



**Кафедра 611Б «Системный анализ и
управление»**



**Современное состояние и перспективы развития
аэрокосмической техники**

Цели и задачи ФЦП «Сфера»

**д.т.н., с.н.с. Ключников В.
Ю.
(ЦНИИ**

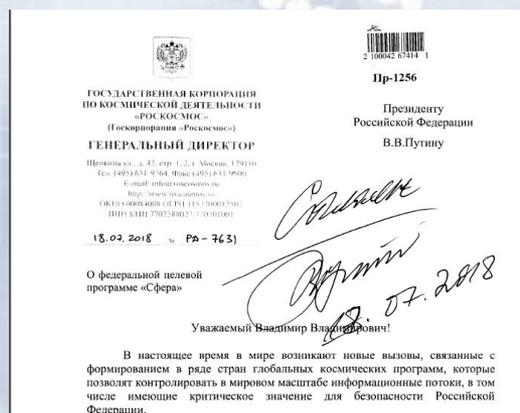
Цель создания космической информационной телекоммуникационной среды (КИТС) «Сфера»

Из национальных целей развития РФ:

- Ускорение технологического развития;
- Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере;
- Создание в базовых отраслях экономики высокотехнологичного экспортно ориентированного сектора.

Стратегическая цель программы:

Достижение необходимого уровня обеспечения спутниковыми услугами всех отраслей экономики России, создание условий для цифровизации экономических, производственных, образовательных, научных, административных и культурных процессов развития страны с помощью спутниковых технологий, расширение присутствия отечественных космических продуктов на международных рынках, максимальное использование возможностей существующих и перспективных космических систем и комплексов в интересах национальной, общественной и экономической безопасности страны



2019

90+

Создание КА в
рамках ОКР



НАВИГАЦИЯ



ДЗЗ



2030

600+

Серийное
производство КА₂

Основные задачи КИТС «Сфера»

1. Обеспечение создания и развертывания орбитальных группировок с КА нового поколения, включая разработку целевой и служебной аппаратуры, развитие НАКУ и НКПОР, технологическое переоборудование и создание новых производств, модернизацию средств метрологического и фундаментального обеспечения, интеграцию продуктов и сервисов, основанных на космических данных, совершенствование нормативно-правовой и нормативно-технической базы в области космической деятельности и использования данных;
2. Развитие имеющихся космических систем и комплексов ДЗЗ, создание и развертывание многоспутниковых орбитальных группировок с КА нового поколения;
3. Развитие имеющихся космических систем персональной спутниковой связи и передачи данных, вещания и ретрансляции и развертывание телекоммуникационных космических систем нового поколения на высокоэллиптических орбитах, низких и средневысотных орбитах;
4. Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС.

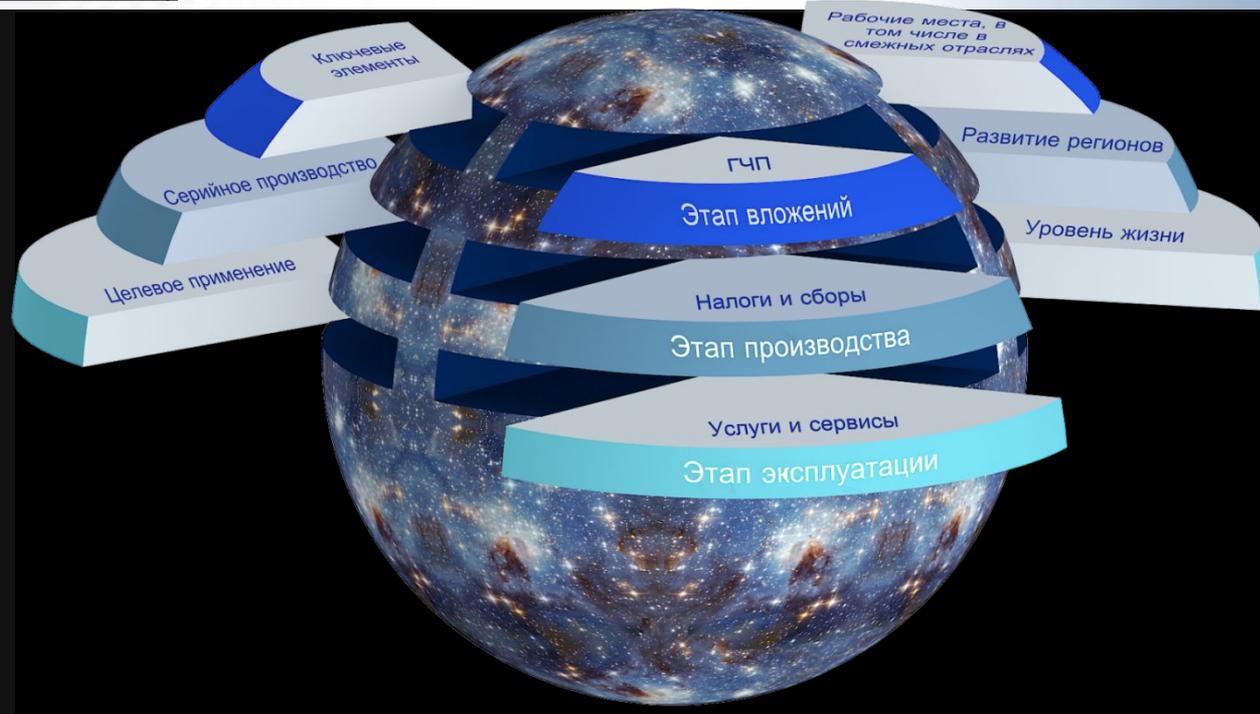
КИТС «Сфера» как сложная многоуровневая система

Уровни КИТС «Сфера»

Технологический (технический)

Финансово-экономический

Социальный, законодательно-



Отличительные характеристики КИТС

- Соответствие Сферам трендам - использование ОГ МКА
- Интеграция орбитальных группировок на базе совместно решаемых задач пользователей
- Интеграция ОГ МКА на базе единых технологических решений,
- Реализация согласованных планов по серийному производству МКА и развёртыванию ОГ

КИТС «Сфера» : принципы построения

МНОГОСПУТНИКОВОСТЬ

обеспечение глобальности и оперативности доставки сервисов и услуг.

ВЗАИМОСВЯЗАННОСТЬ

КА в ОГ и КС между собой — эффективное управление много-спутниковыми системами и перераспределение информационных трафиков

СИНЕРГИЯ и ИНТЕГРАЦИЯ

Проектирование, создание, эксплуатация и предоставление сервисов и услуг от всех составных частей «Сферы» как единой космической инфо-телекоммуникационной среды

СЕТЕВОЕ ПОСТРОЕНИЕ —

эффективное перераспределение вычислительных мощностей и выполнение обработки больших объемов данных на борту в рамках целостной орбитальной группировки

МАКСИМАЛЬНАЯ УНИФИКАЦИЯ

платформ, целевой аппаратуры — обеспечение массового производства, снижение стоимости и сроков производства.

DESIGN-TO-COST

ориентация на экономическую эффективность на всех этапах ЖЦ (проектирование, создание КА и ПН, испытания, пуск, эксплуатация)

КИТС «Сфера» : приоритеты

ИМПОРТОНЕЗАВИСИМОСТЬ и импортозамещение зарубежных космических данных, услуг и сервисов.

Повышение ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ.

Повышение ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАВИГАЦИОННЫХ УСЛУГ В ТОМ ЧИСЛЕ ДЛЯ ШИРОКОМАСШТАБНОГО ВНЕДРЕНИЯ САМОУПРАВЛЯЕМЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ в объектах вооружения, военной и специальной техники, транспортном, агропромышленном комплексах и других отраслях экономики.

Целевое СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА для автоматических космических систем и комплексов нового поколения.

СФЕРА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ создания автоматических космических систем и комплексов с целью

ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА, НАДЕЖНОСТИ, СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ И ФИНАНСОВЫХ ЗАТРАТ при создании космической техники.

ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ за счет создания и развития цифровых платформ, основанных на взаимодействии с космическими системами различного целевого назначения (космическая связь, навигация, ДЗЗ), обеспечивающих возможность их бесшовного взаимодействия.

Создание условий для КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ И ШИРОКОМАСШТАБНОГО ВНЕДРЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (навигационных, геоинформационных, телекоммуникационных) на российском и зарубежном рынках в интересах всех категорий потребителей.

Требуемый состав



Базовый вариант

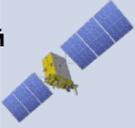
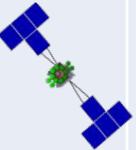
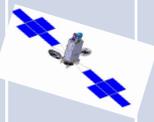
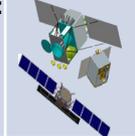
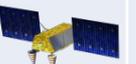
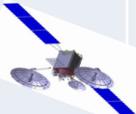
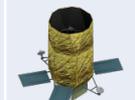
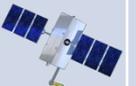
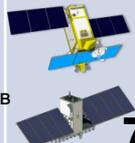
Навигация – 49
КА
Связь – 334
КА
ДЗЗ – 268 КА
**ВСЕГО -
651**

Результаты СП

			
Общее количество КА, создаваемых до 2030 года	353	44	155
2020 год	31	24	7
2025 год	43	24	33
2030 год	364	35	149

 Связь, вещание и ретрансляция	 Навигация	 ДЗЗ
--	--	--

Количественный состав ОГ на 2020 год (справочно)

31 КА	24 КА	7 КА
<p>КС «Экспресс» 12 КА связи и вещания на ГСО Связь, вещание, подвижная президентская, правительственная, специальная связь. Покрытие глобально (до 70 град. с. и ю. ш.)</p> 	<p>КС среднеорбитальный 24 КА «Глонасс К2»</p> 	<p>КС Картография 2 КА на НОО</p> 
<p>КС «Экспресс-РВ» 4 КА на ВЭО Высокоскоростная связь, широкополосный доступ, президентская, правительственная, специальная связь. Покрытие глобально</p> 	<p>КС среднеорбитальный 4 КА «Глонасс КМ» Летные испытания</p> <p>Проектный облик не определен</p>	<p>Сфера МКА ИК 6 КА на НОО Мониторинг ЧС Покрытие регионально</p> 
<p>КС «Ямал» 6 КА на ГСО Высокоскоростные широкополосные услуги связи. Широкополосный доступ. Покрытие регионально (Европа, Азия, Африка)</p> 	<p>КС высокоорбитальный 6 КА «Глонасс-ВКК» КА "Глонасс-ВКК" будет сделан на базе платформы КА "Глонасс-К"</p> 	<p>КС «Смотр» 2 КА на НОО: - 1 КА РЛН -1 КА ОЭН Мониторинг Арктики Покрытие регионально</p> 
<p>КС «Гонец» 28 КА на круговой НОО Передача данных в сегменте IoT телефонная связь на территории (конфиденциальная связь для ФОИВ). Обслуживание - РФ, СНГ, выборочно территории Земного шара. Покрытие-глобально</p> 	<p>Космическая геодезическая система (КГС) 2 КА Альтиметр (КА "ГЕО-ИК 2М")</p> 	<p>ОГ МКА ВД 36 КА на НОО Высокодетальная съемка в видимом и ИК спектре Покрытие регионально</p> 
<p>КС «Марафон» 242 микро КА на круговой НОО М2М/IoT Покрытие глобально</p> 	<p>Космическая геодезическая система (КГС) 2 КА Гравиметр (КА "КГС-2")</p> 	<p>КС Обзор «Сфера СМКА» 40 КА на НОО Обзорная съемка в видимом и ИК спектре Покрытие РФ сплошное</p> 
<p>КС «Луч» 4 КА на ГСО Ретрансляция в интересах объектов РКТ и наземных потребителей Покрытие глобально</p> 	<p>Космическая геодезическая система (КГС) 1 КА Градиентометр (КГС-3) аналог GOCE</p> 	<p>Репортер (Эшелон) высокоорбитальная КС ОЭН в РМВ 3 КА на ВЭО Обзорная съемка в видимом диапазоне Покрытие РФ сплошное</p> 
<p>КС «СКИФ» 12 КА Среднеорбитальная на 8070 км Широкополосный доступ в интернет. Покрытие глобально</p> 	<p>КС среднеорбитальный 3 КА «Глонасс-МНКА» Малый навигационный КА Летные испытания</p> <p>Проектный облик не определен, находится в стадии разработки</p>	<p>Сфера РЛН 36 КА на ССО: (24 КА «Сфера Х» и 12 КА «Сфера-ХЛР») Обзорная и детальная съемка в РЛ диапазоне. Покрытие РФ сплошное</p> 

Многоярусная СФЕРА (КА ДЗЗ ОЭН и РЛН)

36 МКА
H=350..450км



КС высокодетальной съемки и радиопросвечивания

3 КА
H (ССО)≈6353x1261 км



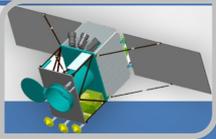
Высокоорбитальная КС ОЭН

40 СМКА
H≈650...670 км

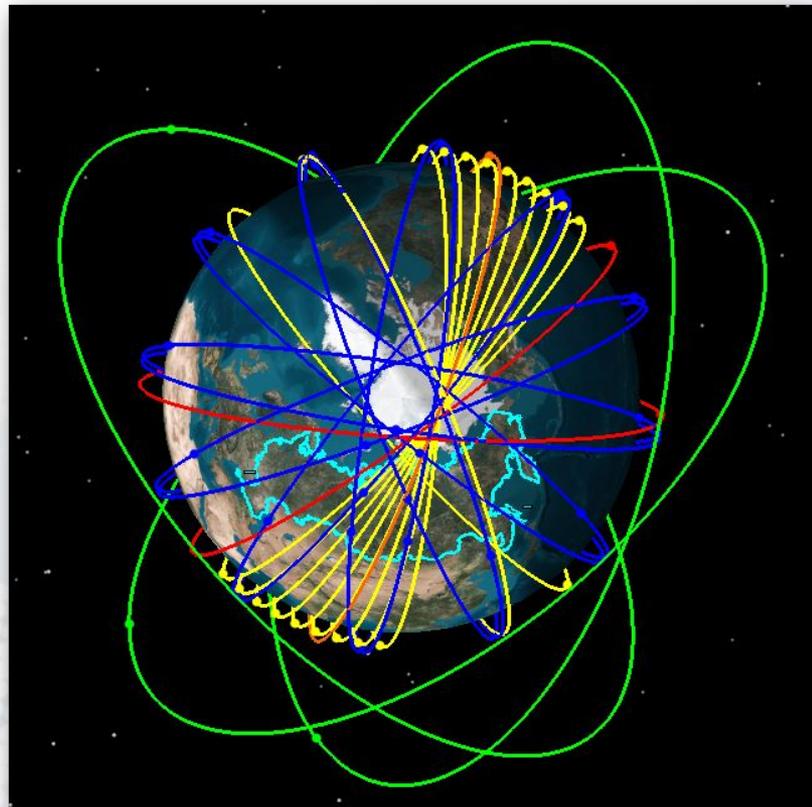


КС обзорного наблюдения

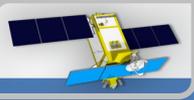
5 КА
H≈600 км



КС Смотри

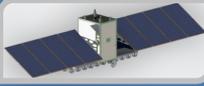


26 КА
H≈600 км



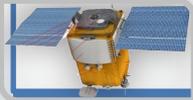
Сфера X

12 КА
H≈600 км



Сфера X, L, P

2 МКА
H≈600 км



Космический картографический комплекс

6 МКА
H=600км



КС мониторинга ЧС

Периодичность наблюдения

ДЗЗ	Видимый	ИК	РЛ круглосуточно
	В светлое время суток		
Высокодетальная 0,3 (1,2) м/пиксель	1 час (15 мин)	1,5 часа	1 час (30 мин)
Обзорная 2 (5) м/пиксель	15 мин ежесуточно вся территория РФ	15 мин ежесуточно вся территория РФ	30 мин

Космический сегмент телекоммуникационного обеспечения

КС «Экспресс»

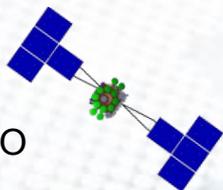
12 КА н



- подвижная президентская, правительственная и специальная связь, доступ населения со всей территории страны к услугам цифрового теле- и радиовещания, включая телевидение высокой четкости, широкополосный доступ в Интернет;
- современные, качественные услуги непосредственного телерадиовещания на территории России, зарубежных стран в интересах населения и корпоративных клиентов;

КС «Экспресс-РВ»

4 КА на ВЭО



- высокоскоростная связь и широкополосный доступ в Интернет во всех регионах страны, включая Арктическую зону, пересеченную и горную местность;
- президентская, правительственная и специальная связь на всей территории Северного полушария Земли;
- высокоскоростную связь на подвижных платформах (самолёты, суда, автомобили, ж/д транспорт и т.п.);
- цифровое непосредственное спутниковое радиовещание на наиболее населенной части территории Российской Федерации;
- срочная организация резервных каналов связи при ЧС

КС «Ямал»

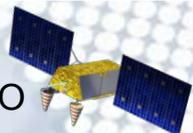
6 КА на ГСО



- организация технологической сети связи АО «Газпром», магистральных каналов связи, широкополосной передачи данных, цифрового телерадиовещание, высокоскоростного доступа в Интернет;
- инфокоммуникационное обеспечение воздушных, морских и сухопутных транспортных маршрутов

КС «Гонец»

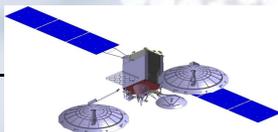
28 КА на НОО



- предоставление в зоне обслуживания услуг на базе технологий межмашинного взаимодействия и Интернета вещей, в том числе - автоматизированный сбор данных с датчиков (в том числе необслуживаемых) контроля состояния объектов мониторинга;
- непрерывное покрытие территории Российской Федерации радиотелефонной связью и M2M/IoT-услугами

КС «Луч»

4 КА на Г



- обслуживание абонентов ракетно-космической техники на околоземных орбитах высотами до 20 тыс. км и наземных потребителей

КС «Скиф»

12 КА на ВЭО



- предоставление услуг высокоскоростного широкополосного доступа в сеть интернет широкому кругу пользователей на всей территории Российской Федерации, включая районы Крайнего Севера и Арктику, в том числе - на воздушном, морском, речном и наземном транспорте;

КС «Марафон IoT»

240+ КА на НОО

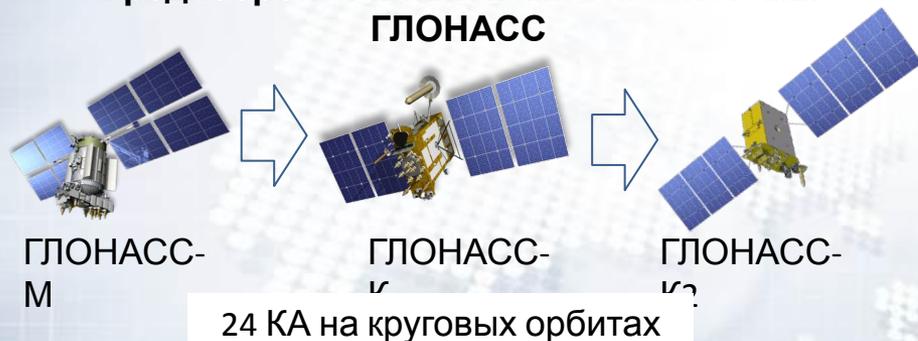


- обеспечение передачи данных для организации глобально-распределенной международной спутниковой сети интернета вещей (M2M / IoT).
- сопряжение с системами идентификации судов (АИС) и управления воздушным движением (АЗН-В), передача поправок для ГЛОНАСС;

Космический сегмент навигации

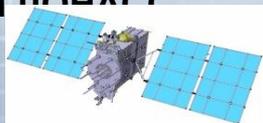
Целью Программы в части навигационного обеспечения является поддержание навигационной независимости Российской Федерации за счет развития системы ГЛОНАСС в обеспечение широкомасштабного использования предоставляемых услуг, в том числе в самоуправляемых роботизированных системах в объектах вооружения, военной и специальной техники, транспортном, агропромышленном комплексах и других отраслях экономики.

Среднеорбитальный комплекс системы ГЛОНАСС



Характеристики	КА «Глонасс-М»	КА «Глонасс-К»	КА «Глонасс-К2»
Гарантированный срок активного существования (лет)	7 лет	10 лет	10 лет
Масса (кг)	1415 кг	1060 кг	1675 кг
Мощность СЭП, кВт	1600	2750	4370
Погрешность БСУ, о.е.	1x10 ⁻¹³	5x10 ⁻¹⁴	1x10 ⁻¹⁴
Навигационные сигналы открытого доступа	L1OF, L2OF, L3OC (с КА №55)	L1OF, L2OF, L3OC, L2OC (с КА №1)	L1OF, L2OF, L1OC, L2OC, 5 КА на НОО

Высокоорбитальный комплекс системы ГЛОНАСС



6 КА ГЛОНАСС-ВКК геосинхронные орбиты с малым эксцентриситетом

Количество плоскостей	3
Количество трасс	2
Количество КА	6
Гарантированный срок активного существования (лет)	10
Масса (кг)	1200
Навигационные сигналы	L1OC, L2OC, L3PPP
Наклонение орбит	64.8°
Высота орбиты (На/Нп), км	38820/32750

Космическая геодезическая система



КГС «Гео-ИК-2М»



КГС-



КГС-

Характеристики	КА «Гео-ИК-2М»	КА «КГС-СГ»	КА «КГС-3»
Масса (кг)	1000	1100	500
Высота орбиты (км)	1000	250	500
Наклонение (град.)	94	96,7	89

базовая услуга -

Точность: с 2,76 м до 2,65м; Помехоустойчивость: с 30 дБ до 90 дБ;

услуга повышенной надежности и точности - Точность: с 1,0 м до 0,5 м; Доступность РФ: с 60% до 100%;

Помехоустойчивость: с 30 дБ до 70 дБ;

услуга относительной навигации - Точность: с 0,03 м до 0,015м; Помехоустойчивость: с 30 дБ до 60 дБ.

услуга высокой точности - Точность: с 0,1 м до 0,05 м; Доступность (РФ/мир): с 10% / 0% до 100% / 66%;

Помехоустойчивость: с 30 дБ до 60 дБ

Принципы создания НКУ КА и НКПОР системы «Сфера»

№ п/п	Существующий подход	Новый подход
1	Независимые технологические циклы управления (ТЦУ) в ЦУП для каждого КА.	При управлении из ЦУП разнородной многоспутниковой группировкой ТЦУ каждого КА формируются с учётом состояния других КА данной ОГ.
2	Разработка нового НКУ для каждого типа КА.	Формирование НКУ вновь вводимых КА на базе типового ЦУП, унифицированной КИС (УКИС), унифицированного общего программного обеспечения (ПО) и общей мультисервисной системы связи и передачи данных (ССПД). Обеспечение возможности управления КА из «чужих» ЦУП КА (например, из ЦУП МО КА военного назначения).
3	Одноканальные КИС	Создание модификации УКИС для размещения в полярных широтах. Антенный комплекс выполняется в виде многолучевой АФАР (не менее 5 лучей) и многоканальным «ядром» формирования и обработки КПИ, обеспечивающим одновременное управление 5-ю КА системы «Сфера».
4	Несовместимые КИС с разной архитектурой, диапазонами используемых частот, интерфейсами и протоколами	Ряд унифицированных КИС (УКИС) с единой архитектурой, программно-реализуемой структурой радиосигнала и многодиапазонными АС (разного диаметра) и ВЧ оборудования.
5	Закрытие информации осуществляется в радиолиниях КИС и трактах ССПД	Абонентское закрытие информации у конечных пользователей (источников)
6	Выполнение анализа телеметрической информации (ТМИ) и планирование управляющих воздействий оператором	Глобальная автоматизация ЦУП (реализация автоматического оператора).
7	Использование ПО и комплектующих иностранного производства	Обеспечение импортнезависимости. Отечественные унифицированные ПО с минимальным использованием импортных ПО и комплектующих.
8	Оценка эффективности НКУ (НАКУ) не зависит от количества обслуживающего персонала	Оценка эффективности НКУ (НАКУ) в зависимости от степени автоматизации и количества обслуживающего персонала.
9	МКСР «Луч» не соответствует требованиям по одновременному обслуживанию множества КА многоспутниковых орбитальных группировок ДЗЗ	Применение специализированных геостационарных и высокоэллиптических КА-ретрансляторов с широкополосными многоканальными бортовыми ретрансляционными комплексами, с многолучевыми АФАР в абонентских радиолиниях с высоким энергетическим потенциалом радиолиний (добротность не менее 0,93 дБ/°К, ЭИИМ не менее 35 дБВт)
10	Одноканальные комплексы приёма КИ с многоканальными многолучевыми (не менее 5 лучей) АФАР.	Комплексы приёма КИ с многоканальными многолучевыми (не менее 5 лучей) АФАР. Приём в реальном времени со всех КА на всех витках орбит. В состав комплексов входят средства оперативного управления

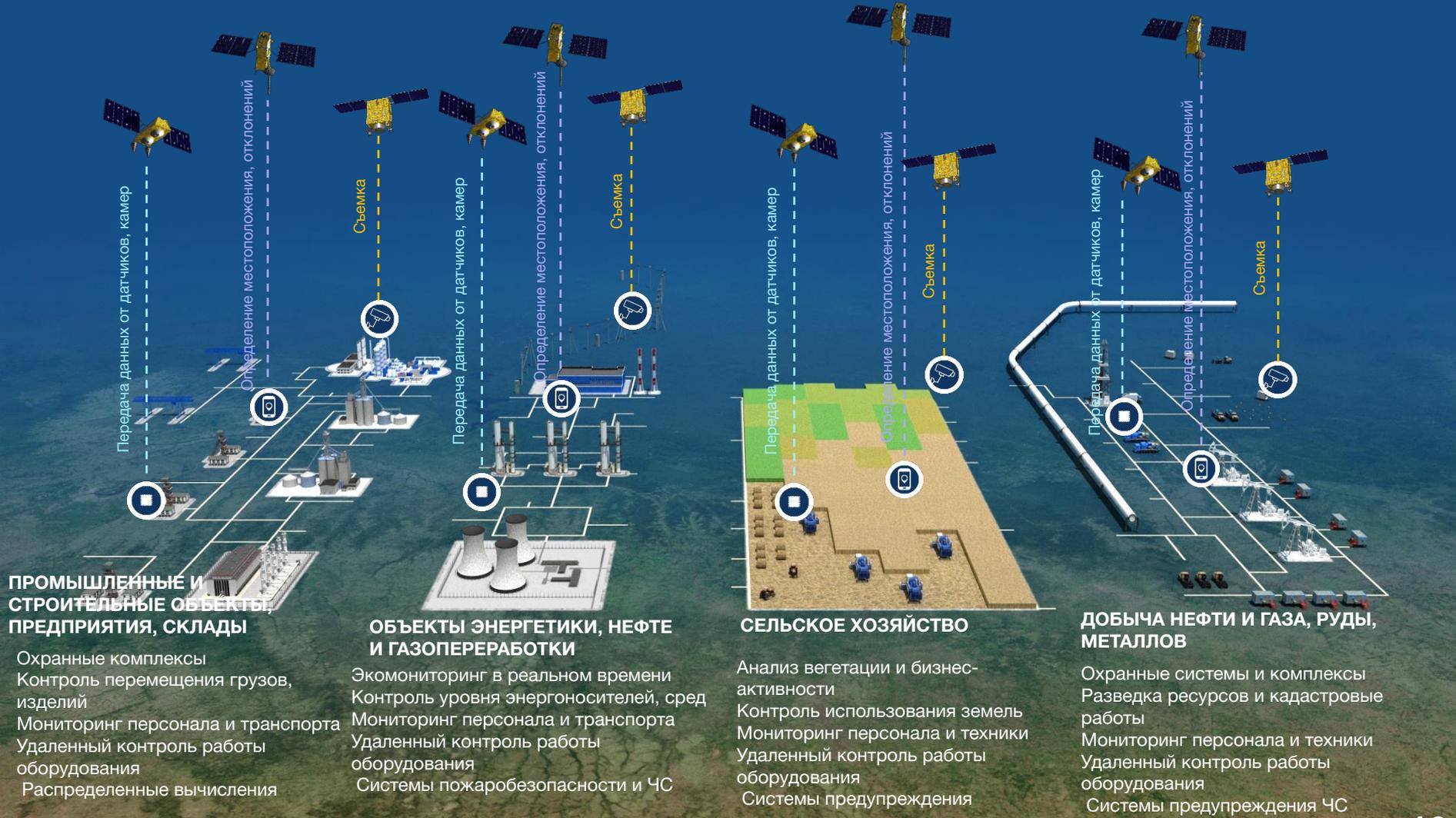
Синергия сервисов, достигаемая на основе взаимодействия услуг в системах связи, ДЗЗ и навигации

Мониторинг Земли: интеграция систем



Синергия сервисов, достигаемая на основе взаимодействия услуг в системах связи, ДЗЗ и навигации

Мониторинг инфраструктуры: интеграция систем



Синергия сервисов, достигаемая на основе взаимодействия услуг в системах связи, ДЗЗ и навигации

Сервисы для общества: интеграция систем

ДЗЗ Съемка оптическая, радиолокационная, построение цифровых моделей

Навигация Дислокация БПЛА, камер, датчиков, персонала, транспорта, а также отклонений в геометрии

Связь Передача данных от датчиков, камер видеонаблюдения, трекеров, спасательных буев, БПЛА



ГОРОДСКИЕ ОБЪЕКТЫ, ЖКХ

- Сбор данных счетчиков
- Системы удаленного контроля приборов
- Телемедицина
- Интернет (Образование, развлечения, наука)
- Глобальные он-лайн сервисы и электронная коммерция (такси, покупки, доставка)
- Общественная безопасность



СПОРТИВНЫЕ И КУЛЬТУРНЫЕ ОБЪЕКТЫ, ПАРКИ

- Общественный доступ в Интернет
- Телемедицина
- Интернет (Образование, развлечения, наука)
- Глобальные он-лайн сервисы и электронная коммерция (такси, покупки, доставка)
- Общественная безопасность



ЧАСТНЫЙ СЕКТОР, ПРИГОРОДЫ, САДОВЫЕ УЧАСТКИ

- Контроль показаний приборов и систем
- Охранные системы и комплексы
- Глобальные он-лайн сервисы и электронная коммерция (такси, покупки, доставка)
- Общественная безопасность
- Космическая съемка в частных целях

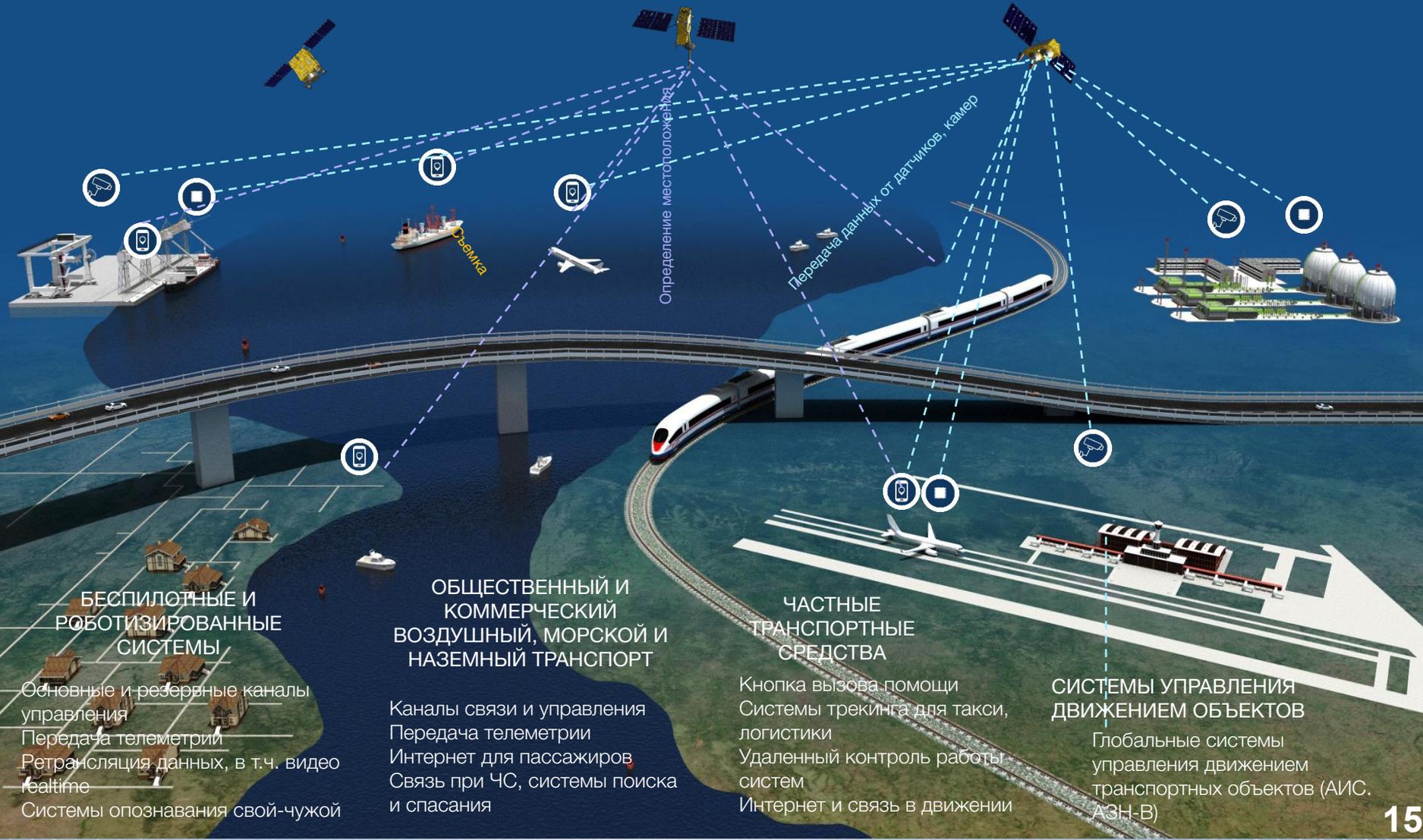


ЛЕСА, ПРИРОДНО-ОХРАННЫЕ ЗОНЫ, МЕСТА МАССОВОГО ОТДЫХА, ТУРИСТИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ

- Навигация и целеуказание
- Контроль местонахождения людей, животных
- Экологический мониторинг
- Связь в труднодоступных районах
- Поиск и спасание

Синергия сервисов, достигаемая на основе взаимодействия услуг в системах связи, ДЗЗ и навигации

Мониторинг подвижных объектов: интеграция систем



Развитие ключевых технологий



Программа «Сфера» является основой научно-технического и инновационного развития ракетно-космической промышленности Российской Федерации.

Развитие ракетно-космической отрасли



Единое цифровое пространство жизненного цикла изделий



Унифицированное приборное производство



Серийное производство КА



Гарантированный доступ в космос



Гармонизация наземной инфраструктуры



Новые партнерства

При реализации программы будут модернизированы:

- Регламенты и стандарты создания и эксплуатации космической техники
- Ключевые элементы космических систем
- Отраслевые инструменты инновационного развития
- Производственная база ракетно-космической промышленности

Программа «Сфера» станет катализатором развития космического приборостроения, серийного производства космических аппаратов, ракетостроения.



Спасибо за внимание!



ГОСКОРПОРАЦИЯ «РОСКОСМОС»



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ



КЛЮШНИКОВ
Валерий Юрьевич

Главный научный сотрудник
доктор технических наук
старший научный сотрудник

141070, г. Королев,
Московская область
ул. Пионерская, д. 4

Тел. раб.: +7(495) 513-44-44
Тел. моб.: +7(903)185-24-91
E-mail: wklj59@yandex.ru