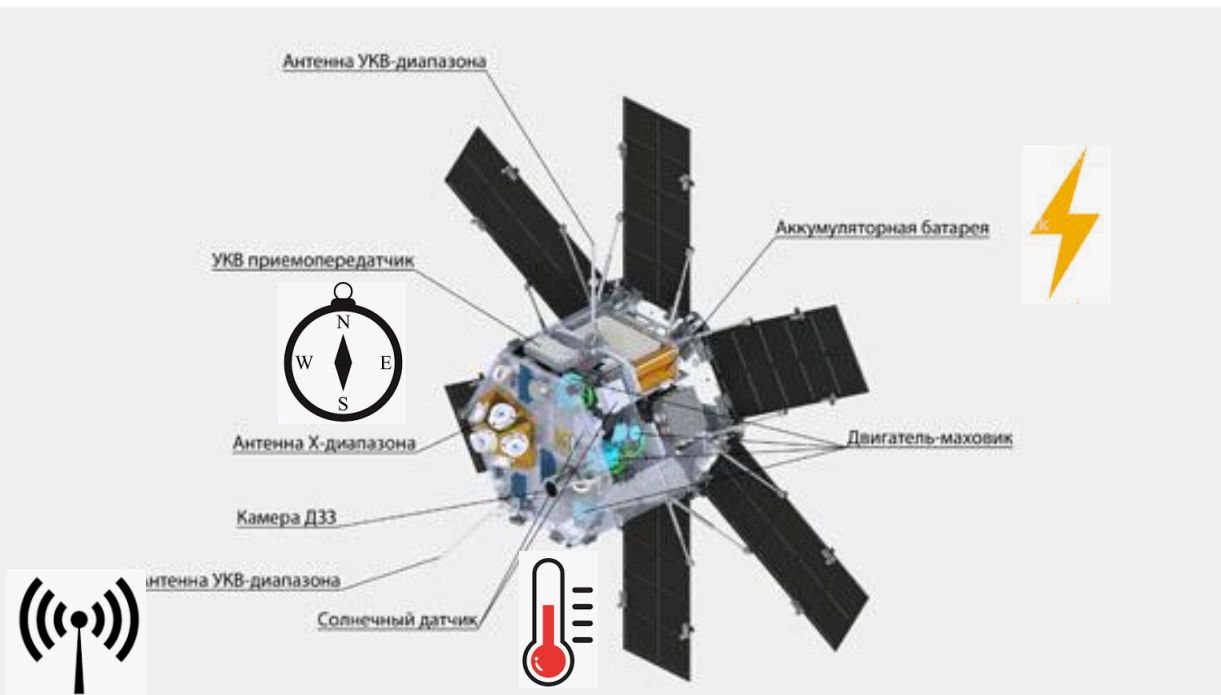
(Полезная нагрузка)



Кубсат

3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК

Строение МКА



Преимущества:

- Использование промышленных компонентов
- Достаточный объем
- Малый градиент температур

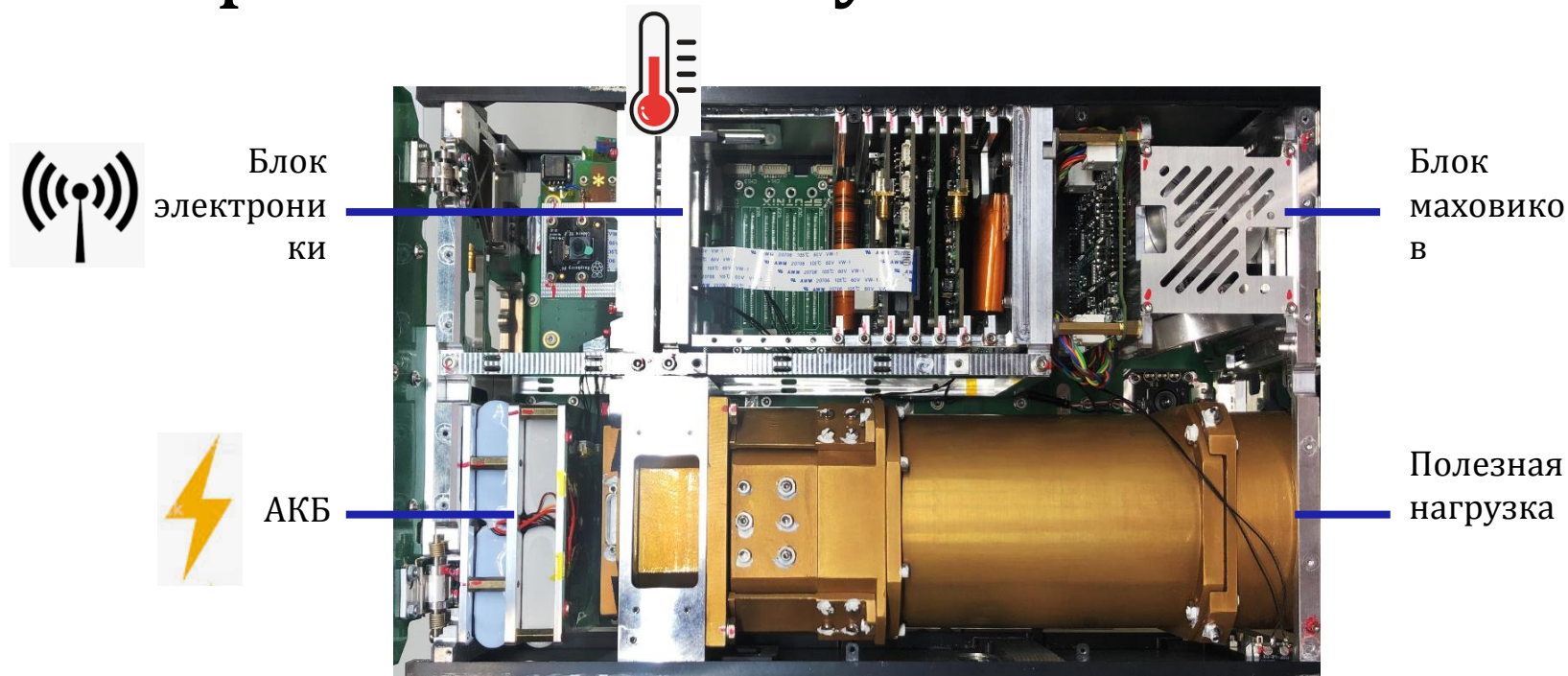
Сложности:

- Двигательные установки
- Защита от радиации
- Новизна

«ТаблеСат-Аврора»



Строение наноспутника

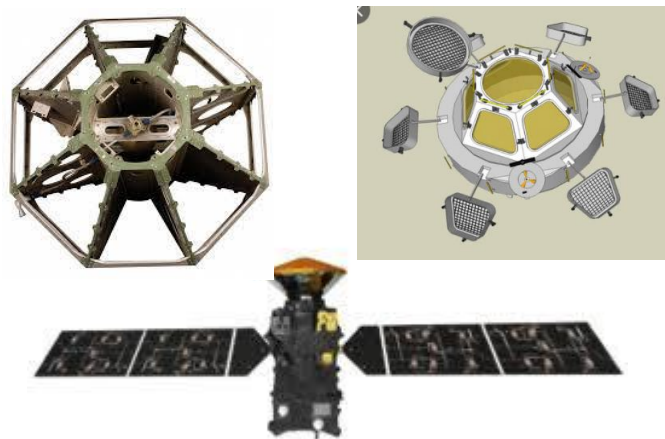




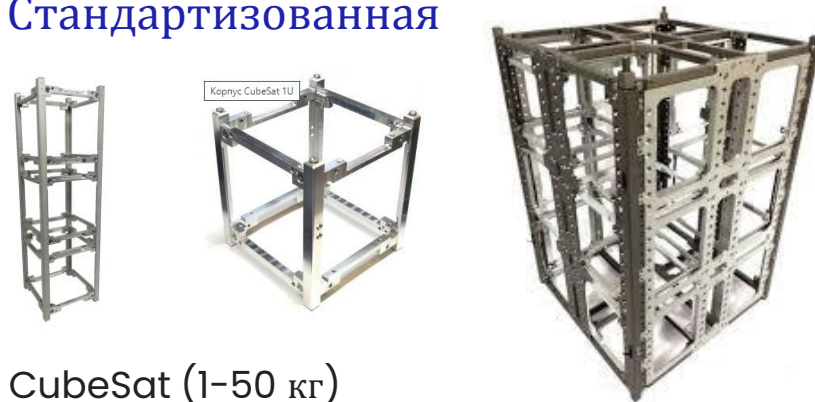
Конструкция

Прочность, Компоновка приборов, Распределение тепла

Нестандартная



Стандартизованная



CubeSat (1-50 кг)

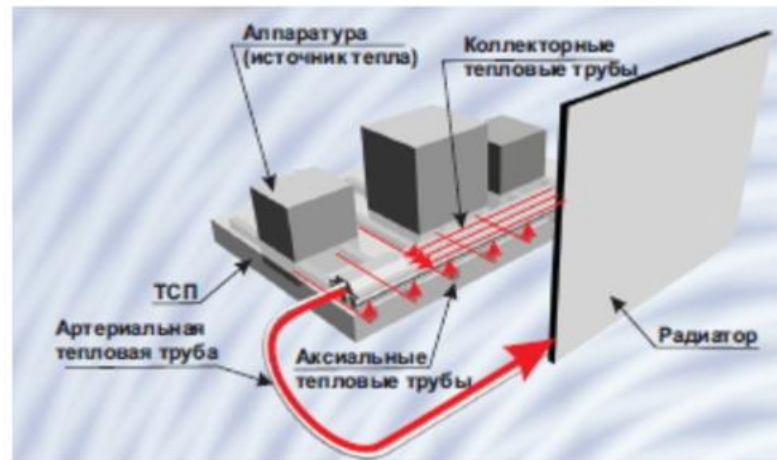
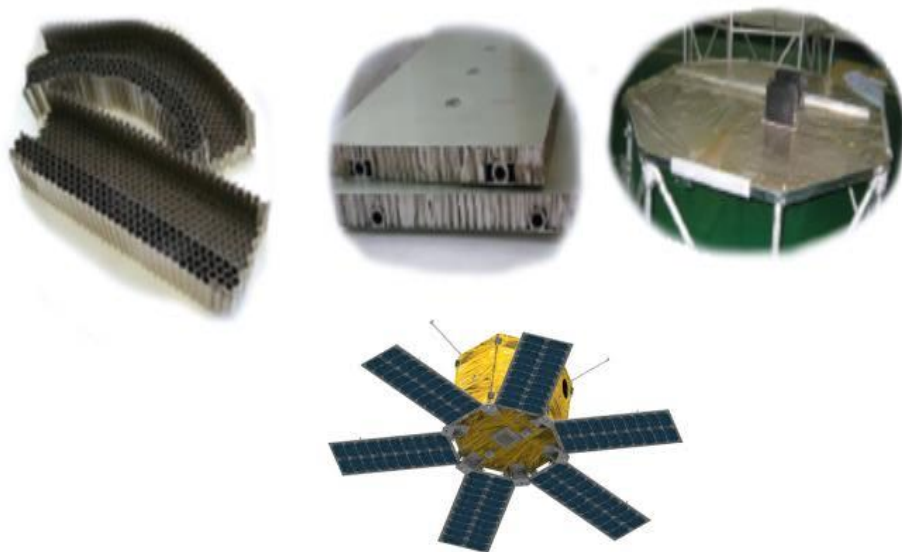
Почти все спутники

3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК



СОТР

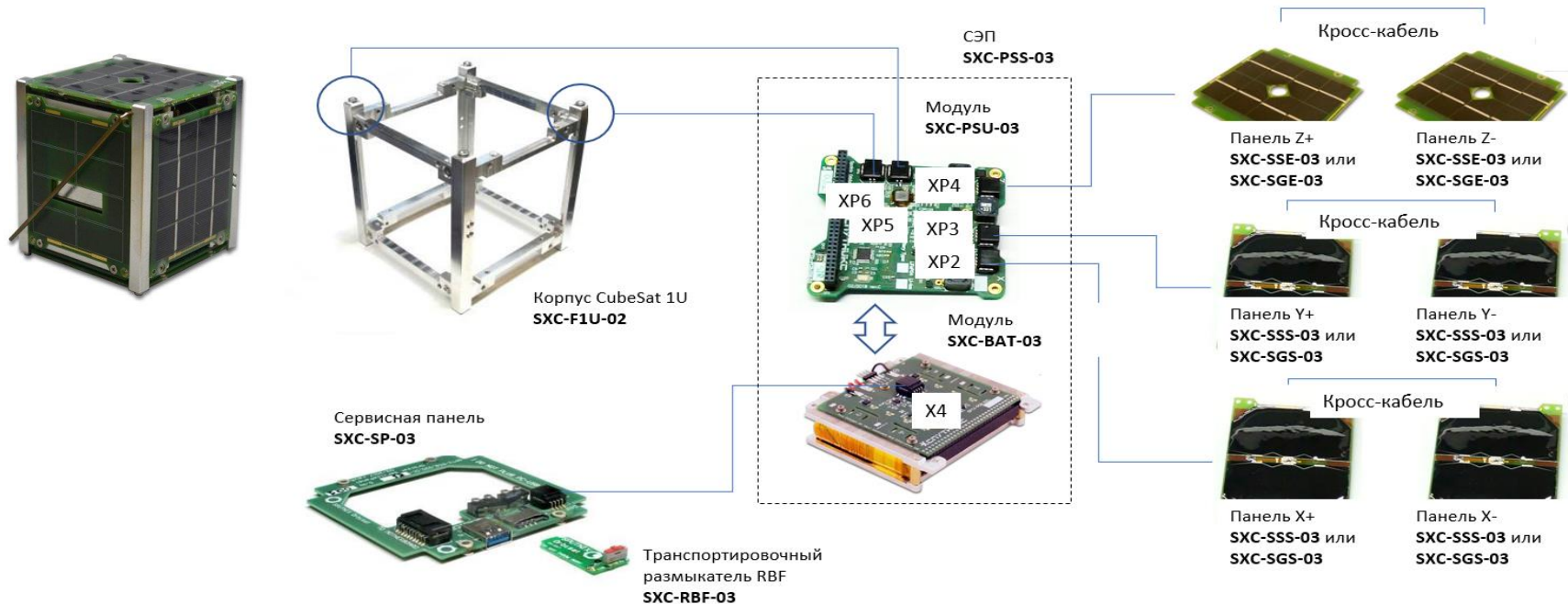
Система обеспечения температурного режима



3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК



Система электропитания





Система электропитания





3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК

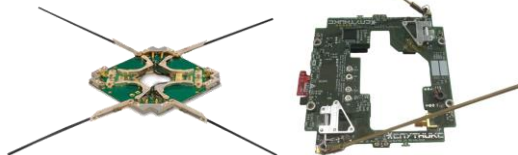


Система радиосвязи

Каналы связи:

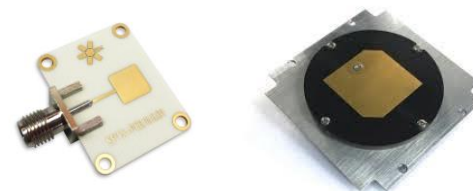
Управляющий

- Диапазон УКВ, S, L
- Двусторонняя связь
- Всенаправленность
- Низкая скорость



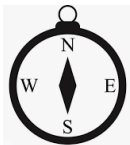
Информационный

- Диапазон X, S
- Односторонняя связь
- Остронаправленные антенны
- Высокая скорость





3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК



Система стабилизации

Датчики

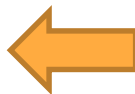


- Солнечные
- Магнитометр
- Угловой скорости
- Звездный датчик

Вычислитель



- Алгоритмы: B-DOT, TRIAD
- Модели: SGP4, IGRF, собственного движения
- Матричные вычисления



Актуаторы

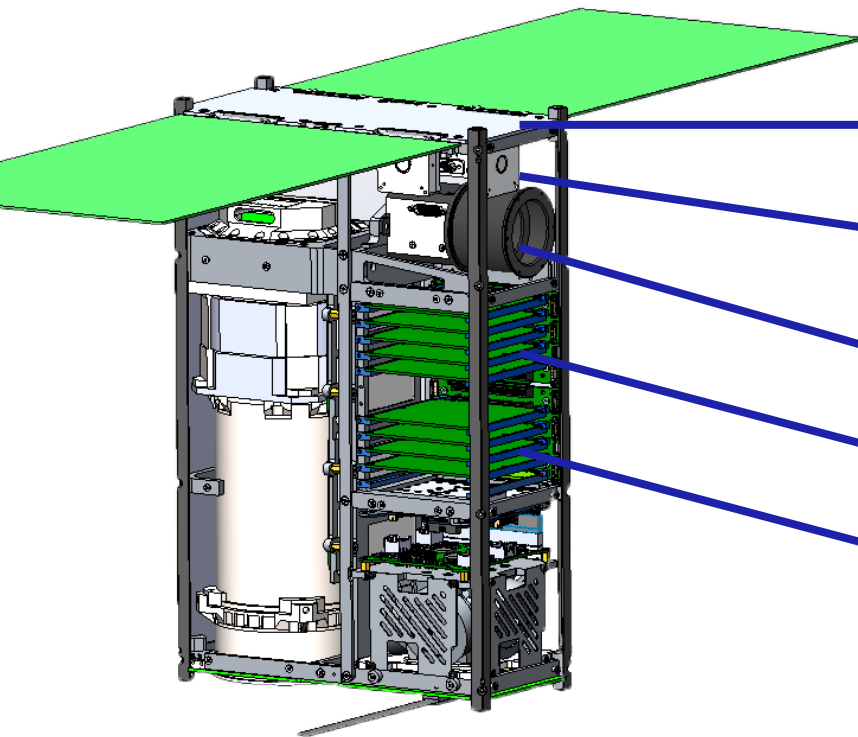
- Маховики
- Электромагнитные катушки
- Гиросдины
- Двигатели ориентации



3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК



Система стабилизации



Датчики:

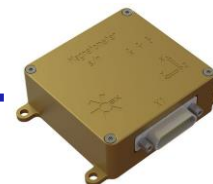
ГНСС

Солнечные

Звездный датчик

Магнитометр

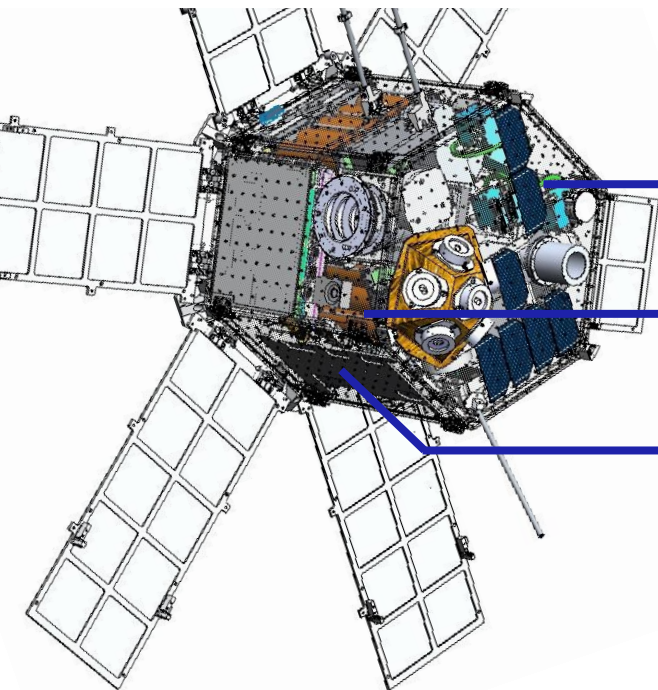
Угловой скорости



3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК

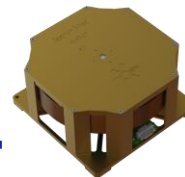


Система стабилизации



Актуаторы

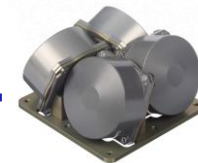
Маховики



Электромагнитные катушки



Гиросдины



Двигатели ориентации

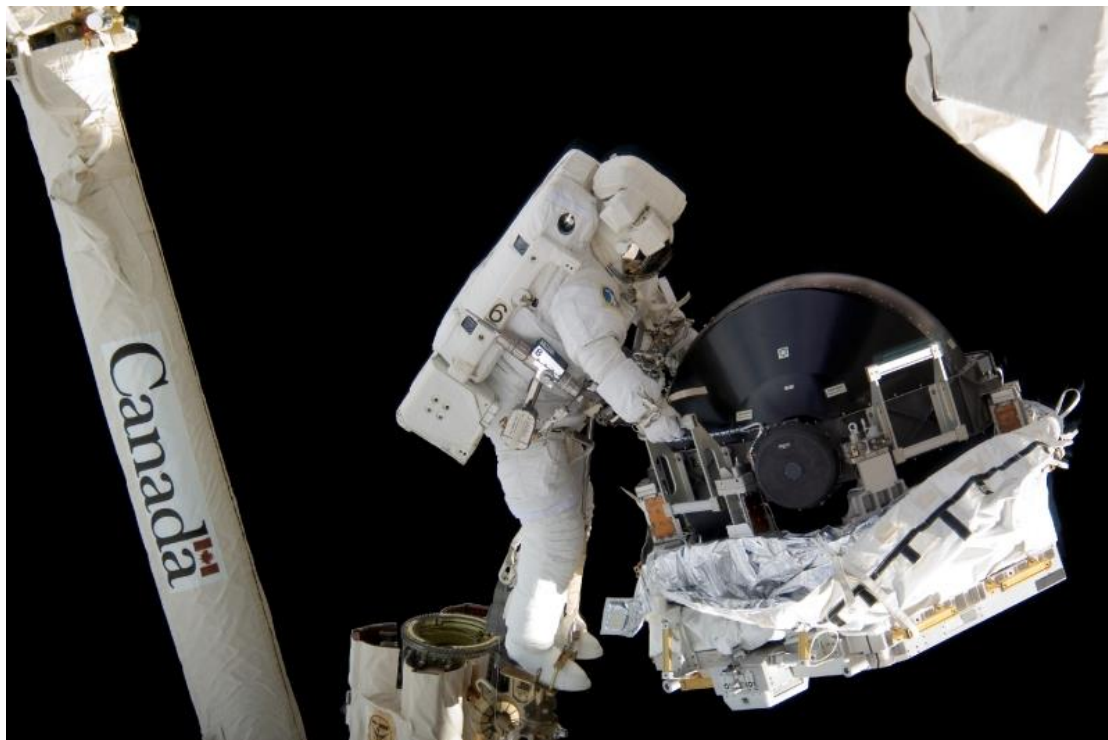




3. КАК УСТРОЕН СПУТНИК



Система стабилизации



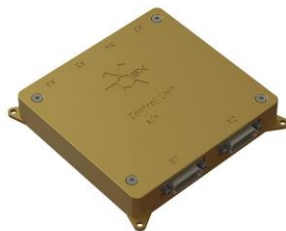
Замена гиродина на
МКС

<https://habr.com/ru/post/379823>

/



Система стабилизации



БВМ

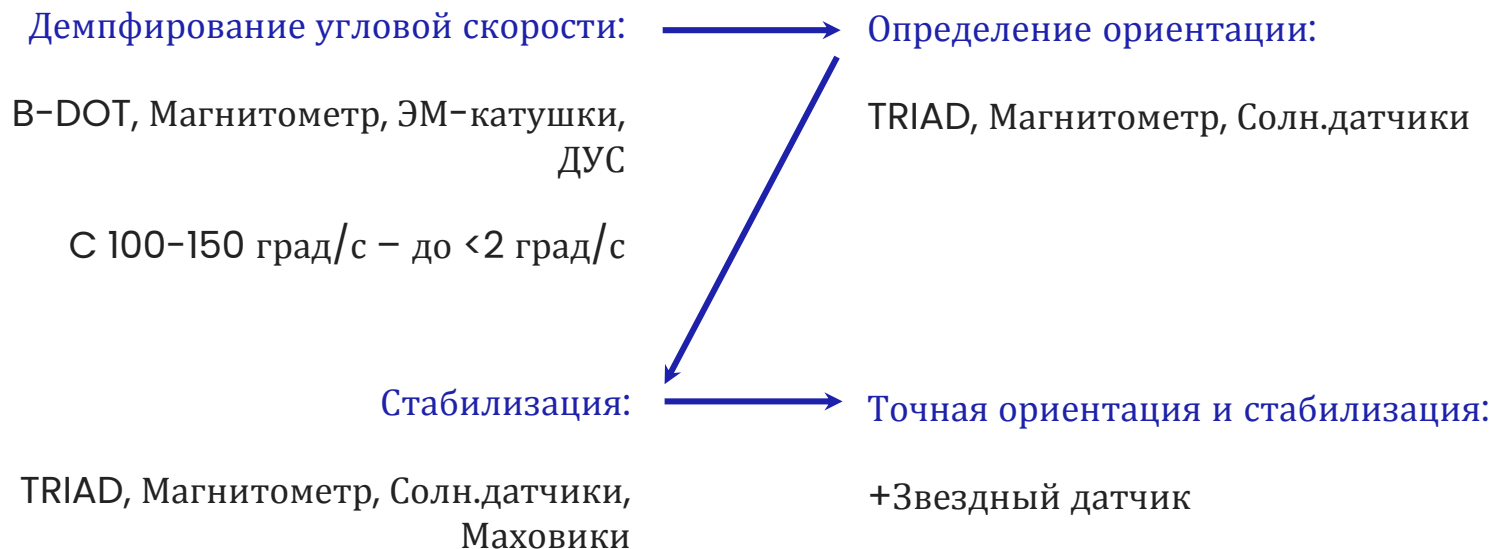
- Алгоритмы: B-DOT, TRIAD
- Модели: SGP4, IGRF, собственного движения
- Матричные вычисления

Параметры:

- Частота > 100 МГц, FPU
- ОЗУ > 16 Мб
- ПЗУ > 16 Мб



Система стабилизации





Что в нем должно быть?

Минимально

Питание + Связь

Для съемки

Система ориентации + Камера + СВЧ-канал



План на сегодня

1. Обзор индустрии
2. Как летать вокруг Земли
3. Как устроен спутник
- 4. Разработка техники**
5. Заключение
6. Доступный космос

Как сделать, чтобы не сломался?

Основные особенности

Что определяет требования к космической технике



Автономность

Полное отсутствие доступа

Узкий канал связи

Критичность отказа

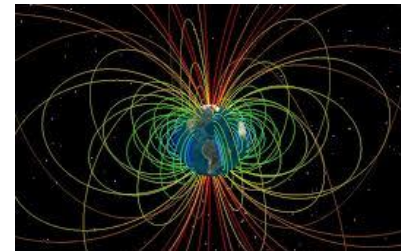


Надежность

Срок активного существования

Испытания

Длительная подготовка к
запуску



Внешние факторы

Радикация

Температуры

Вакуум

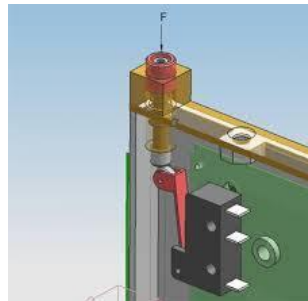
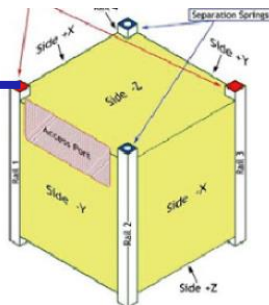
ЭМС

Мех.воздействия

АВТОНОМНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

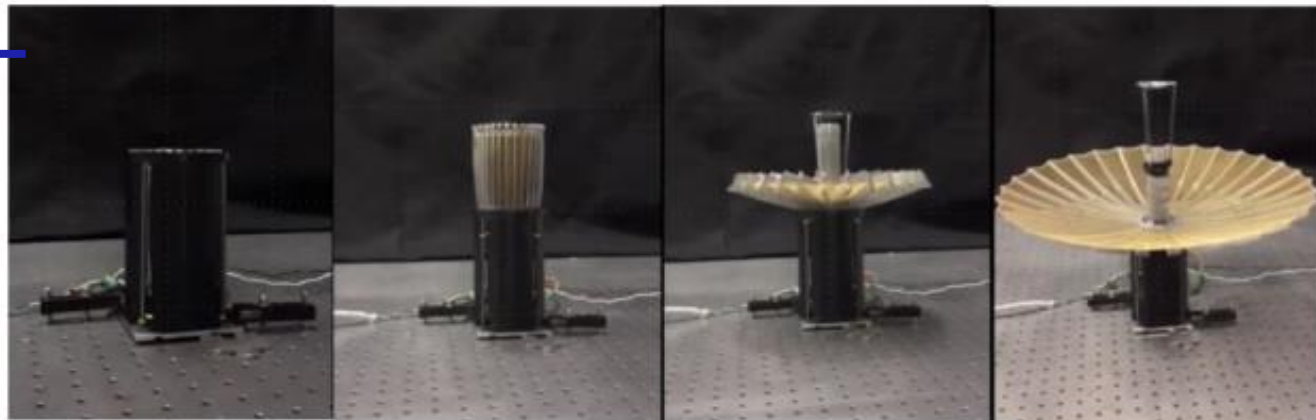
Актуаторы

Активация КА



Манипуляторы

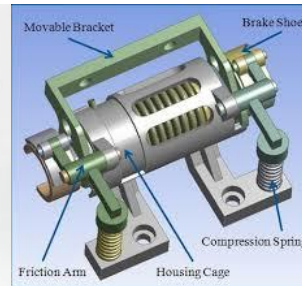
Раскрытие антенн



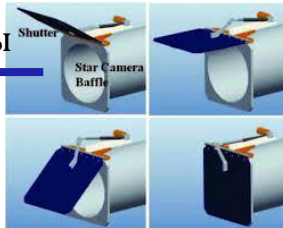
АВТОНОМНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

Актуаторы

Раскрытие
солнечных панелей



Шторки и затворы

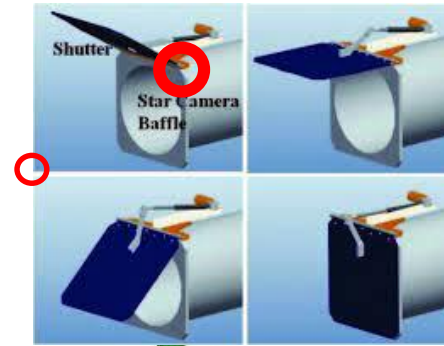


Системы наведения

АВТОНОМНОСТЬ конструкции

Датчики обратной связи

Как мы убедимся, что актуатор сработал?

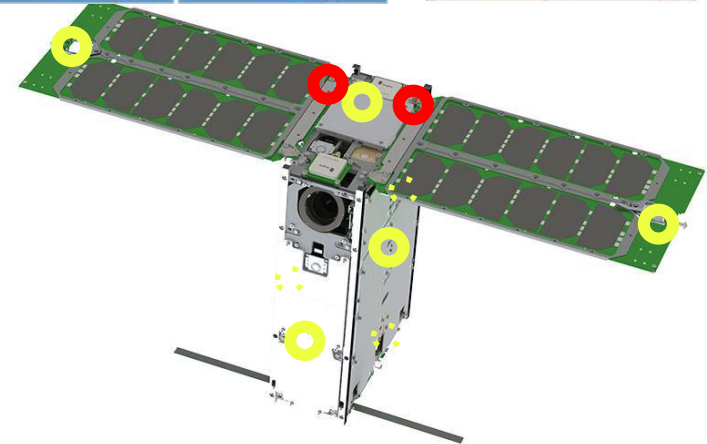


Как мы измерим параметры состояния КА?

Датчики на корпусе

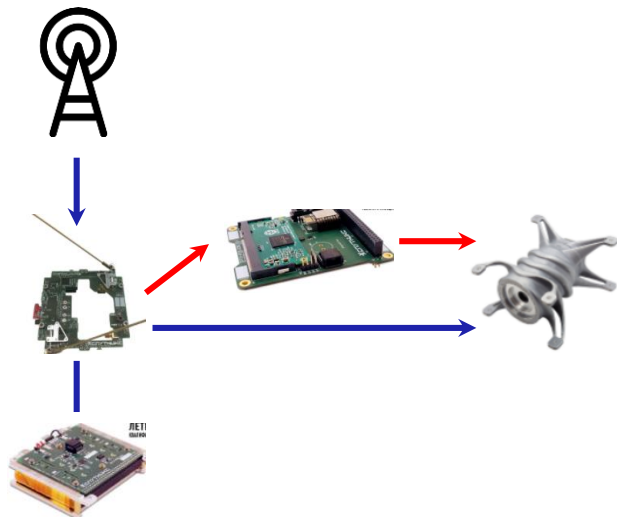
Цель – понимание состояния конструкции

КА в любой момент времени с минимальным потоком информации

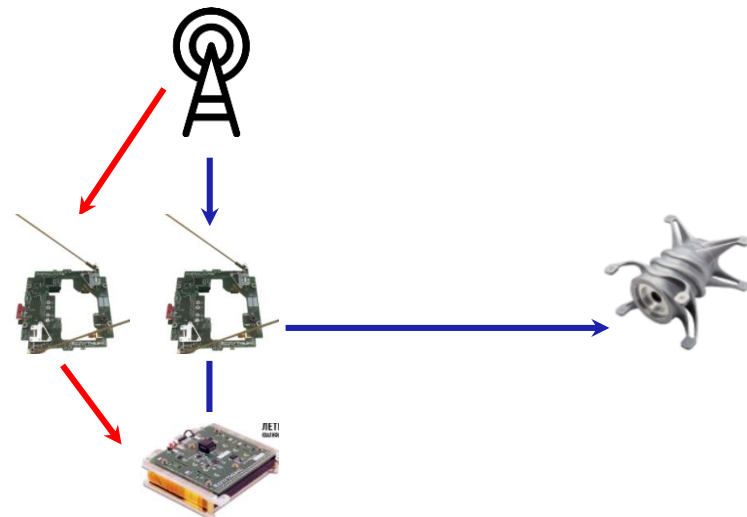


Автономность электроники

Минимизация критичных элементов



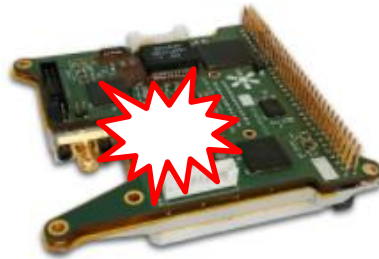
Умение переключаться на запасные элементы



Автономность электроники

Датчики состояния

- Серийный номер
- Ток
- Напряжение
- Температура



Управление платой

- Отключение доменов питания
- Отключение периферии



Автономность софта

Полнота телеметрии и команд

- Очень маленький канал данных
- Наличие сервисных и низкоуровневых команд
- Контроль входных параметров



Надежность системы

Любой отказ >
продолжение миссии

Любой двойной отказ >
сокращение функционала

Резервирование



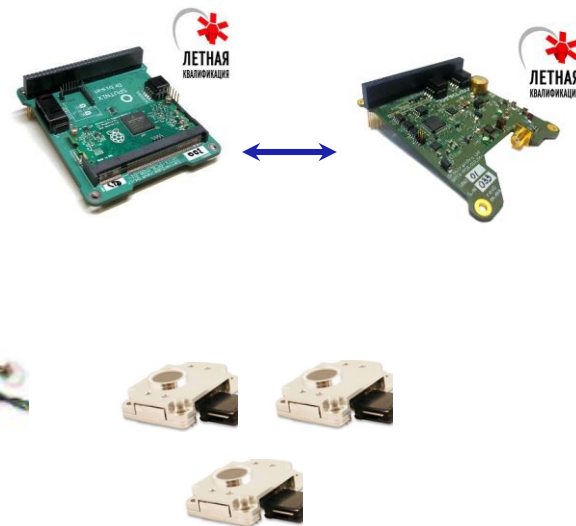
Прямое:

Дублирование



Косвенное:

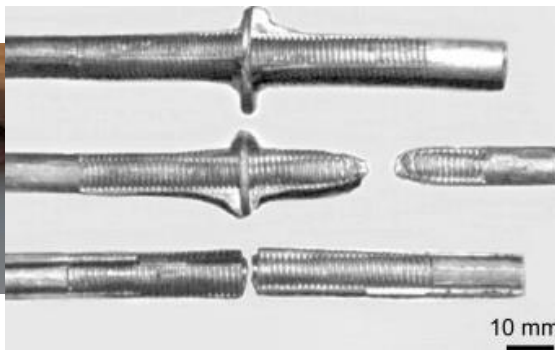
Смежные функции



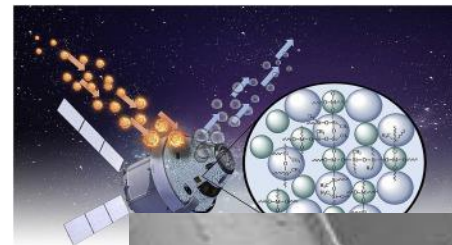
Надежность конструкции

Механические воздействия

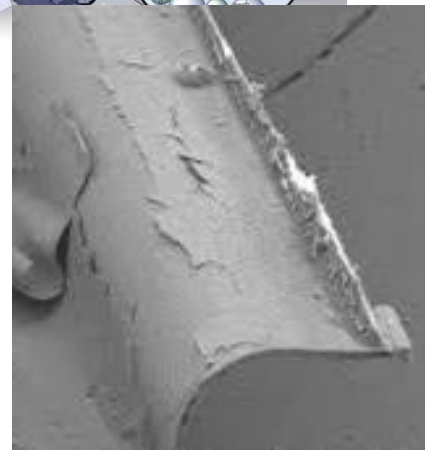
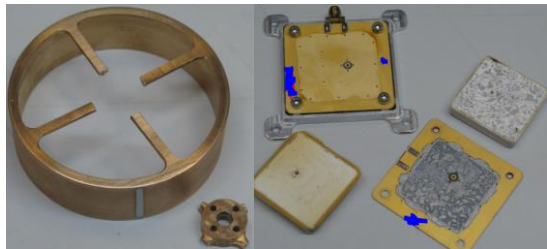
Холодная сварка



Эрозия



Резонансы и прочность



Надежность электроники



Быстро деградирующие компоненты

- Аккумуляторы
- Пластиковые разъемы (ПВХ)
- Пластиковые реле/переключатели
- Кабель с пластиковой изоляцией
- Кремниевые солнечные панели
- Термоусадки

Надежность софта

Парирование отказов

- Автоматическое переключение режимов
- Наличие безопасного режима
- Предотвращение неконтролируемых действий

Самовосстановление

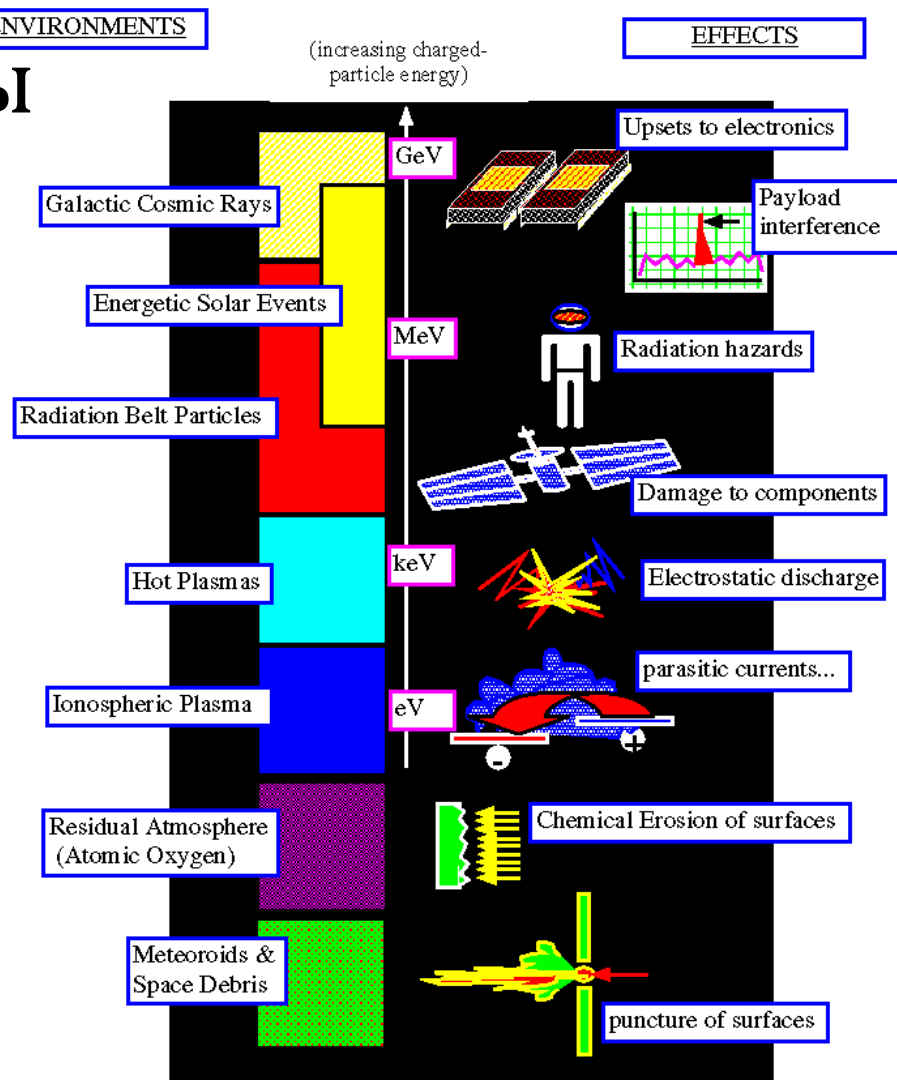
- Области памяти с образами, конфигом
- Использовать разную память
- Контролировать износ памяти
- Наличие загрузчика



Внешние факторы

Общая картина воздействия внешних факторов на спутники

https://www.researchgate.net/figure/Space-environment-and-their-typical-effects-on-space-systems_fig7_281585445



Виды радиации

Солнце

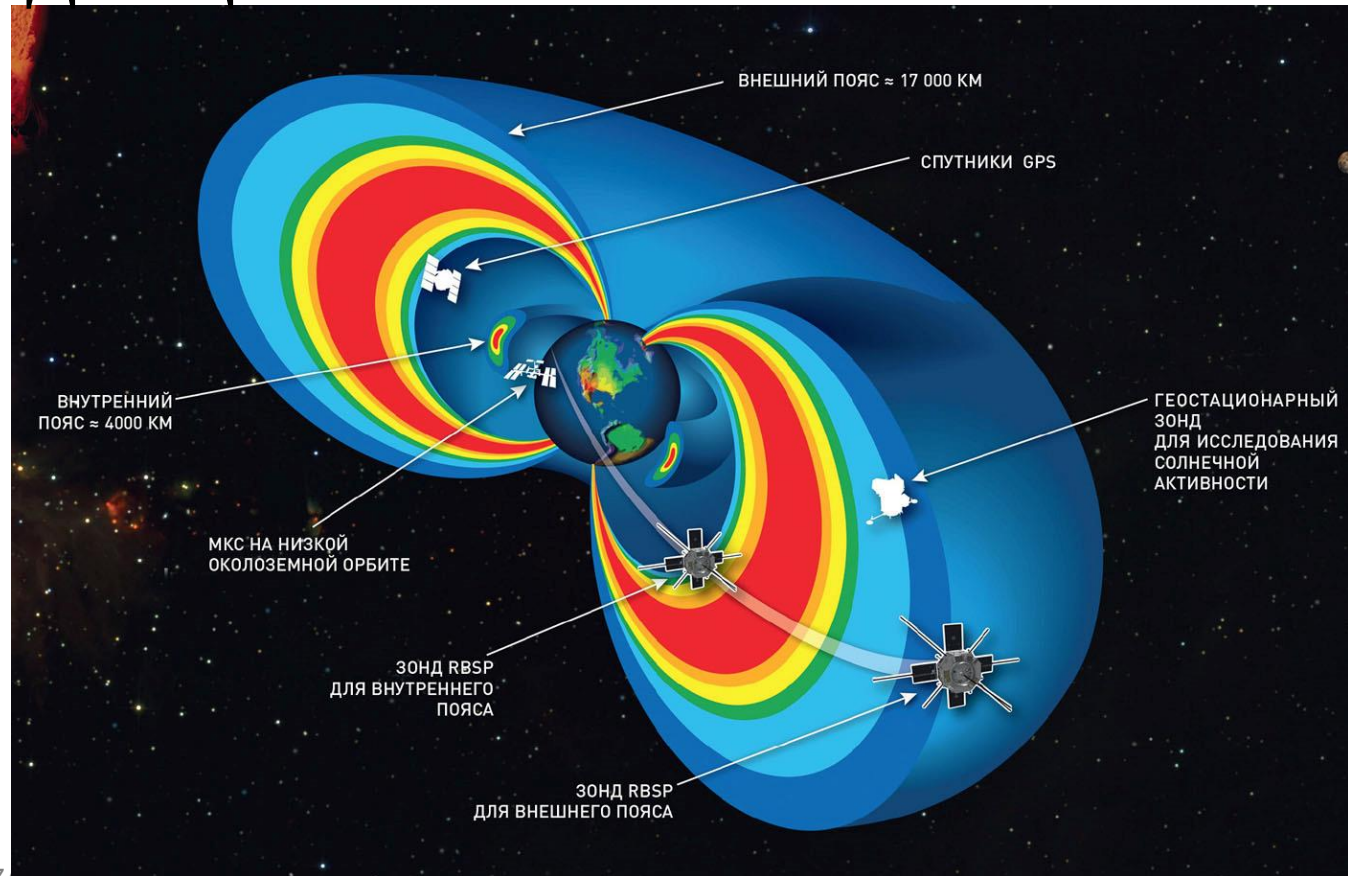
протоны и электроны

Звезды

все до тяжелых ядер

Пояса Ван Аллена

мощный поток частиц



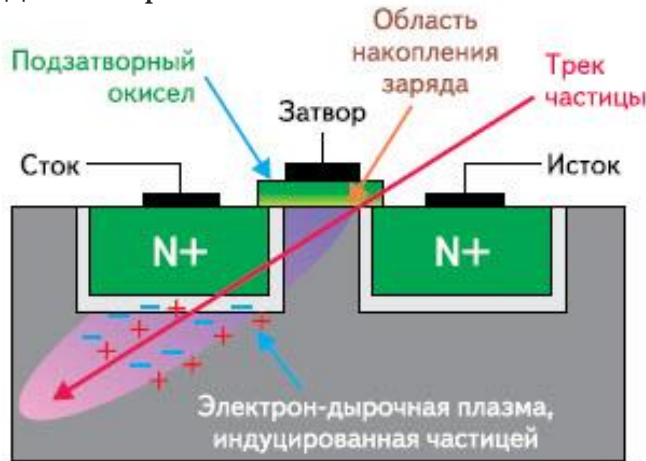
<https://aboutspacejournal.net/2017/10/25>

РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В КОСМОСЕ – И.П.Безродных и др.

Накопленная радиация

Накопление электрического заряда

Низкие технормы – заряд в подзатворном диэлектрике

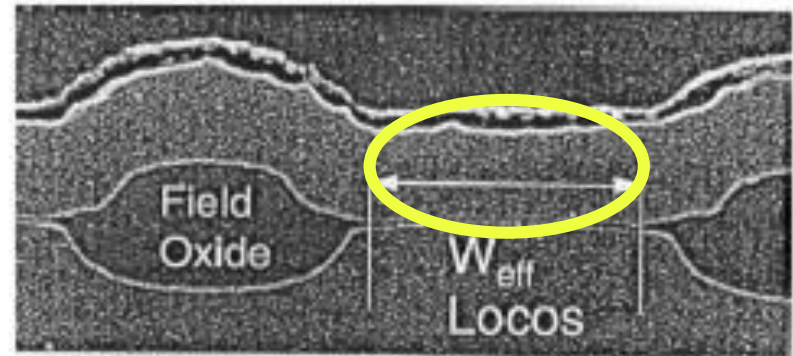


Дополнительное смещение базы

Увеличение тока, отказ управления

<https://kit-e.ru/elcomp/topologicheskaya-norma-i-radiaczionnaya-stojkost/>

Субмикронные технормы



Паразитный канал утечки сток-исток

<https://habr.com/ru/post/189066/>

Накопленная радиация

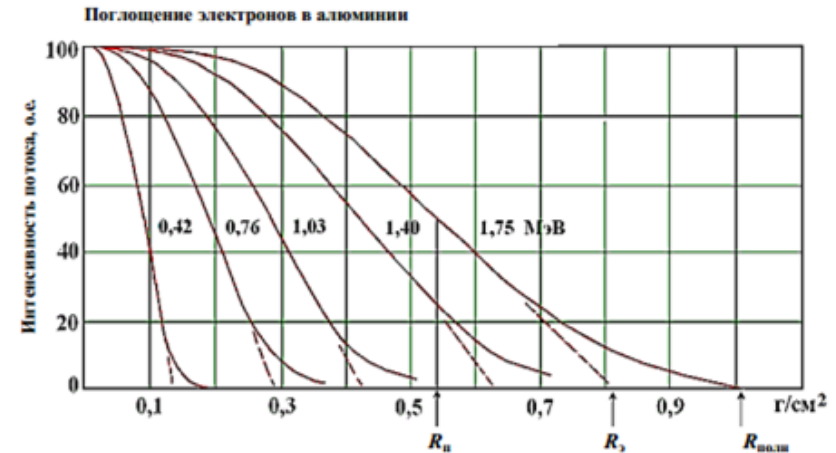
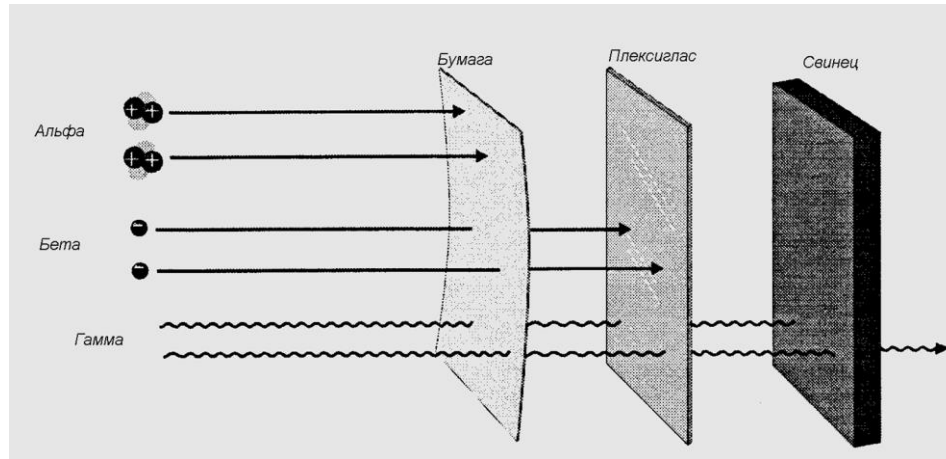
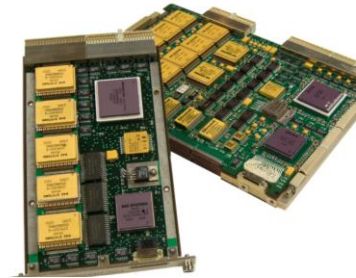
Методы борьбы

Защита магнитного поля Земли

Массовая защита

Сокращение САС аппарата

Специальные технормы
(дорого)



РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В КОСМОСЕ – И.П.Безродных и др.

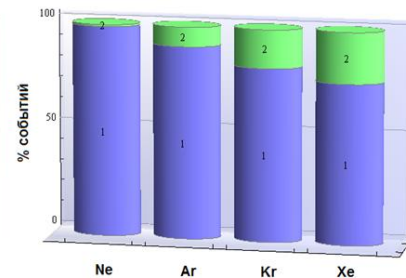
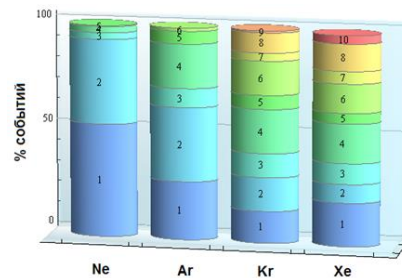
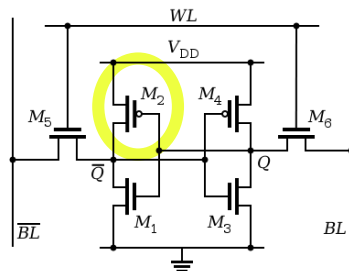
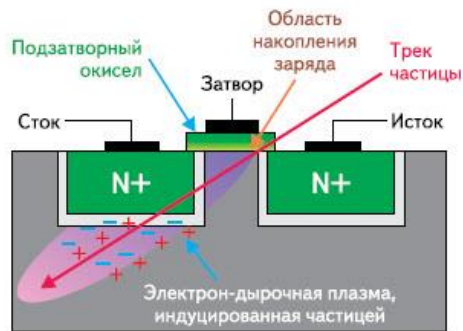
<https://xn--b1ahgbf2d2a.xn--plai/stati-na-temu-vyzhivaniya/vyzhivanie-radiacii/zashchita-ot-radiacii/>

Тяжелые частицы

Попадание в транзистор тяжелой заряженной частицы

«Мягкие» события – сбои

250–500 нм в 10–ки раз стабильнее >100 нм технорм



Борьба:

Технормы

Софт (коррекция ошибок)

Ионизация кремния (ок. 1 мкм)

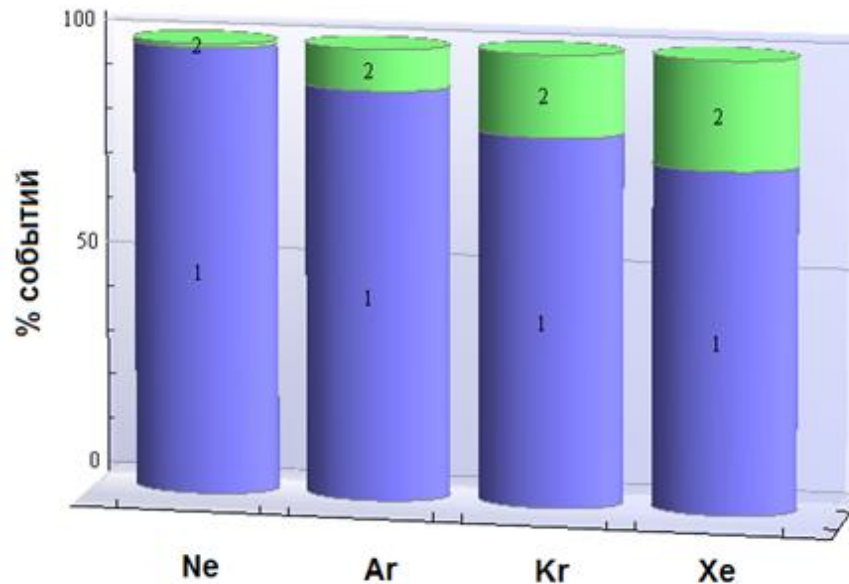
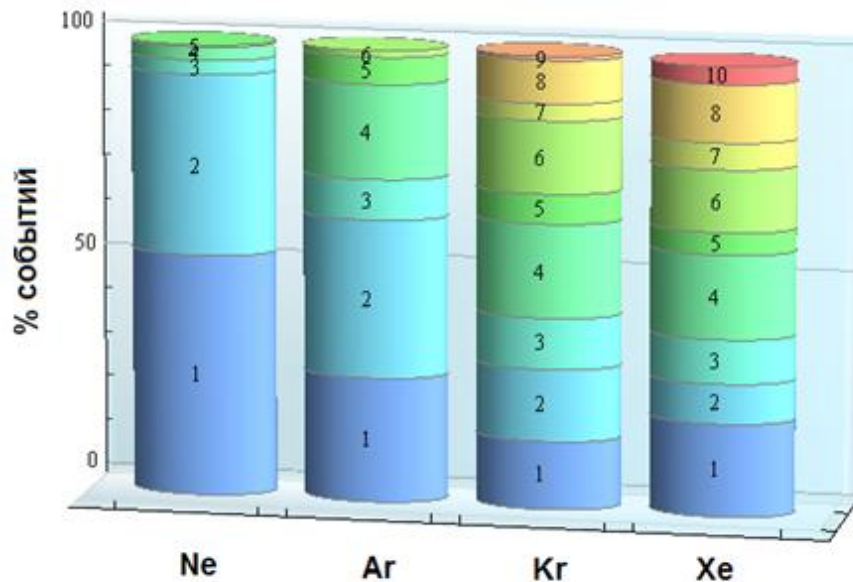
Пикосекундные токи

Переключение транзистора

<https://kit-e.ru/elcomp/topologicheskaya-norma-i-radiaczionnaya-stojkost/>
<https://habr.com/ru/post/189066/>

Тяжелые частицы

Количество сбоев радистойкой памяти



Борьба:

Технормы

Софт (коррекция ошибок)

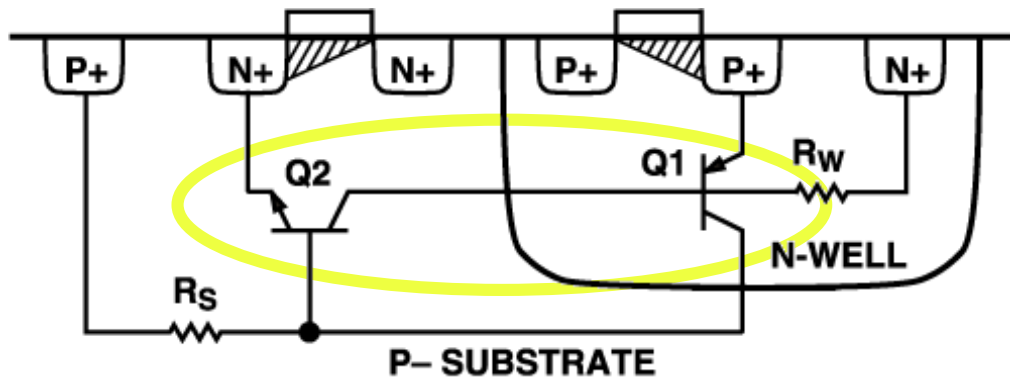
<https://kit-e.ru/elcomp/topologicheskaya-norma-i-radiaczionnaya-stojkost/>
<https://habr.com/ru/post/189066/>

Тяжелые частицы

Тяжелые протоны и ядра элементов

«Жесткие» события – отказы

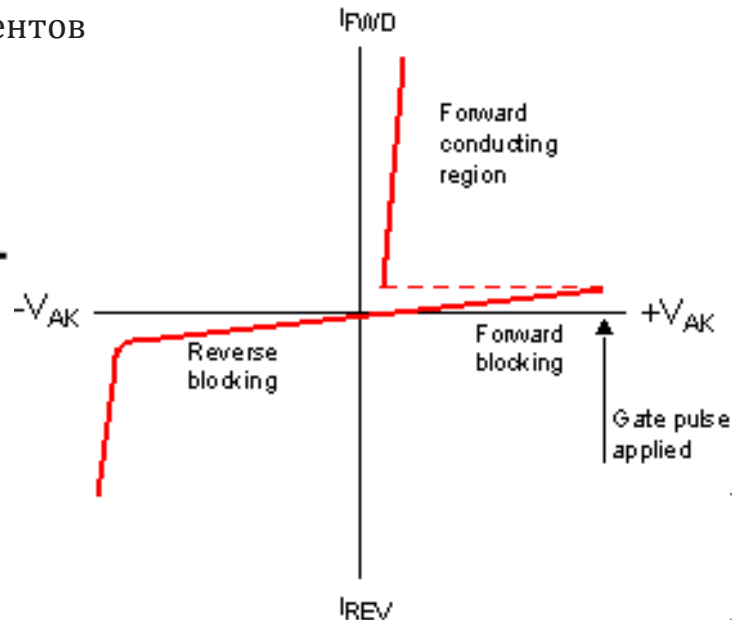
Тиристорный эффект (latch-up)



Паразитный резистор

КЗ между землей и питанием

Переключение транзистора



Борьба:

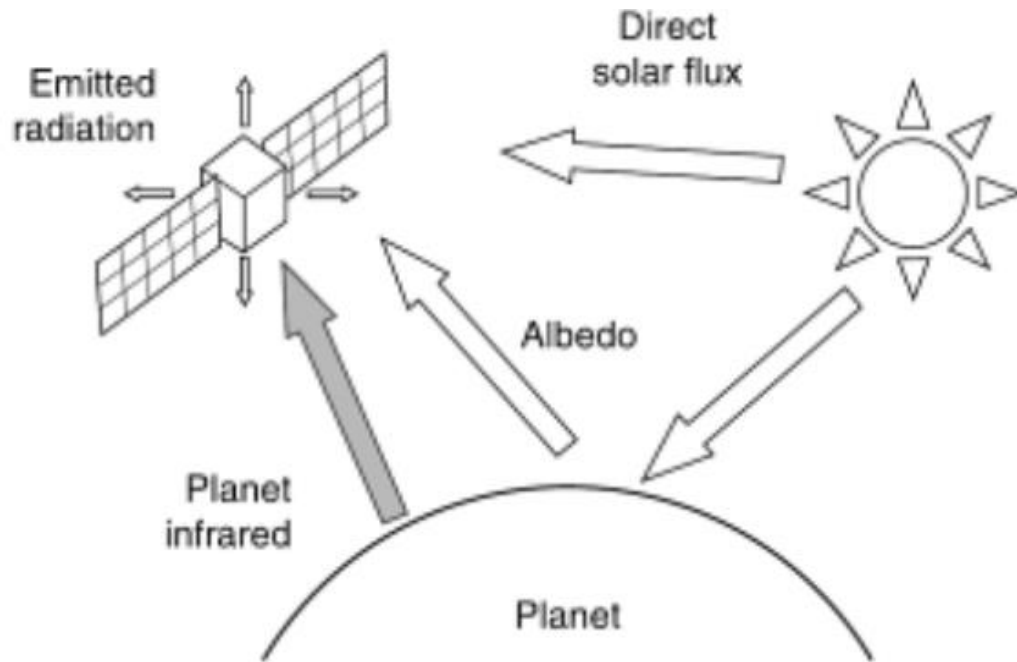
Технормы (guard rings)

Контроль тока и отключение

Температурные режимы

Зависит от:

- Орбиты
- Ориентации КА
- Конструкции
- СОТР

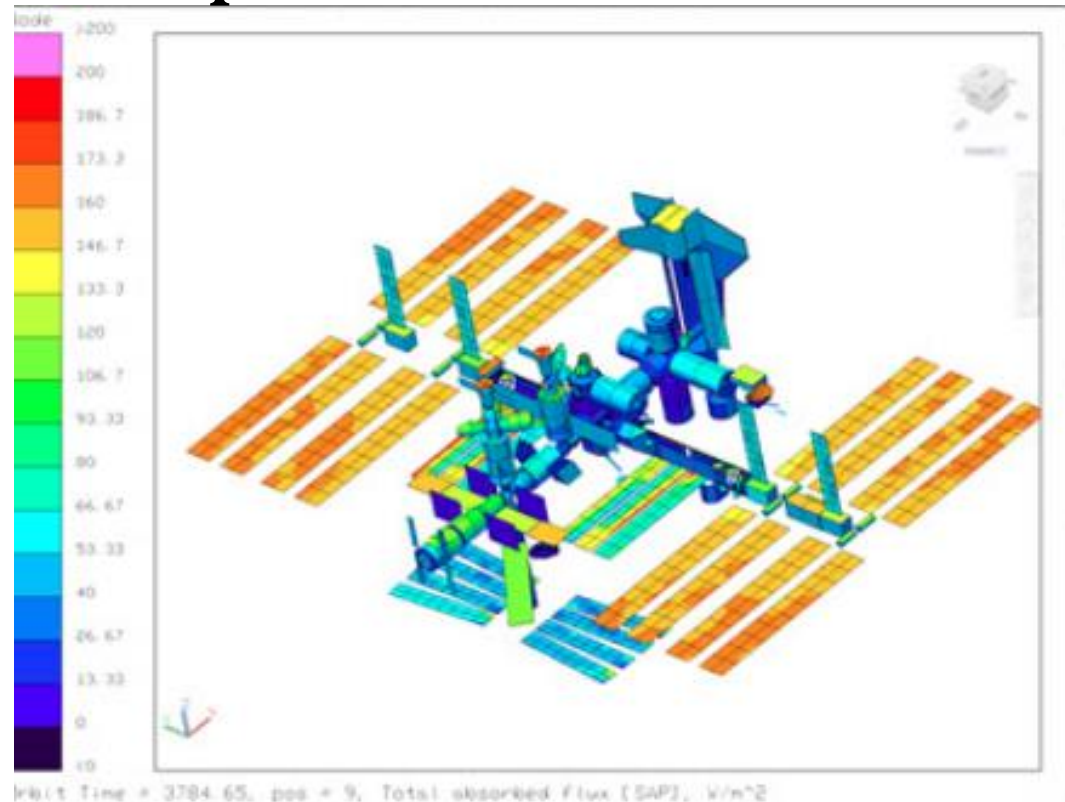
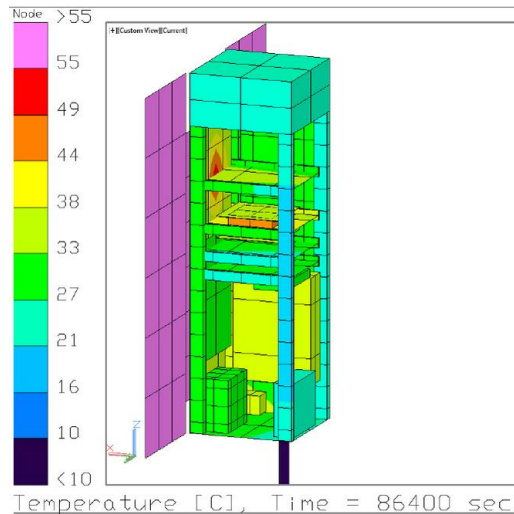


Температурные режимы

Борьба:

Температурный диапазон МС

Усталостные разрушения



<https://space.stackexchange.com/questions/7827/whats-the-typical-temperature-of-a-satellite-orbiting-the-earth>

Температурные режимы

Температурная усталость

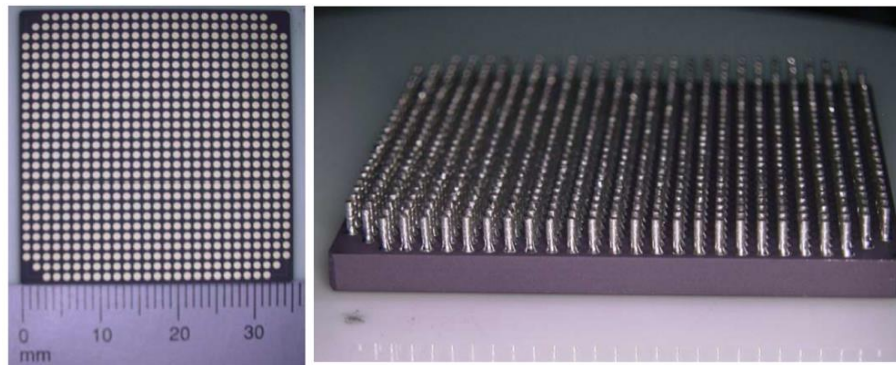


Рис. 1. Керамический корпус со столбиковыми выводами CCGA-717 (армированные выводы) [9].

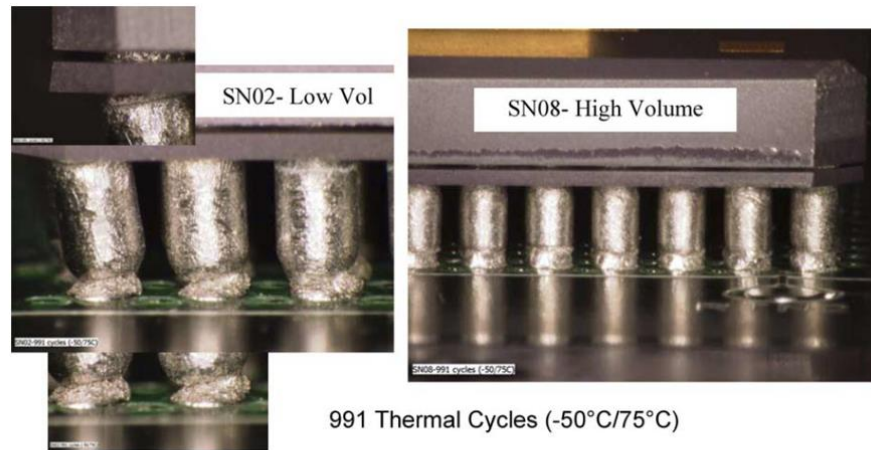


Рис. 3 Фотографии выводов корпуса CCGA-560 после 1459 термоциклов с разным количеством паяльной пасты [9].

Борьба:

Снижение перепада температур

Фиксация микросхем

Сокращение САС аппарата

Механические нагрузки

Первая ступень – до 12g (до 7.5g RMS)

Разгонный блок – меньше

Система отделения – удар до 50-100g (и до 7500g)

Транспортировка – меньше, но долго

Испытания (квалификационные и
сдаточные)



Резонансы

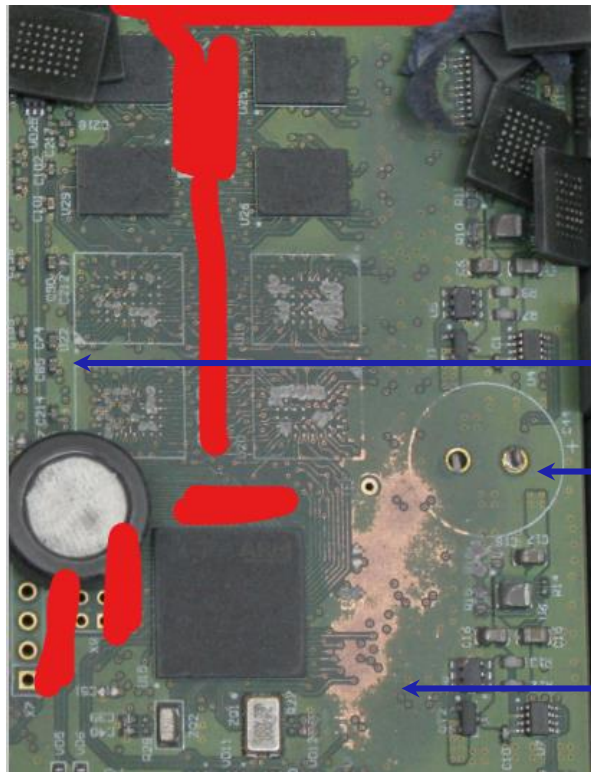
Отрыв компонентов

Нарушения пайки

Вторичные

разрушения

Механические нагрузки

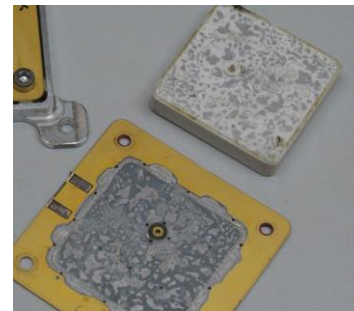


Резонансы

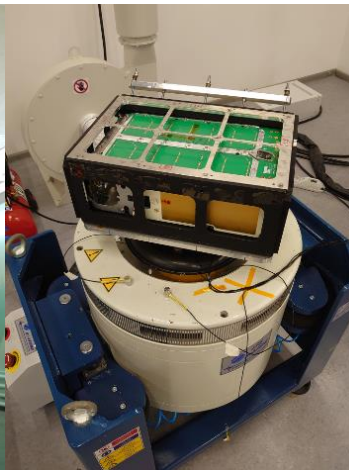
Отрыв компонентов

Нарушения пайки

Вторичные
разрушения

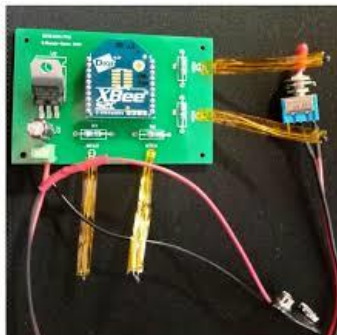


Механические нагрузки



Испытания (квалификационные и сдаточные):

- Поиск резонансов
- Статика
- Случайная вибрация
- Удар



Фиксация и крепёж:

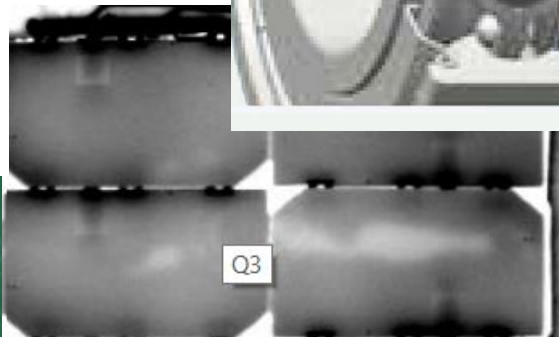
- Монтажные отверстия
- Доп.крепления компонентов
- Клей и космический скотч

Вакуум

Потеря массы

Испарение

Деформация



Деградация

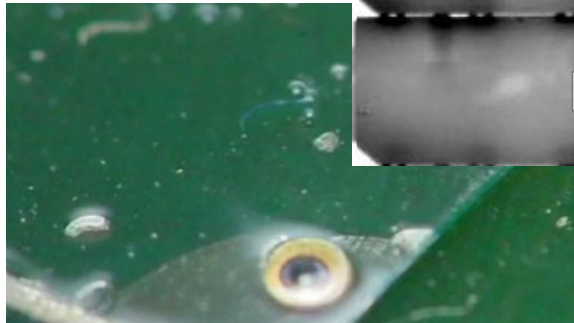
- Оптика
- Смазочные материалы
- Пластики и резины



Загрязнение окружения

Взрывная декомпрессия:

- Печатные платы
- Замкнутые объемы (Солнечные панели, липкая лента)



Вакуум

Stardust, 2001

Загрязнение камеры

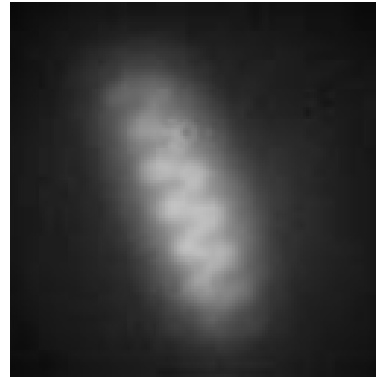
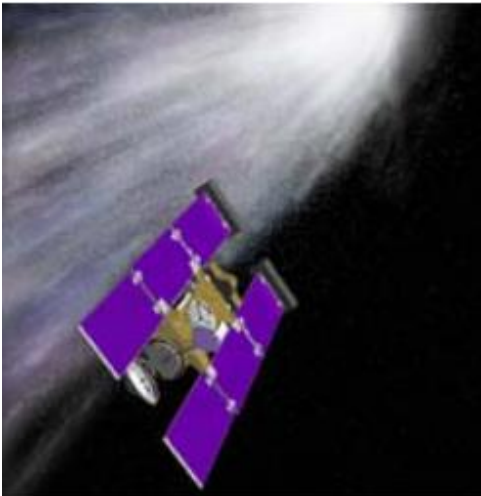


Figure 1
Pre-launch image
of the calibration
lamp.

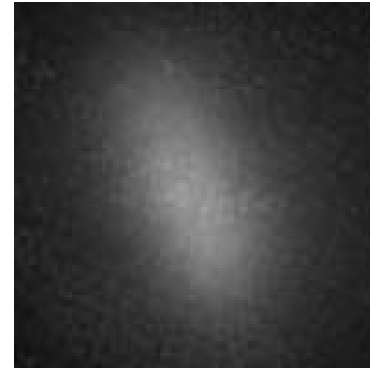


Figure 2
Post-launch image
of the calibration
lamp degraded by
contamination.

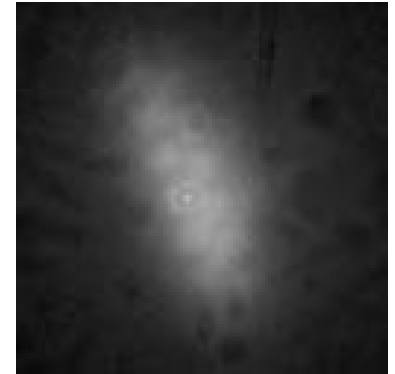


Figure 3
Post-launch image
of the calibration
lamp after camera
heating.

Вакуум

Cassini, 1997

Загрязнение камеры



Вакуум

Что делать?

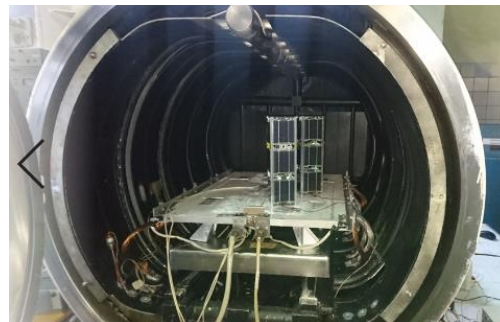
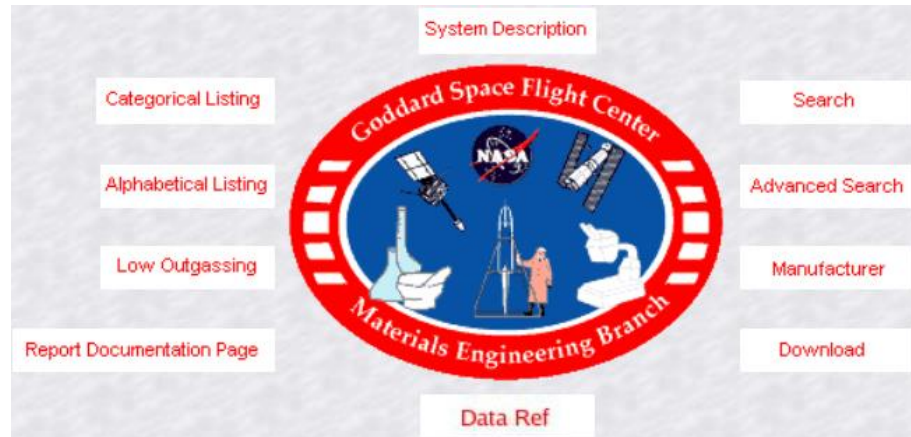
Выбор материалов

- TML ($<1.0\%$)
- CVCM ($<0.1\%$)
- Каталог NASA
<https://outgassing.nasa.gov/>

Дегазация

- 24 ч, 50град, 10^{-6}

Испытания



Невесомость



- Пыль
- Провода, ленты и т.п.

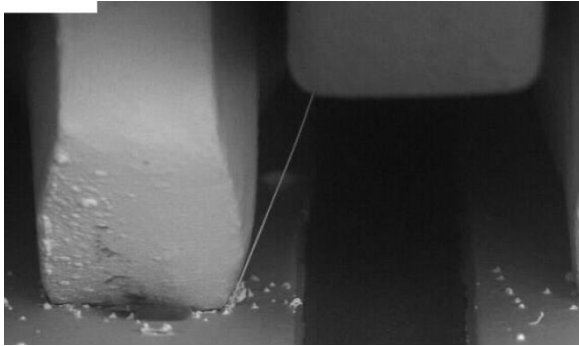
Проводящая пыль + электростатика
= КЗ

Любая пыль + электростатика =
разряд

Защита:

- Корпусирование
- Закрепление
- Лакирование плат
- Отказоустойчивость системы

Нитевидные кристаллы



Whisker

Причины не изучены

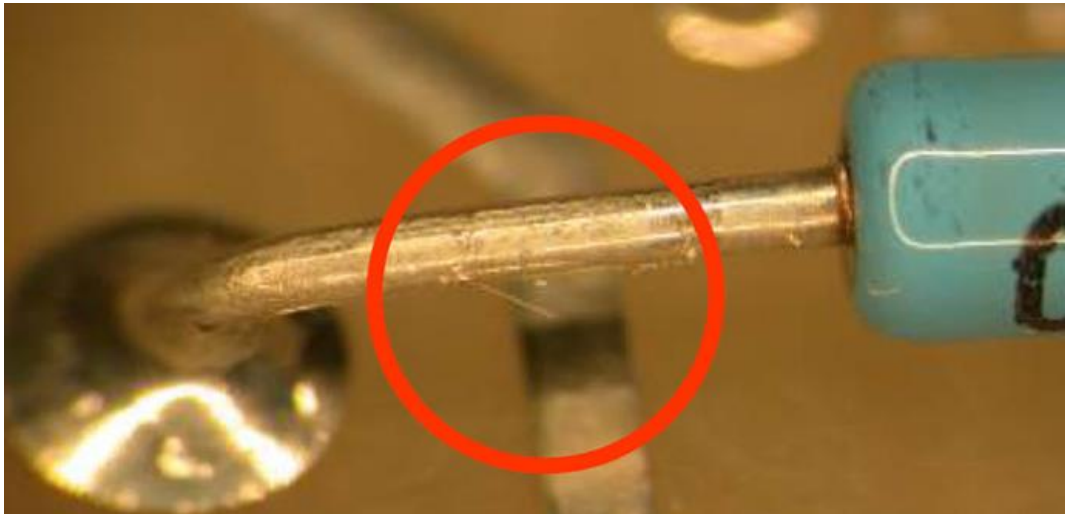
Появляется в олове, меди и других металлах

Толщина ~1 мкм

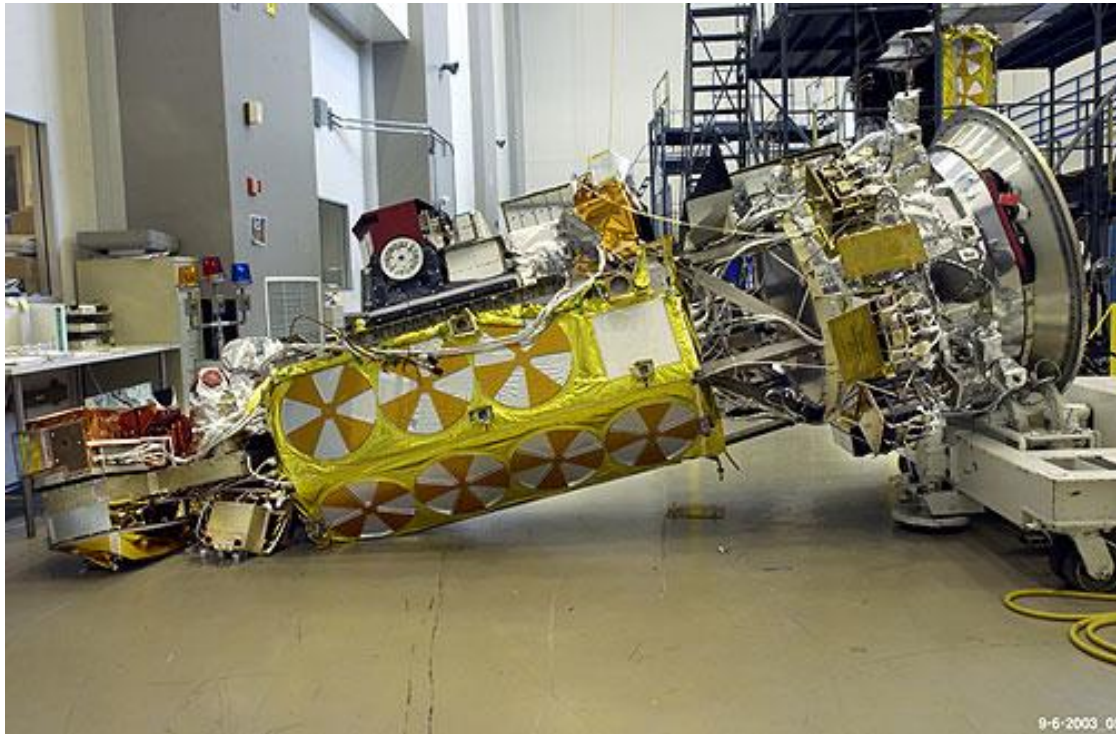
Длина – до 10 мм

Защита:

- Использование сплавов
- Точно пока не известно



Хранение и перевозка



NOAA-N Prime spacecraft, to launch in 2008

Хранение – до 3–5 лет

Перевозка:

- Самолет
- Поезд
- Автомобиль
- Грузчики
- Падения
- Влажность и пыль

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНИКИ

ЭМС

Технические проблемы:

Электростатика

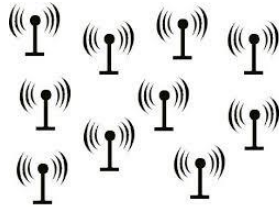
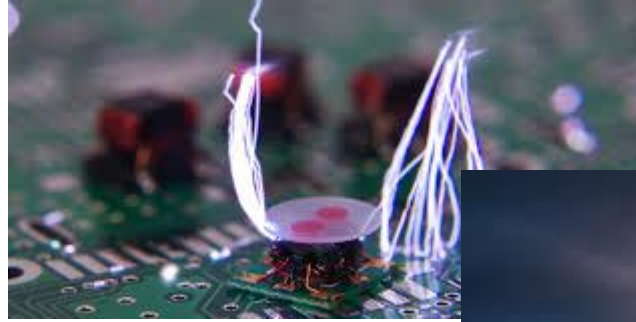
Молниевые разряды

Мощные передатчики

Административные:

Регулирование частотного
диапазона

Регистрация передатчиков



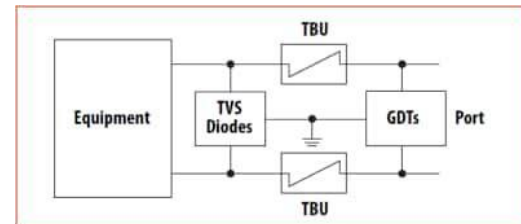
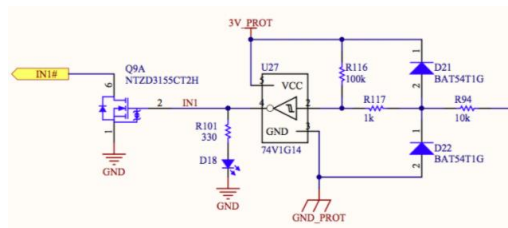


При выведении или на космодроме
(военных не берем)

Заряд стекает по корпусу ракеты, но
возникает импульсная помеха

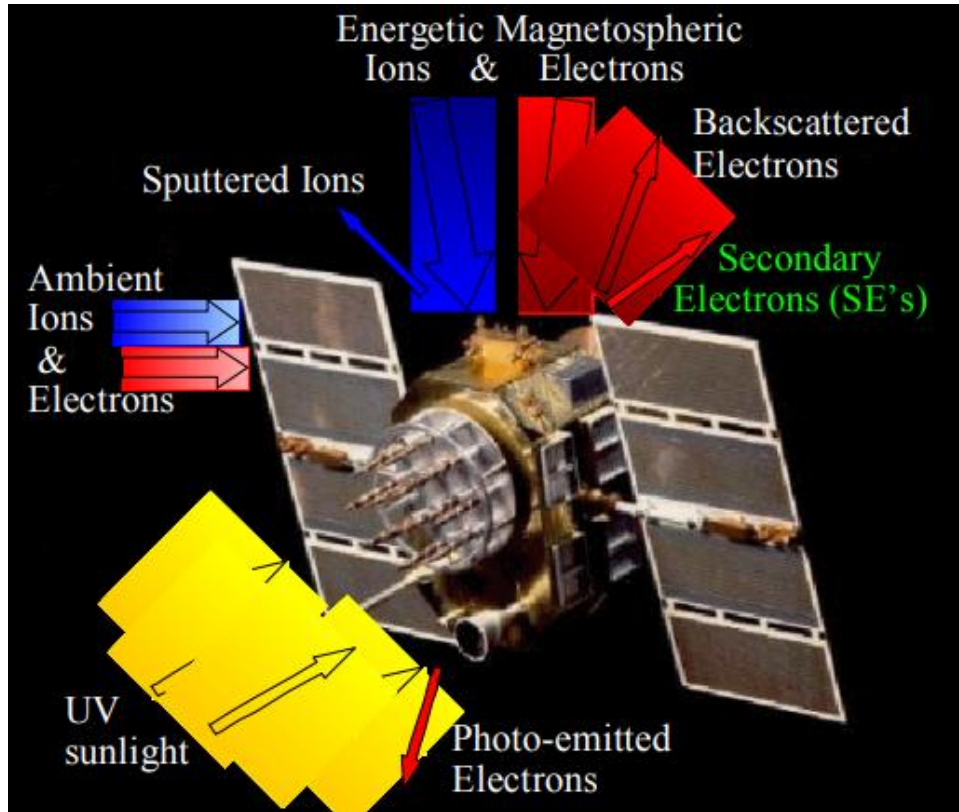
Не так страшно для выключенной техники

Защита – стандартная схема от мощных импульсных помех, развязка с корпусом по ВЧ



Союз-2 2019Г

ЭМС – электростатика



Причина возникновения – окружающая плазма, облучение, собственная ионизация

Объект накопления заряда – поверхность и внутренности КА

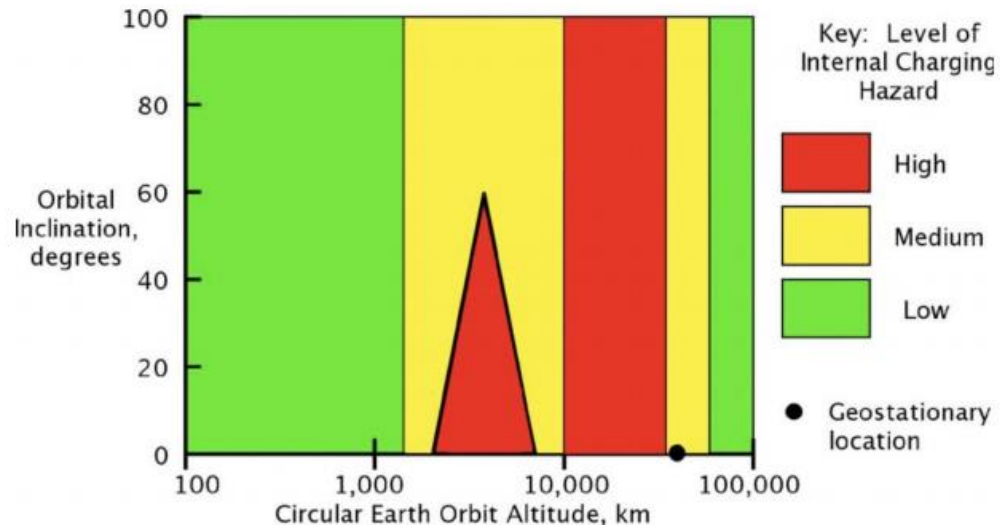
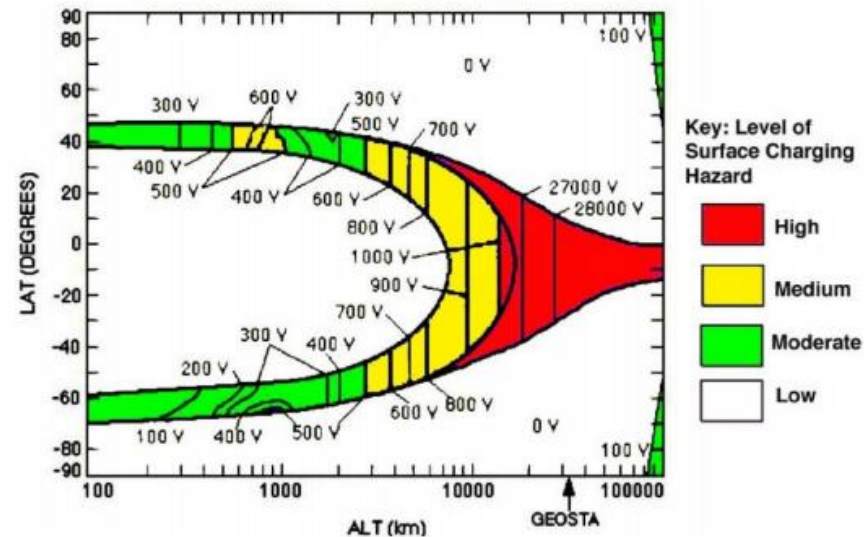
Основная опасность – электростатические пробой (разряды)

Причина – неравномерное накопление заряда на КА

Методы борьбы – правильный дизайн КА

Электростатика — причина

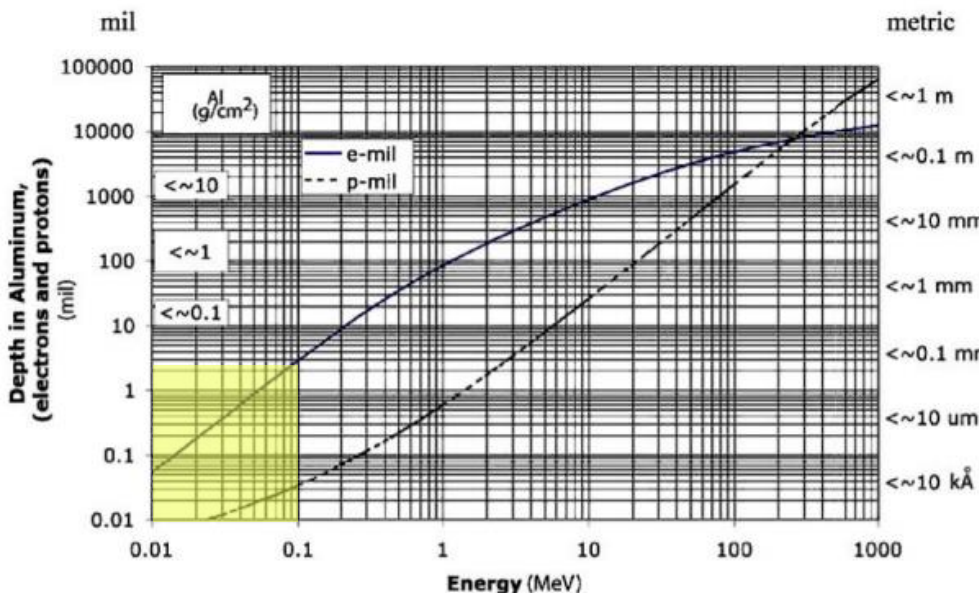
Скорость и величина накопления ЭСЗ неравномерна на разных орбитах



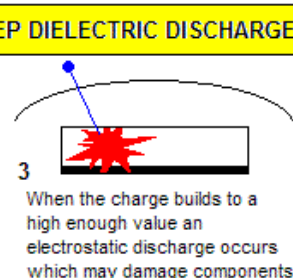
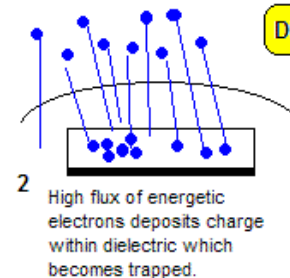
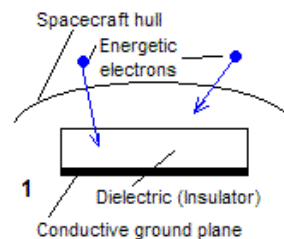
Электростатика — объект

Заряд накапливается как на поверхности КА, так и внутри,
в зависимости от энергетики заряженных частиц

Глубина проникновения заряженных частиц



Внешнее
накопление
(ESD)



Внутреннее
накопление
(IESD)

NASA-HDBK-4002A w/CHANGE 1

Электростатика — разряды

На платах

Корпус-плата

Корпус-кабель

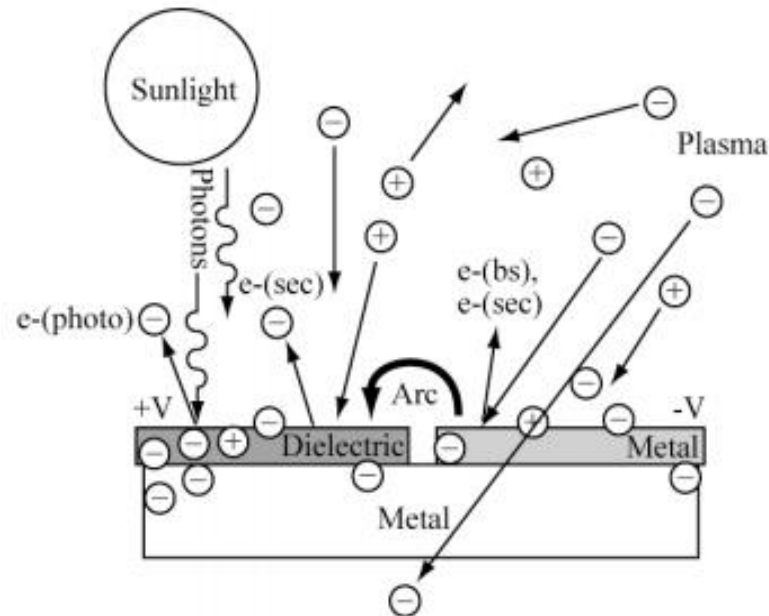
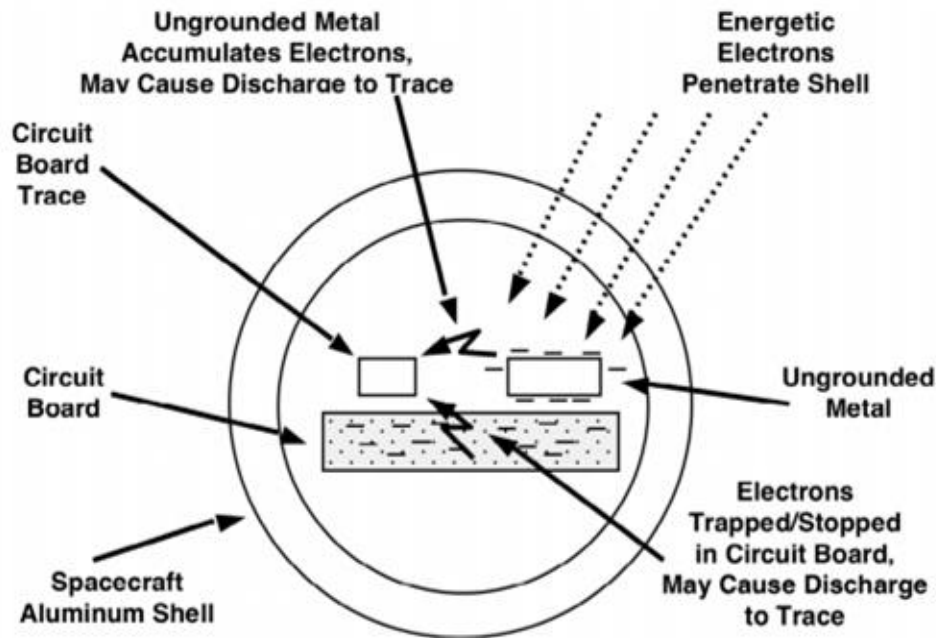
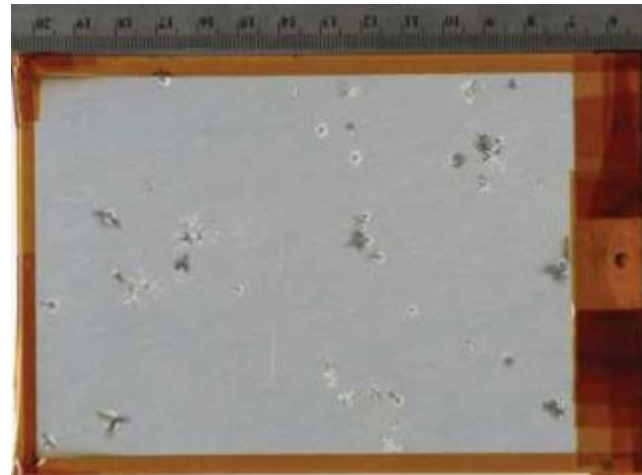
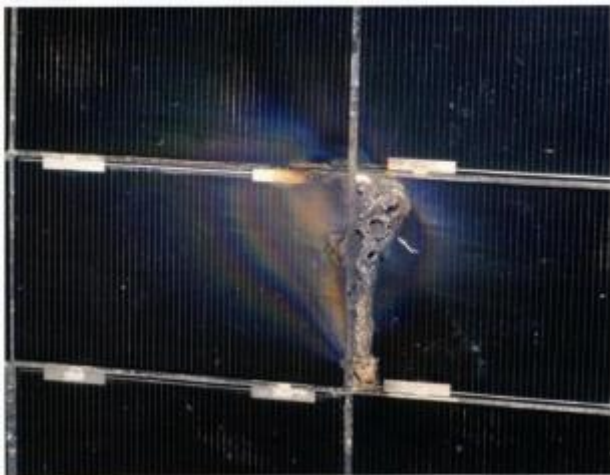
Корпус-космос

Figure 4—Plasma Interactions with Spacecraft Surfaces

Электростатика — разряды

Примеры повреждений



Электростатика — разряды

G1

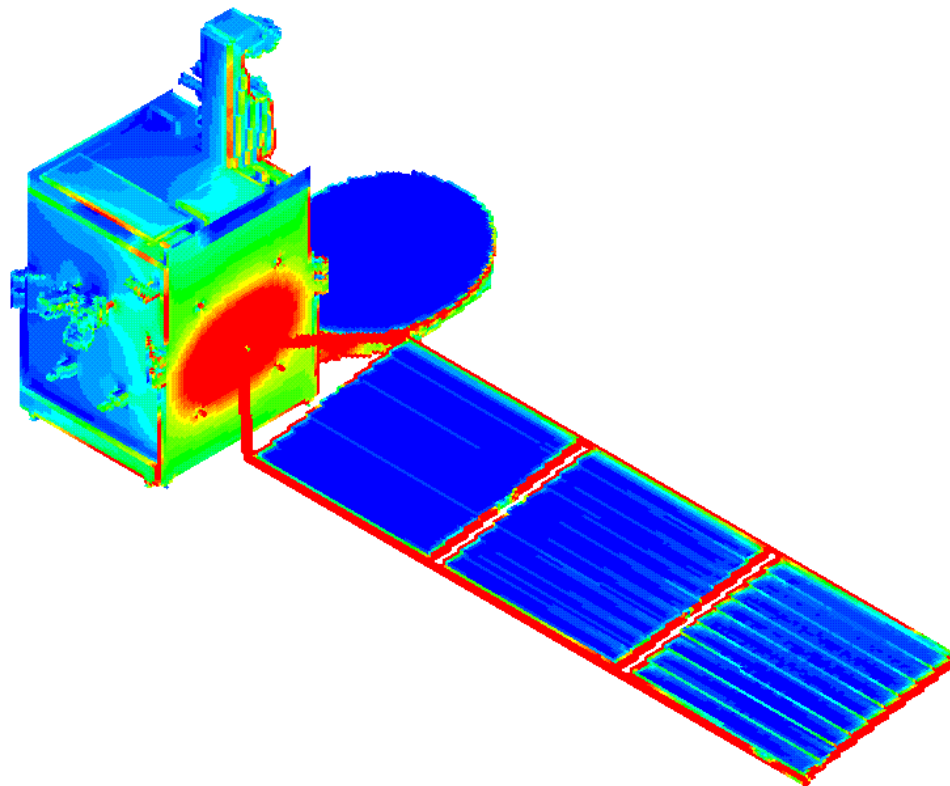
Result contours of -

ZANIMAT : TI1

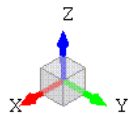
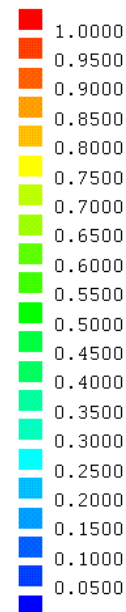
Data : JCURRENT

Min : 8.66E-08

Max : 4.43E-02



x1E-3



Frame 1

Электростатика — борьба

Как защититься? И почему малому аппарату на НОО не так страшно

- ✓ Выбор орбиты
- ✓ Экранирование КА
- ✓ Заземление элементов

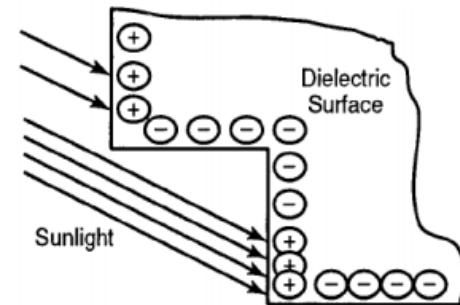
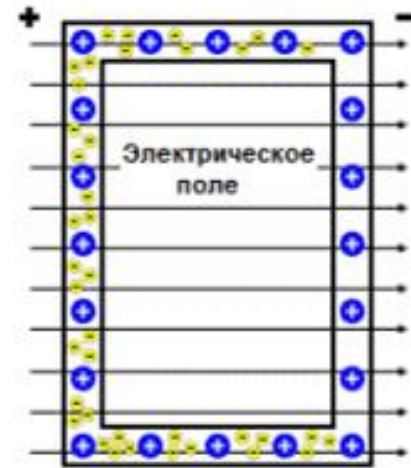
Экранирование и заземление кабельной сети

- ✓ Избегать диэлектриков в конструкции

Защита разъемов

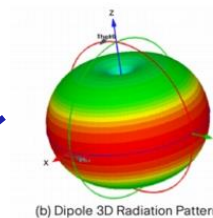
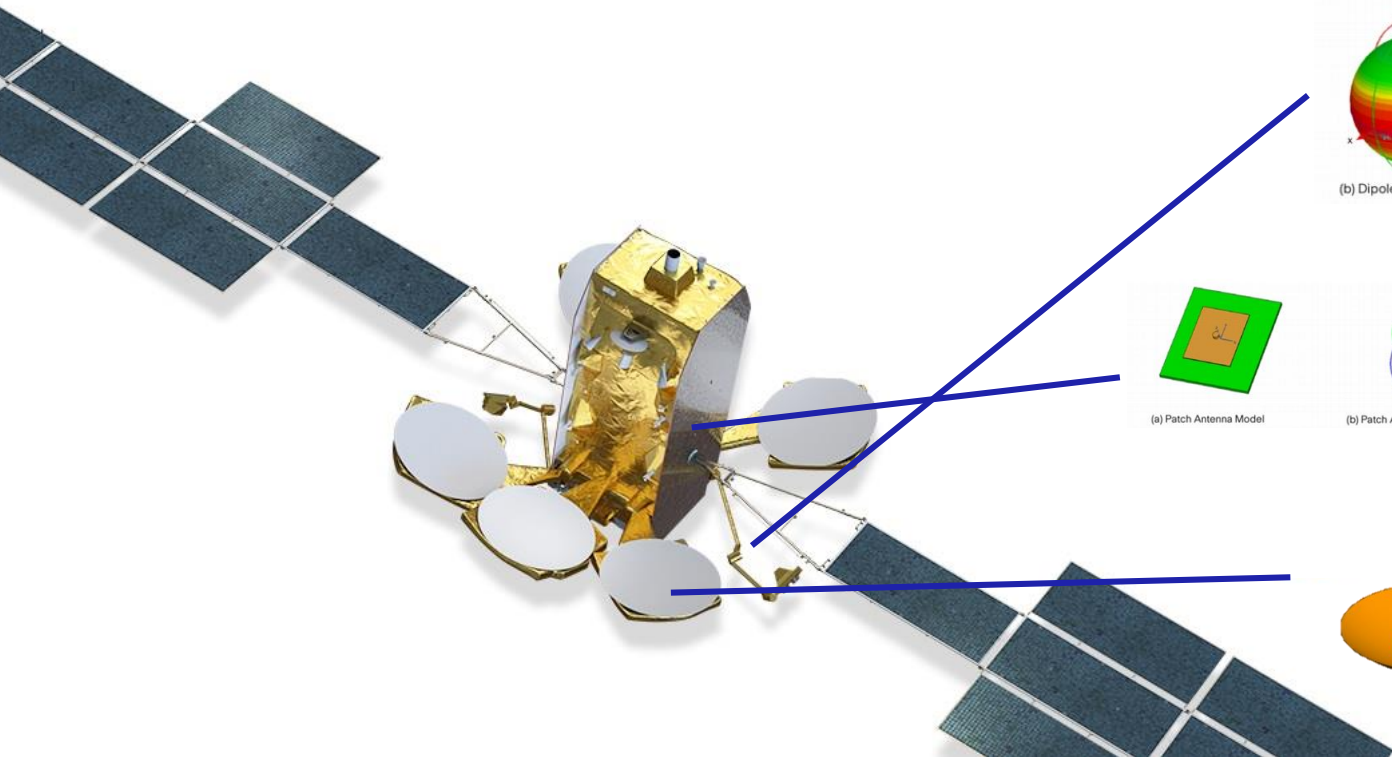
Защита микросхем

Клетка Фарадея



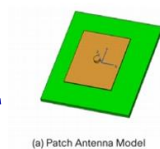
ЭМС – передатчики на борту

На больших телекоммуникационных КА

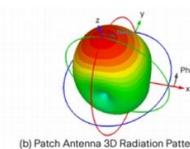


УКВ передатчики
всенаправленные

>10 Вт

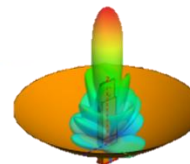


(a) Patch Antenna Model



ВЧ передатчики
всенаправленные

>10 Вт

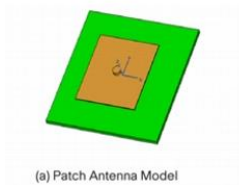
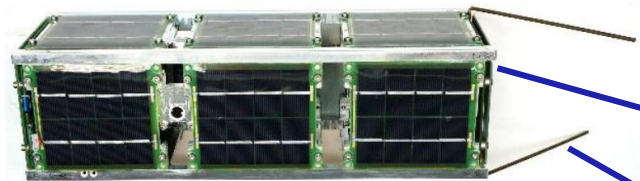


СВЧ передатчики
ПН

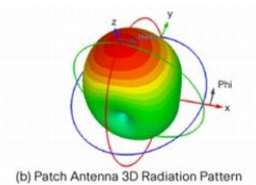
>10 кВт

ЭМС – передатчики на борту

Наноспутник



(a) Patch Antenna Model



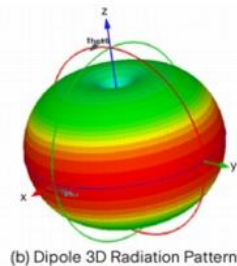
(b) Patch Antenna 3D Radiation Pattern

УКВ передатчик
всенаправленный

~2 Вт

Чувствительная аппаратура:

- Приемники
- ГНСС-приемники
- MEMS-датчики



(b) Dipole 3D Radiation Pattern

СВЧ передатчик

~2 Вт

Как сделать, чтобы не сломался?

*Летаем недолго – 1-3 года и низко, избегаем
радиационных поясов*

*Берем индустриальную базу, но защищаем ее
корпусом и схемами*

Пишем ХОРОШИЙ СОФТ



План на сегодня

1. Обзор индустрии
2. Как летать вокруг Земли
3. Как устроен спутник
4. Разработка техники
5. Заключение
6. Доступный космос

Заключение

Придумали

- Для чего нужен спутник
- Куда и как его запустить
- Из чего и как сделать его узлы

Не успели

- Обработать данные и продать их





План на сегодня

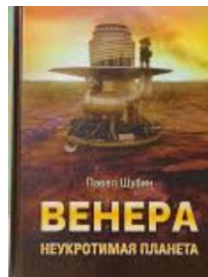
1. Обзор индустрии
2. Как летать вокруг Земли
3. Как устроен спутник
4. Разработка техники
5. Заключение
6. Доступный космос

5. ДОСТУПНЫЙ КОСМОС



Что поделать самому?

Читать про космос



Поддерживать энтузиастов

BOOMSTARTER

Радиолюбительство



Участие в проектах





Что попробовать детям?

Центры творчества (ЦМИТы)



5. ДОСТУПНЫЙ КОСМОС

Краудфандинг



KICKSTARTER



Project We Love

eScope | the most successful kickstarter telescope campaign

Finally see distant galaxies, and in partnership with SETI Institute, leverage its ease of use to contribute t...



Project We Love

ARKYD: A Space Telescope for Everyone

The first publicly accessible space telescope! Take amazing photos of space or have your photo display...



Project We Love

LightSail: A Revolutionary Solar Sailing Spacecraft

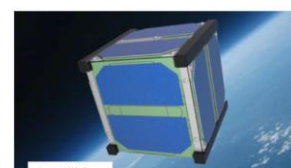
Unlimited free energy from the sun will provide CubeSat propulsion and revolutionize access to spa...



Project We Love

LUNAR MISSION ONE: A new lunar mission for everyone.

Lunar Mission One: the most inspirational mission to the Moon since the Apollo landings, and your chance...

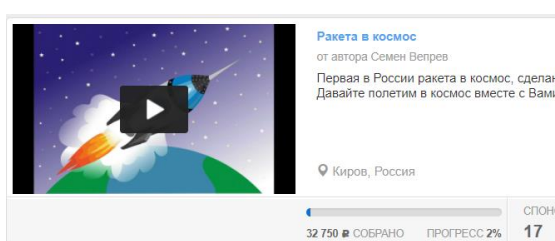
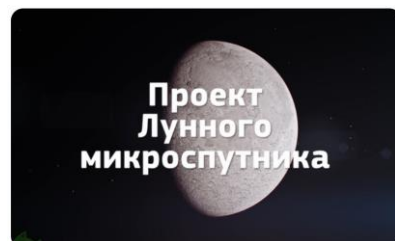


Project We Love

SkyCube: The First Satellite Launched by You!

A nano-satellite that lets you take Earth images and "tweet" from space, then inflates a visible balloon, an...

BOOMSTARTER



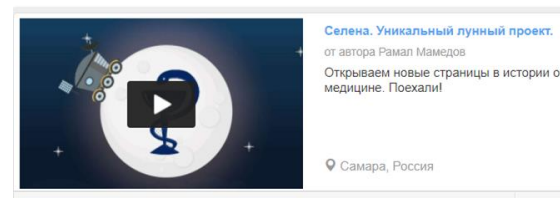
Ракета в космос

от автора Семен Вепрев

Первая в России ракета в космос, сделанная в России. Давайте полетим в космос вместе с Вами!

Киров, Россия

32 750 СОБРАНО ПРОГРЕСС 2% СПОНСОРОВ 17



Селена. Уникальный лунный проект.

от автора Рамал Мамедов

Открываем новые страницы в истории освоения космоса. Поехали!

Самара, Россия

Радиолюбители



Программная часть:

- Orbitron
- Hamlib
- SDRSharp
- Soundmodem (AX.25 decoder)

Расшифровка телеметрии:

- NOAA
- FOX
- BisonSat
- Метеор
- СириусСаты – Houston Telemetry Viewer

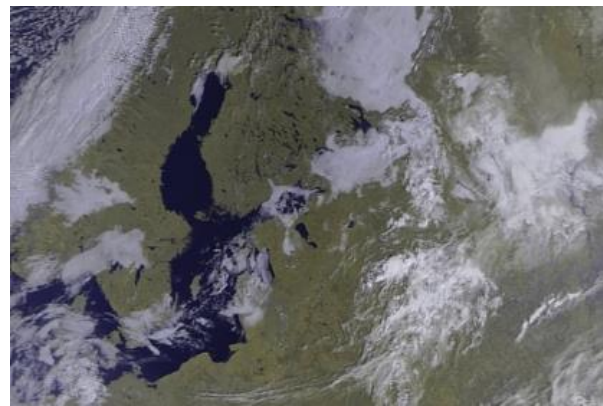
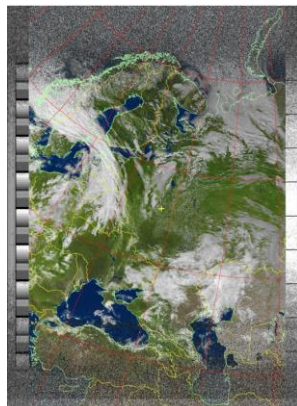
5. ДОСТУПНЫЙ КОСМОС

Радиолюбители

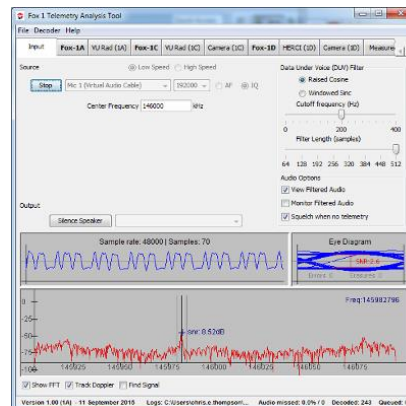


NOAA

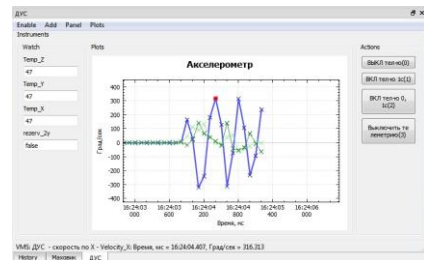
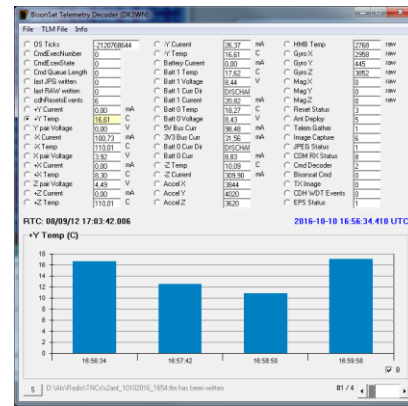
Метеор



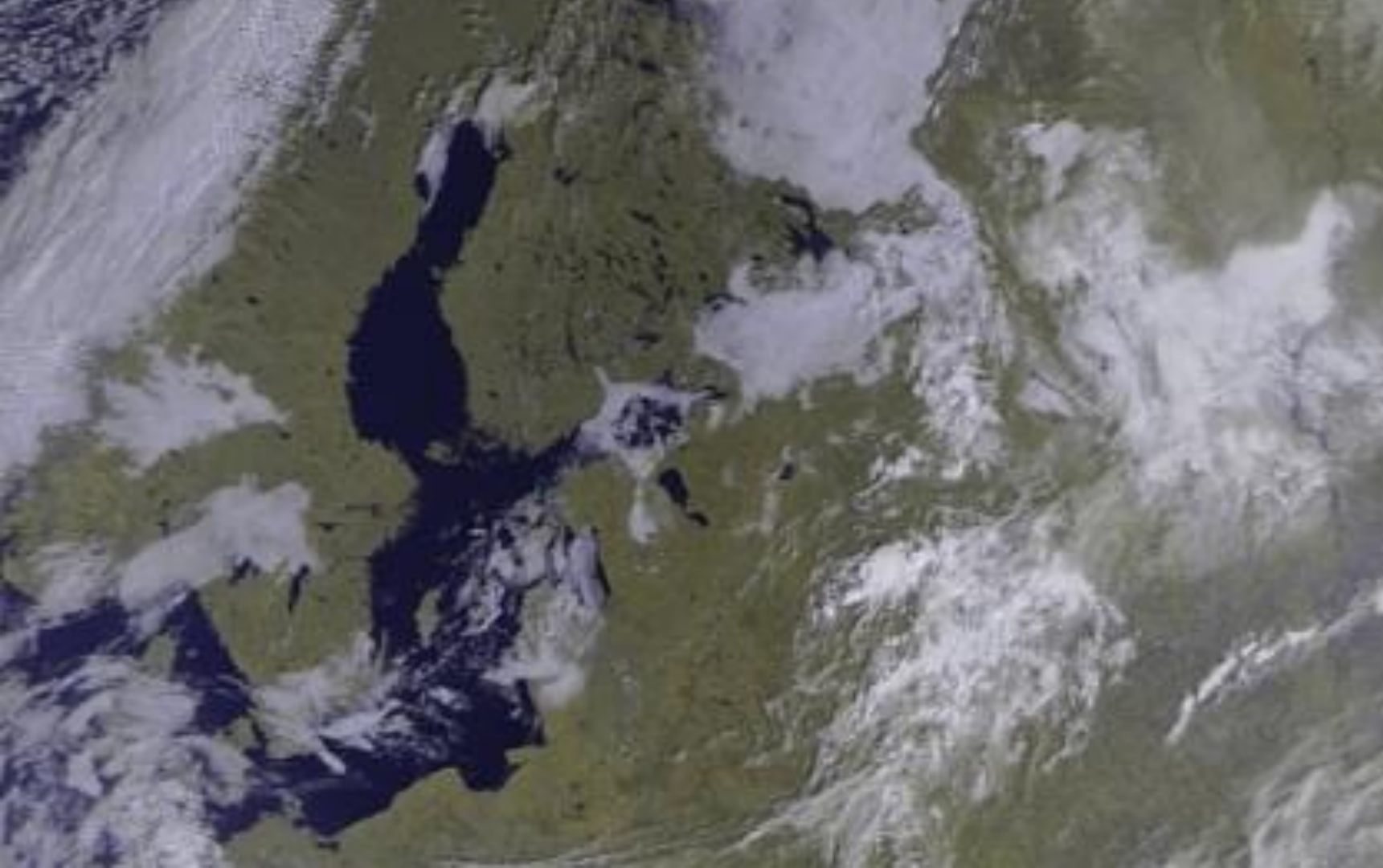
FOX



BisonSat



СириусСат-1,2



Метеор

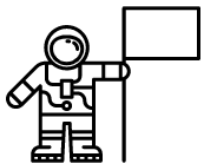


Радиолюбители

<https://satnogs.org/>



- Уникальный Open-Source проект
- Полностью бесплатная сеть



Documentation

Полная открытая документация

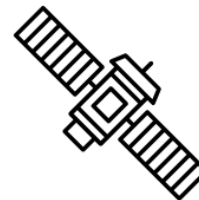
- Антенна
- Поворотное устройство с контроллером
- ПО



Network

Полностью автоматизированная самопополняющаяся сеть:

- 141 станций

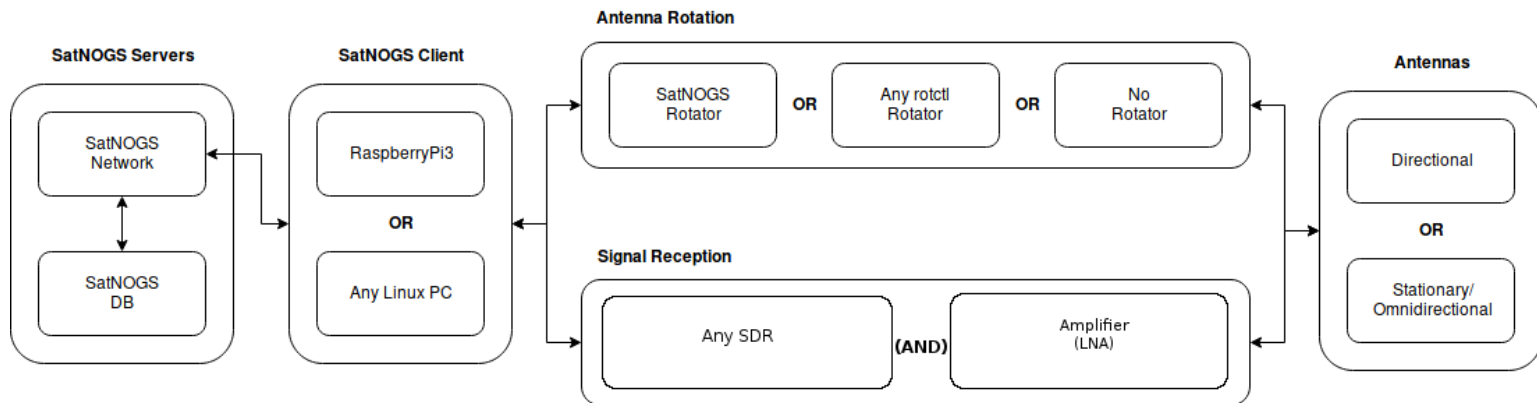


DB

Собственная бесплатная база данных



Радиолюбители

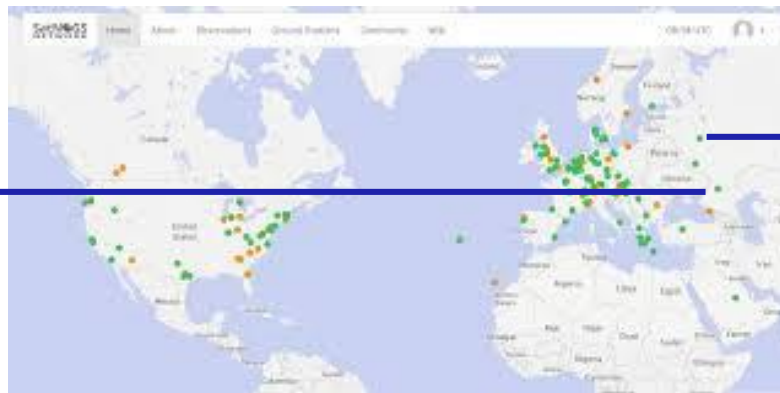
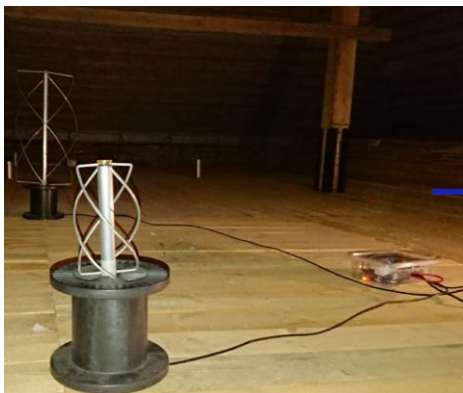


Platform	Controller	Rotator	Radio	Antenna
Raspberry Pi 3	SatNOGS Controller	SatNOGS Rotator	SDR	Yagi
Debian system	Rot2Prog	SPID Big RAS		Helical
Linux Desktop	Isf-g5500	Yaesu G5500		Vertical
	Arduino UNO CNC Shield based controller	No rotator		Cross-Yagi

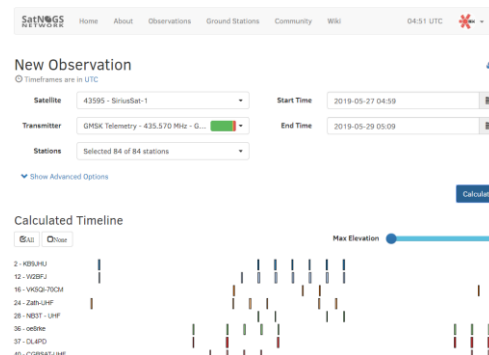
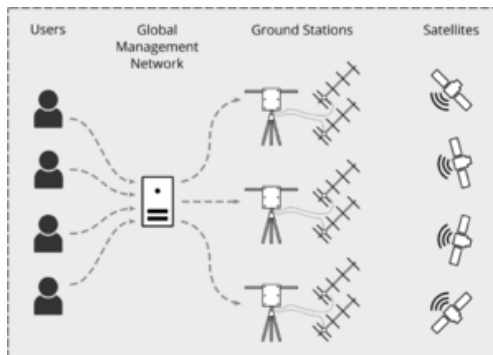


5. ДОСТУПНЫЙ КОСМОС

Радиолюбители



Роман, Волгодонск



Спутник, Сколково

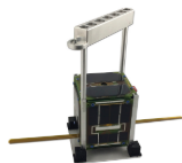
5. ДОСТУПНЫЙ КОСМОС

Радиолюбители



SiriusSat-1

SatNOGS DB



SiriusSat-1 RS13S

NORAD ID 43595

Success Rate 86%

Observations 3123

2710 89 310 14

GMSK Telemetry

Observations

3123



Close

SatNOGS
NETWORK

Home

About

Observations

Ground Stations

Community

Wiki

04:54 UTC



Observation #697229

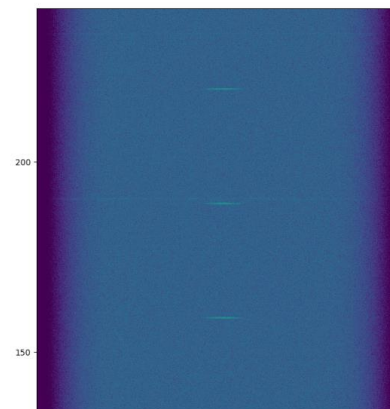
Timeframes are in UTC



Discuss

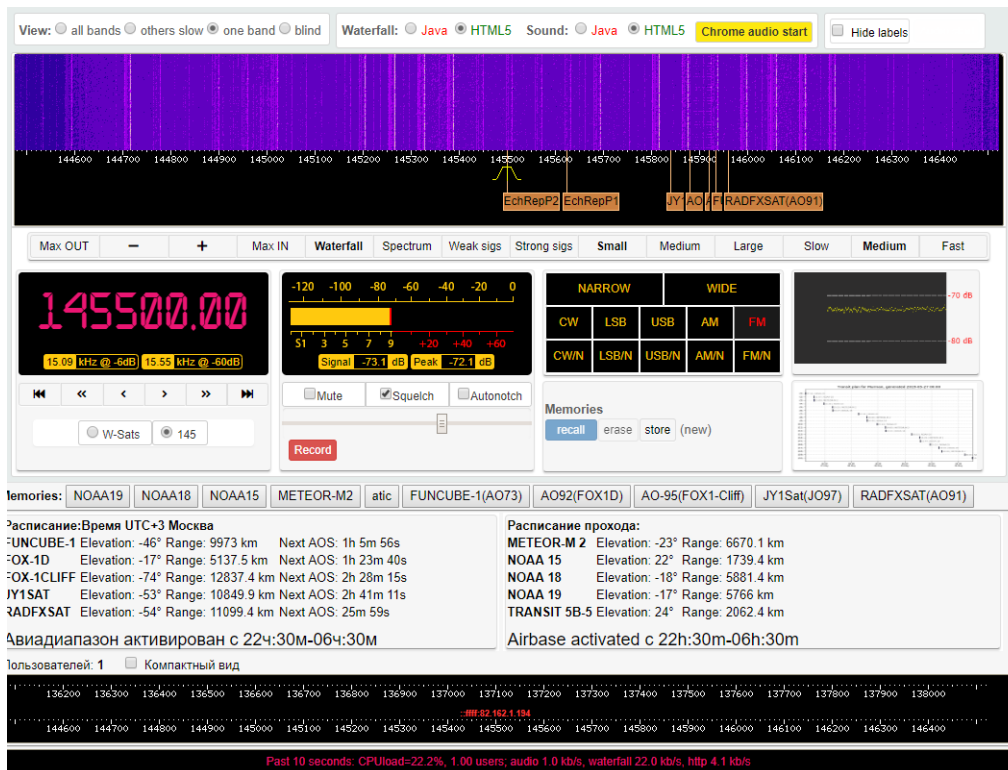
Satellite	43595 - SiriusSat-1
Station	201 - K02F-UHF-1
Observer	Dimitris Papadeas
Status	Good
Transmitter	GMSK Telemetry
Frequency	435.570 MHz
Encoding	GMSK4k8
Timeframe	2019-05-27 04:34:57 2019-05-27 04:39:00
Rise	317.0°
Max	68.0°
Set	118.0°
Client Version	0.9
Metadata	{ 5 items }
Polar Plot	

Waterfall Audio Data 4



5. ДОСТУПНЫЙ КОСМОС

Радиолюбители

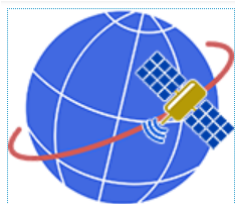


<http://www.websdr.org/>

- 171 сервер по всему миру
- Онлайн-прослушивание
- Нет машинного интерфейса



Радиолюбители



R4UAB блог

Amateur satellite

<https://r4uab.ru/>

- На русском языке
- Новости и запуски
- Работа с Orbitron
- Частоты аппаратов

Amateur Radio

Mike Rupprecht, DK3WN

<http://dk3wn.info/blog/>

- Немецко-английский сайт
- СОФТ с огромным количеством декодеров телеметрии
- Свое сообщество радиолюбителей

5. ДОСТУПНЫЙ КОСМОС

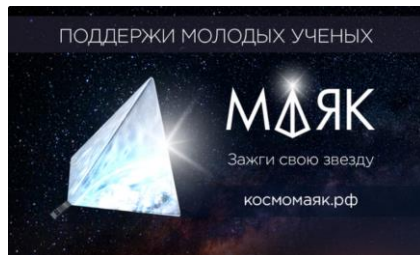


Любительские проекты

Команды не разбегаются



<https://vk.com/lookourself>



https://boomstarter.ru/projects/shaenko/kosmicheskiy_sputnik_mayak



Селеноход

Google X Prize

<https://vk.com/selenokhod>



Любительские проекты

Команды не разбегаются



https://boomstarter.ru/projects/549148/raketa_v_kosmos



https://boomstarter.ru/projects/1011802/selena_unikalnyy_lunnyy_proekt

5. ДОСТУПНЫЙ КОСМОС

Детское творчество



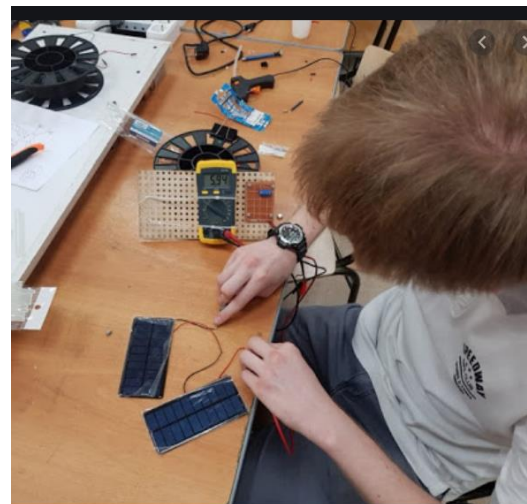
КОСМОКВАНТУМ



КВАНТОРИУМ



ЦЕНТР
МОЛОДЕЖНОГО
ИННОВАЦИОННОГО
ТВОРЧЕСТВА





Детское творчество



<http://spacecontest.ru/>



Спасибо за внимание!

