



О приоритетах в развитии спутниковых телекоммуникационных систем в России

Андрей Гриценко

Генеральный директор, к.т.н.

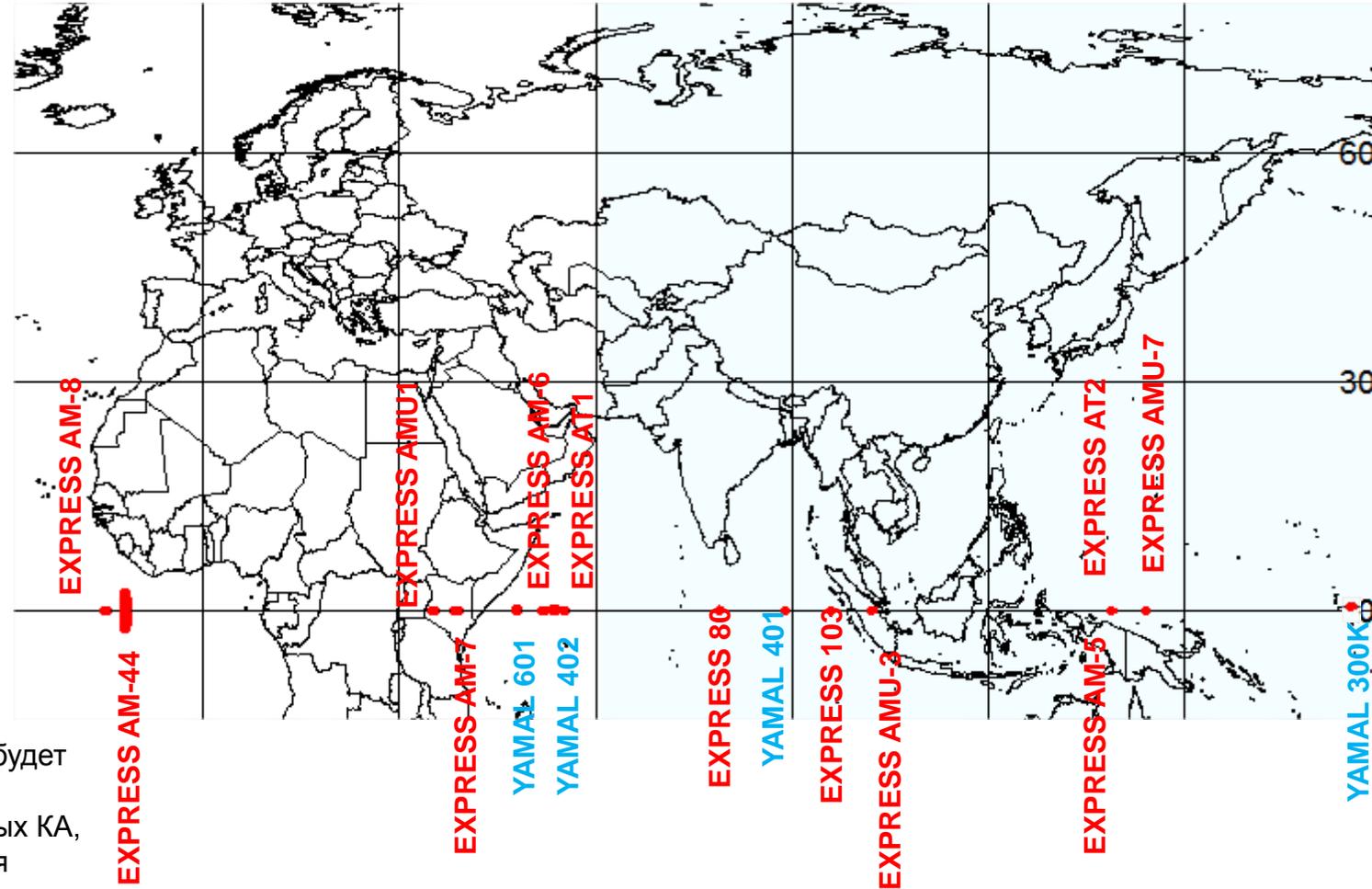
**XXIX МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ СВЯЗИ
«Инновации для построения цифрового будущего»
Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»
25 апреля 2025 года**



Российская орбитальная группировка на ГСО

Космический сегмент:

Поз.	Спутник	Диапазон	Запуск(САС)	Окон.
-14	EXPRESS AM-8	L,C,Ku	2015 (15)	2030
-11	EXPRESS AM-44	L,C,Ku	2009 (12)	2021
36	EXPRESS AMU1	Ku,Ka	2015 (15)	2030
40	EXPRESS AM-7	L,C,Ku	2015 (15)	2030
49	YAMAL 601	C,Ka	2019 (15)	2034
53	EXPRESS AM-6*	L,C,Ku,Ka	2014 (15)	2029
54,9	YAMAL 402	Ku	2012 (12)	2024
56	EXPRESS AT1	Ku	2014 (15)	2029
80	EXPRESS 80*	L,C,Ku	2020 (15)	2035
90	YAMAL 401	C,Ku	2014 (15)	2029
96,5	EXPRESS 103	L,C,Ku	2020 (15)	2035
103	EXPRESS AMU-3	L,C,Ku	2021 (15)	2036
140	EXPRESS AT2	Ku	2014 (15)	2029
140	EXPRESS AM-5*	L,C,Ku,Ka	2013 (15)	2028
145	EXPRESS AMU-7	L,C,Ku	2021 (15)	2036
-177	YAMAL 300K	C,Ku	2012 (14)	2028



* – возможности м.б. ограничены

XXX – САС закончился

XXX – замена через 3...4 года

Выводы:

1. Используются все позиции ГСО, выделенные РФ.
2. Два спутника - за пределами САС, еще 6 необходимо будет менять в ближайшие 3..4 года.
3. Снижение себестоимости пропускной способности новых КА, по мнению НИИР, можно достичь путем использования гибких полезных нагрузок

Рис.1 Российская орбитальная группировка на ГСО



Российские спутниковые НГСО телеком проекты

СЕРВИС

МНОЖЕСТВО
ПРОЕКТОВ

ШПД

1. «Экспресс-РВ»
2. «СКИФ»
3. «Рассвет» («Бюро 1440»)

Персональная спутниковая связь

4. «Гонец-М»

IoT

5. TELUM LEO
6. АО «ГЛОНАСС»
7. SiOT (Спутникс)
8. Cubesat (Геоскан)
9. «Гонец-МКА»

D2D (Гибридные системы*)

10. «Марафон IoT» (D2D IoT)
11. АО «ГАЗПРОМ СПКА» (D2D 4/5G)
12. «Беркут-D2D» (АО РЕШЕТНЕВ)

* К «гибридным» относятся системы, включающие как минимум две компоненты (наземная + спутниковая и/или др.), работающие в **ЕДИНОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ**. Свойство гибридной сети – «бесшовность».



Российские спутниковые НГСО телеком проекты

СЕРВИС

МНОЖЕСТВО
ПРОЕКТОВ

ШПД

1. «Экспресс-РВ»
2. «СКИФ»
3. «Рассвет» («Бюро 1440»)

Персональная спутниковая связь

4. «Гонец-М»

IoT

5. TELUM LEO
6. АО «ГЛОНАСС»
7. SIoT (Спутникс)
8. Cubesat (Геоскан)
9. «Гонец-МКА»

D2D (Гибридные системы*)

10. «Марафон IoT» (D2D IoT)
11. АО «ГАЗПРОМ СПКА» (D2D 4/5G)
12. «Беркут-D2D» (АО РЕШЕТНЕВ)

* К «гибридным» относятся системы, включающие как минимум две компоненты (наземная + спутниковая и/или др.), работающие в **ЕДИНОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ**. Свойство гибридной сети – «бесшовность».

Проект «Гонец-М1» - ведомственная система ПСС в России и Арктике

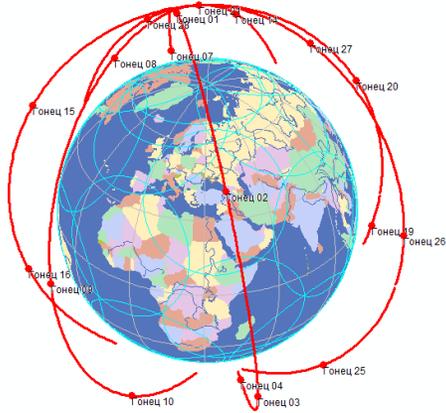


Рис.1. ОГ проекта системы «Гонец-М»

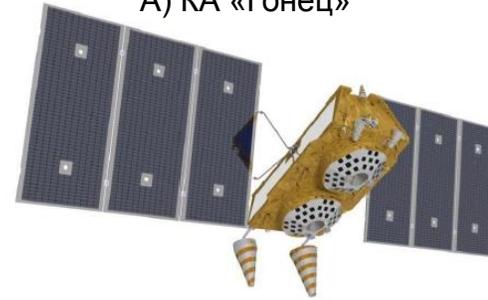
Космический сегмент:

- Тип орбиты – LEO, 1500 км
- Наклонение: 82,5 град
- Число КА – 28 (4 пл. x 7 КА)
- Диапазон частот – P, S
- Масса КА: до 750 кг
- Развертывание: 2029 - 2030 г
- **Голосовая связь – 40 тыс. потребителей**

Вывод: небольшая пропускная способность (из-за отсутствия доступных полос в L и S диапазонах спектра) не позволяет эксплуатировать как коммерческую систему (типа IRIDIUM).

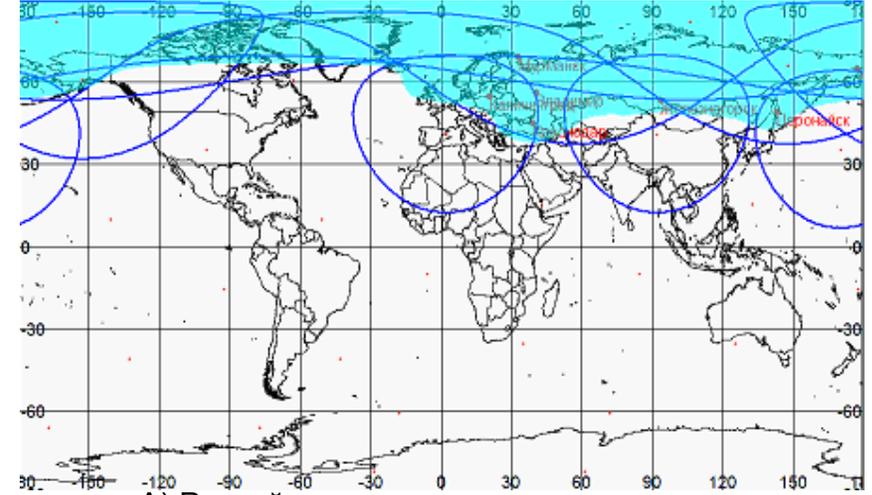


А) КА «Гонец»

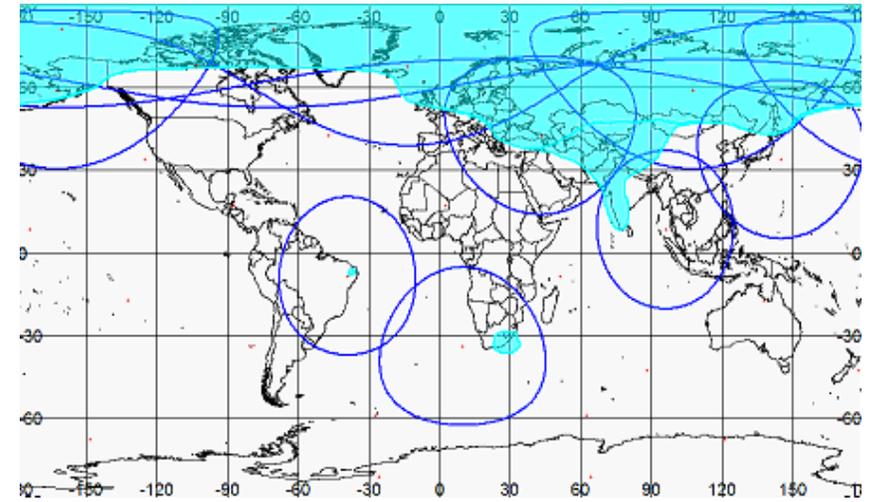


Б) КА «Гонец-М»

Рис.2 Макеты спутников



А) Российские станции сопряжения



А) Все станции сопряжения (с учетом БРИКС+)

Рис.3. Зона обслуживания S-диапазона
(с учетом шлюзов; УМмин=7 град,)



Российские спутниковые НГСО телеком проекты

СЕРВИС

МНОЖЕСТВО
ПРОЕКТОВ



* К «гибридным» относятся системы, включающие как минимум две компоненты (наземная + спутниковая и/или др.), работающие в **ЕДИНОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ**. Свойство гибридной сети – «бесшовность».

Спутниковые проекты ШПД – «Экспресс-РВ»

(проект проработан ФГУП «Космическая связь»)

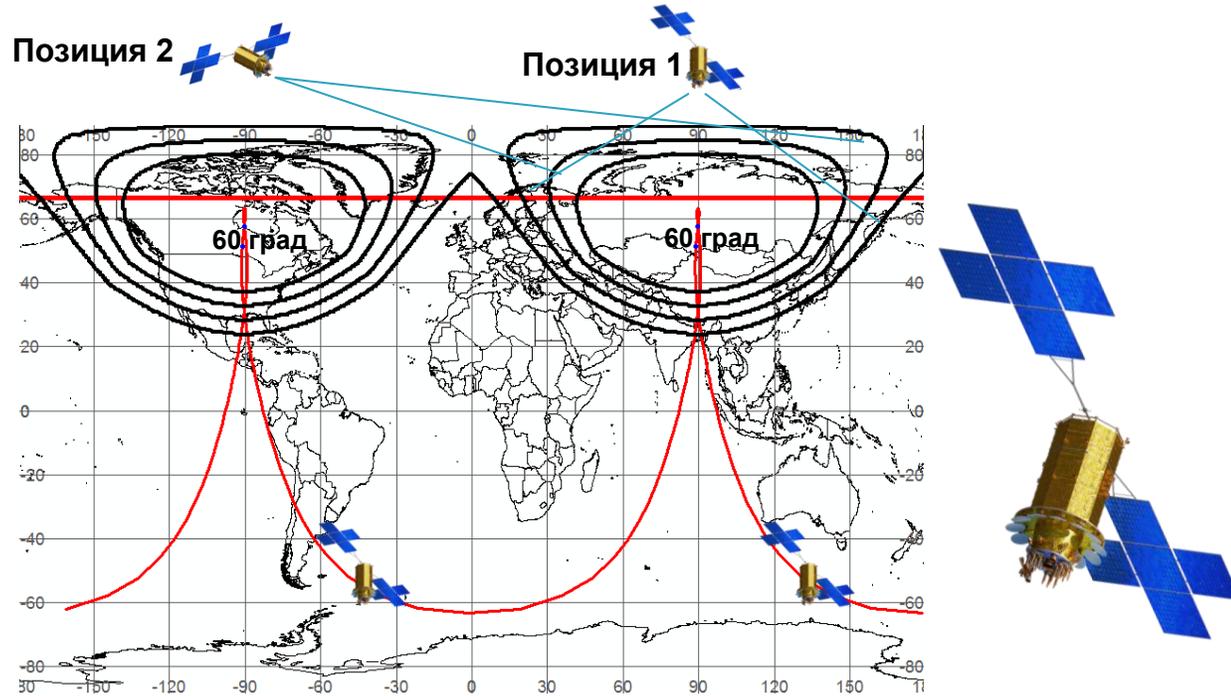


Рис.1 Гарантированные зоны радиовидимости (УМ=60, 30, 40 и 30°) и организация непрерывного обслуживания РФ и Арктики с двух позиций

Кратко:

- четыре спутника формируют 2 позиции, с которых обеспечивается непрерывное обслуживание территории России и Арктики, т.е. к-т использования бортов равен 50%;
- спутники практически неподвижны в позициях - угловой дрейф составляет 12x2 град;
- для развертывания группировки необходимо 4 запуска РН;
- системы ШПД с КА на ГСО и ВЭО хорошо комбинируются.
- пропускная способность «вниз» составляет около 70 Мбит/с на луч или 840 Мбит/с на спутник или 1,7 Гбит/с на систему.

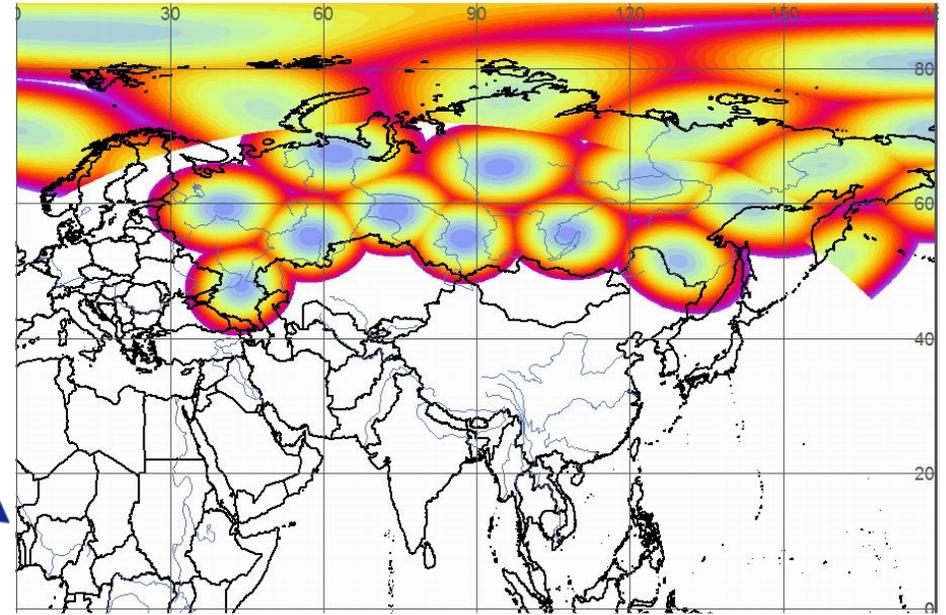


Рис.2 Многолучевое покрытие 22 лучами территории РФ и Арктики

Основные характеристики:

- Разработан: ФГУП «Космическая связь»
- Тип орбиты – ВЭО («Молния-Кентавр»)
- Число и масса КА – 4; 2400 кг
- Диапазон частот абонентских линий- Ku, C, L
- Число лучей на одном КА – 12
- Ширина луча 2,2 град
- Диаметр антенны АС: 0,6 м и 1,2 м
- Пропускная способность: 70 Мбит/с
- Диаметр антенн шлюзов: 4.8 м и 7.2 м;
- Развертывание: 2025 – 2026 г.



Спутниковые проекты ШПД – «СКИФ»

Краткая характеристика:

- инициатор: АО «Зонд-Холдинг»;
- заявка БР МСЭ 122520028 от 15.03.3022 на сеть SKY-F;
- орбита: МЕО, 8080км, наклонение 90 град;
- структура ОГ: 3 плоскости по 4 КА (12 КА);
- масса КА 1480 кг («СКИФ-Д» - 165 кг);
- диапазон частот: Ка (30/18 ГГц);
- пропускная способность КА: до 200 Гбит/с;
- пропускная способность: до 419 Мбит/с;
- запуск КА «Скиф-Д»: ноябрь 2022 г.;
- запуск первых 6-ти штатных КА: 2026-2027 г.;
- запуск еще 6-ти штатных КА: 2028-2029 г.

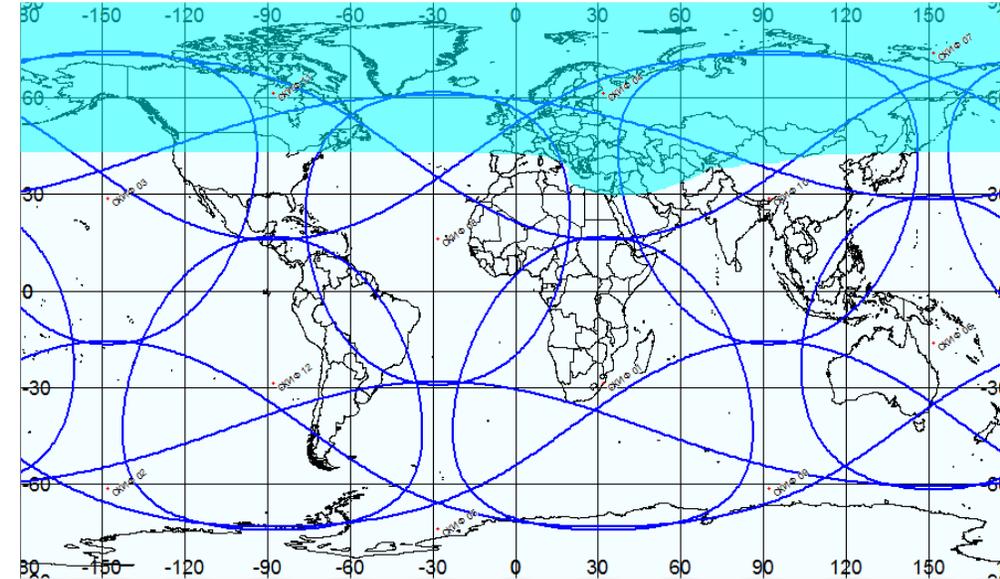


Рис.4. Зона обслуживания проекта «СКИФ» (четыре станции сопряжения на территории РФ, УМ>20 град)



Рис.4. Абонентские ЗС

Земной сегмент:

- диаметр антенн АС: 1.8 м и 2.4 м;
- диаметр антенн шлюзов: 4.5 м и 7.3 м;
- заявленные скорости передачи «вверх» и «вниз»: от 3 Мбод до 500 Мбод;
- для организации непрерывной связи нужна пара АЗС

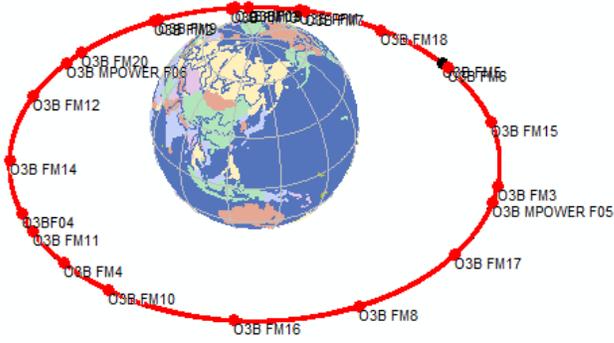


Рис.1. Система ОЗВ – прототип проекта «СКИФ»

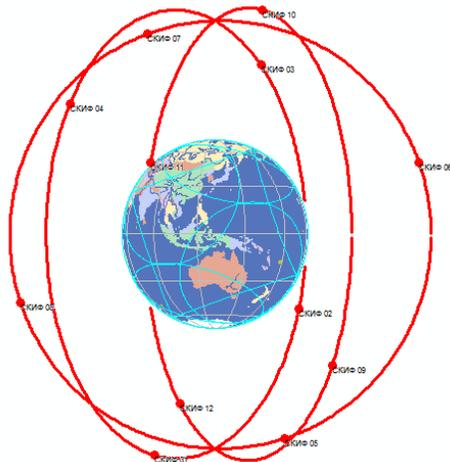


Рис.2. ОГ проекта «СКИФ»

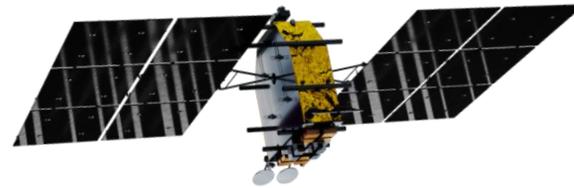
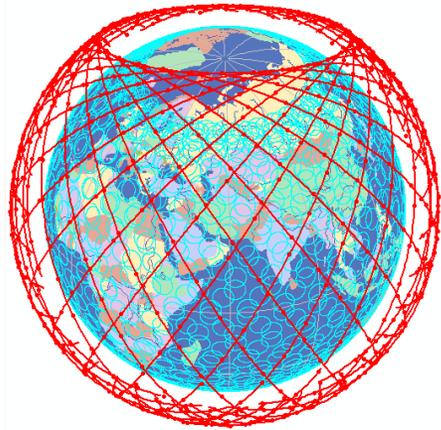


Рис.3. Макет КА

Из группировки 12 спутников только от 4 до 6 спутников будут в любой момент обслуживать территорию РФ и Арктики. Т.е. это от 33 до 50 %.

Спутниковые проекты ШПД – «Рассвет»

Основная услуга: широкополосная передача данных со скоростью канала до 1 Гбит/с на терминал с задержкой сигнала < 70 мс.



А) Наклонные орбиты

IFIC 2991, спутниковые сети RASSVET-1 и RASSVET-2:

а) Сеть RASSVET-1 (эшелон на наклонных орбитах)

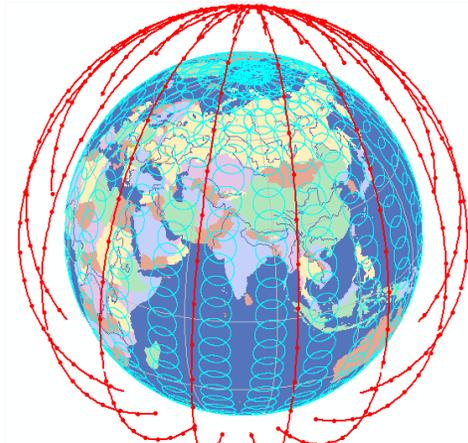
Параметры орбиты:

- высота 600 км;
- наклонение 60 град;

Параметры ОГ:

- 30 пл. по 45 КА (всего 1350 КА);
- угол между плоскостями 12 град;
- фазовый угол между КА: 8,27 град
- БРТК: диапазон частот Ku, Ka
- межспутниковые линии: есть 33/23 ГГц

Покрывение СМП и Арктики – не обеспечивается



Б) Полярные орбиты

б) Сеть RASSVET-2 (эшелон на полярных орбитах)

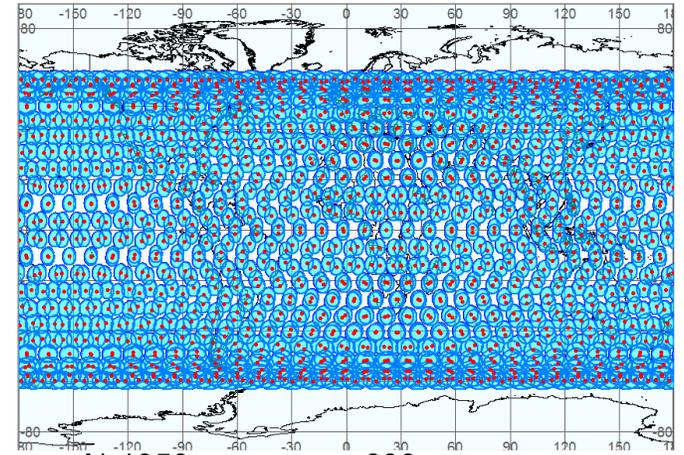
Параметры орбиты:

- высота 800 км;
- наклонение 88 град;

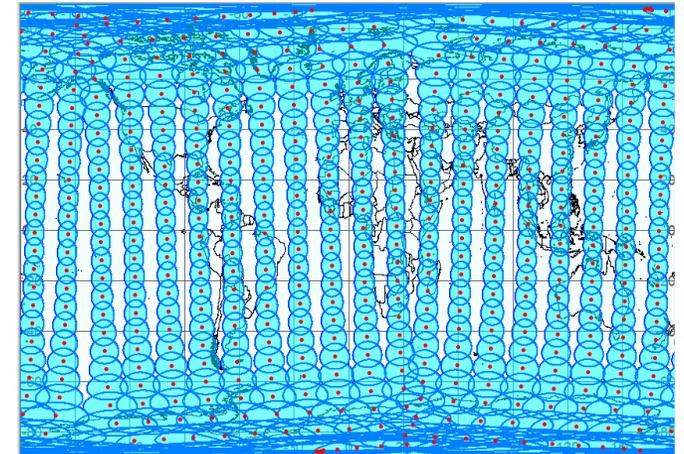
Параметры ОГ:

- 10 пл. по 50 КА (всего 500 КА);
- угол между плоскостями 18 град;
- фазовый угол между КА: 7,92 град
- БРТК: диапазон частот Ku, Ka
- межспутниковые линии: есть 33/23 ГГц

Рис.1. Орбитальная группировка



А) 1350 спутников, 600 км, наклонные орбиты, угол места 50 град

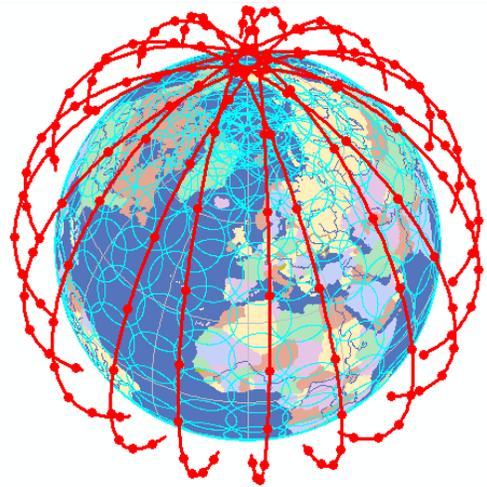


Б) 500 спутников, 800 км, полярные орбиты, угол места 50 град

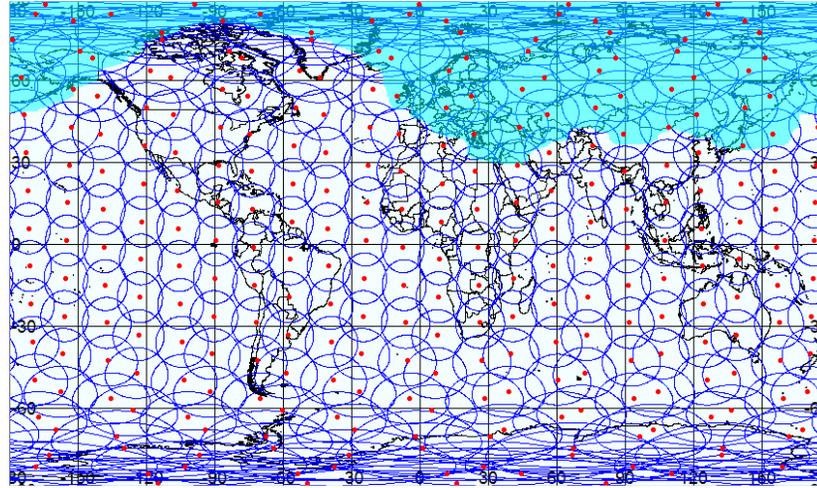
Рис.2. Мгновенная зона радиовидимости

Спутниковые проекты ШПД – «Рассвет»

Заявлено: к концу 2027 г для обслуживания России будет развернуто 292 спутника на высоте 800 км. Проведем моделирование для оценки качественных характеристик системы.



А) Структура ОГ



Б) Мгновенные зоны радиовидимости КА (УМ=25°) и зона обслуживания системы территории РФ и Арктики

Рис.1. Эшелон на приполярных орбитах мощностью 286 спутников (11 пл. x26 спутников)

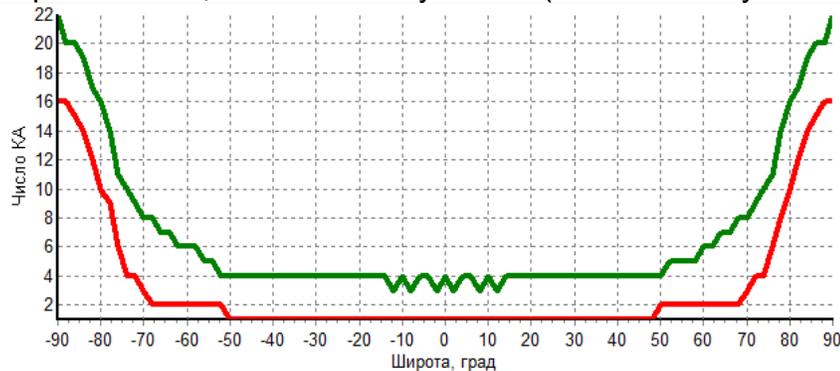


Рис.3. Число (мин и макс) наблюдаемых КА при УМ>25°

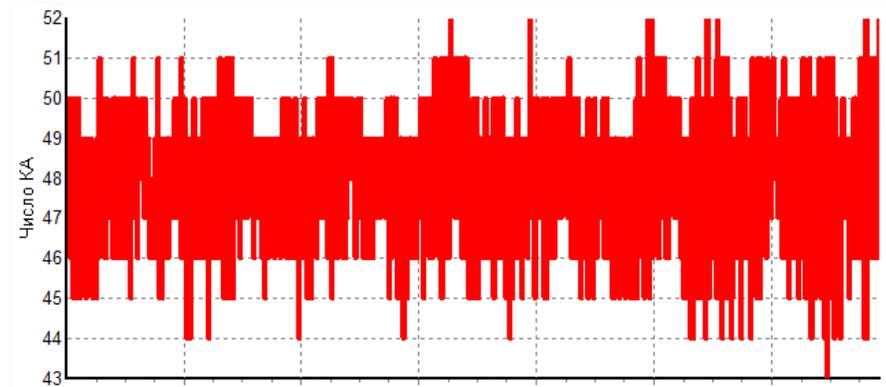


Рис.2. Число КА, которые в любой момент времени будут доступны для обслуживания России и Арктики (оптимистичная оценка)

Результаты моделирования:

1. Всего в группировке 286 КА. Из них число спутников, которые в любой момент времени обслуживают территорию России и Арктики составляет около 44.
2. Следовательно, **только 15% спутников** группировки будут использоваться по назначению. То есть КПД системы «Рассвет» по доступности космического сегмента из зоны обслуживания составляет около 15%.
3. При этом большая часть из этих 15% спутников будет располагаться выше 70 град с.ш., где их полная загрузка трафиком маловероятна.

Спутниковые проекты ШПД – «Рассвет»

Текущее состояние

Таблица 1
Демонстрационные спутники, запущенные по проекту «Рассвет»

Объект	Другое название	NORAD	COSPAR	Дата запуска	Нп, км	На, км	Наклонение	Эксцентриситет
OBJECT E	Rassvet-1-3	57170	2023-091E	27.06.2023	527,566	542,096	97,5918	0,001052
OBJECT P	Rassvet-1-1	57179	2023-091P	27.06.2023	533,497	555,421	97,5935	0,0015851
OBJECT T	Rassvet-1-2	57183	2023-091T	27.06.2023	531,191	547,735	97,5919	0,001197
OBJECT G	Rassvet-1 4	59779	2024-092G	16.05.2024	784,795	803,681	98,6231	0,0013179
OBJECT H	Rassvet-1 5	59780	2024-092H	16.05.2024	784,635	803,844	98,623	0,0013404
OBJECT J	Rassvet-1 6	59781	2024-092J	16.05.2024	784,805	803,673	98,623	0,0013166

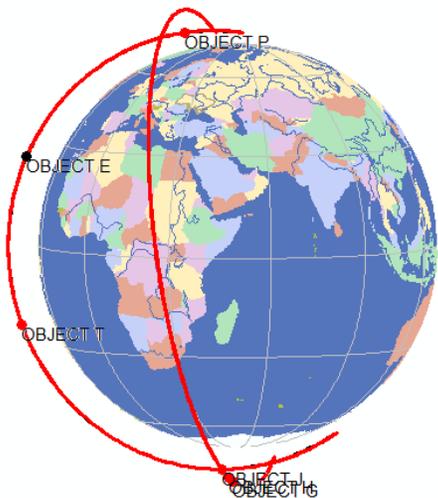


Рис.1. Спутники Rassvet на орбите



Рис.2. Демонстрационный спутник

Пропускная способность одного спутника: 6 Гбит/с.
Масса спутника: 370 кг.

ООО «Бюро 1440» планирует развернуть:

- 292 спутника – к концу 2027 года (по другим данным - в период 2025-2030 г);
 - 383 спутника – до 2030 года;
 - более 900 спутников – к 2035 г.
- С 2025 планируется проводить 10-12 групповых запусков (около 15 спутников в каждом).
Цель – запустить сервис ШПД к 2027 г.

Проект не включен в ФЦП «СФЕРА»

Финансирование

Включена в нацпроект «Экономика данных», в рамках которого Минцифры выделяет 100 млрд руб на компенсацию ставки по льготным кредитам и финансированию запусков. Еще 300 млрд руб вложит ООО «Бюро 1440».

Проблемные вопросы:

1. Технические и технико-экономические параметры проекта не известны. Экспертные заключения об рациональности и эффективности принятых решений - отсутствуют. Стоимость проекта очень велика. Риски коммерческой реализации - значительны.
2. Зона обслуживания – потенциально глобальная. Но услуги ограничены территорией дружественных стран. Однако, Китай создает свою систему LEO ШПД. Где, кроме России, еще будут актуальны услуги? В Африке? Может ли окупиться такой проект?1



Российские спутниковые НГСО телеком проекты

СЕРВИС

МНОЖЕСТВО
ПРОЕКТОВ



* К «гибридным» относятся системы, включающие как минимум две компоненты (наземная + спутниковая и/или др.), работающие в **ЕДИНОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ**. Свойство гибридной сети – «бесшовность».

Проект «Марафон IoT»

- потенциально-глобальная система интернета вещей

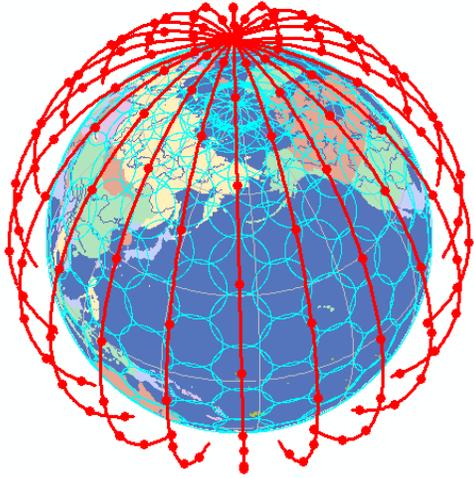


Рис.1. ОГ «Марафон»

Краткая характеристика:

- зона обслуживания	глобально
- число орбитальных пл-тей	12
- число КА в плоскости	21+1(резерв)
- всего КА	252+12 (резерв)
- высота орбиты	750 км (LEO)
- наклонение	87,5 град
- диапазон частот	ISM, S-, C-
- масса КА	65 кг
- число потенциальных абонентов	более 10 млн.

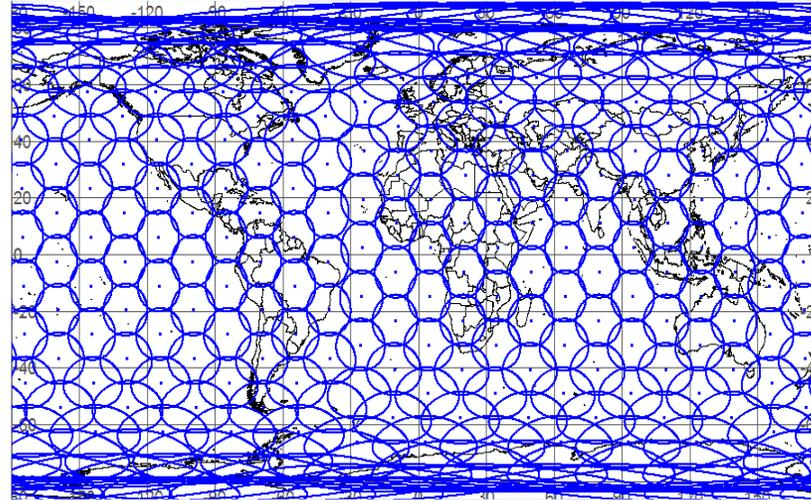


Рис.2. Мгновенные зоны радиовидимости КА (УМ=30 град)



Рис.3. Проектный облик КА «Марафон»

Услуги по передаче данных для формирования сервисов «Интернет вещей» на основе глобально-распределённой сетевой инфраструктуры, Передача управляющих команд на беспилотники и АЗН-В

Основные этапы:

- 2018-2019 г разработана Концепция системы
- 2020-2021 г. разработан аванпроект системы
- 2023-2024 г. - создание опытной зоны
- 2027-2028 г. – развёртывание первых 132 КА;
- 2029-2030 г – развёртывание еще 132 КА.

Дополнительные сервисы:

- создание поля контроля и подачи команд для беспилотных систем;
- создание поля контроля (трекинга) авиационных систем (АЗН-В);
- создание поля контроля морских и речных судов (АИС);
- создание поля трансляции дифференциальных поправок к сигналам ГЛОНАСС

Земной сегмент:

1. Абонентские средства потребителей ISM Lora (модемы LoRa, многообразие датчиков физических величин)
2. Типовые АС АЗН-В, АИС, ГЛОНАСС

Выводы

1. Геостационарная группировка спутников является опорой спутниковых телекоммуникаций в России. Нельзя допускать ее несвоевременного обновления и деградации.
2. В России более 15 лет ведется разработка проекта подвижного спутникового ШПД на ВЭО – проект «Экспресс-РВ». Зона обслуживания такой системы охватывает территорию России и Арктику. Система ориентирована на массовое обслуживание и использование компактных абонентских станций. Необходимо обеспечить приоритетную реализацию этого проекта.
3. В России ведется разработка проекта первой (в России) гибридной системы – «Марафон IoT». Необходимо обеспечить приоритетную реализацию этого проекта.
4. Роль и место системы спутникового ШПД «СКИФ» - не понятна и не очевидна. Даже с точки зрения защиты орбитально-частотного ресурса – поставленная цель слишком затратна.
5. Рациональность принятых решений в самом масштабном спутниковом проекте «Рассвет» - не подтверждена экспертным сообществом. Проект не включен в ФЦП «СФЕРА». Риски коммерческой реализации – слишком велики.
- 6. Необходимо создание национального научно-технического центра (экспертного совета) для обеспечения комплексного подхода и экспертной оценки спутниковых проектов, финансируемых (даже частично) из государственного бюджета.**



Информационный Космический Центр «Северная Корона»

Спасибо за внимание!



199034, Россия, Санкт-Петербург,

17-я линия В.О., д.4-6

тел/факс +7 (812) 320-65-04

+7 (812) 922-36-21

e-mail: org@spacecenter.ru

сайт: www.spacecenter.ru