



SATCOMRUS 2024

Перспективы развития космических аппаратов на ГСО в России

Олег Анатольевич Иванов
И.о. генерального директора ФГБУ НИИР

РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИО



○ Сравнение потребительских свойств ГСО и НГСО

Геостационарная орбита

36,000 км



- ✓ Полное покрытие возможно с 3-х КА
- ✓ Срок службы >15 лет
- ✓ Терминал не требует нацеливания

- ✓ Большая задержка сигнала (>240 мс)
- ✓ Ограниченная орбитальная позиция
- ✓ Солнечная радиация
- ✓ Помехи

Средневысокая орбита

>2000 км



- ✓ Небольшая задержка сигнала (70 мс)

- ✓ Терминал требует нацеливания

Низкая околоземная орбита

<2000 км



- ✓ Малая задержка сигнала (6-15 мс)
- ✓ Оптимальный бюджет радиолинии

- ✓ Короткий срок службы
- ✓ Большие финансовые вложения
- ✓ Сложная наземная инфраструктура
- ✓ Терминал требует нацеливания



○ Сравнение экономической эффективности НГСО и ГСО на примере

Услуги	ГСО-НТС	Классические ГСО	НГСО-НТС
Потребительский широкополосный доступ	●	○	●
Сотовая связь и Транкинг	●	○	●
Фиксированная корпоративная и правительственная связь	●	●	●
Морская связь	●	●	●
Авиасвязь	●	●	●
Военная связь	●	●	●
Телерадиовещание	●	●	○

○ Низкая степень применения

● Средняя степень применения

● Высокая степень применения

Источник: Euroconsult Group



○ Сравнение потребительских свойств ГСО и НГСО

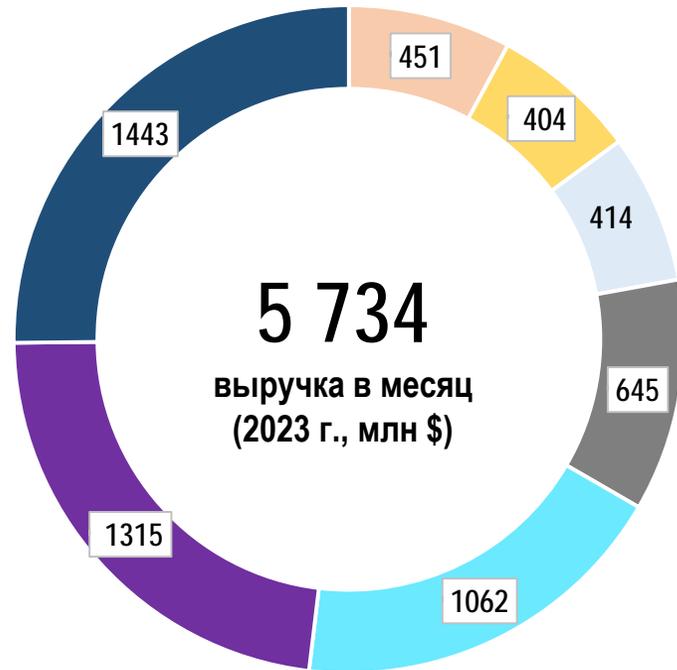
Наименование работ или оборудования	STARLINK (НОО)	VIASAT (ГСО)
Доход		
Абонентская плата	100 \$ в месяц	
Цена терминала	500 \$	0 \$
Субсидии	10 \$ в месяц	
ИТОГО доход (за 36 месяцев)	4 460 \$	3 600 \$
Себестоимость		
Стоимость терминала	2000 \$	250 \$
Установка	0 \$	100 \$
Другие (расходы на привлечение подписчиков)	100 \$	450 \$
Сервис поддержки пользователей	10 \$ в месяц	
Стоимость спутниковой емкости	35 \$ в месяц	
ИТОГО стоимость (за 36 месяцев)	3 720 \$	2 370 \$
Операционная маржа	740 \$	1 230 \$

Источник: Euroconsult Group



○ Распределение потребности в спутниковой связи в 2023 году

136 млрд \$ – ожидаемый совокупный объем выручки за услуги спутников HTS (2024-2032)

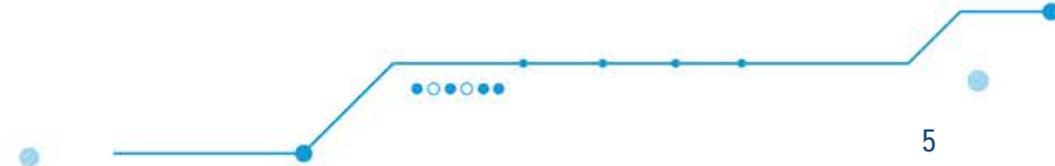


- Потребительский широкополосный доступ
- Корпоративные сети
- Сотовая связь и Транкинг

- Военная связь
- Связь на самолетах
- Морская связь

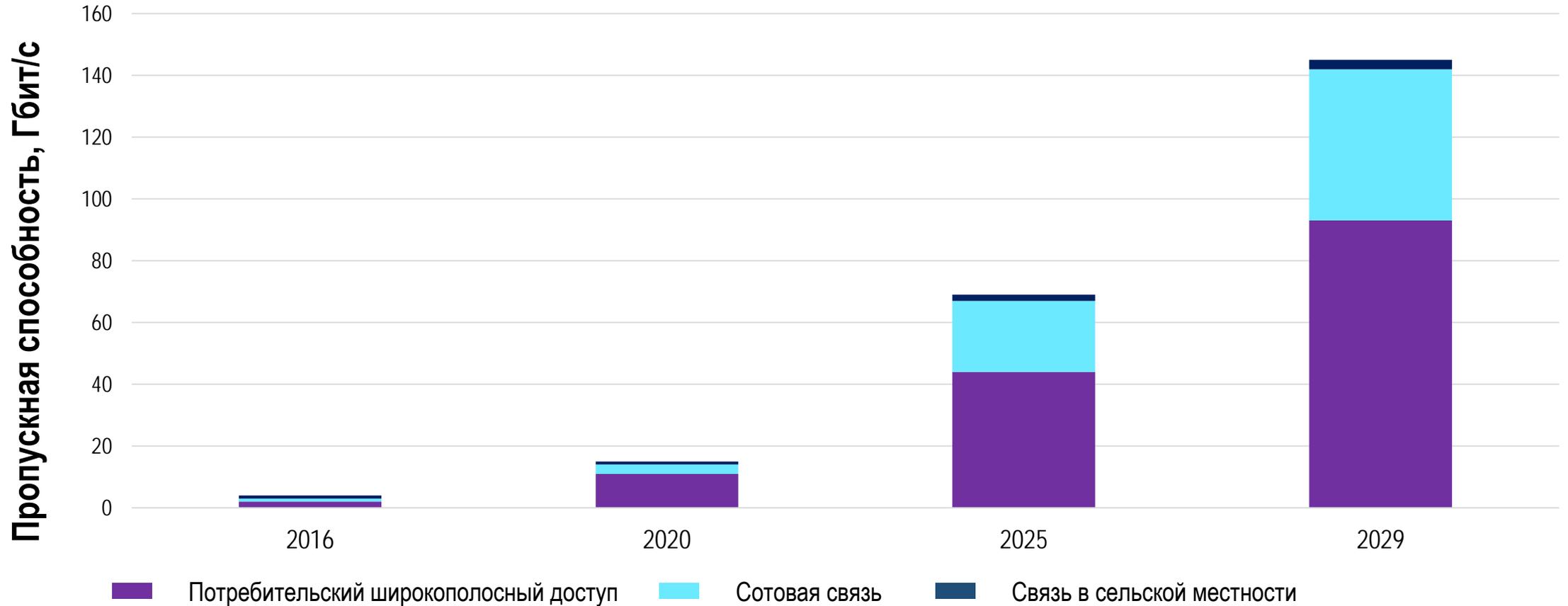
- Другие применения

Источник: Euroconsult Group

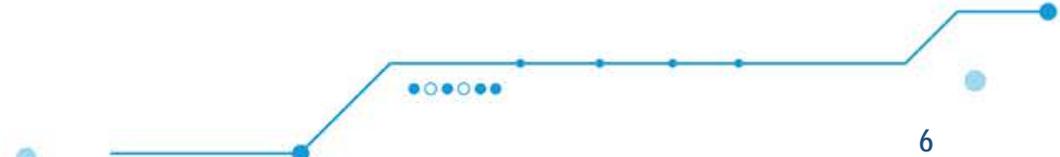




○ Прогноз развития спроса в спутниковой пропускной способности в России



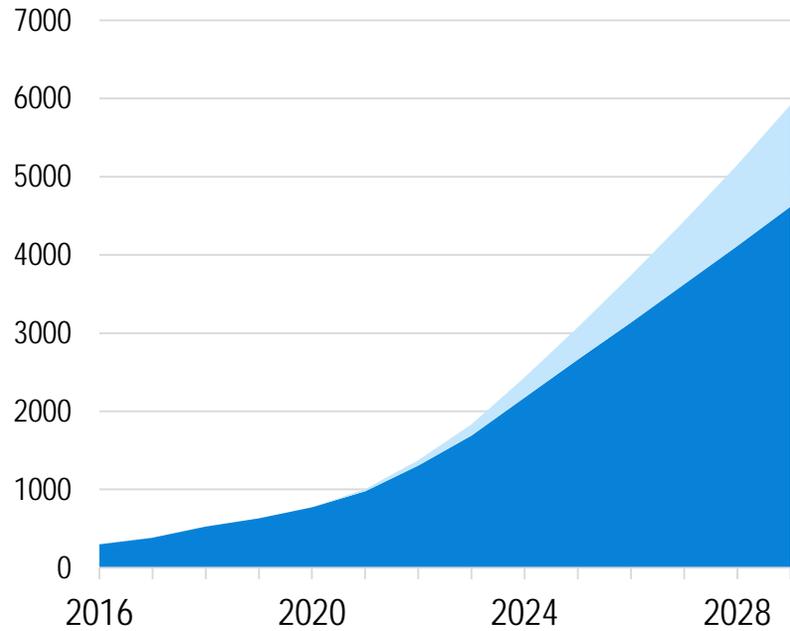
Источник: Euroconsult Group



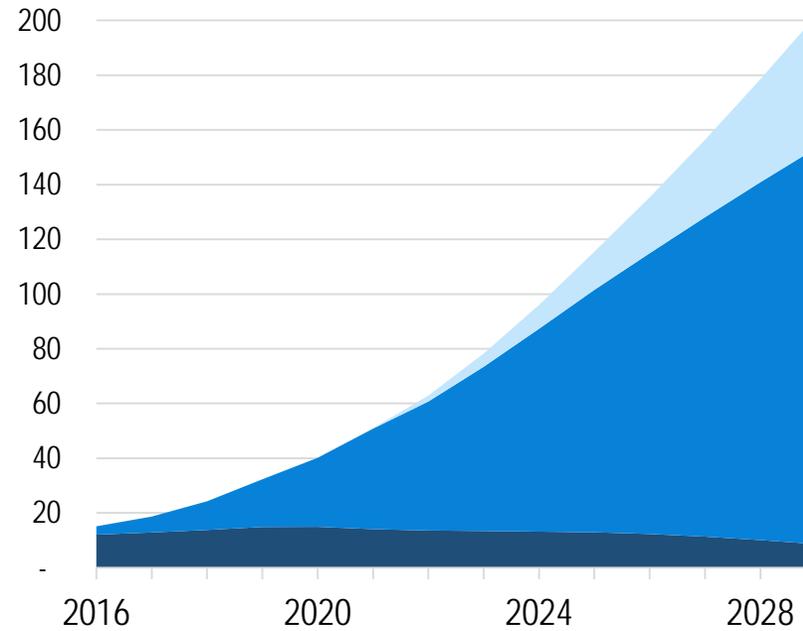


○ Прогноз развития спроса в спутниковой пропускной способности, Гбит/с

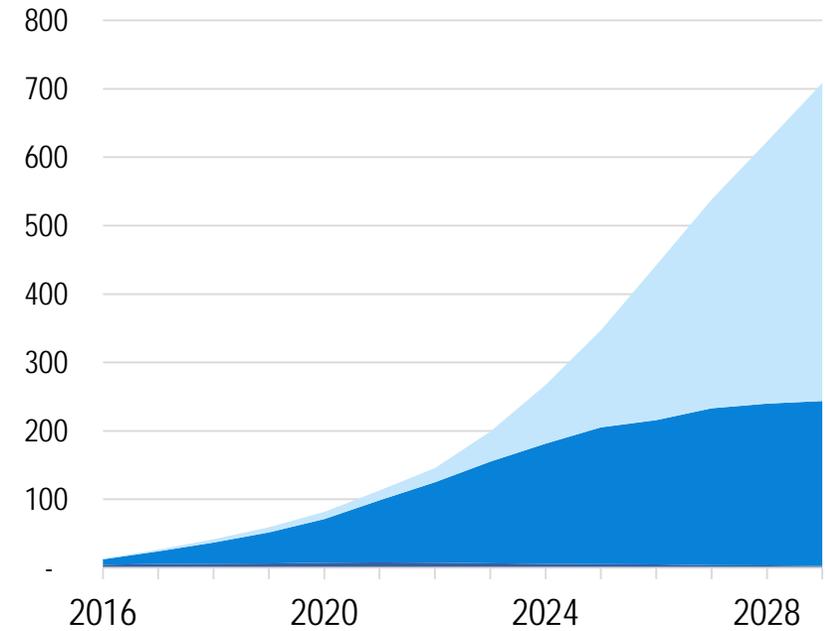
Широкополосный доступ



Связь в сельской местности

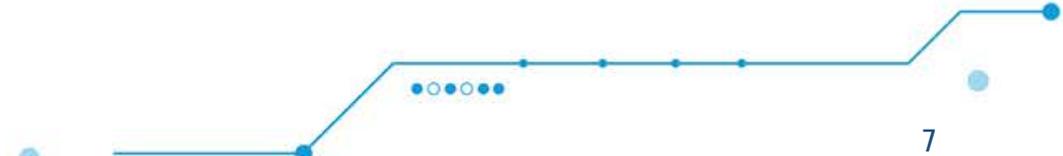


Сотовая связь



■ Классический ГСО ■ ГСО-HTS ■ НГСО-HTS

Источник: Euroconsult Group





○ Мировые тенденции по созданию спутниковой связи на НГСО и ГСО

Мировые тенденции по НГСО

- ✓ Большое кол-во заявленных систем на LEO и MEO
- ✓ Автоматизация производства (серийное производство) и применение аддитивных технологий
- ✓ Сокращение сроков и стоимости создания КА
- ✓ Совершенствование наземной инфраструктуры
- ✓ Разработка гибридных систем 4G/5G

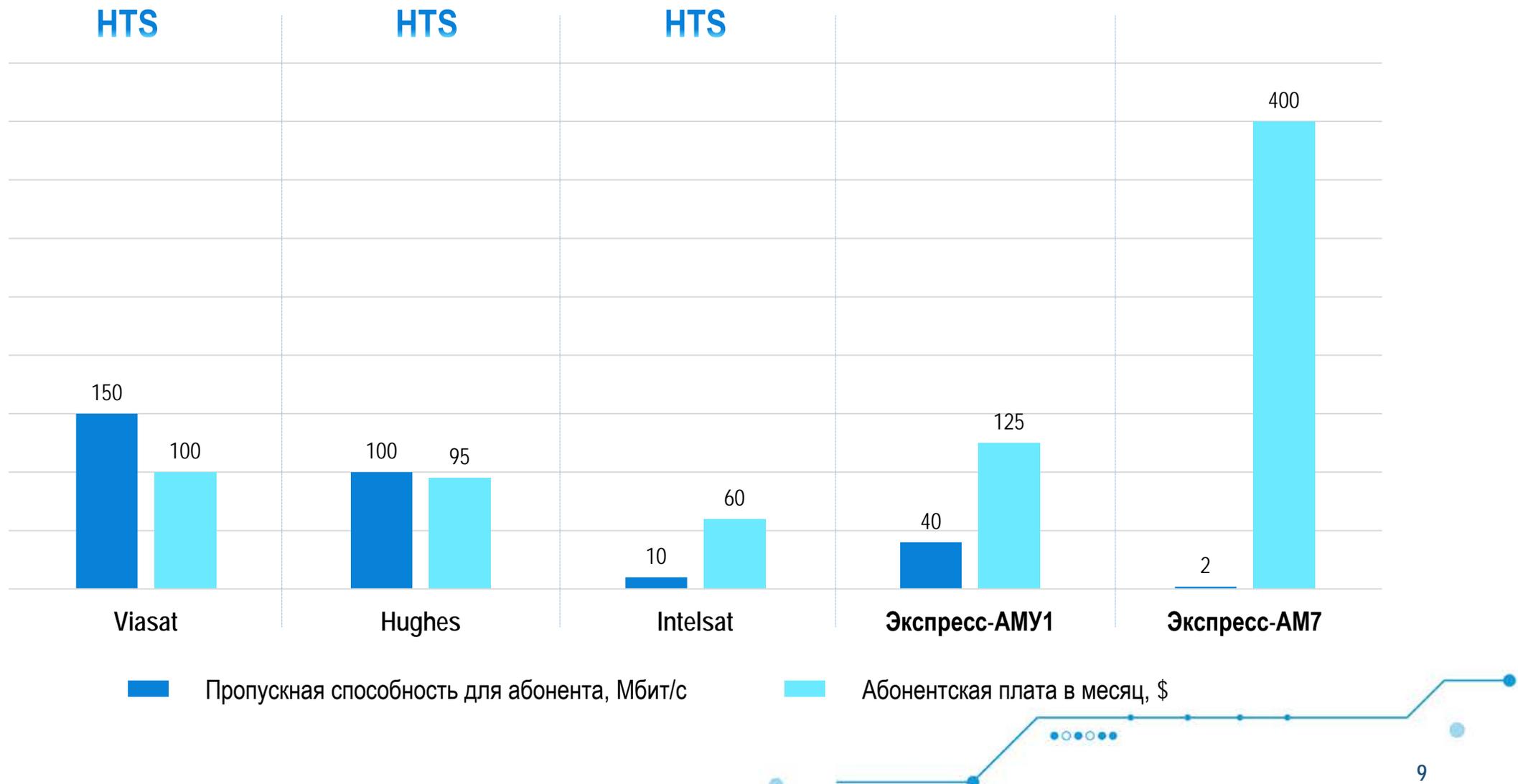
Мировые тенденции по ГСО

- ✓ Рост пропускной способности на КА
- ✓ Применение программно-реконфигурируемых (гибких) ПН и адаптивных антенн
- ✓ Сокращение сроков и стоимости создания КА
- ✓ Совершенствование наземной инфраструктуры

Наименование спутниковой системы или оператора	Наименование спутников	Кол-во КА	Орбита	Пропускная способность спутника	Пропускная способность системы	Годы запусков
Amazon	Kuiper	3276	НОО	н.д.	н.д.	2025-2030
Eutelsat	OneWeb	648	НОО	7,5 Гбит/с	1381 Гбит/с	2019-2023
SpaceX	Starlink	6100	НОО	20 Гбит/с	22 565 Гбит/с	2018-2024
Light Speed (Telesat)	Light Speed	188	НОО	15 Гбит/с	15 Тбит/с	2025-2026
O3b mPower (SES)	O3b mPower	12	СО	100 Гбит/с	1,4 Тбит/с	2022-2026
Jupiter (HughesNet/EchoStar)	Jupiter-3	3	ГСО	500 Гбит/с	1 Тбит/с	2012-2022
Eutelsat	Konnect VHTS	1	ГСО	500 Гбит/с	500 Гбит/с	2023
ViaSat	ViaSat-3	3	ГСО	1 000 Гбит/с	3 Тбит/с	2023-2026
Intelsat	Intelsat EpicNG	6	ГСО	360 Гбит/с	25...90 Гбит/с	2016-2023
SES	SES-17	1	ГСО	500 Гбит/с	500 Гбит/с	2021



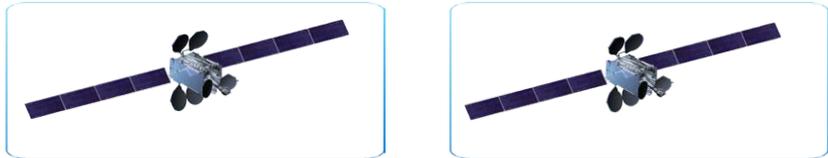
○ Сравнение эффективности зарубежных и отечественных спутников на ГСО (оценка)





○ Сравнение эффективности спутников ГСО

~ 70...110 Гбит/с



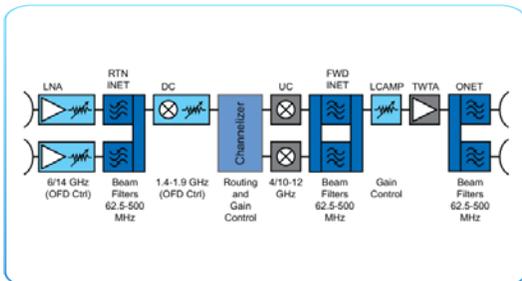
=



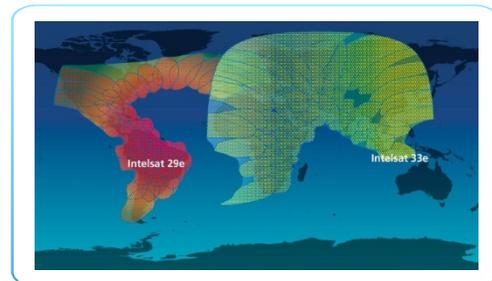
~ 70...80 Гбит/с

~ 200 млрд руб. (оценка)

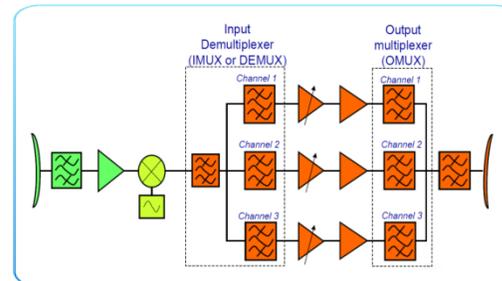
~ 80 млрд руб. (оценка)



Цифровая схема ретрансляции с маршрутизатором каналов



Многолучевые зоны обслуживания с узкими лучами



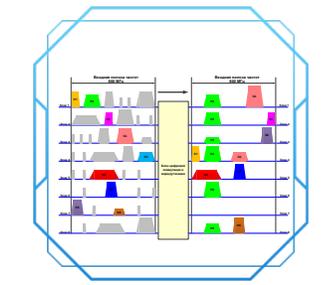
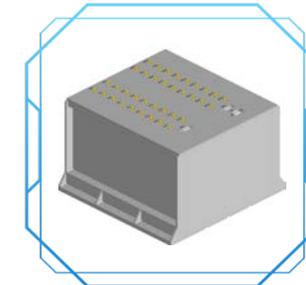
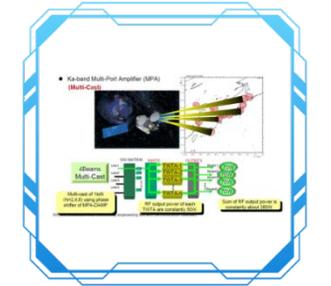
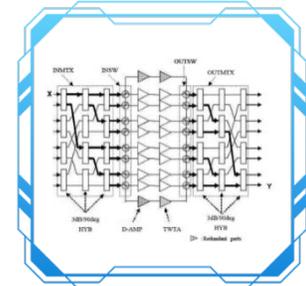
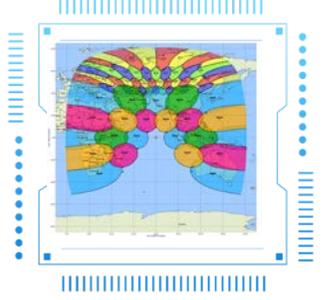
«Традиционная» аналоговая схема ретрансляции



Преимущественно зоны обслуживания с широкими лучами



Основные методы повышения эффективности спутника связи



ГЗА – гибридно-зеркальные антенна

АФАР – активная фазированная антенная решетка

МПА – многопортовый передатчик

БЦМ – блок цифровой маршрутизации



○ Проект «РУБИН»: создание ретрансляционной унифицированной бортовой интегрированной нагрузки



Создание отечественной номенклатуры оборудования «гибких» полезных нагрузок для перспективных спутников связи и вещания на период 2028 – 2045 гг.

Задачи

- ✓ Разработка перечня номенклатуры оборудования «гибких» полезных нагрузок, разработка технических требований к ним и согласование их с заинтересованными сторонами
- ✓ Разработка РКД, изготовление опытных образцов оборудования, проведение испытаний и присвоение литеры «О»
- ✓ Интеграция «гибкой» полезной нагрузки, проведение испытаний, отработка функциональных связных характеристик
- ✓ Разработка и выпуск каталога для заинтересованных сторон (разработчики полезных нагрузок) каталога оборудования Ретрансляционной Унифицированной Бортовой Интегрированной Нагрузки с фиксированными характеристиками, сроками поставки и стоимостью

Ресурсы



Срок выполнения –
36 - 48 месяцев



Стоимость – около
7 млрд руб.



Номенклатура оборудования

Технические требования к оборудованию

РКД с литерой «О» на оборудование

Ожидаемые результаты НИОКР



Опытные образцы оборудования

Макет «гибкой» полезной нагрузки

Каталог «РУБИН»



○ Импортозамещение компонентов ретрансляторов космических аппаратов



За последние **5 лет** в ФГБУ НИИР были разработаны образцы ретрансляционного оборудования:

- ✓ Малошумящие усилители (МШУ) L-, Ku- и Ka-диапазонов частот
- ✓ Маяки L-, C-, Ku- и Ka-диапазонов частот
- ✓ Приемник C-диапазона
- ✓ Линеаризующий каналный усилитель для усилителя мощности на основе ЛБВ (ЛУЛБВ) C-, Ku- и Ka-диапазонов частот
- ✓ Блок цифровой маршрутизации 4×4 и 8×8 L- и C-диапазонов частот
- ✓ Пассивное СВЧ-оборудование (входные фильтры, фильтры гармоник, выходные мультиплексоры, каналные фильтры, делители мощности L- и C-диапазонов частот)



○ Предложение по созданию цифровых гибких полезных нагрузок для отечественных КА связи и вещания

1 ЭТАП

Внедрение новых технологий построения полезных нагрузок с учетом имеющегося сегодня задела у отечественной кооперации (ФГБУ НИИР, АО «Российские космические системы» и АО «РЕШЕТНЕВ»):

- ✓ Применение многолучевых антенн в Ku-диапазоне с относительно небольшим количеством лучей (8-12)
- ✓ Применение блоков цифровой маршрутизации с ёмкостью коммутации до 4 ГГц (например, 8×8, 512 МГц на порт)
- ✓ Внедрение технологий осуществить на спутниках серии Экспресс и Ямал до 2030 года (АМУ5, АМУ6, АМУ7, АМУ8)

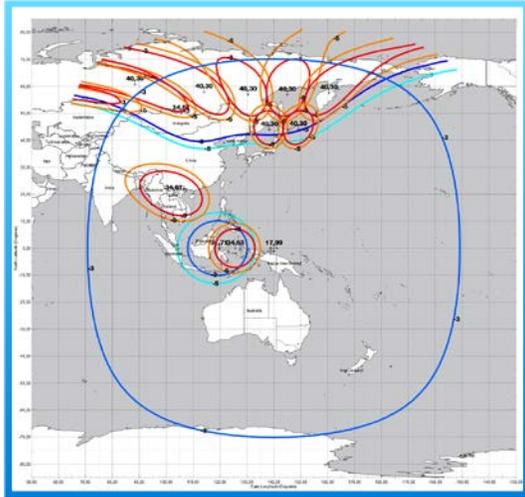
2 ЭТАП

Внедрение новых технологий построения полезных нагрузок с учетом ОКР «Рубин»:

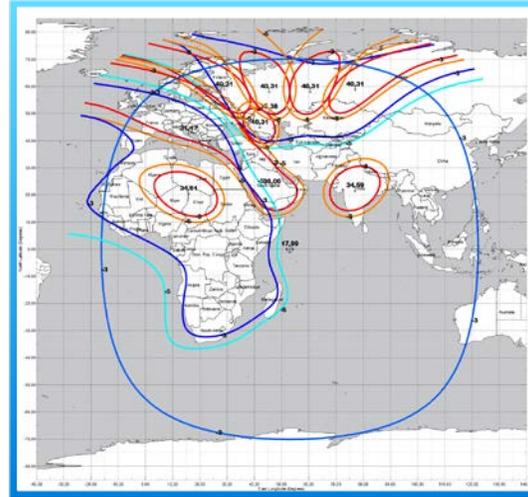
- ✓ Освоение технологий создания многолучевых антенн в С-, Ku- и Ka-диапазонах с большим количеством лучей и возможностью адаптации зоны обслуживания
- ✓ Освоение технологий создания многопортовых передатчиков высокой мощности
- ✓ Освоение технологий создания блоков цифровой маршрутизации с ёмкостью коммутации до 20 ГГц
- ✓ Внедрение технологий осуществить на спутниках серии «Экспресс» и Ямал до 2036 года



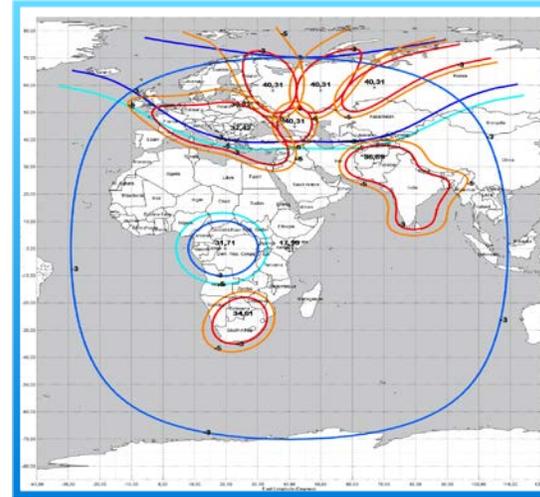
Предложения по спутникам связи серии «Экспресс» до 2030 года (1 этап)



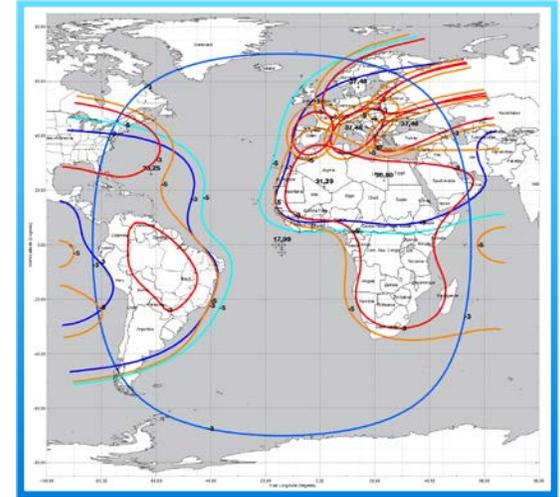
Экспресс-AM5



Экспресс-AM6



Экспресс-AM7



Экспресс-AM8



Ожидаемый эффект от выполнения 1 этапа цифровизации орбитальной группировки

Характеристика	Экспресс-AM5		Экспресс-AM6		Экспресс-AM7		Экспресс-AM8	
	Действующий	Перспективный	Действующий	Перспективный	Действующий	Перспективный	Действующий	Перспективный
Орбитальная позиция	140 ° в.д.		56 ° в.д.		40 ° в.д.		14 ° з.д.	
Платформа КА	Тяжелая: Экспресс-2000		Тяжелая: Экспресс-2000		Тяжелая: Экспресс-2000		Средняя: Экспресс-1000Н	
Кол-во зон обслуживания	С: 3 Ku: 3	С: 3 Ku: 3	С: 3 Ku: 4	С: 3 Ku: 4	С: 3 Ku: 4	С: 3 Ku: 4	С: 3 Ku: 3	С: 3 Ku: 3
Общая полоса ретрансляции, МГц	С: 960 Ku: 2160	С: 640 Ku: 4864	С: 560 Ku: 2376	С: 640 Ku: 4228	С: 1200 Ku: 2592	С: 640 Ku: 3728	С: 960 Ku: 864	С: 640 Ku: 2864
Кол-во активных ЛБВ	С: 30 Ku: 40	С: 16 Ku: 32	С: 14 Ku: 44	С: 16 Ku: 40	С: 30 Ku: 48	С: 16 Ku: 40	С: 24 Ku: 16	С: 16 Ku: 32
Кол-во эквивалентных стволов	С: 30 Ku: 40	С: 16 Ku: 90	С: 14 Ku: 44	С: 16 Ku: 78	С: 30 Ku: 48	С: 16 Ku: 69	С: 24 Ku: 16	С: 16 Ku: 61
Рост пропускной способности		1,9		1,7		1,23		2,2



○ Кооперация при создании российских КА связи и вещания гражданского назначения (1995-2020)

Наименование КА	Количество КА	Год запуска	Количество стволов	Разработчик КА	Разработчик ПН
Бонум-1	1	1998	8	Boeing (США)	Boeing (США)
Ямал-101	1	1999	12	РКК Энергия (Россия)	TAS (Франция)
Ямал-102	1	1999	12	РКК Энергия (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-А1(неудачный запуск)	1	1999	17	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-А2	1	2000	17	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-А3	1	2000	17	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-А4	1	2002	18	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Ямал-201	1	2003	15	РКК Энергия (Россия)	TAS (Франция)
Ямал-202	1	2003	18	РКК Энергия (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ1	1	2004	28	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	NEC TOSHIBA SPACE (Япония)
Экспресс-АМ11	1	2004	30	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ22	1	2004	24	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ2	1	2005	29	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ3	1	2005	29	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ33	1	2008	29	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ44	1	2009	29	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-МД1	1	2009	9	ГКНПЦ им М.В. Хруничева (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ4 (неудачный запуск)	1	2011	63	Astrium (Франция)	Astrium (Франция)
Экспресс-МД2 (неудачный запуск)	1	2012	9	ГКНПЦ им М.В. Хруничева (Россия)	TAS (Франция)
Ямал-300К	1	2012	26	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	Импортное оборудование
Ямал-402	1	2012	46	TAS (Франция)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ5	1	2013	84	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	ФГБУ НИИР/MDA (Канада)
Экспресс-АТ1	1	2013	32	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АТ2	1	2013	16	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ6	1	2014	72	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	ФГБУ НИИР/MDA (Канада)
Экспресс-АМ8	1	2014	42	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ4R (неудачный запуск)	1	2014	63	Astrium (Франция)	Astrium (Франция)
Ямал-401	1	2014	53	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМ7	1	2015	62	Astrium (Франция)	Astrium (Франция)
Экспресс-АМУ1	1	2015	53	Astrium (Франция)	Astrium (Франция)
Экспресс-80	1	2019	38	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-103	1	2019	37	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Ямал-601	1	2019	63	TAS (Франция)	TAS (Франция)
Экспресс-АМУ3	1	2021	37	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)
Экспресс-АМУ7	1	2021	37	АО «РЕШЕТНЕВ» (Россия)	TAS (Франция)

За последние 25 лет на закупку зарубежного оборудования для полезных нагрузок спутников связи и вещания гражданского назначения Российской Федерации было потрачено ориентировочно **2,6 млрд \$**



○ Выводы



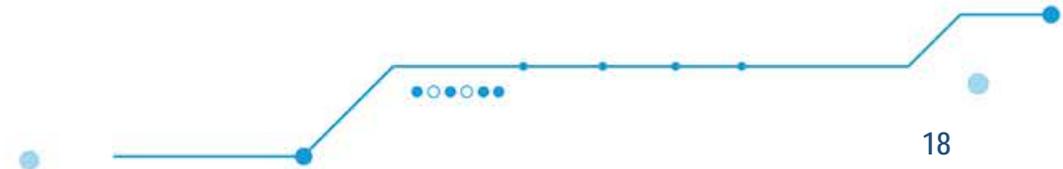
Спутники на ГСО – фундаментальная основа спутниковой связи и вещания, могут успешно конкурировать с мощными группировками спутников на низкой околоземной орбите.



Для успешной конкуренции с другими спутниками на ГСО и системами на НГСО необходимо применять на перспективных отечественных спутниках связи **цифровые многолучевые полезные нагрузки**.



Закупка полезных нагрузок за рубежом приводит к **отставанию развития отечественной космической промышленности** и полной зависимости от зарубежных технологий и поставщиков.





Контакты



Адрес:

Россия, г. Москва, ул. Казакова, 16

