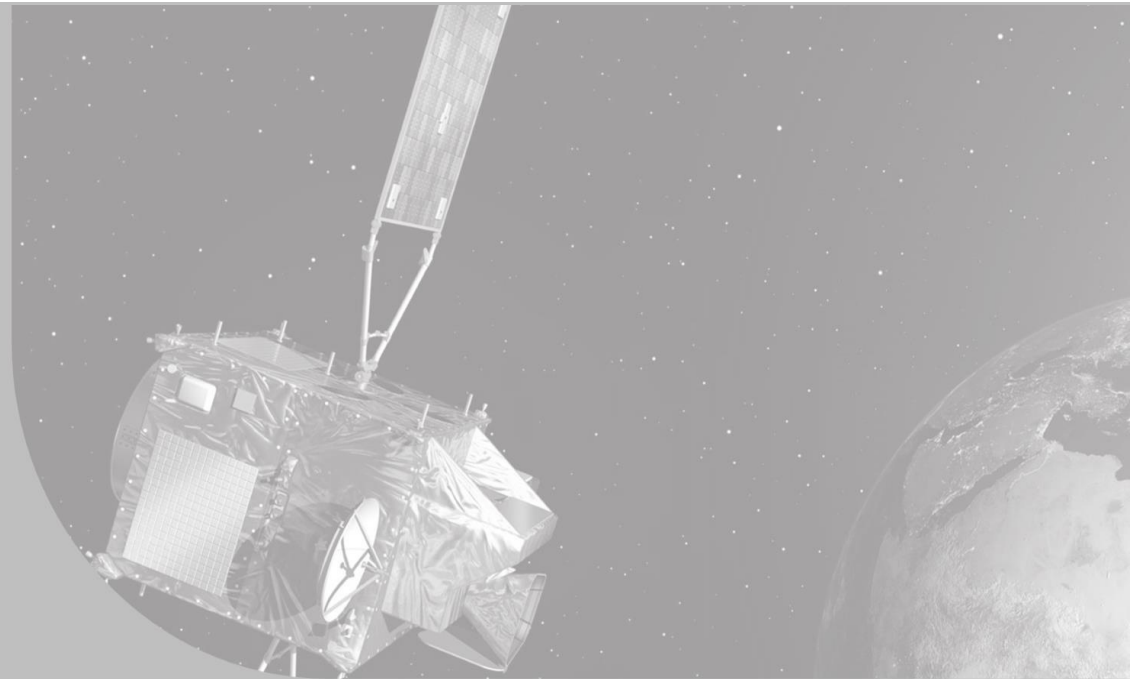


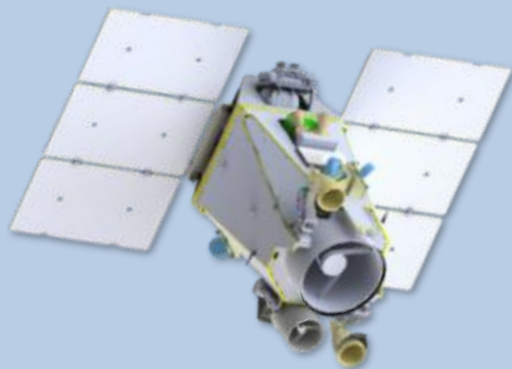
Д.Н. Севастьянов, А.В. Яковлев, Е.В. Филиппов,
В.А. Лазутин, А.С. Вахтанов, А.В. Пашкин

Группировка космических аппаратов «СМОТР-В» и «СМОТР-Р». Задачи и основные характеристики

Главный конструктор – начальник конструкторского бюро ООО «Газпром СПКА»
Яковлев Андрей Викторович

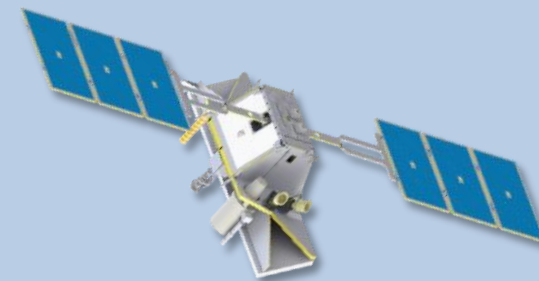


Оптико-электронный КА «СМОТР-В»



мониторинг охранных зон производственных объектов
обнаружение источников выбросов парниковых газов (метан, углекислый газ) и оценка их интенсивности
создание картографических материалов масштабов до 1:25 000 и обновление картографических материалов масштабов до 1:10 000
мониторинг хода строительных работ;
мониторинг районов чрезвычайных ситуаций (оценка ущерба, ход восстановительных работ и т.п.);
контроль состояния объектов лесного и сельского хозяйства.

Радиолокационный КА «СМОТР-Р»



геотехнический и геодинамический мониторинг производственной инфраструктуры на основе радиолокационной интерферометрии
оперативный мониторинг ледовой обстановки на трассе СМП и акватории морей АЗРФ, информационная поддержка мероприятий по поиску и спасению в Арктике
мониторинг зон с особыми условиями использования территорий производственных объектов
мониторинг районов чрезвычайных ситуаций, включая определение подтоплений и контроль паводковой обстановки
оперативный мониторинг экологической обстановки в районах добычи, транспортировки, хранения и переработки углеводородов

**ОРБИТАЛЬНАЯ ГРУППИРОВКА
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ
«СМОТР»**

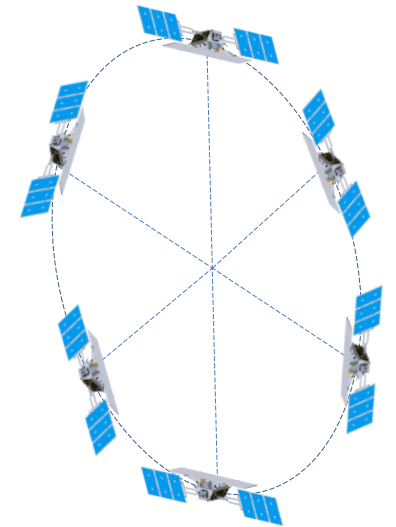
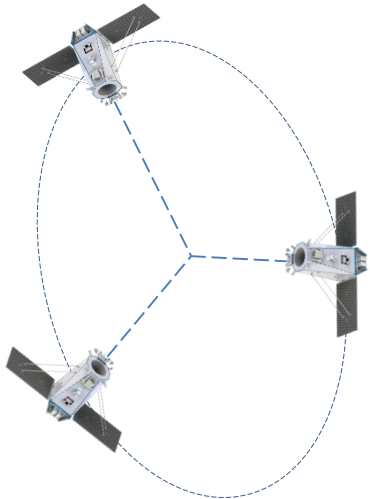
**КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ
«СМОТР-В»
(3 КА)**

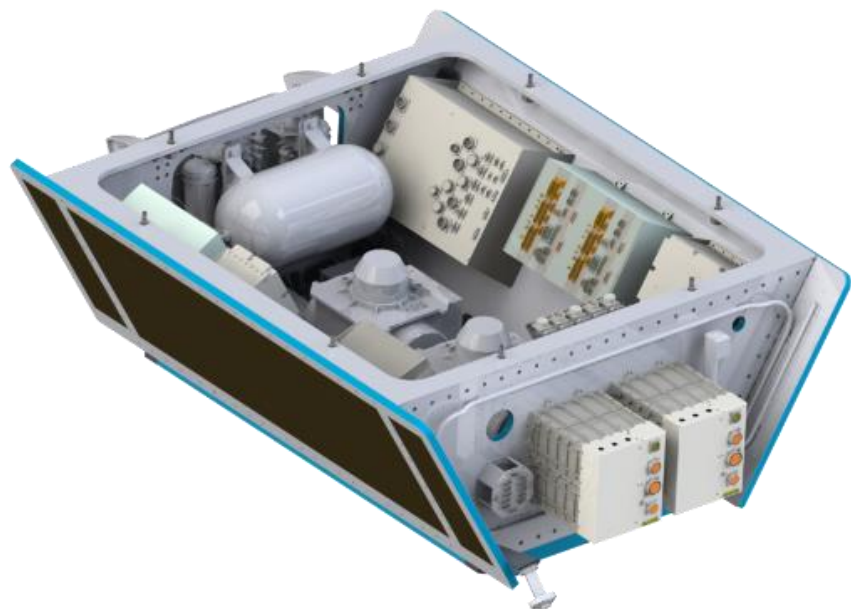
оптико-электронная съемка
сверхвысокого разрешения заданных
районов поверхности Земли в видимом
и ближнем ИК диапазоне

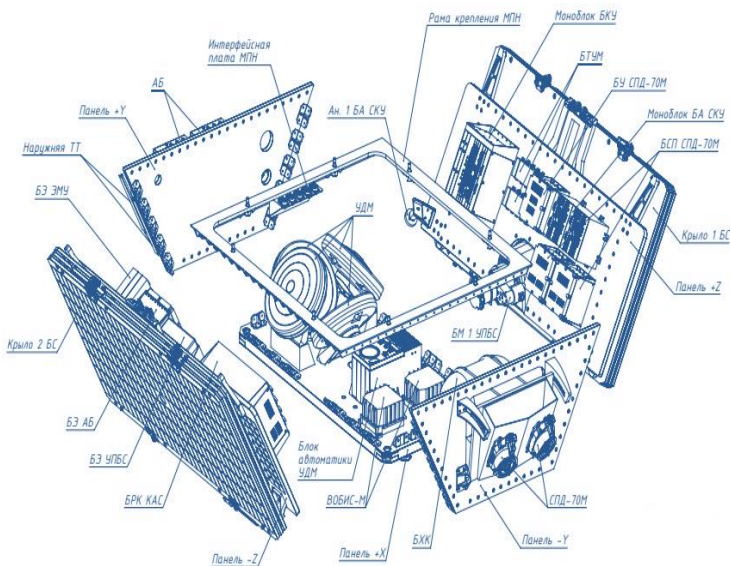
оптико-электронная съемка заданных
районов поверхности Земли в
коротковолновом ИК диапазоне для
выявления мест превышения
концентрации парниковых газов (CH_4 и
 CO_2) над естественным фоном.

**КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ
«СМОТР-Р»
(6 КА)**

всепогодная, независящая от
условий освещенности
радиолокационная съемка
заданных районов
поверхности Земли в X
диапазоне.







| Характеристика | Значение |
|---|--|
| Масса УКП сухая/заправленная, кг, не более | 336/361 |
| Потребляемая мощность ПН, пиковая 10 минут на витке, Вт, не менее | 3000 |
| Потребляемая мощность ПН средневитковая, Вт, не менее | 650 |
| Погрешность измерения ориентации КА (σ) по каждой из осей, не более | 1" |
| Погрешность ориентации (σ) по каждой из осей, не более | 0,02° |
| Погрешность измерения угловых скоростей по рысканью (3σ), °/с, не более | 0,0001 |
| Погрешность стабилизации (3σ) по каждой из осей, °/с, не более | 0,001 |
| Погрешность определения центра масс КА (1σ) по каждой из осей, м, не более | 5 |
| Погрешность определения скорости КА (1σ) по каждой из осей, м/с, не более | 0,1 |
| Диапазоны частот служебного канала управления «Земля-Космос», МГц | от 7190 до 7193,3 и от 7207,3 до 7250 |
| Диапазоны частот служебного канала управления «Космос- Земля», МГц | от 8025 до 8035 |
| Диапазон частот радиопередачи целевой информации, МГц | от 8035 до 8400 |
| Скорость СКУ прием/передача, кбит/с | до 32/64 |
| Максимальная скорость передачи целевой информации, Мбит/с | 1000 |
| Срок службы УКП на орбите после сдачи в эксплуатацию лет, не менее | 10 |



| ХАРАКТЕРИСТИКА КА | ЗНАЧЕНИЕ |
|--|-------------------------------|
| Количество КА в орбитальной группировке | 6 |
| Параметры орбиты КА | ССО со средней высотой 616 км |
| Полезная нагрузка КА | РСА с АФАР |
| Круговая ошибка геопривязки РЛИ (СЕ90), без опорных точек, м, не более | 30 |
| Производительность каждого КА, млн. кв. км/год, не менее | 120 |
| Полезная скорость передачи целевой информации, Мбит/с, не менее | 1000 |
| Емкость бортового запоминающего устройства, Тбит, не менее | 2 |
| Максимальное предоставляемое КА энергопотребление для ПН, Вт, не менее | 3000 в течение 10 минут |
| Масса КА, кг, не более | 750 |
| Срок службы КА на орбите, лет, не менее | 7 |



| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕНИЕ | | | |
|--|--------------------------|-------------|---------------------|------------|
| | Детальный | Маршрутный | Обзорный | |
| Частотный диапазон, МГц | 9300 – 9900 (X-диапазон) | | | |
| Режимы съемки | | | Обзорный 1 | Обзорный 2 |
| Пространственное разрешение, м, не более | 1 | 5 | 15 | 25 |
| Полоса захвата, км, не менее | 10 | 25 | 115 | 150 |
| Радиометрическая чувствительность*, дБ, не более | минус 15 | минус 17 | минус 20 | |
| Поляризация | V/V или Н/Н | V/V или Н/Н | V/(V+H) или H/(H+V) | |
| Протяженность маршрута съемки, км, не менее | 10 | 2000 | | |
| Полоса обзора, правая/левая, км, не менее | 400/400 | | | |
| Динамический диапазон, дБ, не менее | 40 | | | |
| Погрешность измерения УЭПР, дБ, не более | 2 | | | |
| Суммарное время съемки на витке, сек., не менее | 300 | | | |



Общий вид РКН «Союз-2.16»

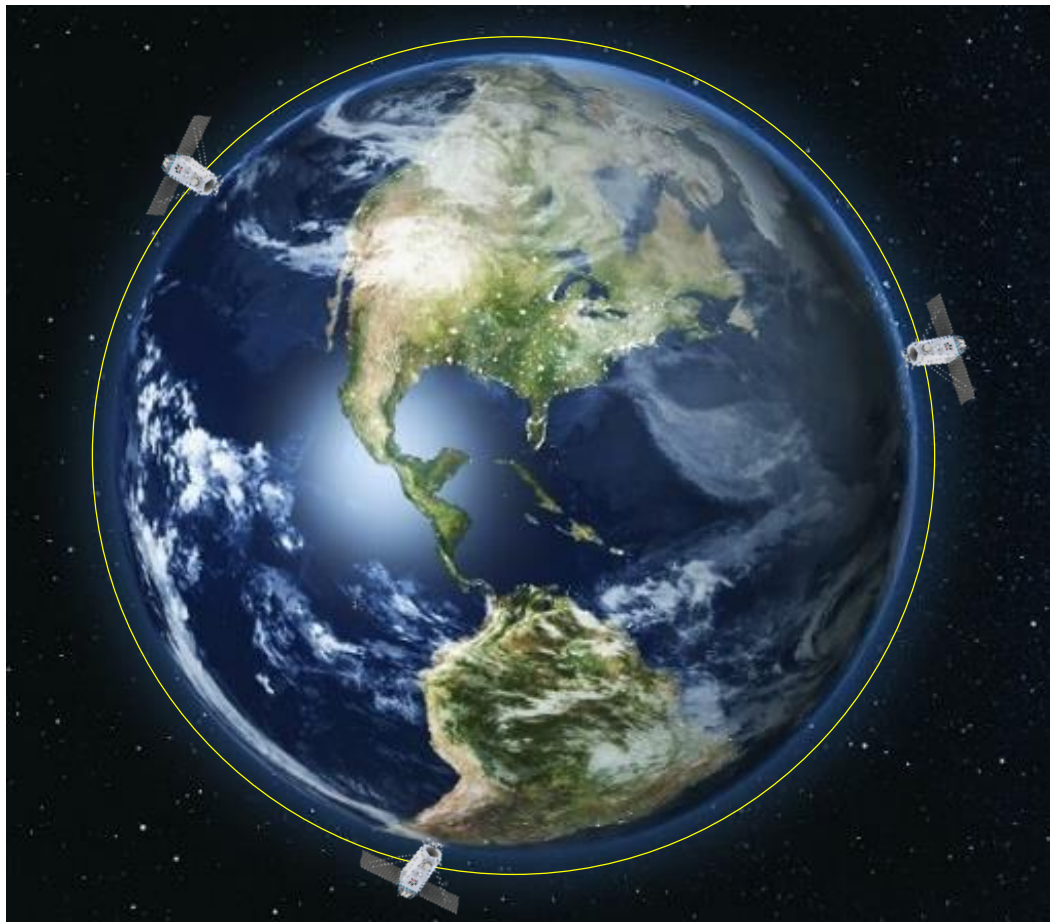


Компоновка группового запуска 5 КА «СМОТР-Р» на РКН «Союз-2.16» с КГЧ на базе РБ «Фрегат-М»

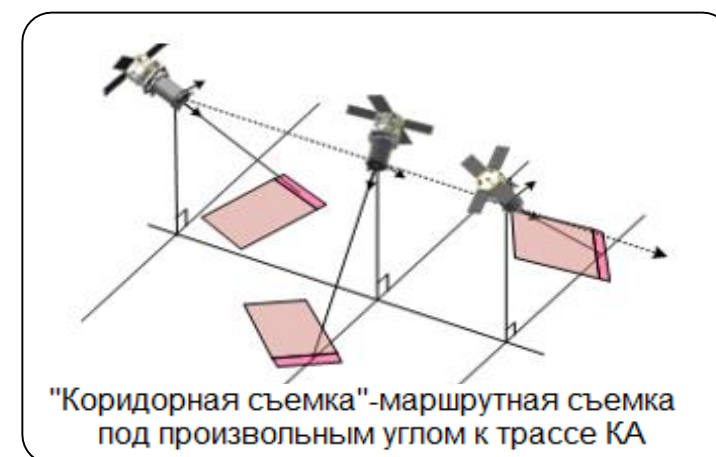
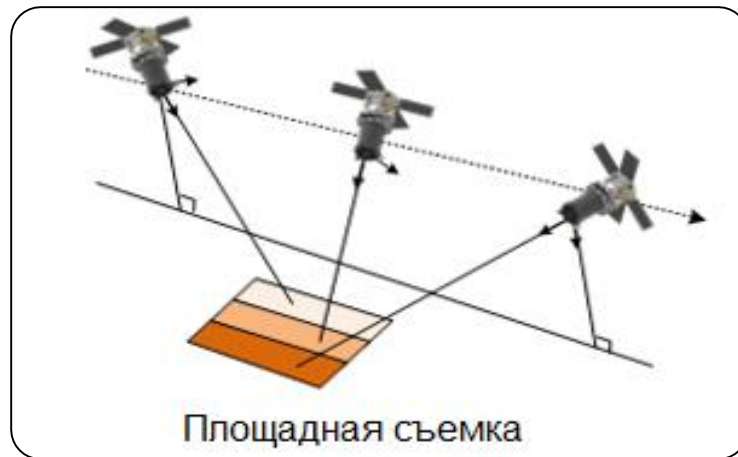
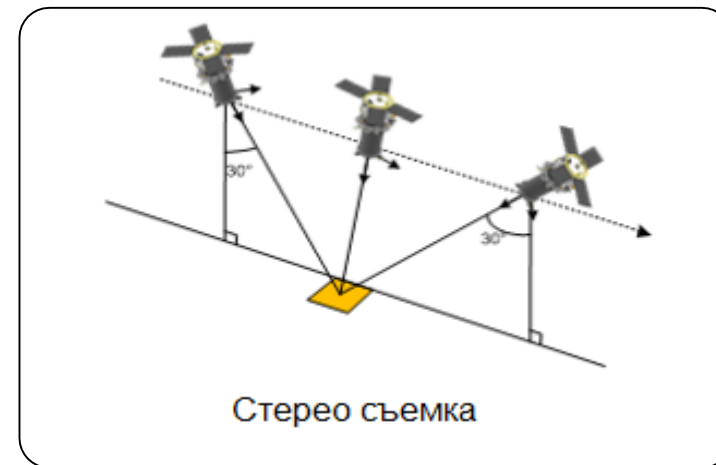
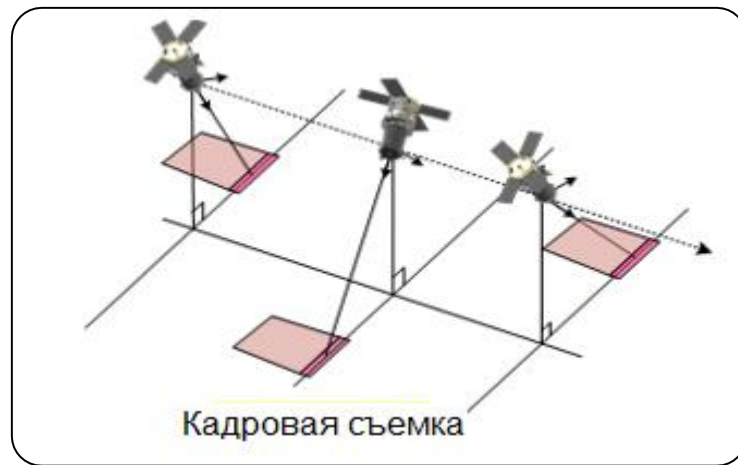
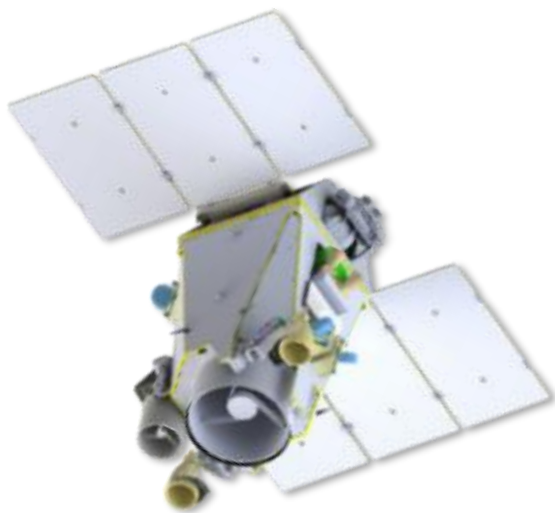
| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕНИЕ |
|---|--|
| Тип орбиты | Круговая солнечно-синхронная |
| Средняя высота орбиты, км | 616 |
| Наклонение, ° | 97,8 |
| Местное солнечное время прохождения восходящего узла, чч:мм | 6:00 |
| Схема расположения КА на орбите | 6 КА «СМОТР-Р» располагаются на одной орбите симметрично (фазовый угол между КА 60°) |
| Количество витков в сутки | 14+7/8 |
| Кратность орбиты, сутки/витки | 8/119 |
| Период обращения, мин | 96,8 |

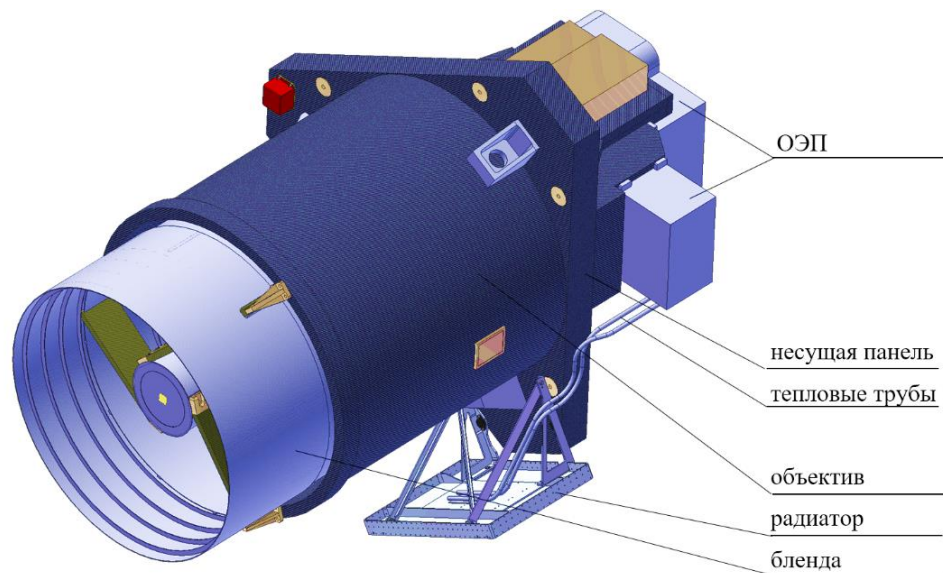
Выведение КА «СМОТР-Р» - демонстратора на орбиту будет осуществляться РКН «Союз-2.16» совместно с другими КА, выводимыми на орбиты с близким местным временем прохождения восходящего узла.

Выведение пяти КА «СМОТР-Р» на орбиту будет осуществляться одной РКН «Союз-2.16».

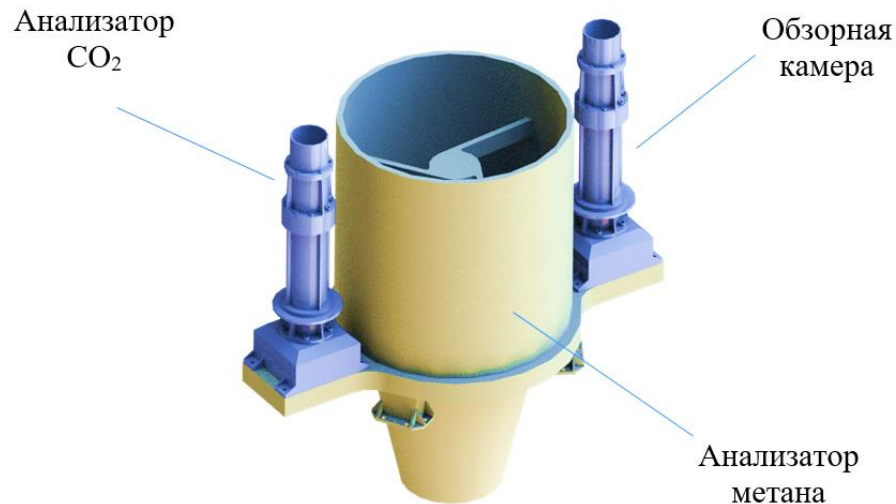


| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕНИЕ |
|--|---|
| Количество КА в орбитальной группировке | 3 |
| Параметры орбиты КА: | ССО со средней высотой 504 км |
| Полезная нагрузка КА | оптико-электронная аппаратура (ОЭА) спутниковый газоанализатор (СГА) обзорная камера (КО) |
| Круговая ошибка геопривязки (СЕ90), без опорных точек, м, не более | 25 |
| Производительность каждого КА, млн. кв. км/год, не менее | 80 |
| Полезная скорость передачи целевой информации, Мбит/с, не менее | 1000 |
| Масса КА, кг, не более | 720 |
| Срок службы КА на орбите, лет, не менее | 10 |





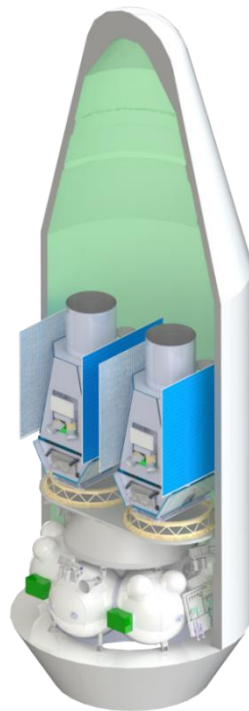
| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕНИЕ |
|--|---|
| Пространственное разрешение: - панхроматическая съемка, м (не более) - мультиспектральная съемка, м (не более) | 0,5 2,0 |
| Спектральные диапазоны, мкм - панхроматический канал - мультиспектральные каналы | 0,50 – 0,80, 0,45 – 0,51, 0,51 – 0,58, 0,63 – 0,69, 0,77 – 0,89 |
| Линейное разрешение на местности (ЛРМ), м, не более - панхроматический канал - мультиспектральные каналы | 0,7 2,0 |
| ФПМ (на проходной частоте, соответствующей ЛРМ) в ПК | 0,1 |
| Полоса захвата, км, не менее | 12 |
| Полоса обзора (за счет поворота КА), км, не менее | 1000 |
| Разрядность квантования, бит, не менее | 12 |
| Емкость БЗУ, Тбит | 2 |
| Время работы в режиме со съемкой в сутки, с | 3600 |
| Время работы в режиме со съемкой на витке, с | 600 |



| Характеристика | Значение |
|--|-----------------|
| Анализатор метана (АМ) | |
| Измеряемый газ | CH ₄ |
| Пространственное разрешение* (проекция пикселя), м | 48 |
| Чувствительность* к выбросам CH ₄ в режиме съемки «Поиск» (при тангажном замедлении 1,5 крата, мс), % | 5 |
| Чувствительность* к выбросам CH ₄ в режиме съемки «Измерение» (при тангажном замедлении 14 крат), % | 2 |
| CO₂-камера | |
| Измеряемый газ | CO ₂ |
| Пространственное разрешение* (проекция пикселя), м | 48 |
| Чувствительность* к выбросам CO ₂ при съемке в режиме «Поиск», % | ≤ 3 |
| Чувствительность* к выбросам CO ₂ при съемке в режиме «Измерение», % | ≤ 3 |
| Обзорная камера (КО) | |
| Спектральная область, нм | RGB |
| Пространственное разрешение* (проекция пикселя), м | 12 |
| Общие характеристики | |
| Полоса обзора, км | 100 |
| Полоса захвата, км | 10 |
| Суммарное время работы в сутки в режиме со съемкой, с | 3600 |



Общий вид РКН «Союз-2.16»



Компоновка группового запуска 2 КА «СМОТР-В» на РКН «Союз-2.16» с КГЧ на базе РБ «Фрегат-М»

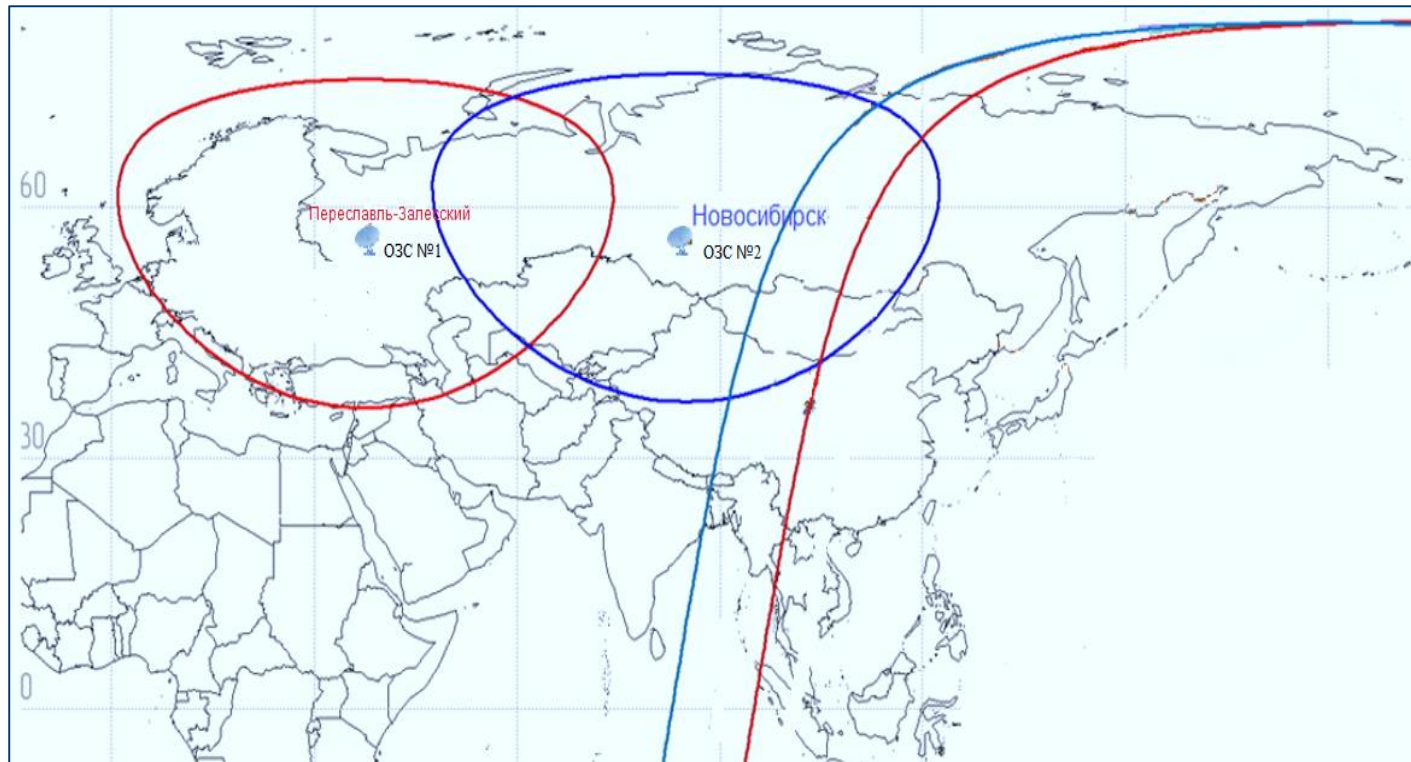
| ХАРАКТЕРИСТИКА | ЗНАЧЕНИЕ |
|---|--|
| Тип орбиты | Круговая солнечно-синхронная |
| Средняя высота орбиты, км | 504 |
| Наклонение, ° | 97,4 |
| Местное солнечное время прохождения нисходящего узла, чч:мм | 10:30 |
| Фазовый угол (истинная аномалия), ° | 0, 120, 240 |
| Схема расположения КА на орбите | 3 КА «СМОТР-В» располагаются на одной орбите (фазовый угол 120°) |
| Количество витков в сутки | 15+4/17 |
| Кратность орбиты, сутки/витки | 17/259 |
| Период обращения, мин | 94,52 |

Выведение КА «СМОТР-В»-демонстратора на орбиту будет осуществляться РКН «Союз-2.16» совместно с другими КА, выводимыми на орбиты с близким местным временем прохождения восходящего узла. Выведение двух КА «СМОТР-В» на орбиту будет осуществляться одной РКН «Союз-2.16».



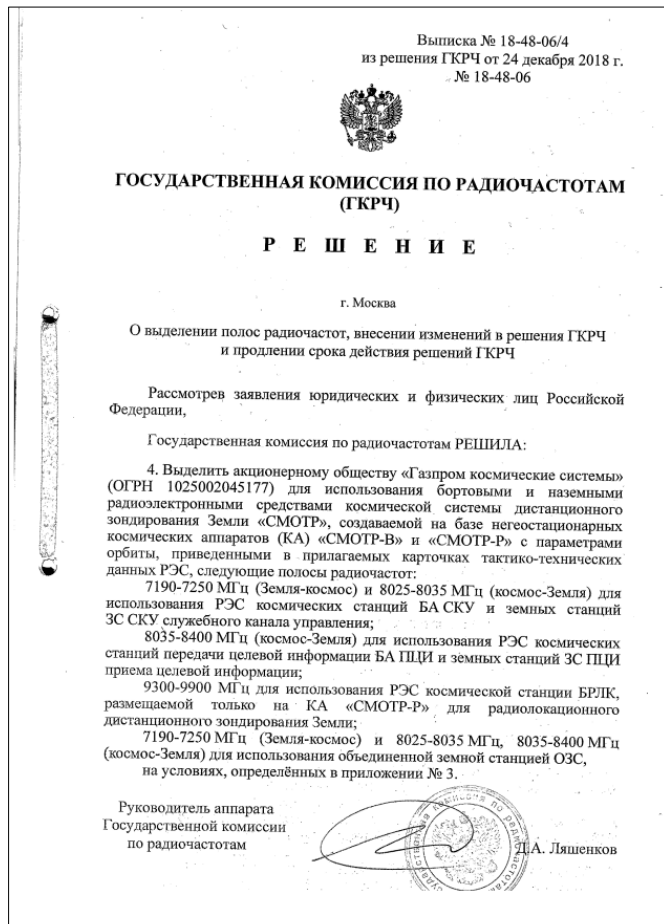


| Наименование | Значения |
|--|--|
| Диаметр рефлектора антенной системы, м | 7,3 |
| Поляризация: - прием - передача | круговая правая и левая круговая правая и левая |
| Канал СКУ | |
| Диапазон рабочих частот, МГц: - прием - передача | от 8025 до 8035 от 7190 до 7250 |
| Добротность (G/T) при угле места ≥ 5 градусов, не менее, дБ/К | 31 |
| ЭИИМ, не менее, дБВт | 70 |
| Скорость передачи командной информации не менее, кбит/с | 32 |
| Скорость приема телеметрической информации не менее, кбит/с | 64 |
| Канал приема ЦИ | |
| Диапазон рабочих частот, МГц: | от 8035 до 8400 |
| Добротность (G/T) при угле места ≥ 5 градусов, не менее, дБ/К | 31 |
| Скорость приема целевой информации не менее, Мбит/с, не менее | 1000 |
| Коэффициент ошибок по битам, не более | $1 \cdot 10^{-8}$ |
| <ul style="list-style-type: none"> • Передача КПИ и прием ТМИ в соответствии с СТО ГК Роскосмос 1019-2019, СТО ГК Роскосмос 1020-20 • Прием ЦИ в соответствии с СТО ГК Роскосмос 1018-2019 | |



Суммарное среднесуточное время сеансов передачи ЦИ с КА «СМОТР-В» при использовании ОЗС №1 и №2 составляет 75 минут, что позволяет реализовать **требуемую производительность КА «СМОТР-В»**. Максимальный перерыв между сеансами связи с КА «СМОТР-В» для двух ОЗС составляет 7,5 часов (5 витков КА), что **обеспечивает передачу Пользователю заказанных результатов съемки в течение 12 часов**

Суммарное среднесуточное время сеансов передачи ЦИ с КА «СМОТР-Р» при использовании ОЗС №1 и №2 составляет 89 минут, что позволяет реализовать **требуемую производительность КА «СМОТР-Р»**. Максимальный перерыв между сеансами связи с КА «СМОТР-Р» для двух ОЗС составляет 6,5 часов (4 витка КА), что **обеспечивает передачу Пользователю заказанных результатов съемки в течение 12 часов**.



Параметры орбит КА «СМОТР-В» и «СМОТР-Р», частоты бортовых систем этих КА (включая характеристики РСА КА «СМОТР-Р»), а также места размещения объединенных земных станций управления и приема целевой информации подтверждены решением ГКРЧ от 24.12.2018 г. № 18-48-06

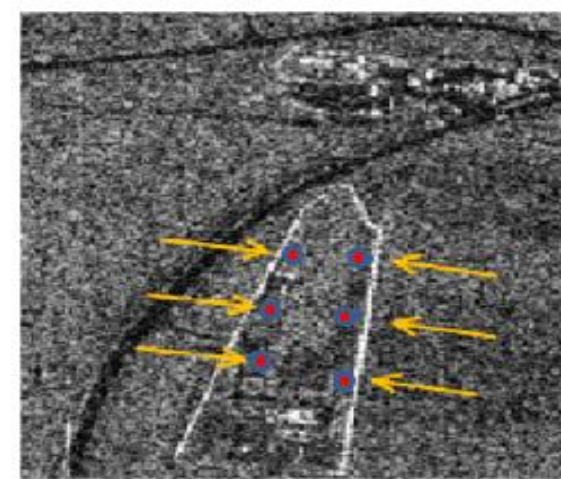
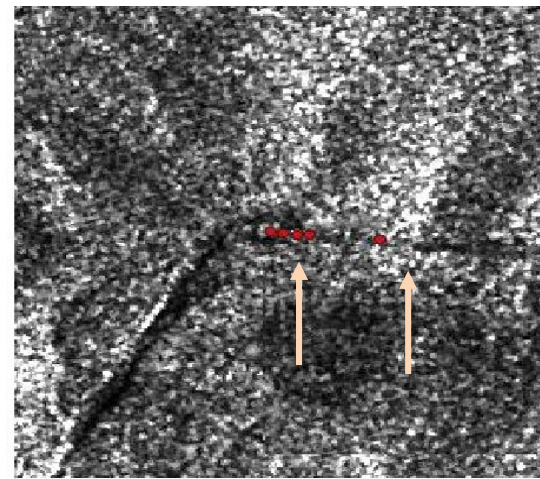
Для верификации и калибровки РСА на борту КА «СМОТР-Р» предполагается использовать существующие тестовые участки сторонних организаций, например, расположенный в Волгоградской области Качалинский тестовый полигон.

Для периодических калибровок, требуемых при обработке данных КА «СМОТР-Р» в части радиометрической точности, геопривязки РЛИ, формы диаграммы направленности, могут также быть использованы уголкового отражатели (УО), расположенные:

- на территории резервного пункта управления АО «Газпром космические системы» (г. Переславль-Залесский);
- на участках трассы магистрального газопровода «Сила Сибири».



Один из возможных тестовых участков на трассе МГ «Сила Сибири»



Тестовый участок на базе УО
РПИ АО «ГКС»

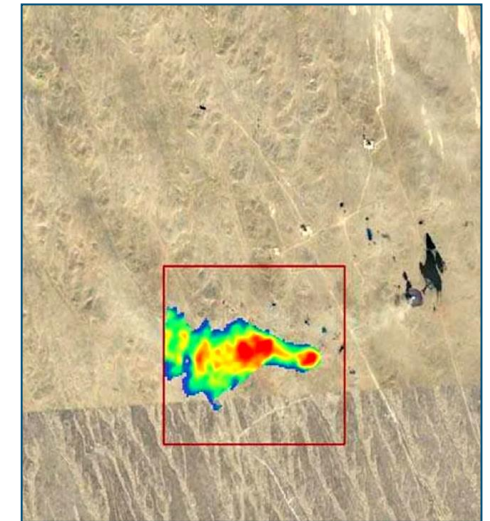
Мониторинг охранных зон и минимальных расстояний магистральных газопроводов

Геотехнический мониторинг

Мониторинг пожароопасной обстановки

Мониторинг хода строительных работ

Мониторинг утечек метана (перспективная технология)



СЕВЕРО-СТАВРОПОЛЬСКОЕ ПОДЗЕМНОЕ ХРАНИЛИЩЕ ГАЗА



Контроль сезонных колебаний поверхности и объектов при отборе и закачке газа



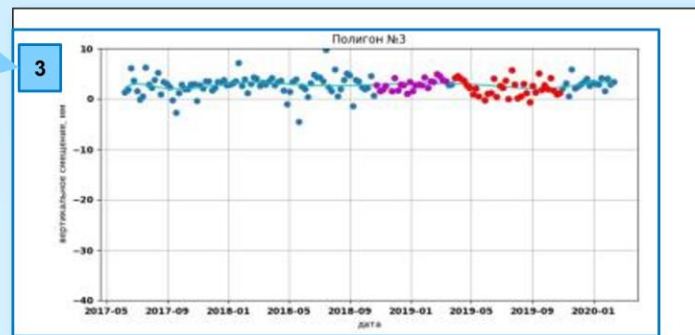
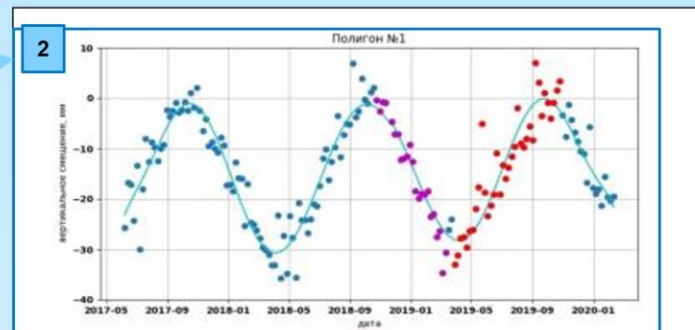
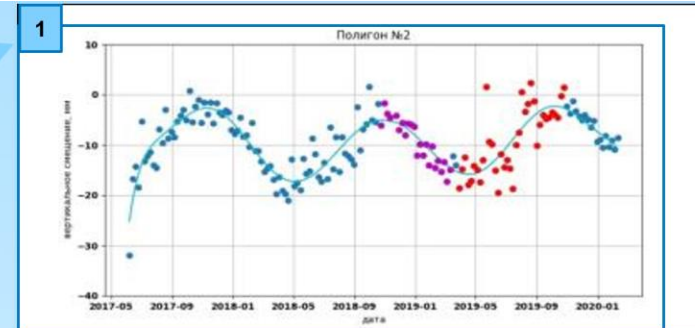
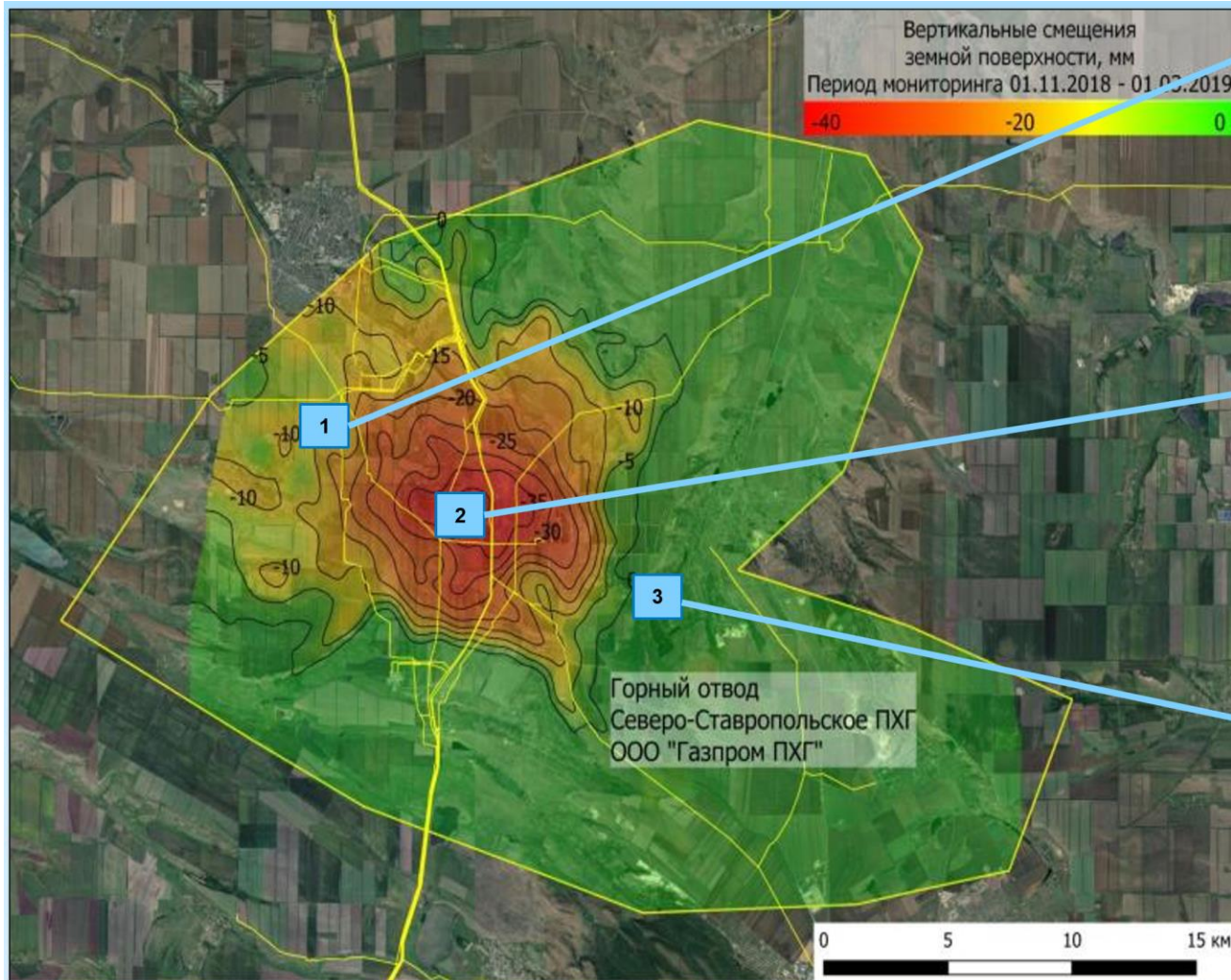
МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД ДЗУАРИКАУ-ЦХИНВАЛ



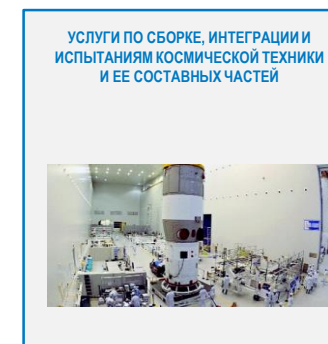
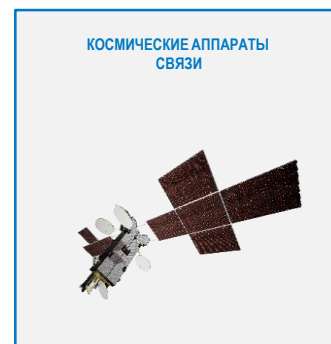
МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД СИЛА СИБИРИ

Определение критического отклонения положения трубопровода от проектного

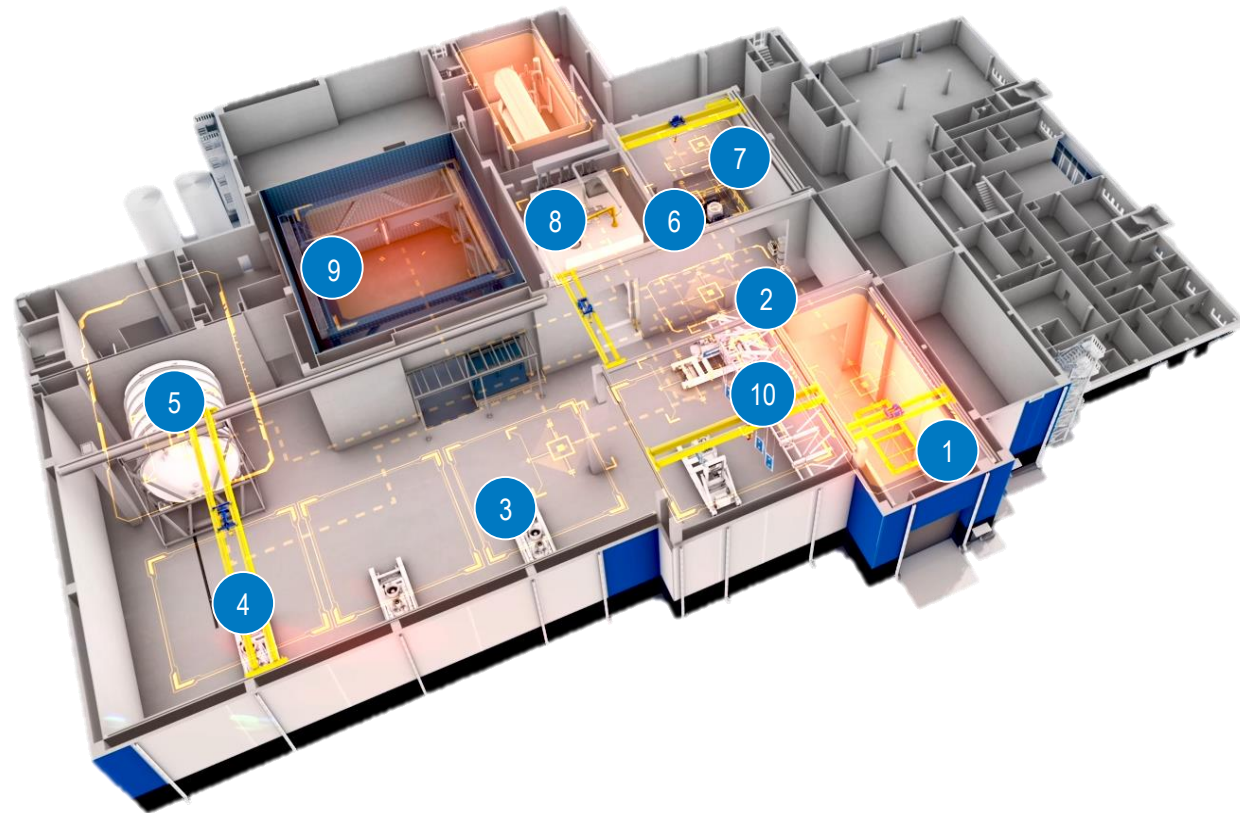




Полный технологический цикл сборки и испытаний космической техники в пределах одного компактного производственного здания



- 1 – Грузовой шлюз. Входной контроль оборудования
- 2 – Транспортирование к месту сборки
- 3 – Рабочие места сборки
- 4 – Рабочее место электрических испытаний
- 5 – Термовакuumная камера
- 6 – Стенд массово-инерционных характеристик
- 7 – Вибростенд
- 8 – Акустическая камера
- 9 – Беззеховая камера
- 10 – Стенд раскрытия солнечных батарей



Назначение:

- проведение термобалансных и термоциклических испытаний КА;
- проверки герметичности пневмомагистралей КА.

| | |
|---|-------------------------|
| Предельный вакуум | 1×10^{-7} мбар |
| Диапазон рабочей температуры | от -170°C до +150°C |
| Максимальные габаритные размеры объекта испытаний | 7,5 × 3,5 × 3 м |
| Максимальная масса объекта испытаний | 3500 кг |



Назначение:

- проверка работоспособности узлов раскрытия солнечных батарей на космическом аппарате
- монтаж солнечных батарей на космический аппарат.

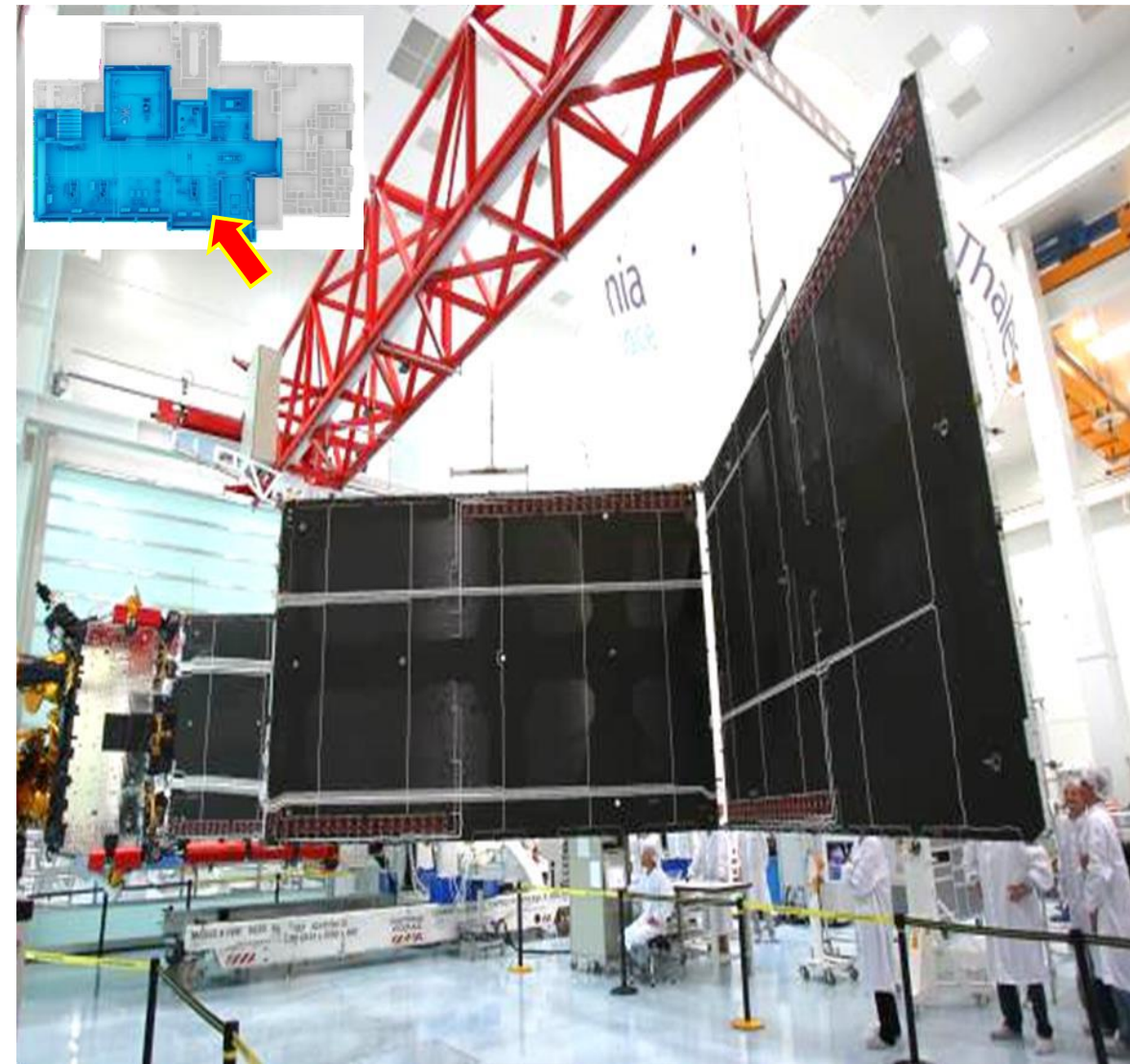
На стенде при помощи системы обезвешивания имитируется состояние невесомости. На стенде также осуществляется.

Максимальные габариты крыла СБ

23 x 8 м

Масса крыла СБ

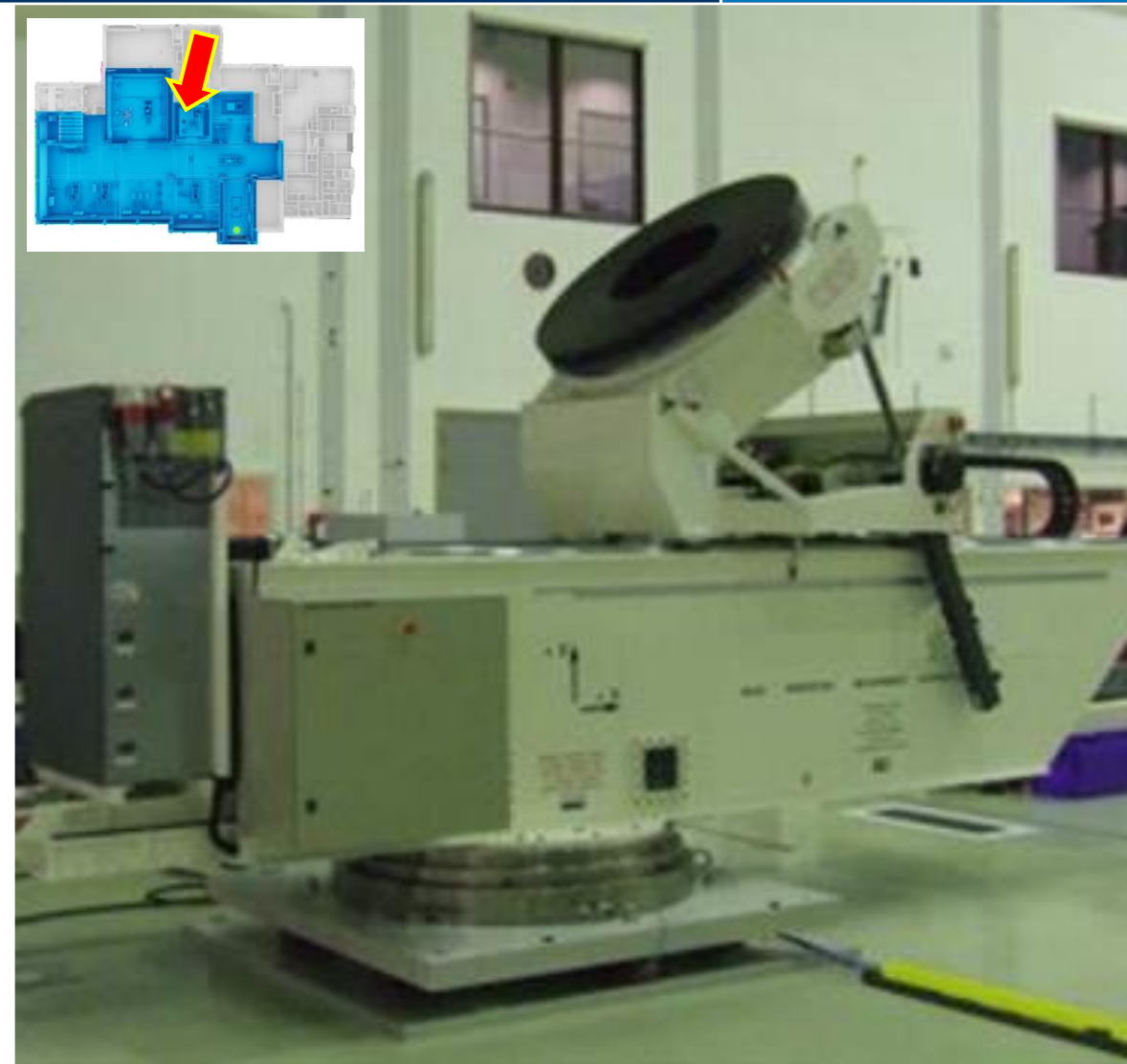
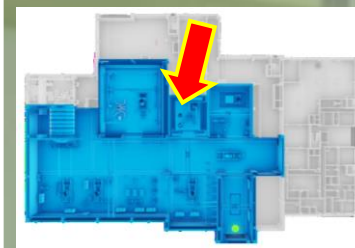
от 5 до 300 кг



Назначение:

- измерение массы и положения центра масс КА.

Полученные значения на данном стенде используются для оптимизации работы системы управления двигателями КА.



| | |
|--|------------|
| Масса объекта измерения | до 5000 кг |
| Погрешность измерений координат центра масс: | |
| продольная ось | ±1,5 мм |
| поперечные оси | ±0,5 мм |

Назначение:

- вибрационные испытания, имитирующие вибрации, которым подвергается КА во время выведения его на заданную орбиту.

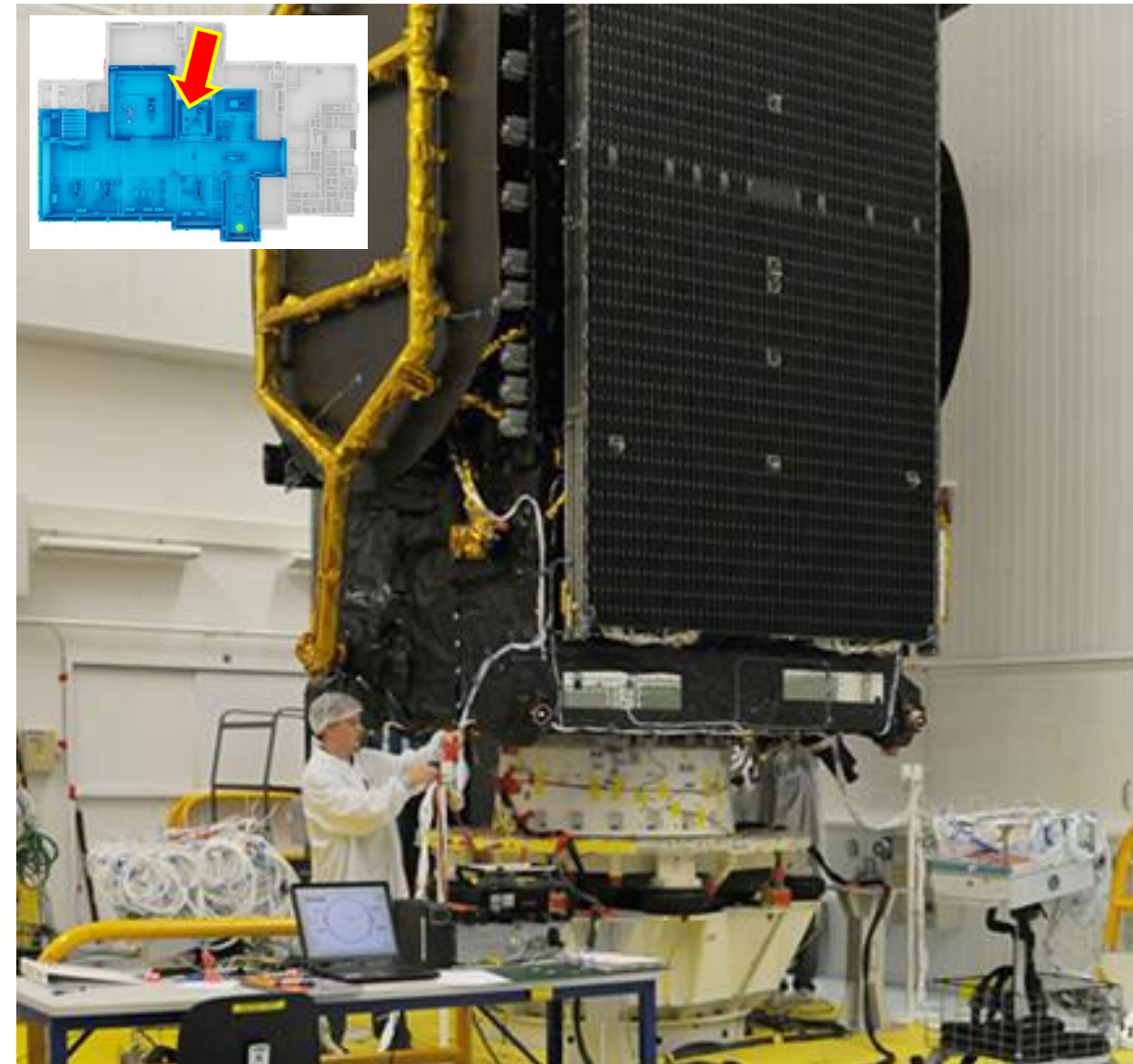
Данные испытания подтверждают способность КА выдерживать нагрузки, возникающие при выведении КА.

Частотный диапазон вибрации

от 5 до 2000 Гц

Создаваемое усилие вибрации

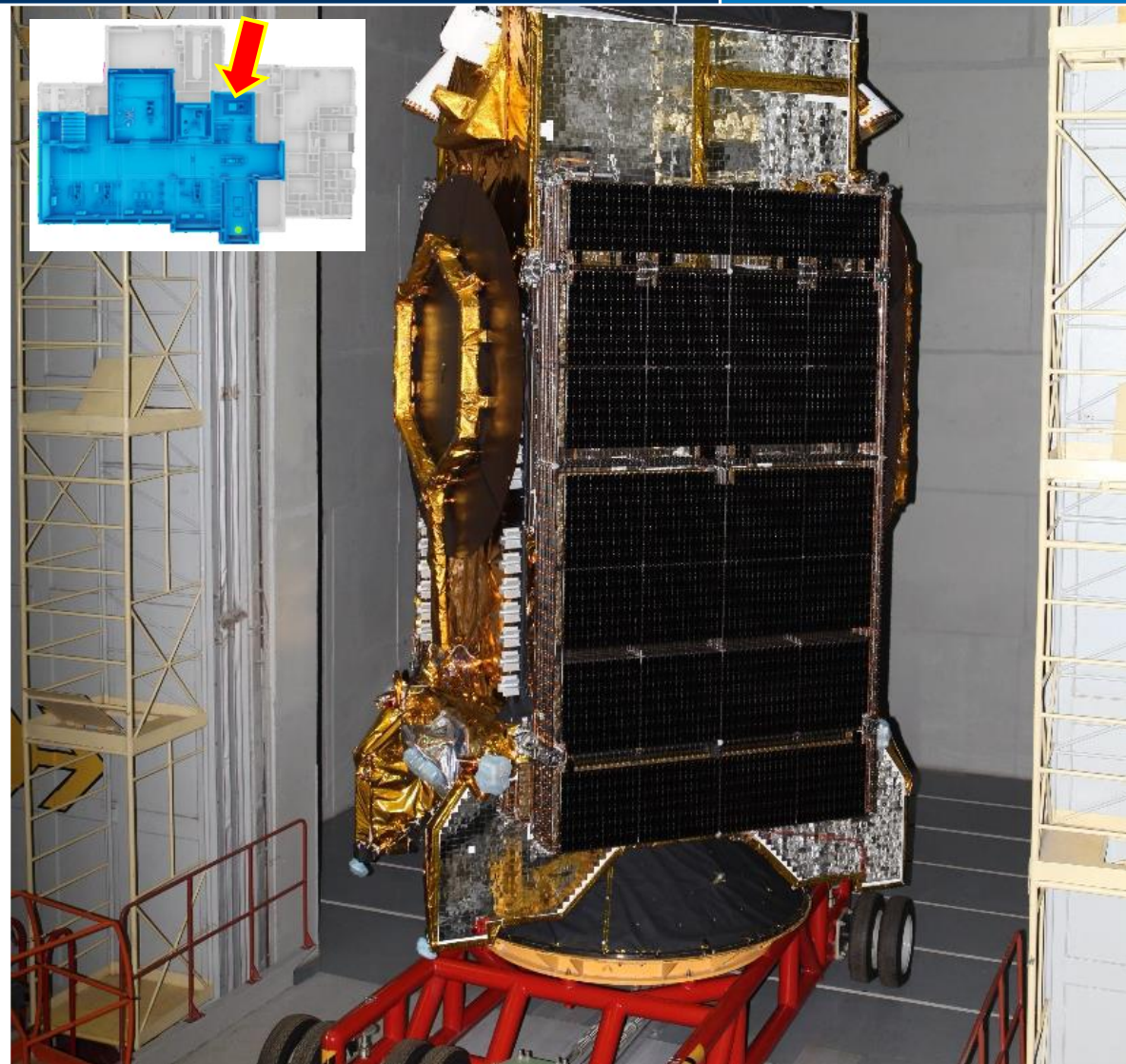
до 300 кН



Назначение:

- имитируется воздействие акустических шумов на КА при выведении, проверяется механическая прочность и работоспособность систем КА при воздействии звуковых волн от ракеты-носителя.

| | |
|---|-------------------|
| Объем камеры | от 5 до 2000 Гц |
| Максимальный общий уровень звукового давления | до 300 кН |
| Диапазон частот | от 25 до 10000 Гц |

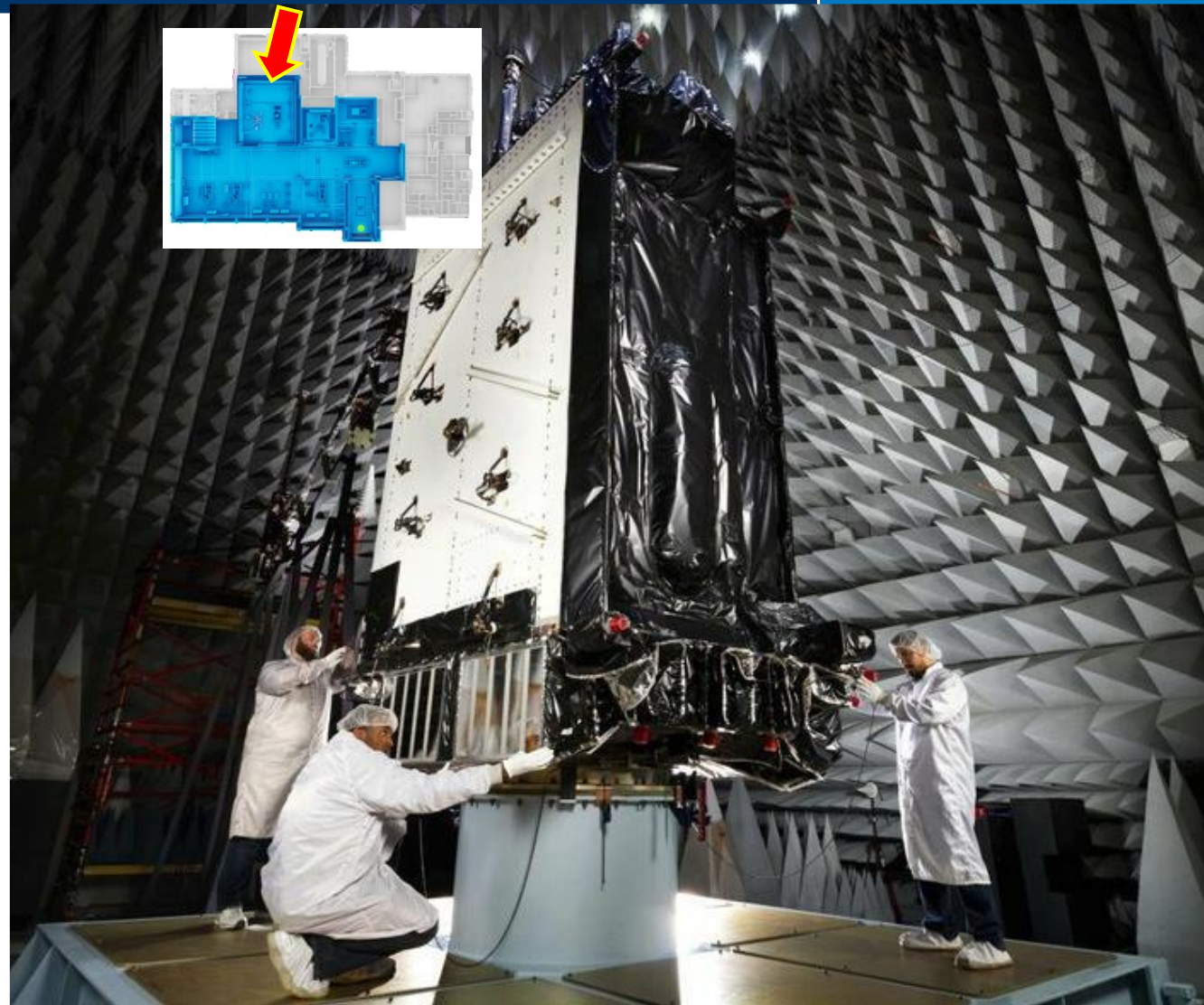


Назначение:

- проверка радиотехнических характеристик антенн и полезной нагрузки в условиях отсутствия помех и отсутствия отражения радиоволн от окружающих объектов.

При проведении испытаний КА проверяется взаимовлияние электромагнитных полей приборов друг на друга. Установленный в БЭК сканер ближнего поля позволяет измерять радиочастотные характеристики антенн и бортового ретранслятора в производственных условиях.

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Размеры | 17 × 24 × 22 м |
| Эффективность экранирования | 100 дБ |
| Диапазон рабочих частот | от 1 ГГц до 40 ГГц |





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!