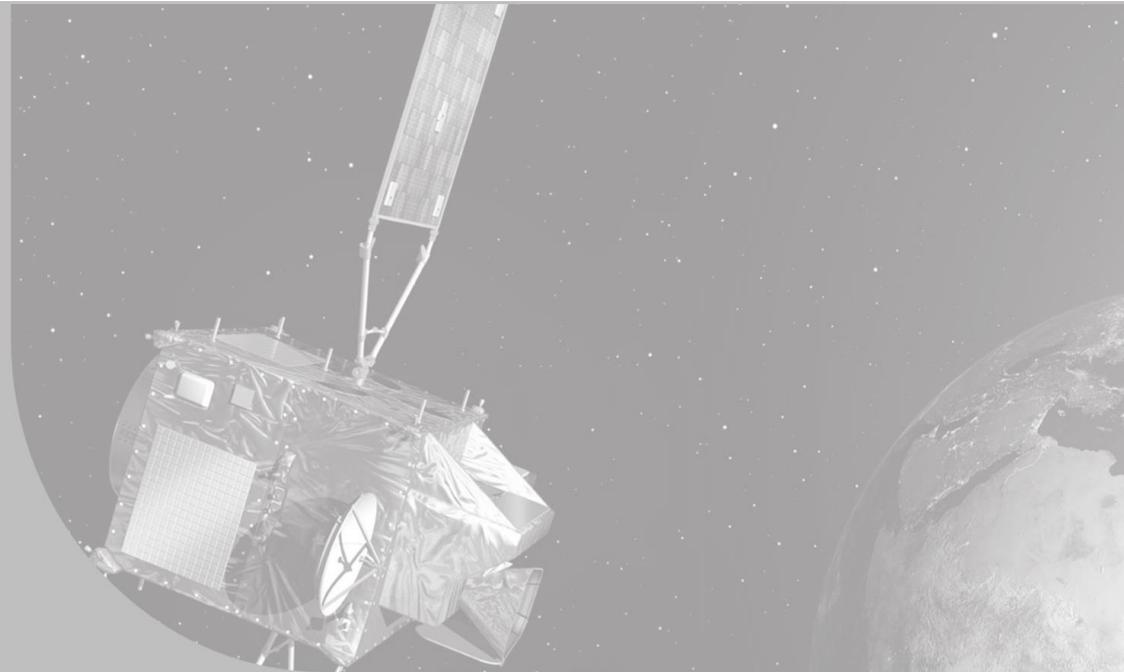


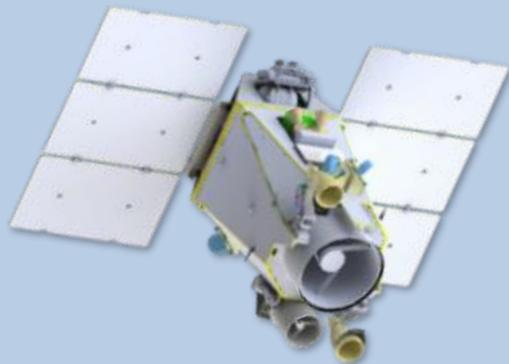
Д.Н. Севастьянов, А.В. Яковлев, Е.В. Филиппов,
В.А. Лазутин, А.С. Вахтанов, А.В. Пашкин

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

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

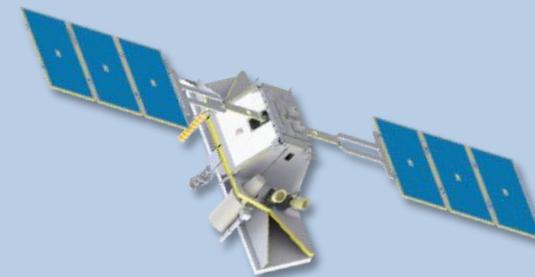


Оптико-электронный КА «СМОТР-В»



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»**

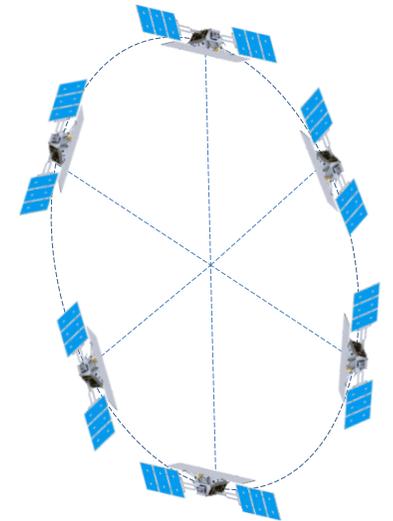
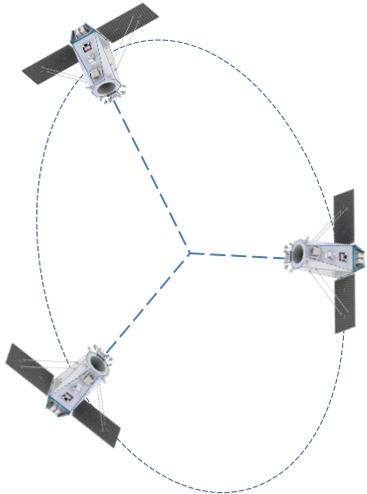
**КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ
«СМОТР-В»
(3 КА)**

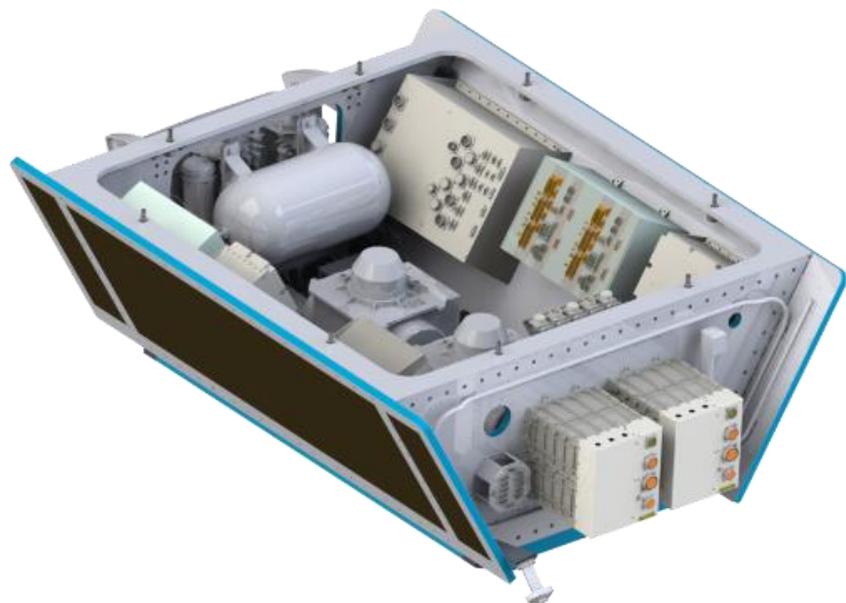
оптико-электронная съемка
сверхвысокого разрешения заданных
районов поверхности Земли в видимом
и ближнем ИК диапазоне

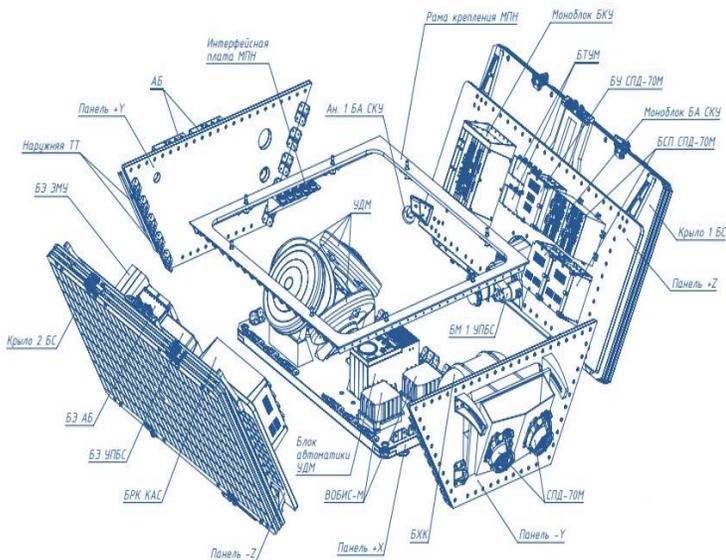
оптико-электронная съемка заданных
районов поверхности Земли в
коротковолновом ИК диапазоне для
выявления мест превышения
концентрации парниковых газов (CH_4 и
 CO_2) над естественным фоном.

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

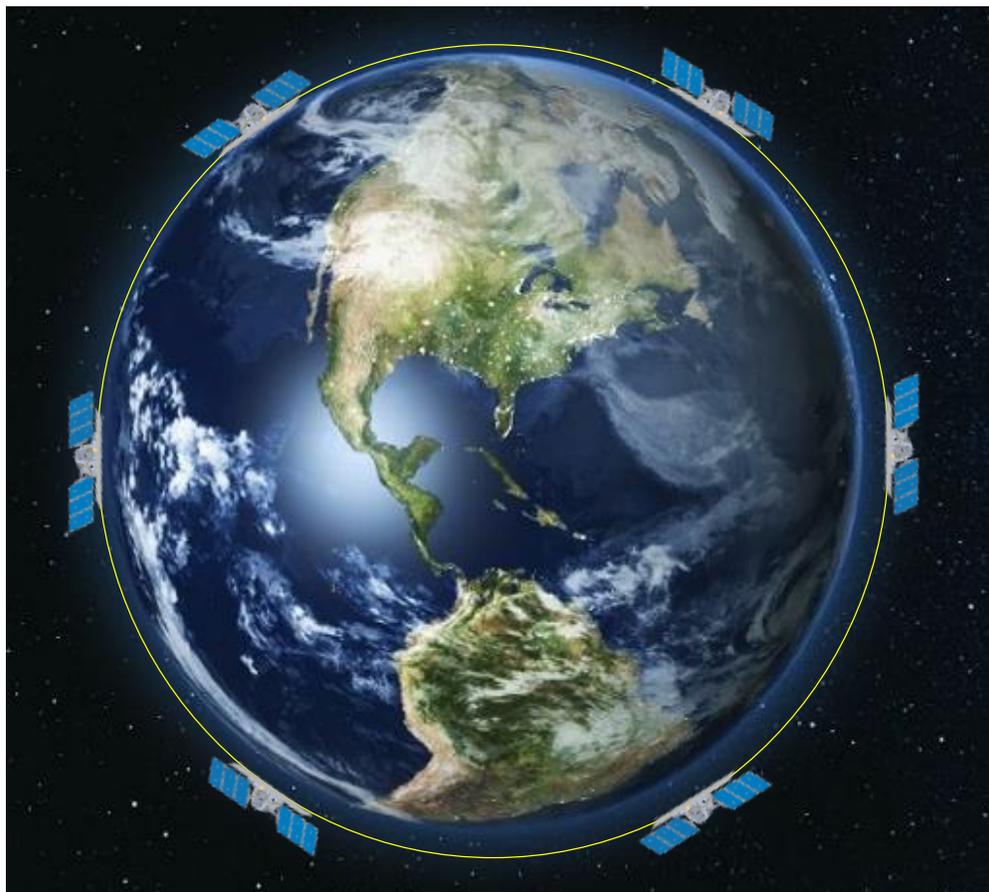
всепогодная, независящая от
условий освещенности
радиолокационная съемка
заданных районов
поверхности Земли в X
диапазоне.







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»

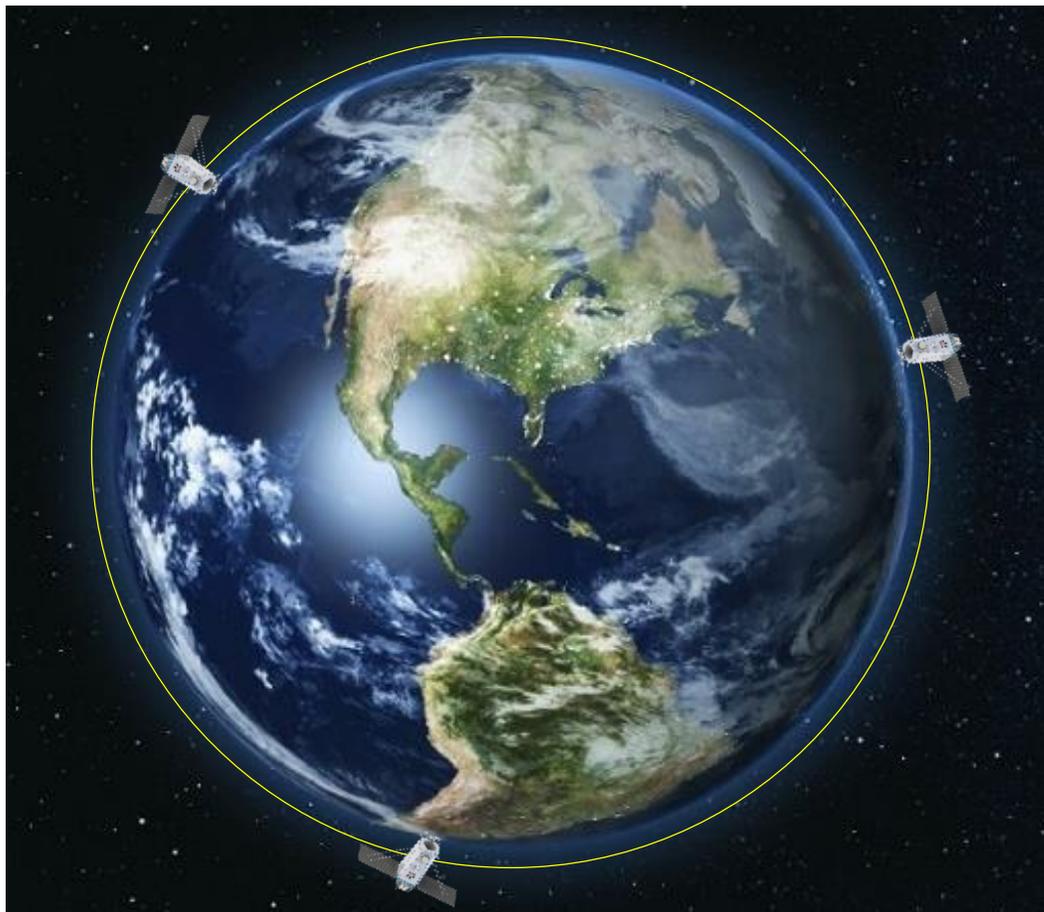


Компоновка группового запуска 5 КА «СМОТР-Р» на РКН «Союз-2.16» с КГЧ на базе РБ «Фрегат-М»

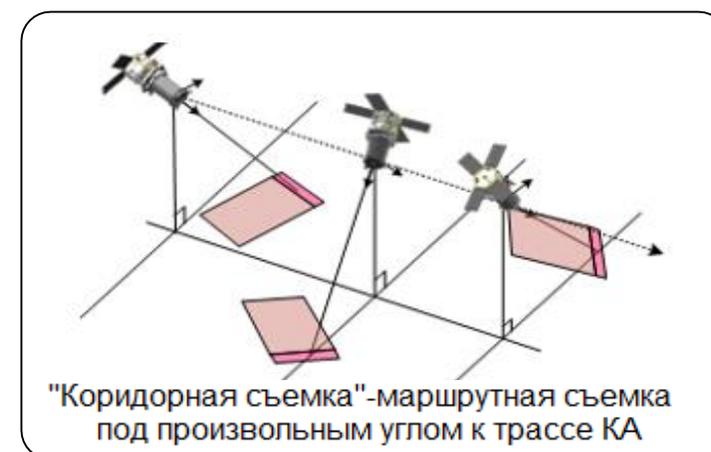
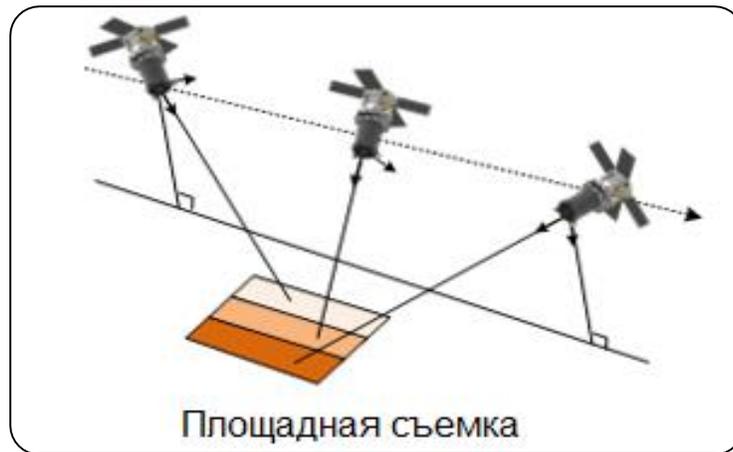
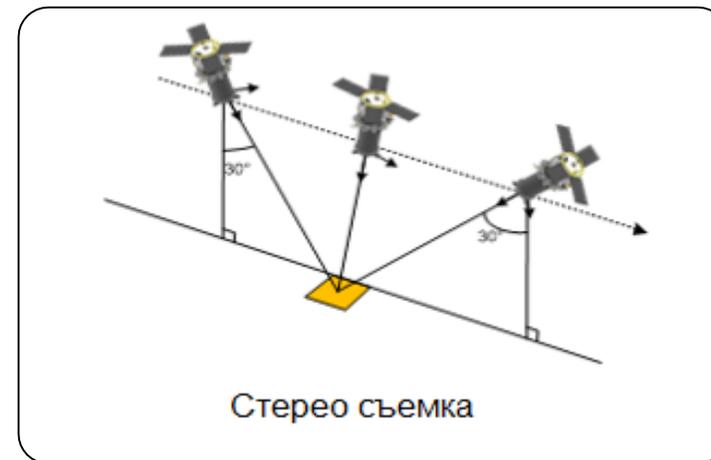
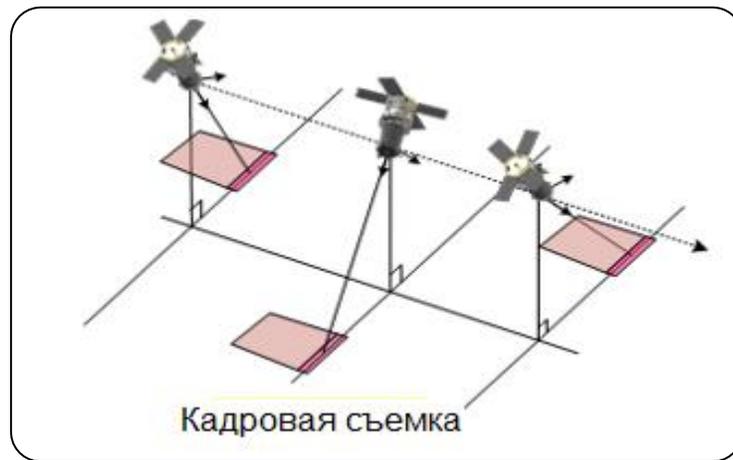
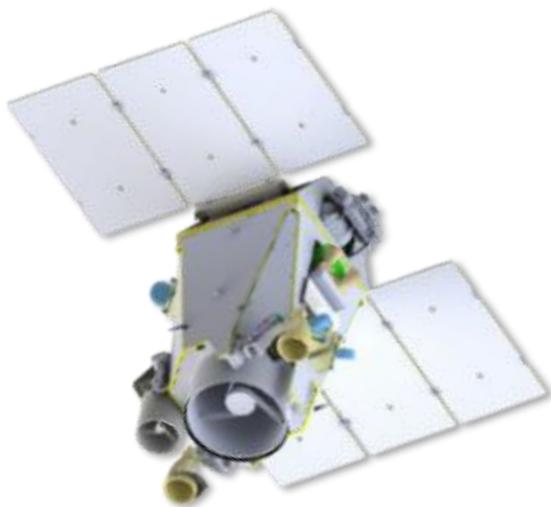
ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Тип орбиты	Круговая солнечно-синхронная
Средняя высота орбиты, км	616
Наклонение, °	97,8
Местное солнечное время прохождения восходящего узла, чч:мм	6:00
Схема расположения КА на орбите	6 КА «СМОТР-Р» располагаются на одной орбите симметрично (фазовый угол между КА 60°)
Количество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

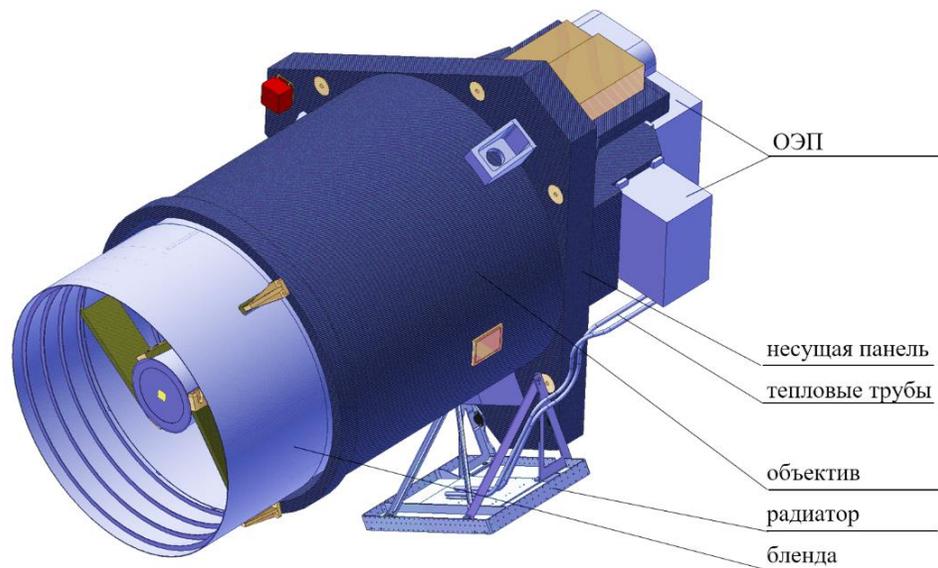
Выведение КА «СМОТР-Р» - демонстратора на орбиту будет осуществляться РКН «Союз-2.16» совместно с другими КА, выводимыми на орбиты с близким местным временем прохождения восходящего узла.

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

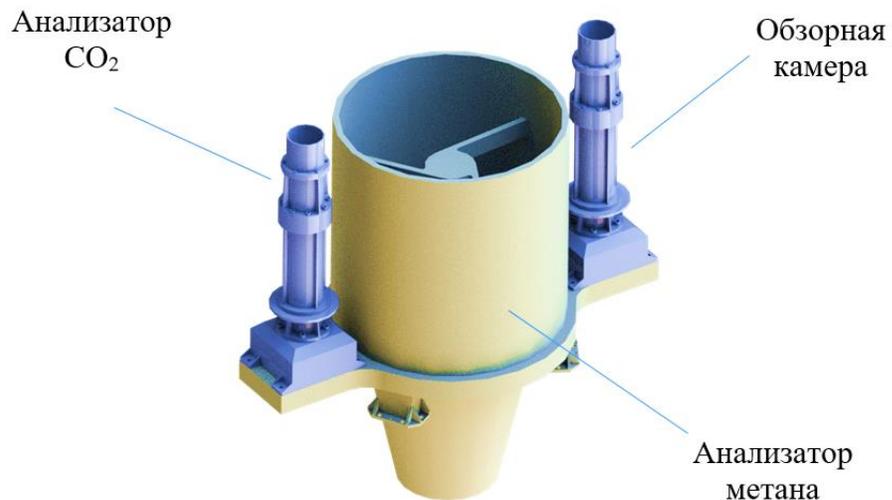


ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Количество КА в орбитальной группировке	3
Параметры орбиты КА:	ССО со средней высотой 504 км
Полезная нагрузка КА	оптико-электронная аппаратура (ОЭА) спутниковый газоанализатор (СГА) обзорная камера (КО)
Круговая ошибка геопривязки (СЕ90), без опорных точек, м, не более	25
Производительность 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





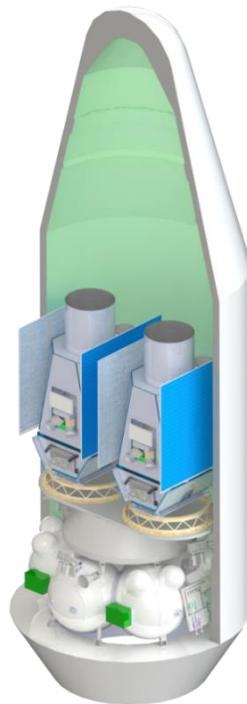
ХАРАКТЕРИСТИКА	ЗНАЧЕНИЕ
Пространственное разрешение: - панхроматическая съемка, м (не более) - мультиспектральная съемка, м (не более)	0,5 2,0
Спектральные диапазоны, мкм - панхроматический канал - мультиспектральные каналы	0,50 – 0,80, 0,45 – 0,51, 0,51 – 0,58, 0,63 – 0,69, 0,77 – 0,89
Линейное разрешение 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».



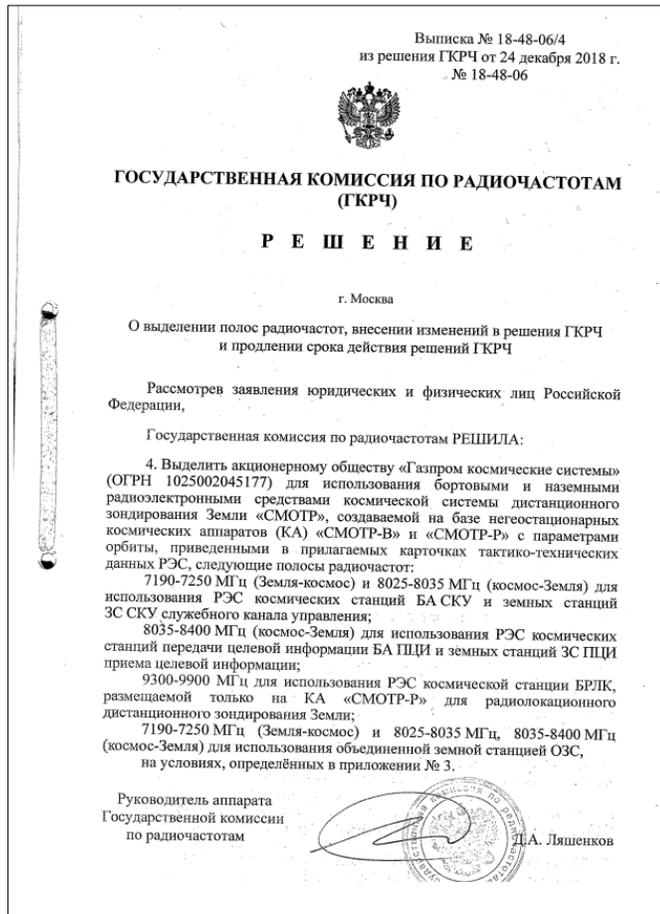


Наименование	Значения
Диаметр рефлектора антенной системы, м	7,3
Поляризация: - прием - передача	круговая правая и левая круговая правая и левая
Канал СКУ	
Диапазон рабочих частот, МГц: - прием - передача	от 8025 до 8035 от 7190 до 7250
Добротность (G/T) при угле места ≥ 5 градусов, не менее, дБ/К	31
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**.

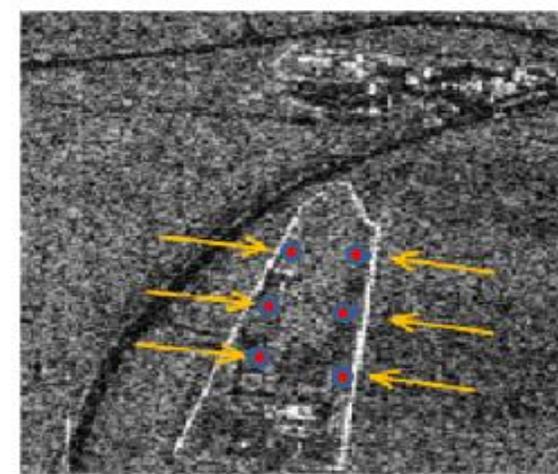
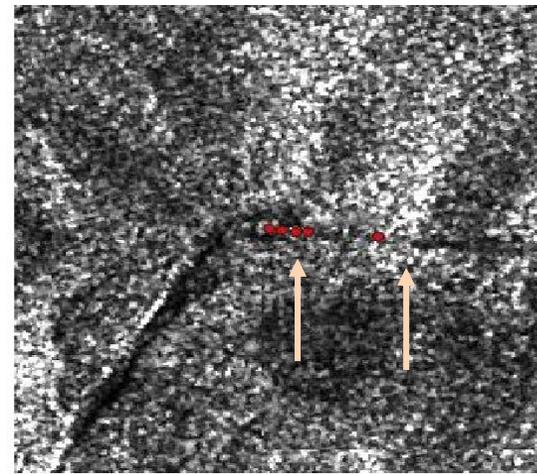


Параметры орбит КА «СМОТР-В» и «СМОТР-Р», частоты бортовых систем этих КА (включая характеристики РСА КА «СМОТР-Р»), а также места размещения объединенных земных станций управления и приема целевой информации подтверждены решением ГКРЧ от 24.12.2018 г. № 18-48-06

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 уголкивые 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»

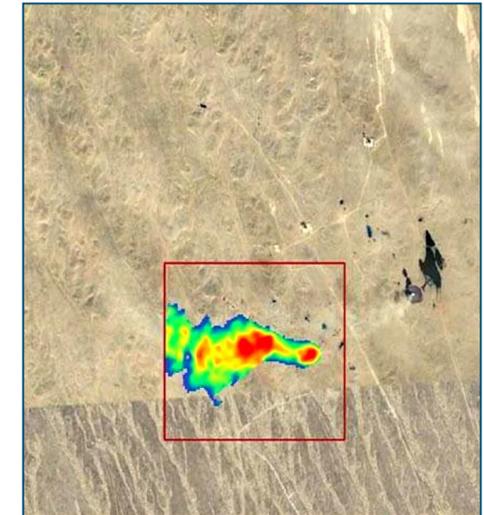
Мониторинг охранных зон и минимальных расстояний магистральных газопроводов

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



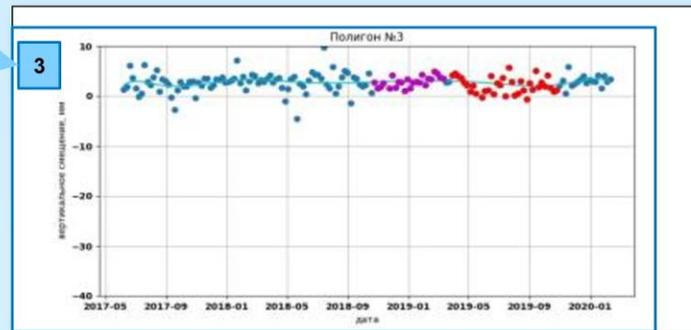
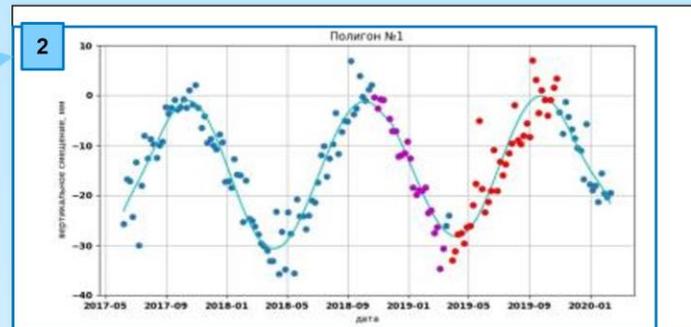
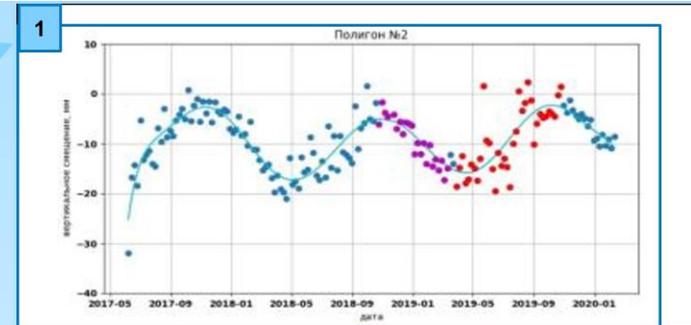
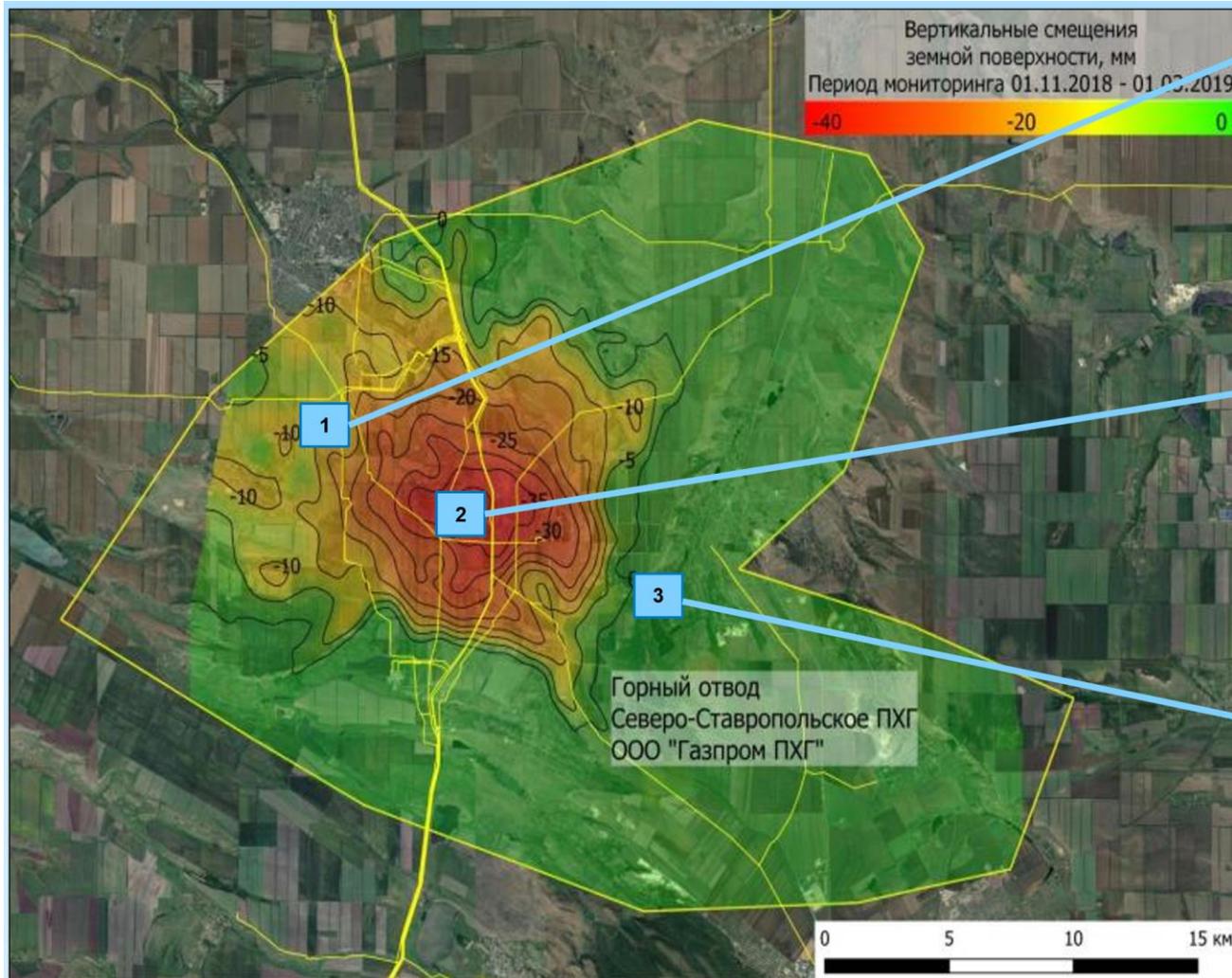
МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД ДЗУАРИКАУ-ЦХИНВАЛ



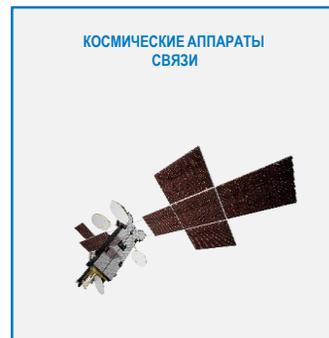
МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД СИЛА СИБИРИ

Определение критического отклонения
положения трубопровода от проектного

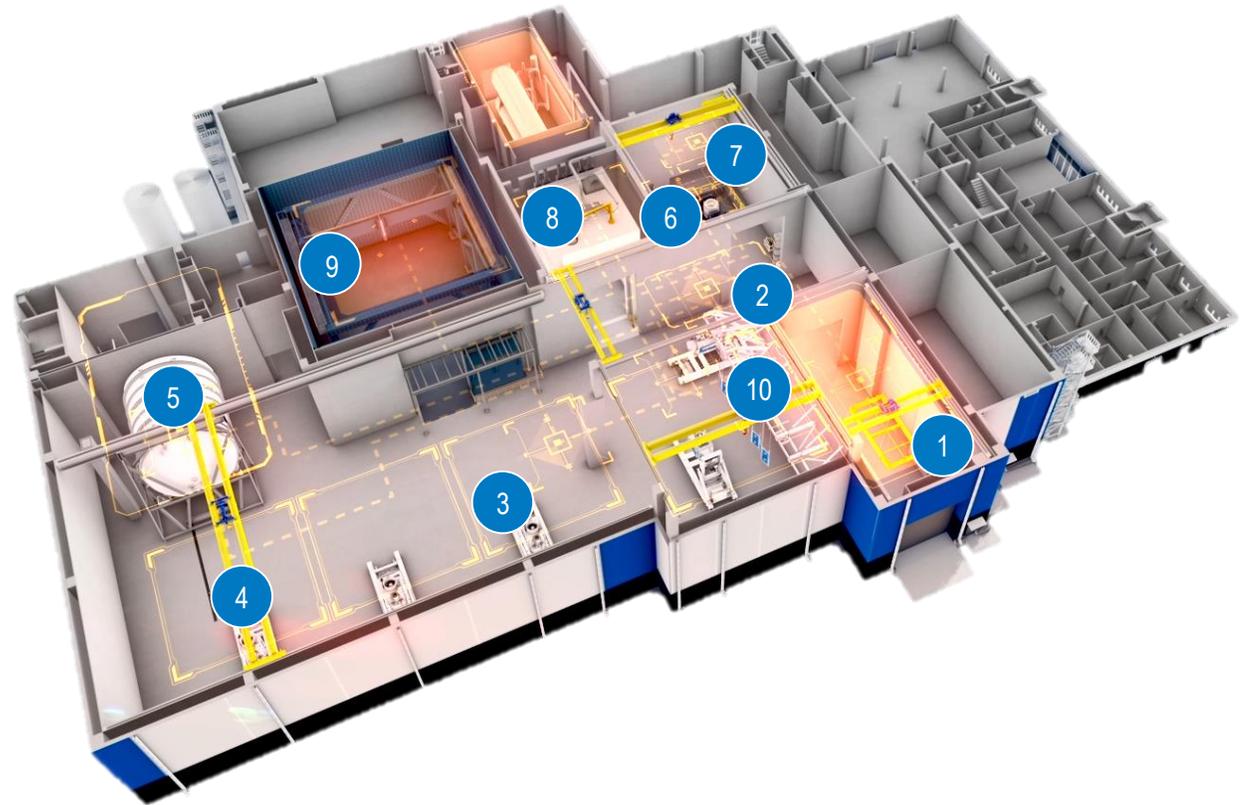




Полный технологический цикл сборки и испытаний космической техники в пределах одного компактного производственного здания



- 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 $+150^{\circ}\text{C}$
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.

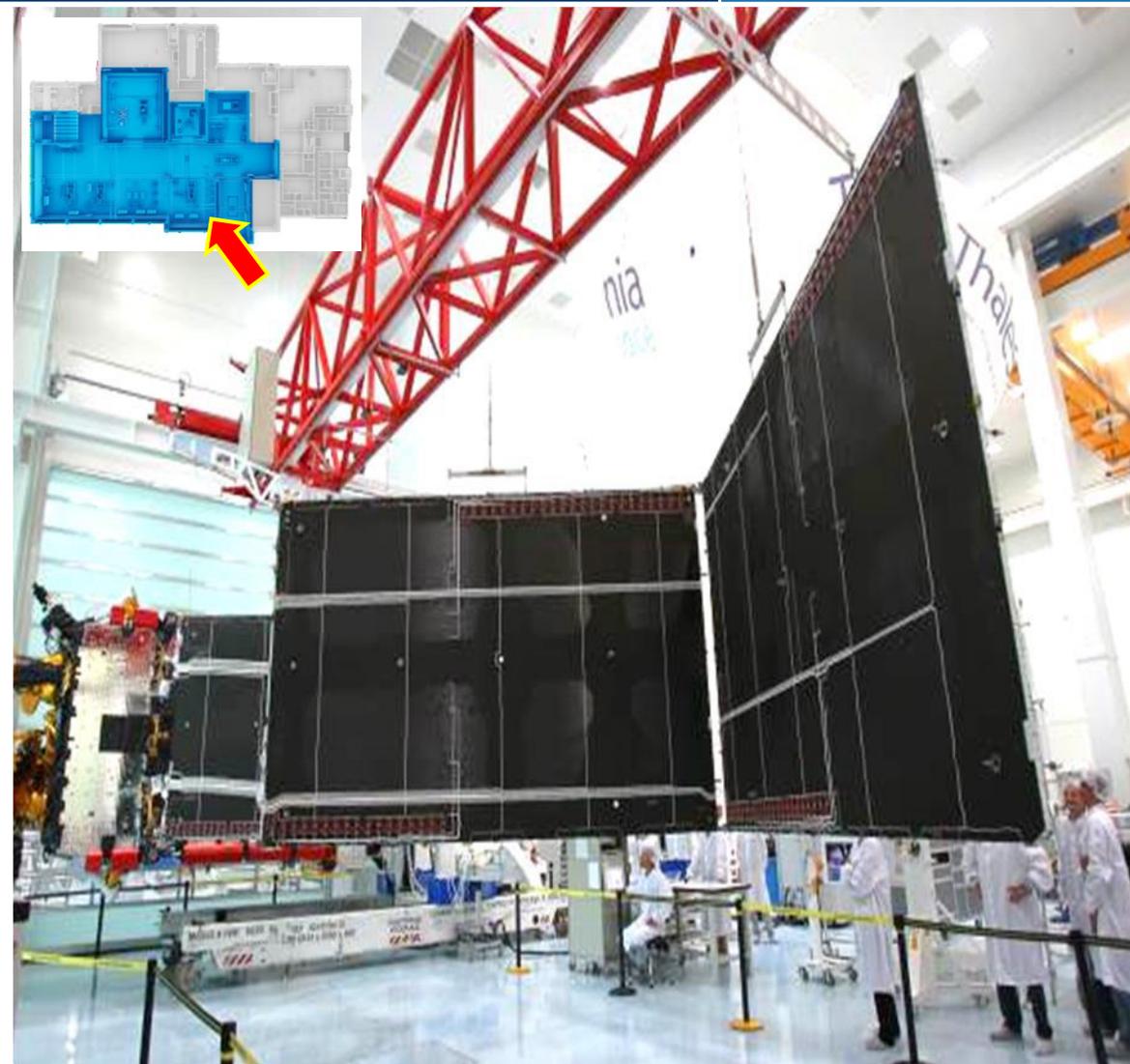
На стенде при помощи системы обезвешивания имитируется состояние невесомости. На стенде также осуществляется.

Максимальные габариты крыла СБ

23 x 8 м

Масса крыла СБ

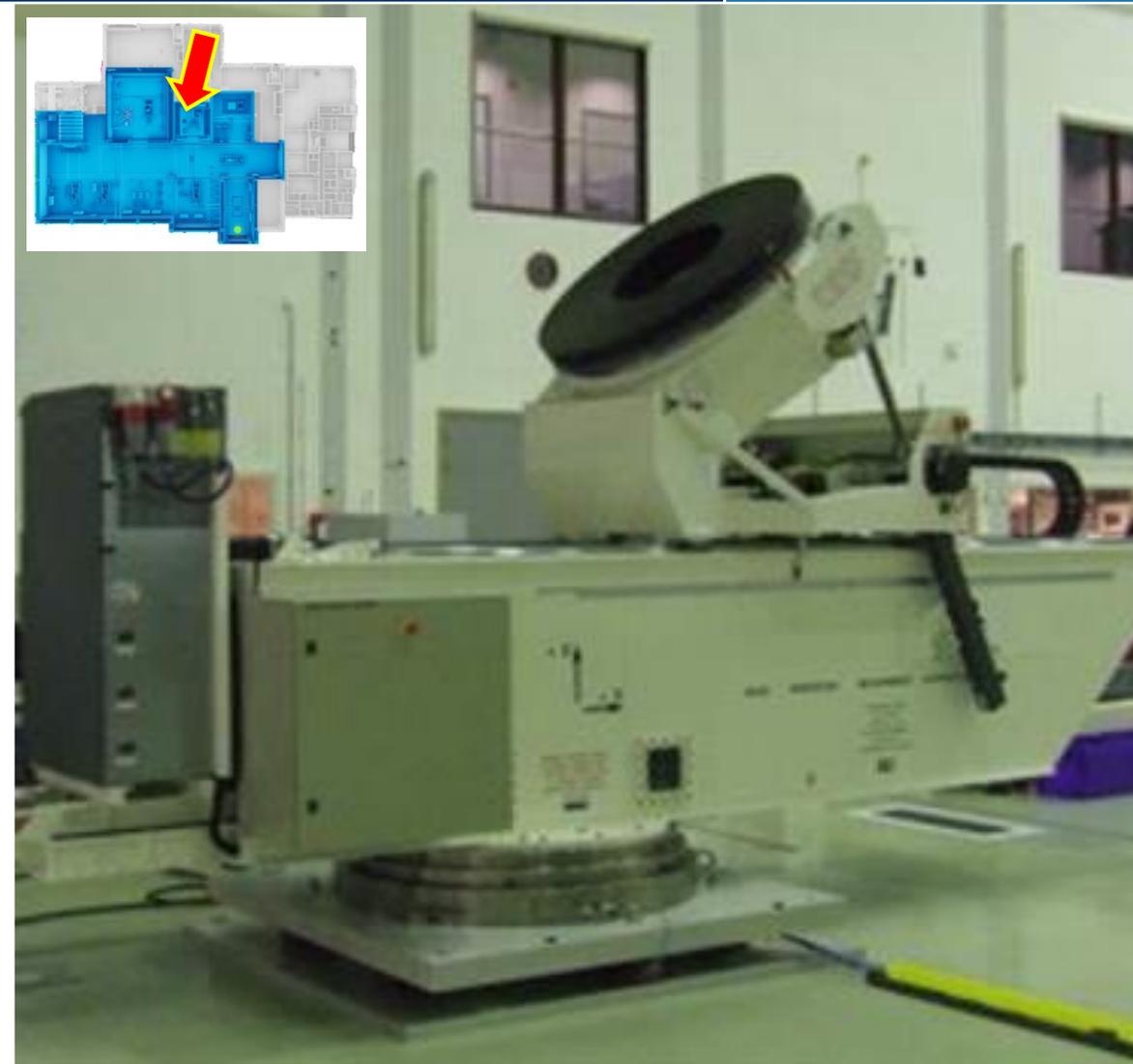
от 5 до 300 кг



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.

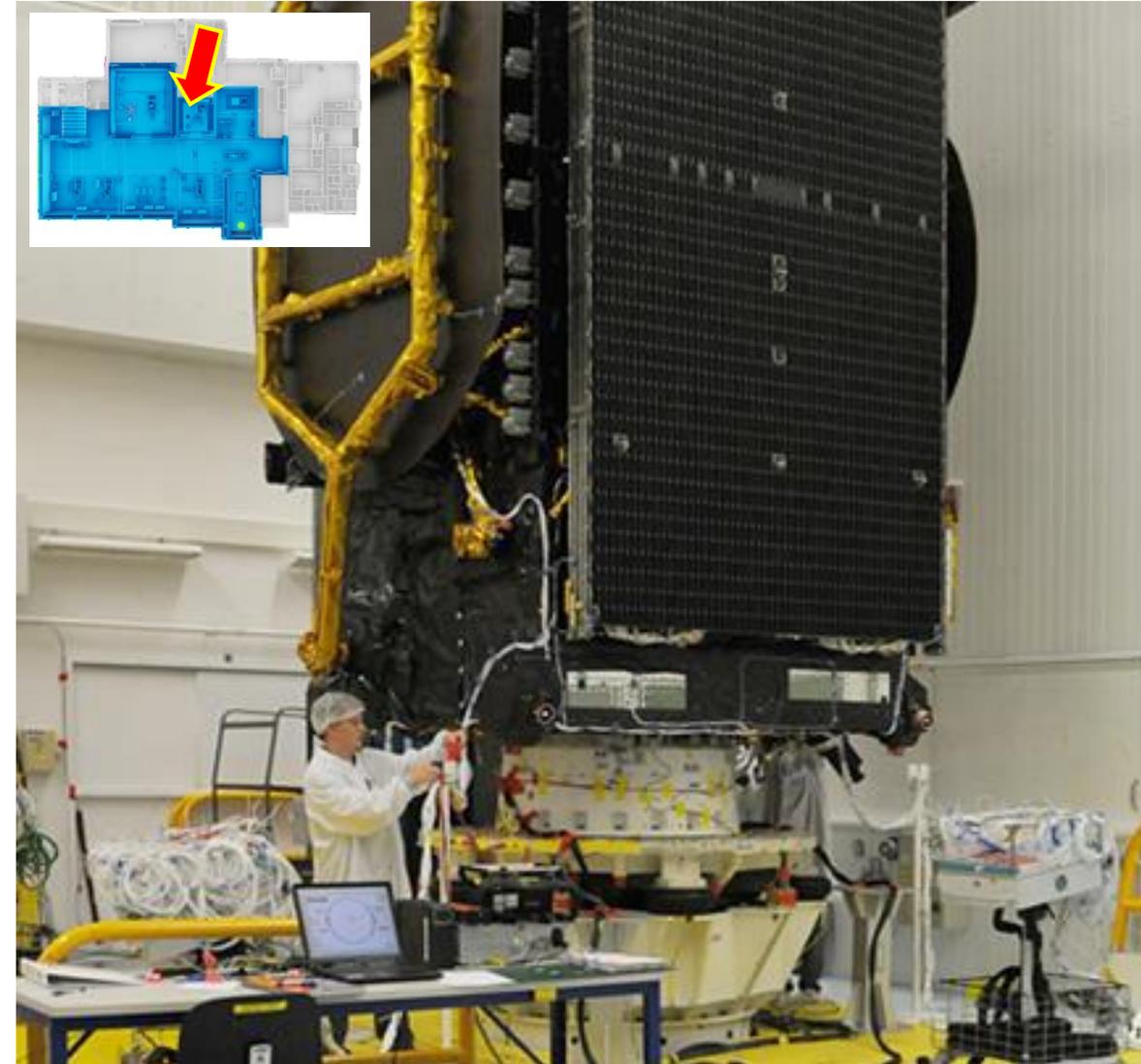
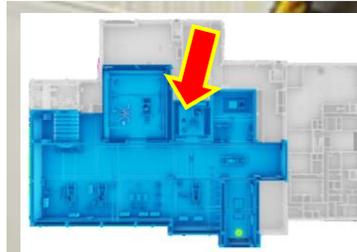
Данные испытания подтверждают способность КА выдерживать нагрузки, возникающие при выведении КА.

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



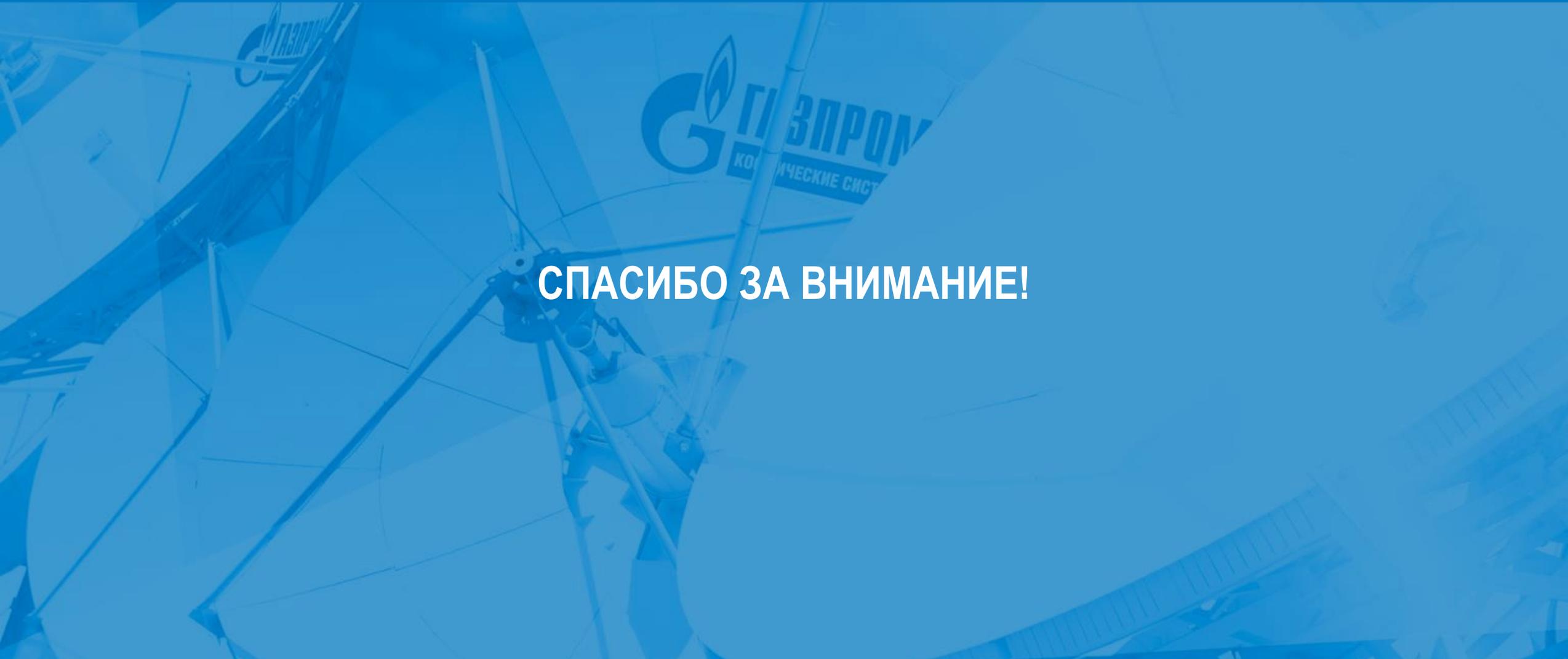
Назначение:

- 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!