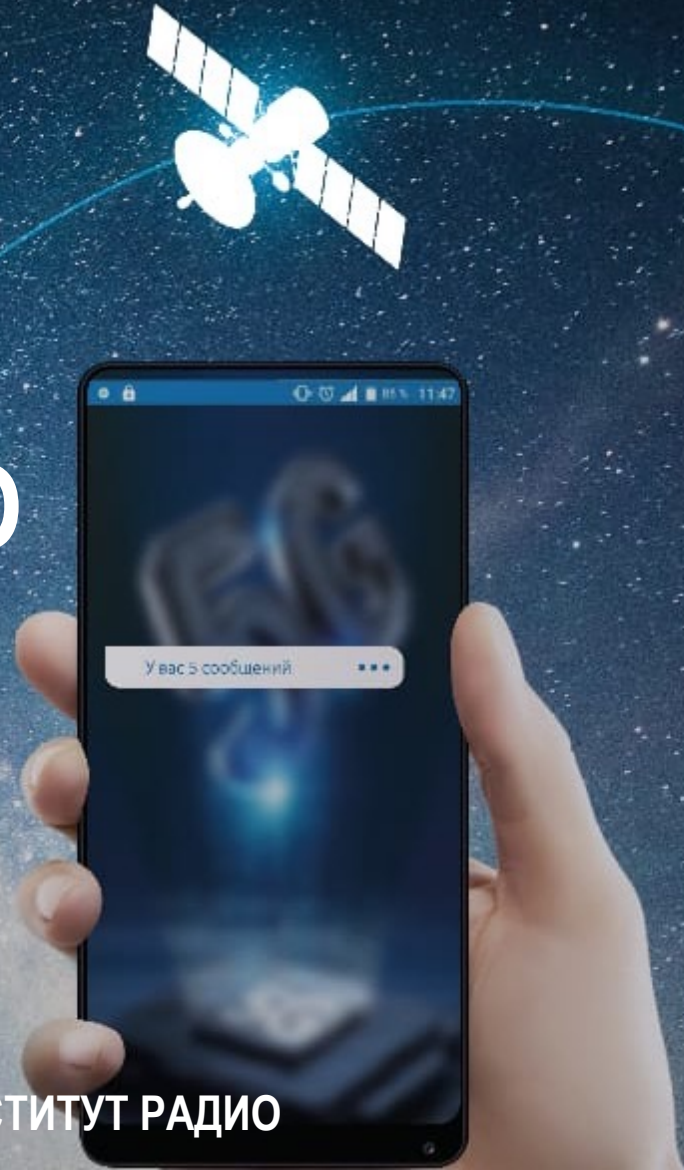


SATCOMRUS-2023

Создание гибридных спутниковых систем связи с использованием КА на НГСО

Олег Анатольевич Иванов
И.о. генерального директора ФГБУ НИИР

РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИО





Обобщённая классификация гибридных спутниковых систем

Гибридные спутниковые системы связи

ТИП 1

Спутниковые системы прямого доступа к носимым абонентским терминалам (direct-to-device)

ТИП 2

Спутниковые системы организации линии через мобильные точки доступа

ТИП 3

Спутниковые системы организации транспортной линии через стационарные VSAT- или IoT-терминалы (backhaul)

ТИП 4

Спутниковые системы организации систем экстренного вызова (PPDR)



○ Возможные варианты комбинирования наземных и спутниковых технологий связи

Варианты комбинирования

Параллельно-последовательная комбинация звеньев сети

Параллельная комбинация звеньев сети

ДВУХРЕЖИМНАЯ СЕТЬ

Спутниковое оборудование пользователя поддерживает связь либо через спутниковую сеть доступа, либо через независимую наземную сеть доступа

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СЕТЬ

Дополнительная к спутниковой наземная сеть, являющаяся составной частью спутниковой сети связи, управляемой единой системой менеджмента сетевыми и радиоресурсами с использованием для наземного компонента частотных полос спутниковой службы

ГИБРИДНАЯ СЕТЬ

Предоставление телекоммуникационного сервиса в отличие от двухрежимной сети осуществляется одновременно через спутниковую и наземную сеть доступа

Последовательная комбинация звеньев сети

СПУТНИКОВЫЙ ТРАНСПОРТ

Использование спутниковой транзитной сети между наземной опорной сетью и наземной сетью доступа

НАЗЕМНАЯ РЕТРАНСЛЯЦИЯ

Применение ретранслятора для наземной связи между спутниковой сетью доступа и оборудованием пользователя



○ Выбор орбит для России

ПРЕИМУЩЕСТВА



- ✓ Большие углы места
- ✓ Средний срок службы



- ✓ Один КА для одной зоны обслуживания
- ✓ Один луч на абонентском терминале
- ✓ Длительный срок службы



- ✓ Большие углы места
- ✓ Средняя задержка
- ✓ Несколько КА для одной зоны обслуживания
- ✓ Средний срок службы



- ✓ Низкая задержка
- ✓ Большие углы места
- ✓ Высокая энергетика радиолинии
- ✓ Средний срок службы



- ✓ Ультранизкая задержка
- ✓ Большие углы места
- ✓ Высокая энергетика радиолинии

НЕДОСТАТКИ

- ⚠ Большая задержка
- ⚠ Несколько КА для одной зоны обслуживания
- ⚠ Два луча на абонентском терминале
- ⚠ Компенсация вращения спутника
- ⚠ Относительно невысокая энергетика радиолинии

- ⚠ Низкие углы места
- ⚠ Высокая стоимость спутника
- ⚠ Относительно невысокая энергетика радиолинии

- ⚠ Средняя задержка
- ⚠ Несколько КА для одной зоны обслуживания
- ⚠ Два луча на абонентском терминале
- ⚠ Компенсация вращения спутника
- ⚠ Относительно невысокая энергетика радиолинии

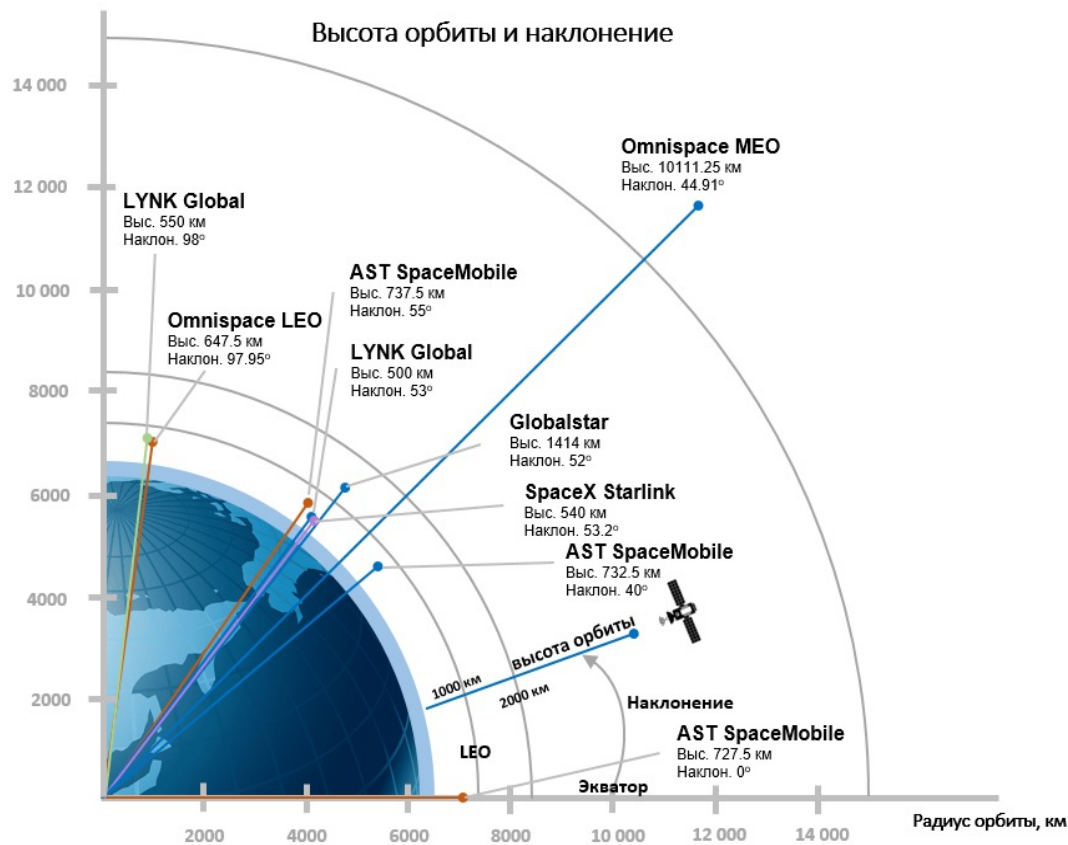
- ⚠ Несколько десятков КА для одной зоны обслуживания
- ⚠ Два-три луча на абонентском терминале
- ⚠ Компенсация вращения спутника

- ⚠ Несколько сотен-тысяч КА для одной зоны обслуживания
- ⚠ Два-шесть лучей на абонентском терминале
- ⚠ Компенсация вращения спутника
- ⚠ Малый срок службы

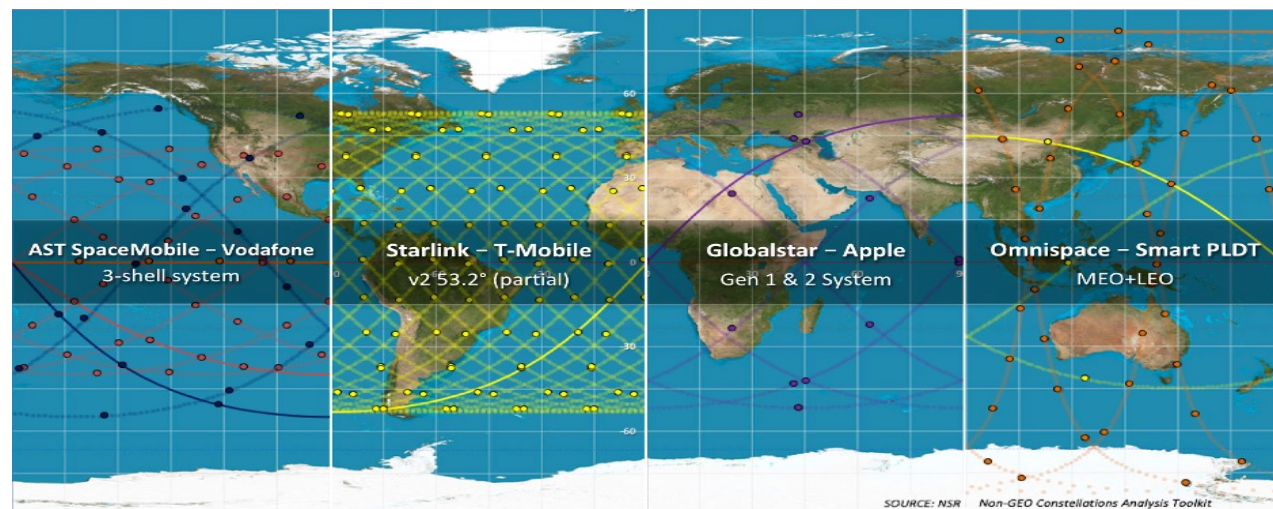


○ Мировой опыт построения гибридных спутниковых систем связи

РАСПОЛОЖЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КА НА ОКОЛОЗЕМНЫХ ОРБИТАХ



Решение может иметь перспективы массового использования в случае, когда в роли абонентского терминала будет выступать традиционный смартфон, использующийся в наземных сетях сотовой связи

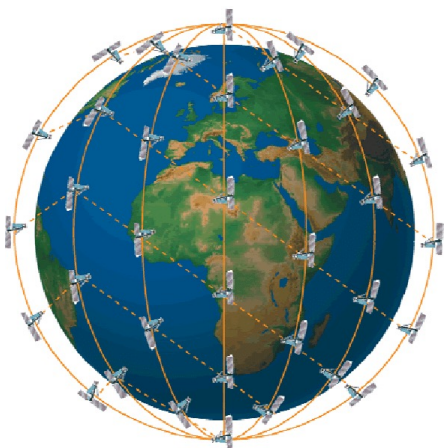




○ Системы на НГСО (примеры на LEO)

Спутниковые системы персональной подвижной связи

Iridium	GlobalStar	Гонец-М1
L-диапазон	L/S-диапазон	S-диапазон
75 из 75 КА	48 из 48 КА	0 из 28 КА
Глобальное покрытие	от 70° с.ш. до 70° ю.ш.	Глобальное покрытие



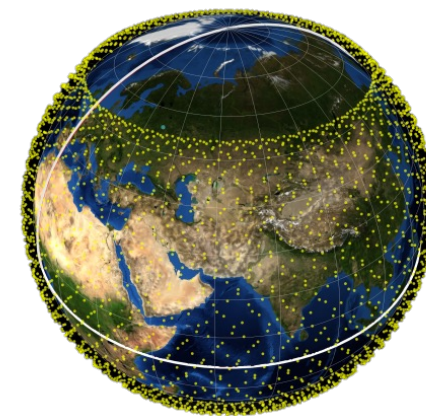
Гибридные спутниковые системы 1-го типа

AST Mobile	Lynk	???
P-диапазон	P/S-диапазон	???
1 из 243 КА	3 из 5000 КА	???
Глобальное покрытие	Глобальное покрытие	???



Спутниковые системы ШПД

Starlink	OneWeb	Рассвет
Ku-диапазон	Ku-диапазон	Ku-диапазон
4541 из 12000 КА	579 из 648 КА	3 из 900 КА
Глобальное покрытие	Глобальное покрытие	Глобальное покрытие

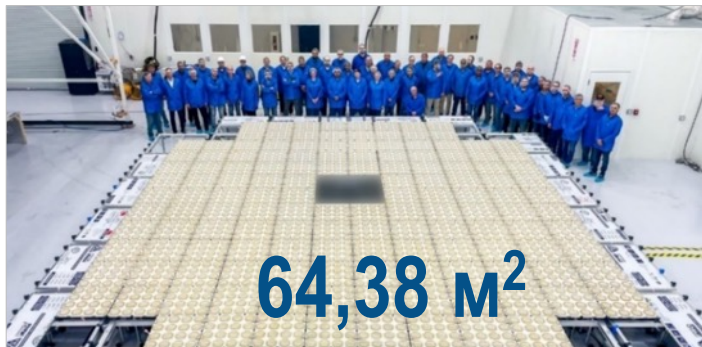
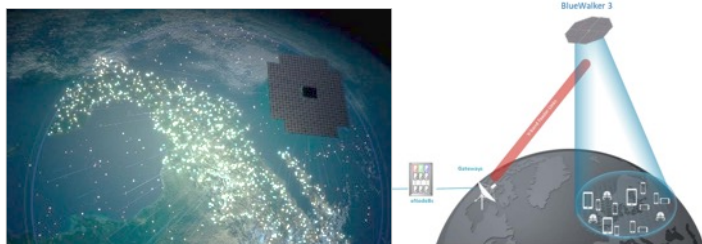




Мировой опыт построения гибридных сетей связи

Тип орбиты: НГСО

Высота орбиты: 727-737 км



Спутниковая сеть **прямой связи спутников** на НГСО с **абонентскими устройствами** IMT. Компания сотрудничает с Nokia. В настоящий момент является единственным решением по связи абонентского терминала со спутником. Прототип BlueWalker 3 запущен 10.09.2022 в преддверии коммерческих спутников под названием BlueBirds

Тип орбиты: НГСО

Высота орбиты: 1 414 км

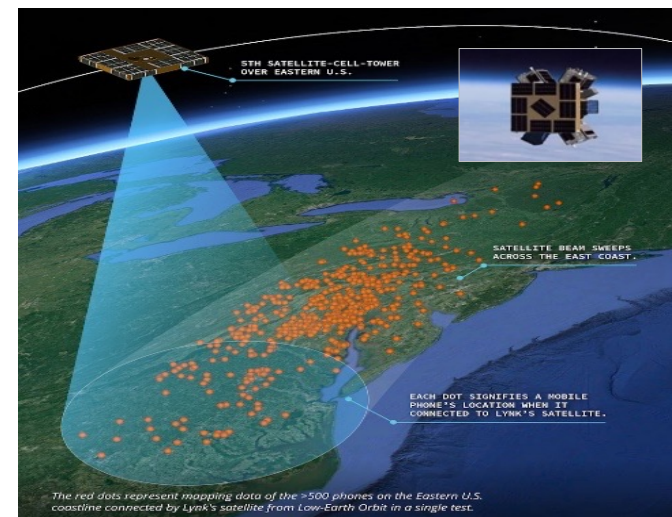


- ✓ Компания Apple в новых моделях iPhone 14 будет поддерживать SMS-сообщения SOS через спутники орбитальной группировки GlobalStar
- ✓ 14 декабря 2022 функция подачи сигнала бедствия посредством спутниковой связи в новых iPhone запустилась за пределами США. Новыми странами, в которых заработала опция Emergency SOS, стали Франция, Германия, Ирландия и Великобритания
- ✓ Emergency SOS позволит направлять запросы о помощи в 999 и 112, находясь в местах, где нет сигнала сотовой связи



Тип орбиты: НГСО

Высота орбиты: 500 км



- ✓ В сентябре 2022 компания сообщила о получении лицензии на предоставление спутниковой связи 5G в США
- ✓ 22 ноября 2022 совместно с оператором OPTUS (Австралия) проведено тестирование по отправке и получению SMS
- ✓ Представители Lynk заявляют, что активно тестируют услуги прямой спутниковой телефонной связи в 12 странах на пяти континентах





○ Мировой опыт построения гибридных сетей связи

Тип орбиты: НГСО

Высота орбиты: 540 км

Starlink Gen 2

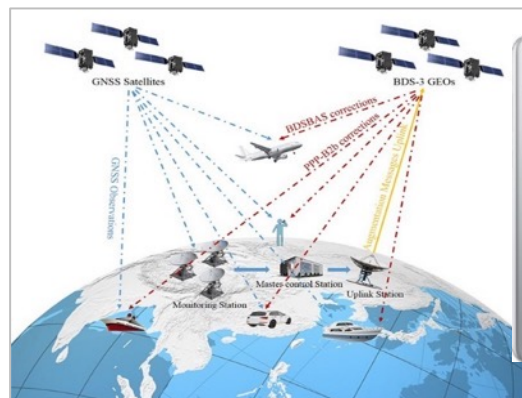


- ✓ Спутниковая группировка Starlink Gen 2 зарегистрирована в МСЭ в полосах 3 GPP
- ✓ 26.08.2022 T-Mobile и SpaceX анонсировали партнерство для организации **прямой связи смартфонов** оператора T-Mobile через спутниковую группировку Starlink Gen 2
- ✓ 6 декабря 2022 компания SpaceX подала заявку в Федеральную комиссию связи США на включение полезной нагрузки "прямого доступа", размещенной примерно на 2000 спутниках Starlink Gen 2



Тип орбиты: НГСО

Высота орбиты: 21 528 км



Mate 50 / Pro

- ✓ 6 сентября 2022 г. Huawei анонсировала линейку смартфонов Mate 50, которые поддерживают передачу данных по спутниковой связи
- ✓ Смартфоны работают по протоколу Beidou Satellite Message 3, который позволяет передавать короткие сообщения SMS в отсутствие сотовой связи
- ✓ 31 октября 2022 г. Huawei официально объявила о доступности спутниковой поддержки Beidou для Mate Xs 2



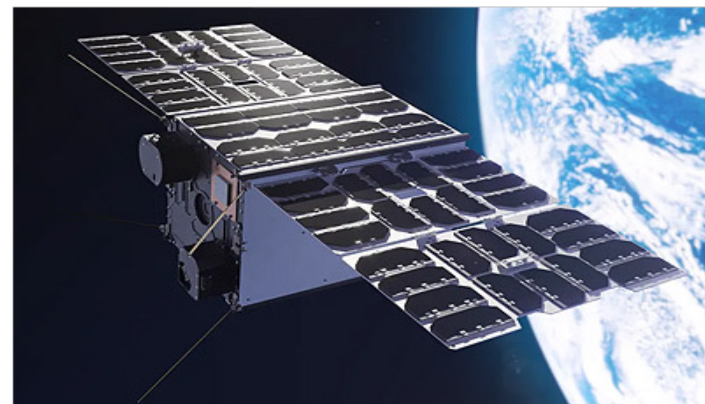
BeiDou Navigation
Satellite System



HUAWEI

Тип орбиты: НГСО

Высота орбиты: 10 360 км



- ✓ 17 августа 2022 г. оператор Smart (Филиппины) анонсировал сотрудничество с Omnispace для исследования и демонстрации 5G на базе космической связи
- ✓ Omnispace вывел на низкую околоземную орбиту (LEO) спутники Spark-1 и Spark-2
- ✓ Omnispace намерена запустить 3GPP-совместимую неназемную сеть 5G NTN (non-terrestrial network) для соединения с наземными сетями мобильной связи
- ✓ Группировка спутников НГСО нового поколения на низкой околоземной орбите (LEO) будет работать в диапазоне 3GPP n256

OMNISPACE



○ Гибридные спутниковые системы 1-го типа (структура)



Интеграция спутниковой группировки с наземными сетями сотовых операторов (МТС, Мегафон, Ростелеком, Билайн) в режиме Хэндовера



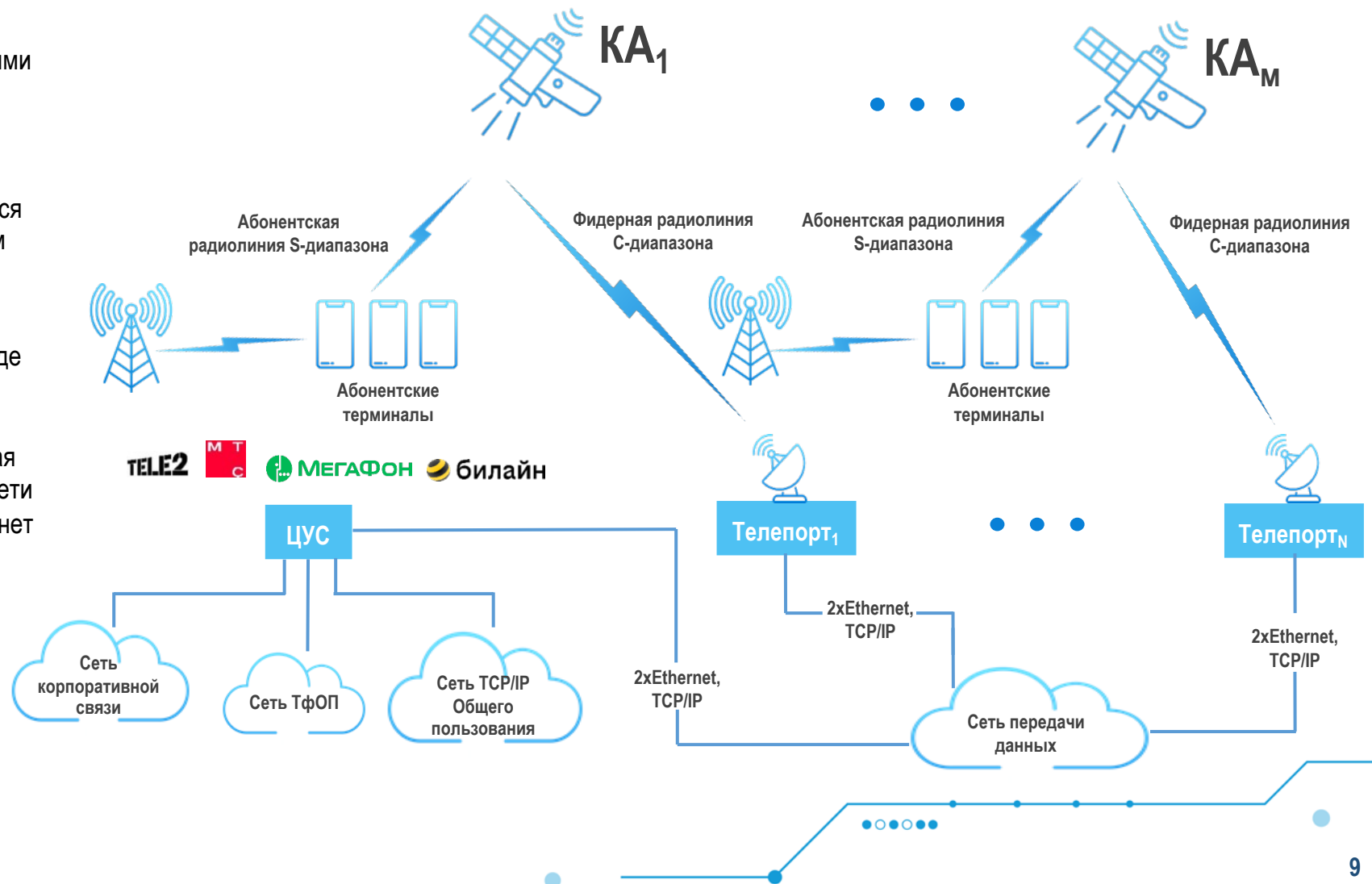
В качестве абонентского терминала используется стандартный смартфон или телефон с режимом 4G/LTE



Услуги, предоставляемые абоненту при переходе обслуживания от наземных сетей связи к спутниковым: передача текстовых сообщений (SMS), передача аварийных сообщений, включая ЭРА ГЛОНАСС, голосовая связь, социальные сети (Telegram, WhatsApp и др.), доступ к сети Интернет (до 1 Мбит/с), интернет вещей (IoT) и M2M



Зона обслуживания – территория России, возможна организация обслуживания в странах BRICS





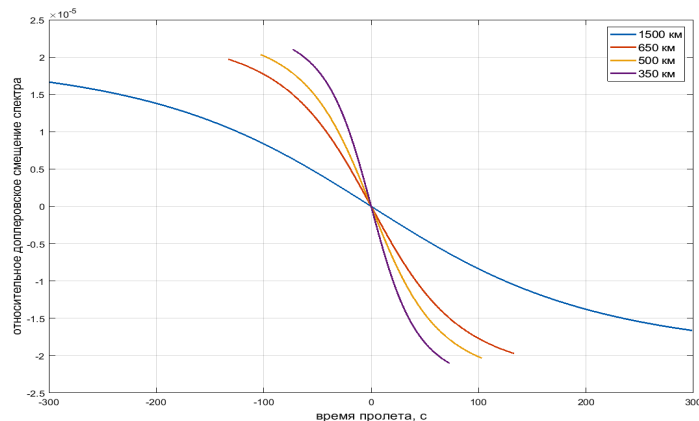
○ Диаметр апертуры бортовой антенны КА абонентской радиолинии

Диапазон частот абонентской радиолинии	Тип орбиты				
	Высокоэллиптическая орбита (ВЭО/HEO) 40 000 км	Геостационарная орбита (ГСО/GEO) 36 000 км	Средняя орбита (СО/MEO) 8 000 км	Низкая околоземная орбита (НОО/LEO) 1 500 км	Сверхнизкая околоземная орбита (СНОО/VLEO) 300...500 км
S-диапазон 2 ГГц	80 метров	100 метров	20 метров	5 метров	1,8 метра
	размер одного луча 0,11 °	размер одного луча 0,09 °	размер одного луча 0,45 °	размер одного луча 1,65 °	размер одного луча 5 °
	диаметр зоны в подспутниковой точке 77 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 56 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 62 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 43 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 43 км
C-диапазон 3,6 ГГц	80 метров	100 метров	20 метров	5 метров	1,8 метра
	размер одного луча 0,11 °	размер одного луча 0,09 °	размер одного луча 0,45 °	размер одного луча 1,65 °	размер одного луча 5 °
	диаметр зоны в подспутниковой точке 77 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 77 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 62 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 43 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 43 км
Ка-диапазон 27,5 ГГц	90 метров	110 метров	22 метров	5,5 метров	2 метра
	размер одного луча 0,007 °	размер одного луча 0,006 °	размер одного луча 0,03 °	размер одного луча 0,12 °	размер одного луча 0,33 °
	диаметр зоны в подспутниковой точке 5 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 4 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 4 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 3 км	диаметр зоны в подспутниковой точке 3 км

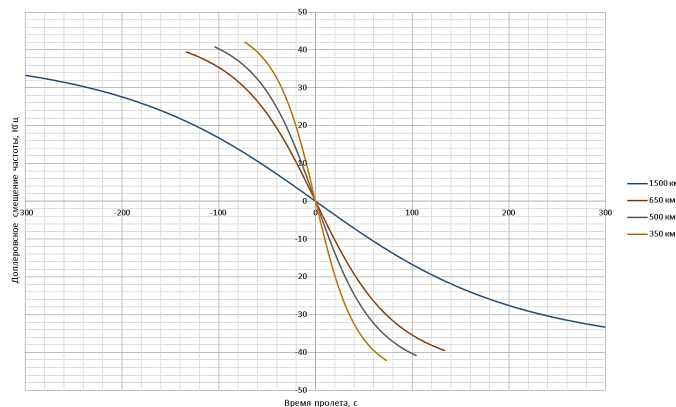


○ Параметры низкоорбитальных систем (для обслуживания территории РФ под углом места не менее 30°)

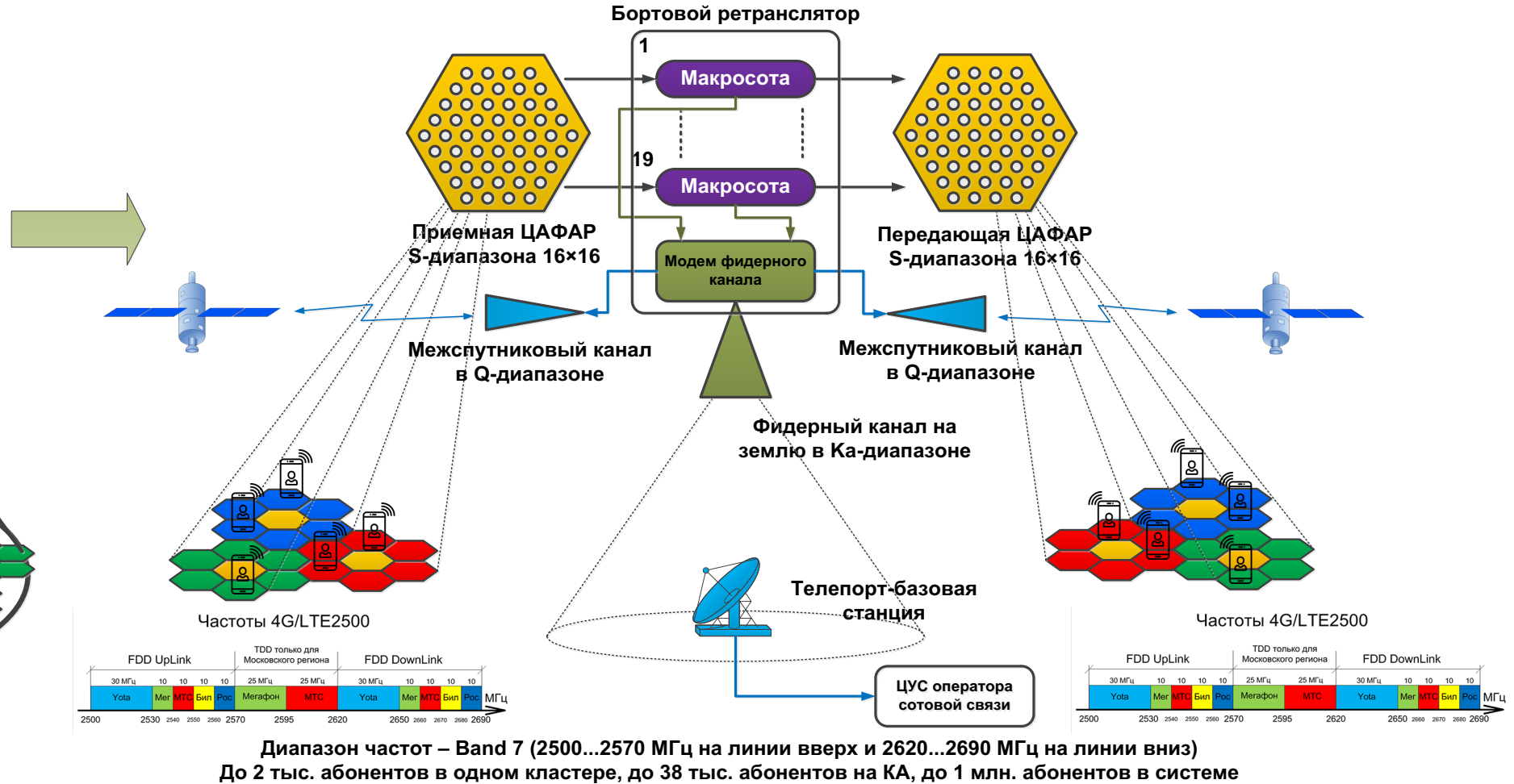
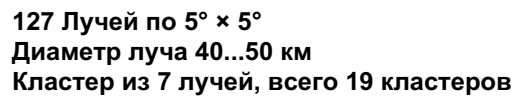
Относительное доплеровское смещение частоты несущей



Доплеровское смещение частоты (2 ГГц)

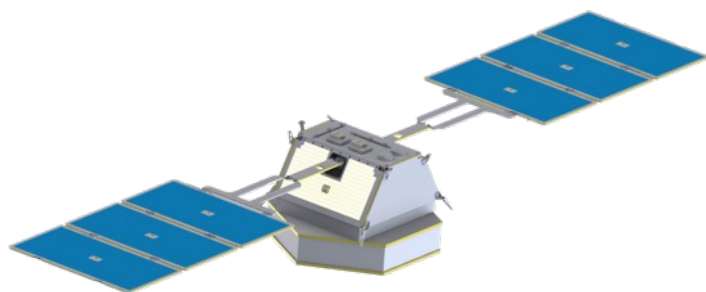
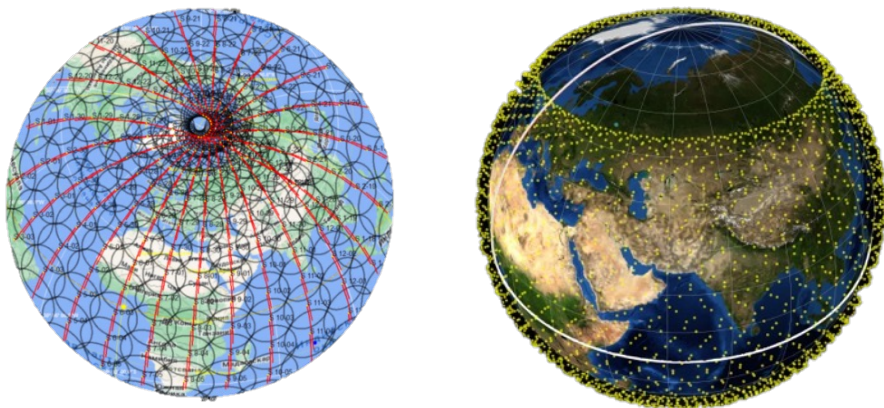


Высота орбиты, км	Число КА в группировке	Задержка сигнала, мс	Диаметр зоны радиобзора, тыс. км	Диаметр апертуры бортовой антенны, м
1500	6 x 13 = 78	5,0 – 8,0	3,4	6,5
650	12 x 25 = 300	2,0 – 4,0	1,8	2,8
500	15 x 25 = 480	1,7 – 3,0	1,5	2,1
350	20 x 43 = 860	1,2 – 2,0	1,1	1,5



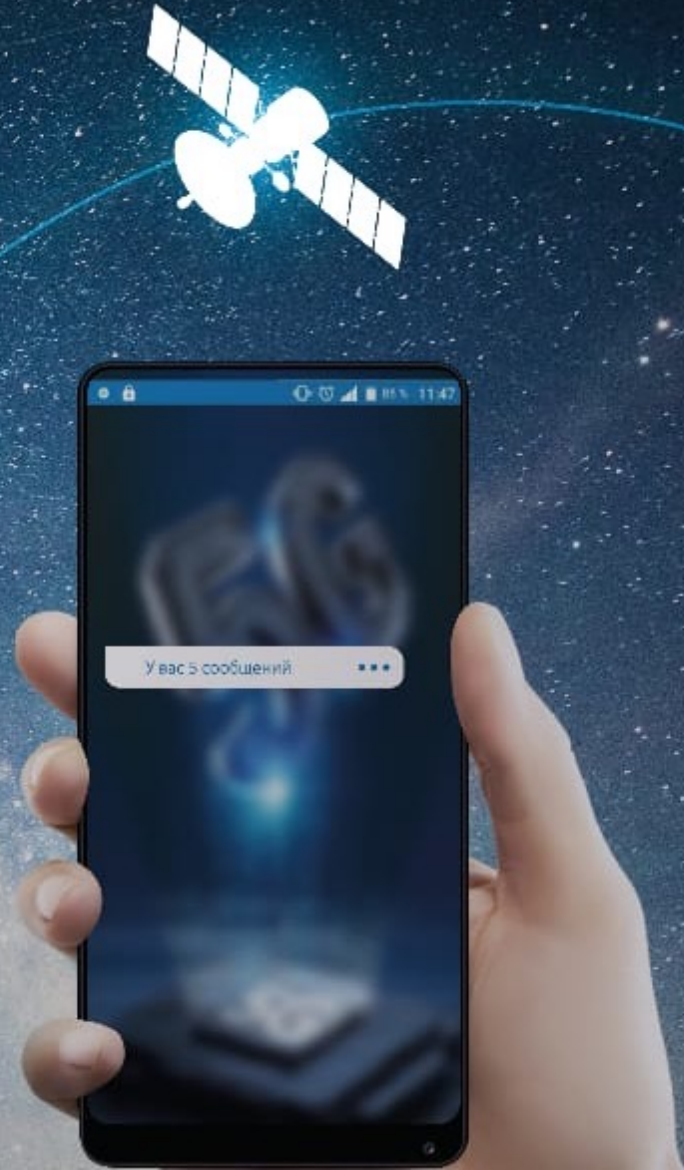


○ Предложения по построению орбитальной группировки



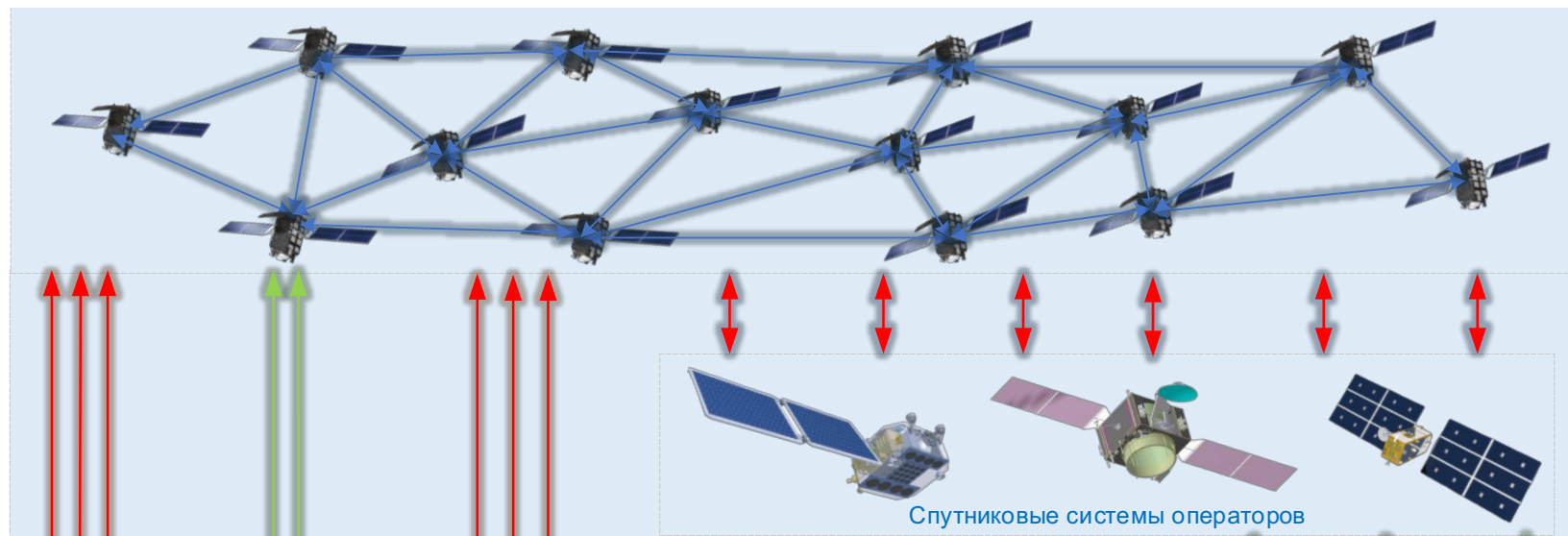
Характеристика	Значение
Диапазон частот абонентской линии связи	S
Диапазон частот фидерной линии связи	Ka (уточняется)
Диапазон частот межспутниковой линии связи	Q (уточняется)
Орбитальное построение	полярные или кеплеровские орбиты
Количество КА	300...600
Высота орбиты	~350...450 км
Масса КА	500...650 кг
Количество лучей абонентской линии	127...254
Тип антенны	АФАР/ЦАФАР
Обработка на борту	цифровая с регенерацией

Магистральная сеть связи космического базирования



Структурная схема построения магистральной сети связи космического базирования (МССКБ)

Спутниковый сегмент МССКБ



Условные обозначения

- Межспутниковые каналы передачи данных
- Каналы сброса информации
- Каналы контроля управления и приёма телеметрии спутников МССКБ
- Земные каналы передачи данных
- Каналы вверх (земные) от абонентов
- Каналы межспутниковые от абонентов

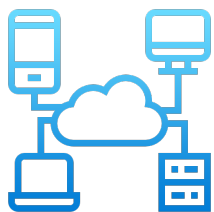
Наземный сегмент МССКБ





○ Преимущества создания МССКБ

Создание конкурентоспособной единой опорной телекоммуникационной сети связи



Предоставление услуг опорной сети для операторов сетей на ГСО и НГСО. Оптимизация использования орбитально-частотного ресурса. Кардинальное повышение надежности телекоммуникаций. Упрощение наземной инфраструктуры. Создание конкурентных преимуществ в международной сфере

Возможность осуществления типовых групповых запусков КА



Организация конвейера типовых групповых запусков ракетополетов. Запуски производятся совместно с другими Заказчиками либо с техническими запусками для поддержания работоспособности МССКБ

Унификация платформ КА с функциональным оборудованием Заказчика



КА является унифицированным и производится конвейерным методом. В любой момент времени в наличии у производителя имеются десятки готовых КА, предназначенных для восполнения группировки МССКБ

Сокращение времени и упрощение процедуры ввода КА в эксплуатацию



Отлаженная единая технология создания КА и вывода его на орбиту, развернутые каналы управления и данных на инфраструктуре МССКБ





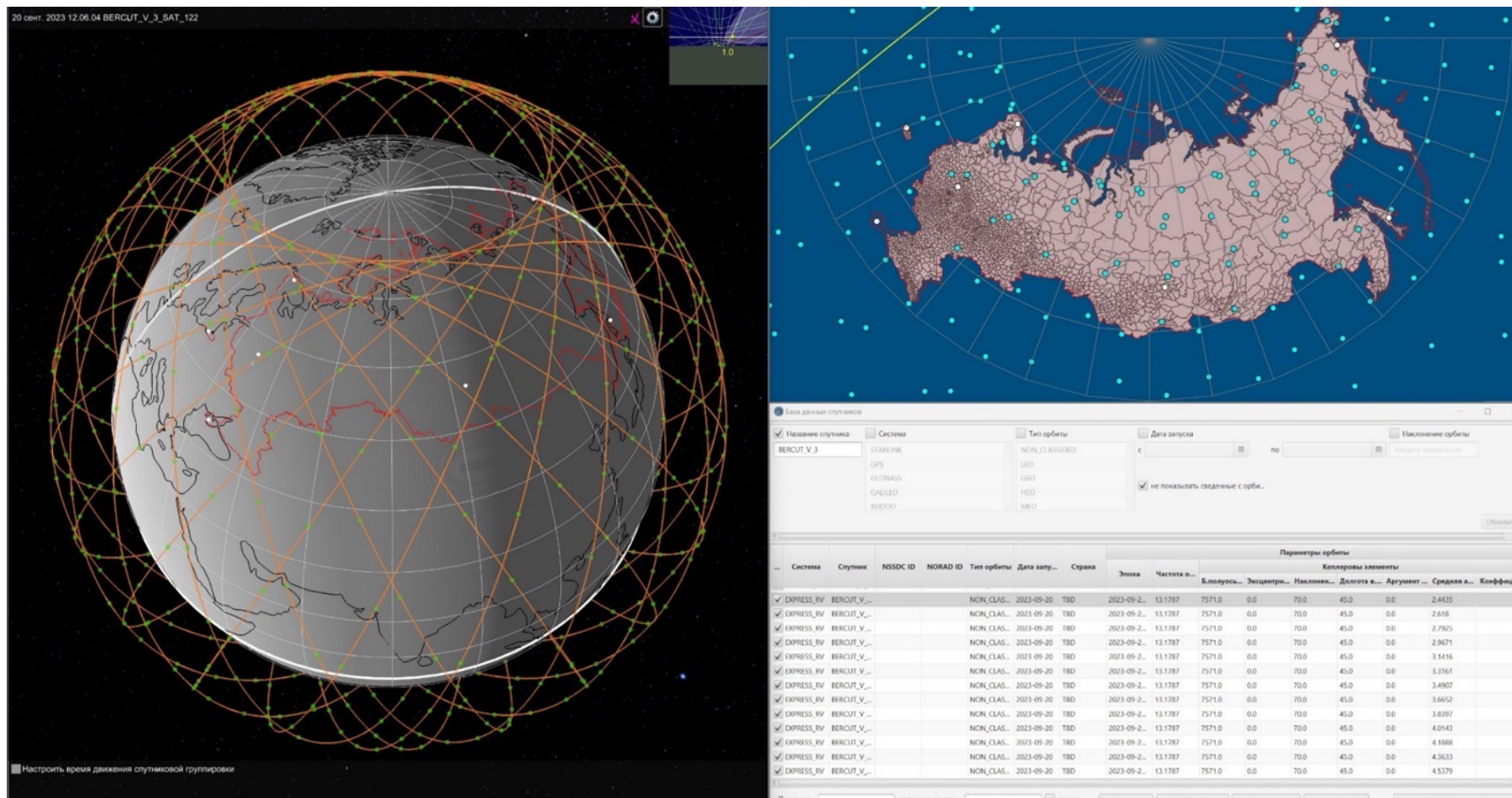
○ Сравнительные характеристики межспутниковых линий связи(экспертная оценка)

Характеристики	Межспутниковые лазерные линии	Межспутниковые радиолнии
Доступность спектрального ресурса для использования	ограничения отсутствуют	спектр ограничен, требует выполнения процедур согласования
Достижимая скорость передачи информации на длине линии не более 2000 км, Гб/с	10 (возможно более)	диапазон 60 ГГц и 120 ГГц - до 10
Помехозащищенность линий связи	высокая	требует выполнения мероприятий
Обеспечение ЭМС	не требуется	требуется
Требования к платформе по стабилизации и ориентации	жесткие	допускается наличие погрешностей
Требования к точности наведения	высокие	в пределах ширины диаграммы направленности
Масса-габаритные характеристики аппаратуры	требуется уточнения в процессе разработки	
Энергопотребление на единицу скорости передачи информации	низкое	высокое



Заделы ФГБУ НИИР по моделированию функционирования МССКБ

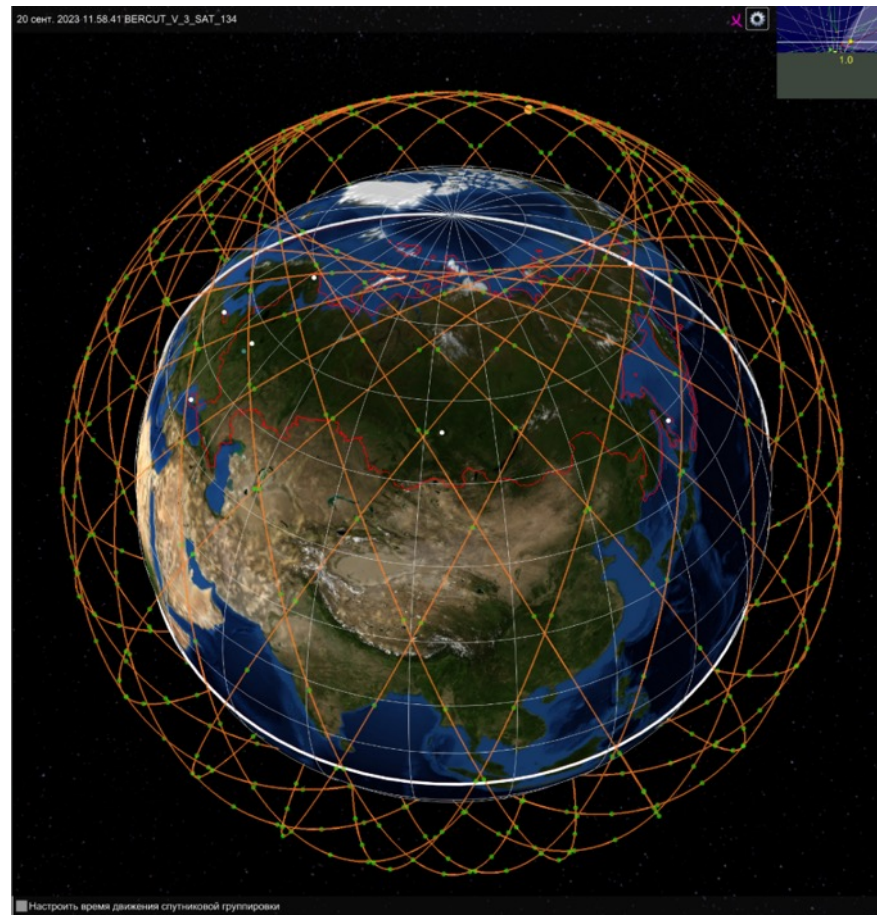
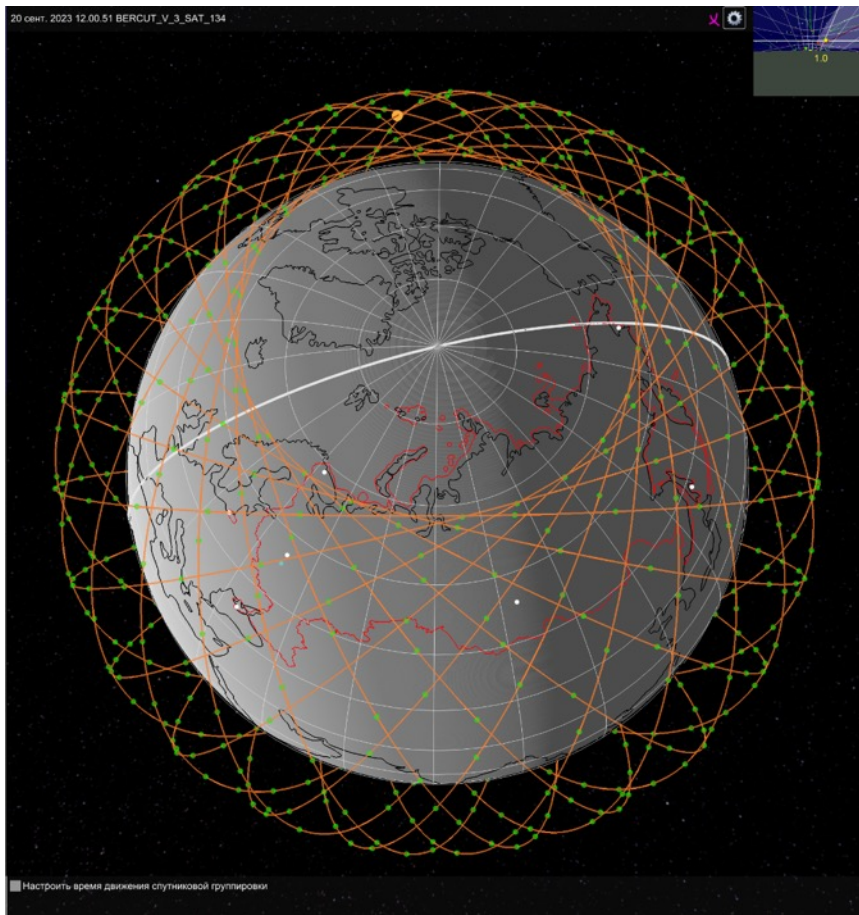
Интерфейс для синтеза и орбитальных группировок заданной конфигурации





○ Заделы ФГБУ НИИР по моделированию функционирования МССКБ

Интерфейсы для исследования эффективности построения космических систем



○ «Электросвязь» №7: гибридные спутниковые сети



Ведущий отраслевой журнал



Июльский номер журнала посвящён гибридным спутниковым сетям

Скачать



Спасибо за внимание!

Контакты



Адрес:
Россия, г. Москва, ул. Казакова, 16

