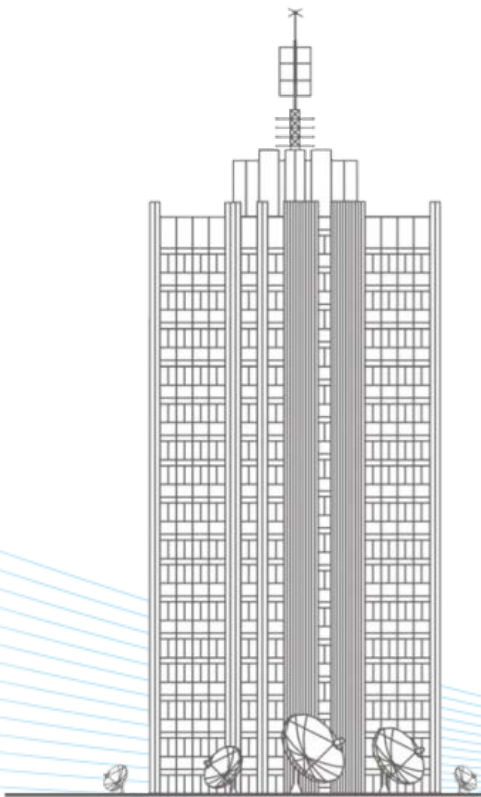




**#SpaceCom Digital Russia 2021**

Индустрия спутниковых коммуникаций в эпоху цифровой трансформации



# ГИБКИЕ ПОЛЕЗНЫЕ НАГРУЗКИ НА ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКАХ

**Ментус Олег Васильевич**

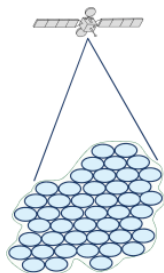
Заместитель директора НТЦ КС ФГУП НИИР

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
**РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИО**  
имени М.И. КРИВОШЕЕВА

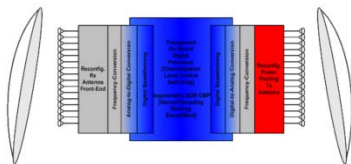
2021



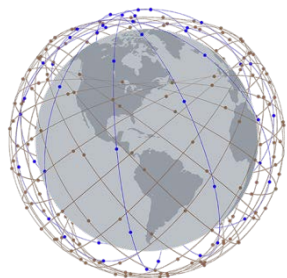
## Основные мировые тренды развития спутниковых технологий



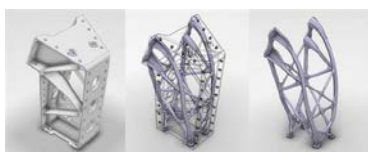
**Сокращение удельных расходов на создание инфраструктуры при увеличении пропускной способности (применение технологий HTS)**



**Универсализация и гибкость за счет новых программно-переконфигурируемых полезных нагрузок с адаптивными антеннами для среднего и тяжелого КА**



**Освоение новых орбит (LEO, MEO) с целью построения глобальных группировок КА с высокой пропускной способностью**



**Сокращение сроков создания КА до 18 месяцев и внедрение новых технологий и новых подходов при изготовлении, сборке и испытаниях КА**

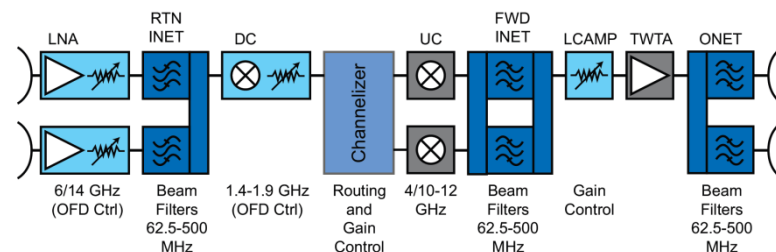
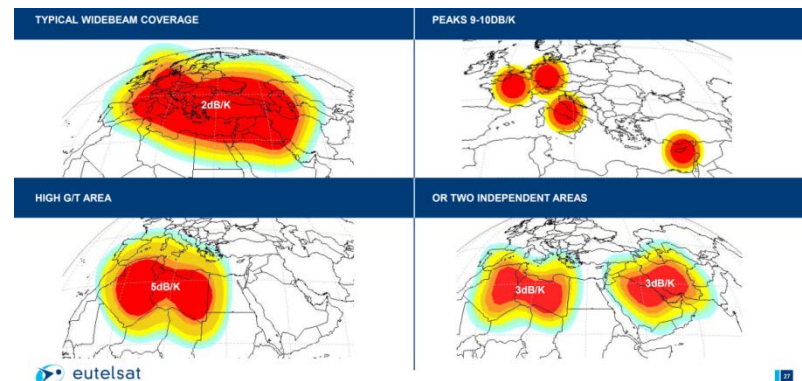


## Мировые тенденции применения «Гибких ПН»

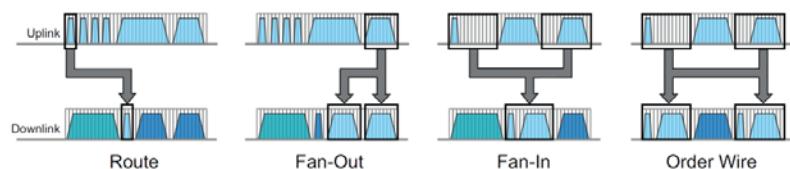


### Универсализация и гибкость за счет новых программно-переконфигурируемых полезных нагрузок с адаптивными антеннами для среднего и тяжелого КА

HTS OPERATOR	HTS ARCHITECTURE			BAND		PAYLOAD FLEX.		PLATFORM	
	Dedicated	Payload	Const.	Ka-	Ku-	Power	Coverage	Open	Closed
APT Sat.	2	1		✓	✓			✓	
Arabsat	1	4		✓		✓		✓	
Astranis	1				✓			✓	
Avanti	3	1		✓		✓	✓	✓	
China Satcom	2			✓				✓	
DirecTV	2	4		✓		✓	✓		✓
Eutelsat	3	5		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Gazprom		1		✓				✓	
Hispasat	1	3		✓	✓	✓	✓	✓	
Hughes (HNS)	8			✓	✓	✓	✓	✓	✓
Inmarsat	8	2		✓		✓	✓		✓
Intelsat	2	4		✓	✓		✓	✓	
ISRO	3	1		✓	✓			✓	
JSAT		1		✓	✓			✓	
Measat		1		✓				✓	
NBN	2			✓					✓
Nilesat		1		✓					✓
OneWeb			650		✓			✓	
PSN	2	1		✓	✓			✓	
RSCC		2		✓			✓	✓	
SES (GEO)	1	4		✓	✓	✓	✓	✓	
SES (NGSO)			27	✓		✓	✓	✓	
Space Norway			2	✓				✓	
SpaceCom		1		✓				✓	
SpaceX			1860		✓		✓		✓
Star One		2		✓				✓	
Telesat (GEO)		3		✓	✓		✓	✓	
Telesat (LEO)			300	✓		✓		✓	
Telebras		1		✓				✓	
Telenor		1		✓			✓		✓
Thaicom	1				✓			✓	
Turksat	1	1		✓				✓	✓
Viasat	5			✓		✓			✓
Yahsat	1	2		✓			✓	✓	✓



#### Intelsat Epic





## Ожидаемый эффект от применения «Гибких ПН»



### Резервирование орбитальной группировки

- За счет реконфигурируемых антенн и матриц коммутации осуществляется «подстройка» зон обслуживания под точку стояния.
- Гибкость при использовании частотного плана.

### Сокращение стоимости КА

- Для последующих КА не требуется проводить работы по разработке технической документации и подготовке производства.
- Удешевление комплектующих при заказе «большой» партии.

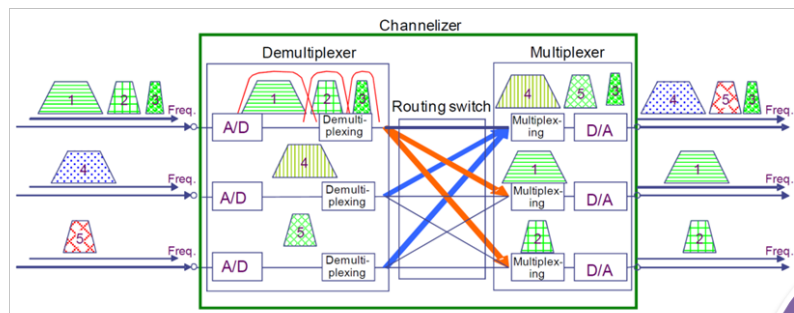
### Сокращение сроков создания КА

- Для последующих КА нет этапов проектирования: будут только этапы изготовления, сборки и испытаний КА (включая летные испытания).
- Возможно создание страховых запасов при серийности (сокращение сроков создания КА до 1,5-2 лет).

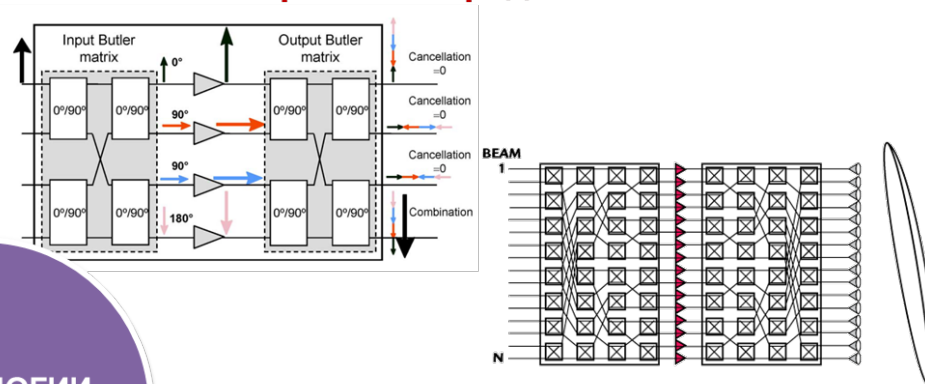


# Основные направления развития технологий «Гибких ПН»

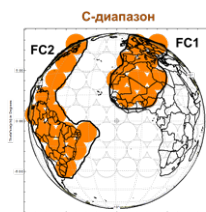
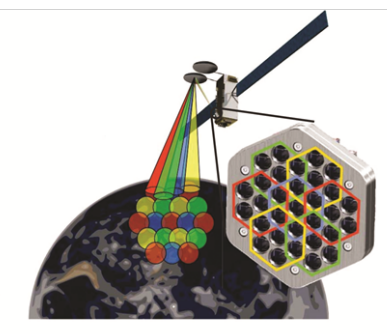
## Цифровая обработка и маршрутизация



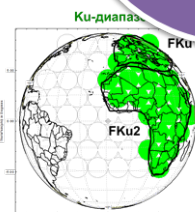
## Многопортовые передатчики



## Многочувствительные переконфигурируемые антенны



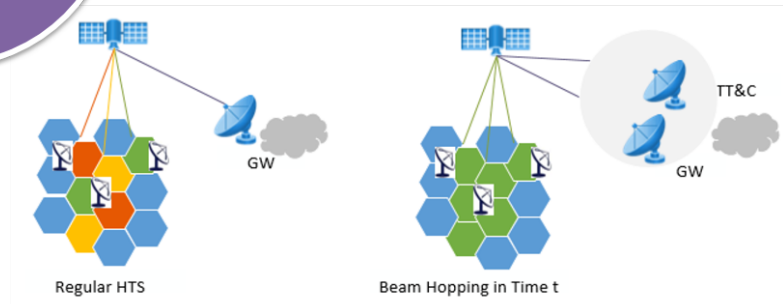
Включено:  
✓ 42 LNA  
✓ 4 Docon  
✓ 42 SSPA



Включено:  
✓ 42 LNA  
✓ 4 Docon  
✓ 42 SSPA

## ТЕХНОЛОГИИ ГИБКИХ ПН

## Beam Hopping





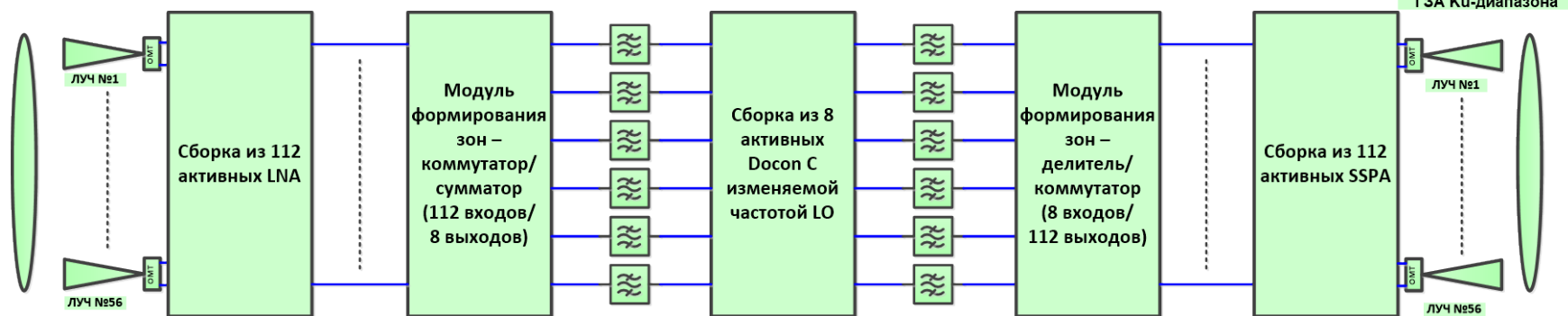


## Варианты построения «Гибких ПН»

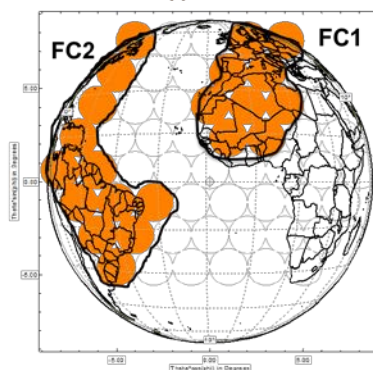
1

### Формирование зоны обслуживания с использованием многолучевых антенн с электронным формированием лучей и аналоговым переносом частот

ГЗА Ку-диапазона

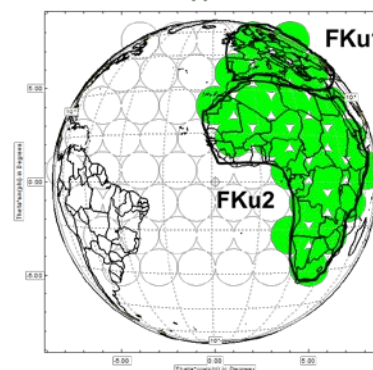


С-диапазон

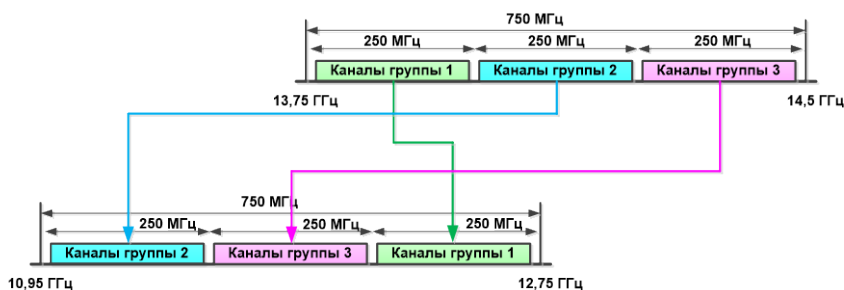


Включено:  
 ✓ 42 LNA  
 ✓ 4 Docon  
 ✓ 42 SSPA

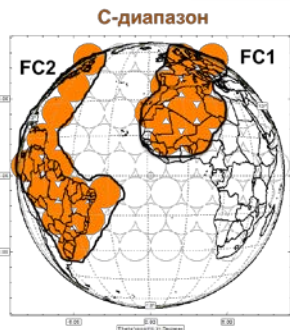
Ку-диапазон



Включено:  
 ✓ 42 LNA  
 ✓ 4 Docon  
 ✓ 42 SSPA

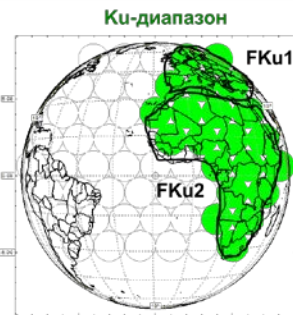


# Варианты построения «Гибких ПН»



**Включено:**  
 ✓ 42 LNA  
 ✓ 4 Docon  
 ✓ 42 SSPA

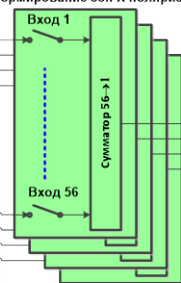
**Сборка МШУ**



**Включено:**  
 ✓ 42 LNA  
 ✓ 4 Docon  
 ✓ 42 SSPA

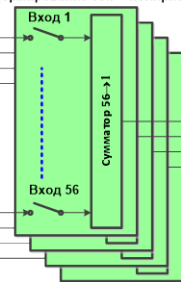
**Модуль формирования зон - коммутатор**

**Формирование зон X поляризации**

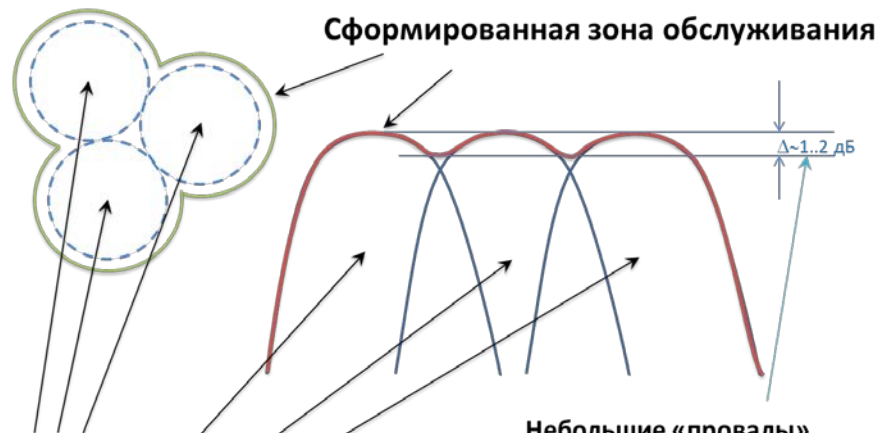


→ Зона 1 X поляризации  
 → Зона 2 X поляризации  
 → Зона 3 X поляризации  
 → Зона 4 X поляризации

**Формирование зон Y поляризации**

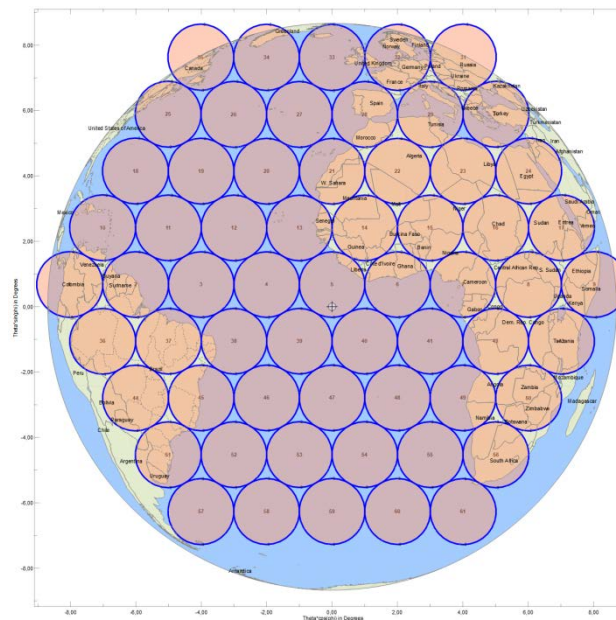


→ Зона 1 Y поляризации  
 → Зона 2 Y поляризации  
 → Зона 3 Y поляризации  
 → Зона 4 Y поляризации



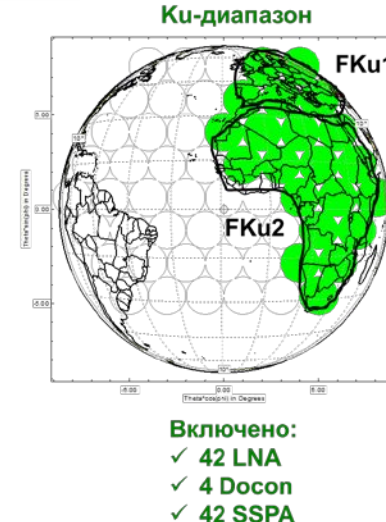
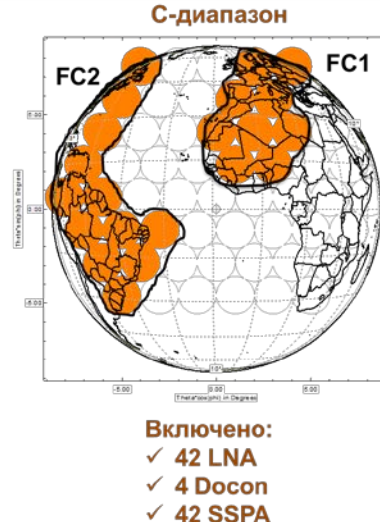
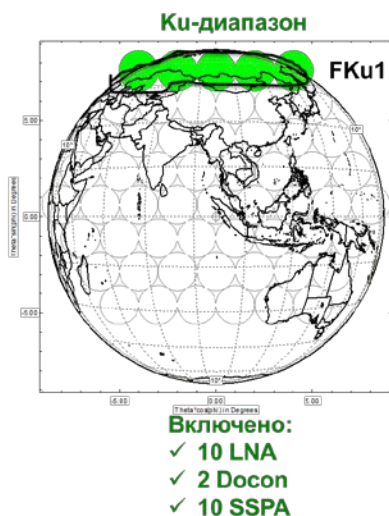
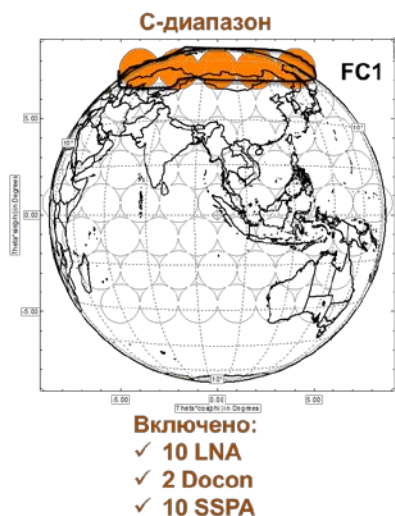
**Парциальные лучи**

**Небольшие «провалы», вызванные амплитудно-фазовыми погрешностями сложения**





## Варианты построения «Гибких ПН»

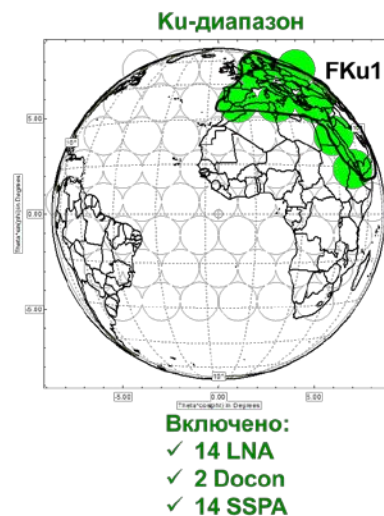
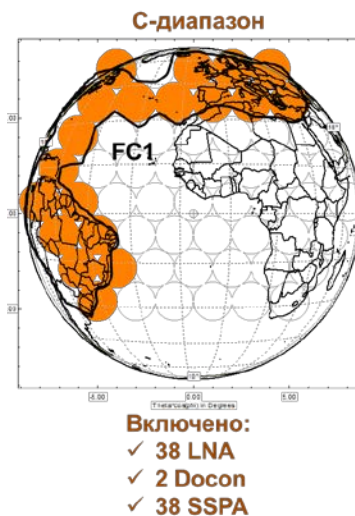
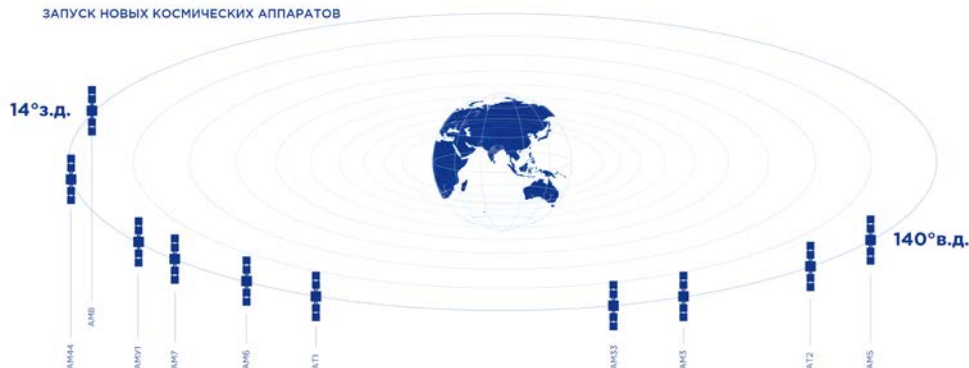


Примеры формирования зон обслуживания в С- и Ku-диапазоне для КА «Экспресс-АМУ3», 96,5 в.д.

Примеры формирования зон обслуживания в С- и Ku-диапазоне для КА «Экспресс-АМ8», 14 з.д.

ГРУППИРОВКА СПУТНИКОВ  
СВЯЗИ И ВЕЩАНИЯ

ЗАПУСК НОВЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ



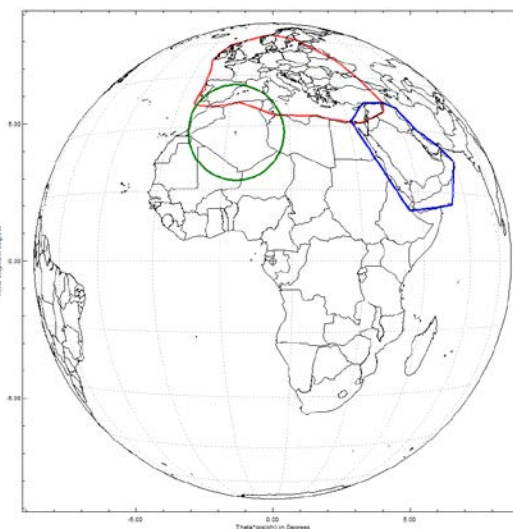
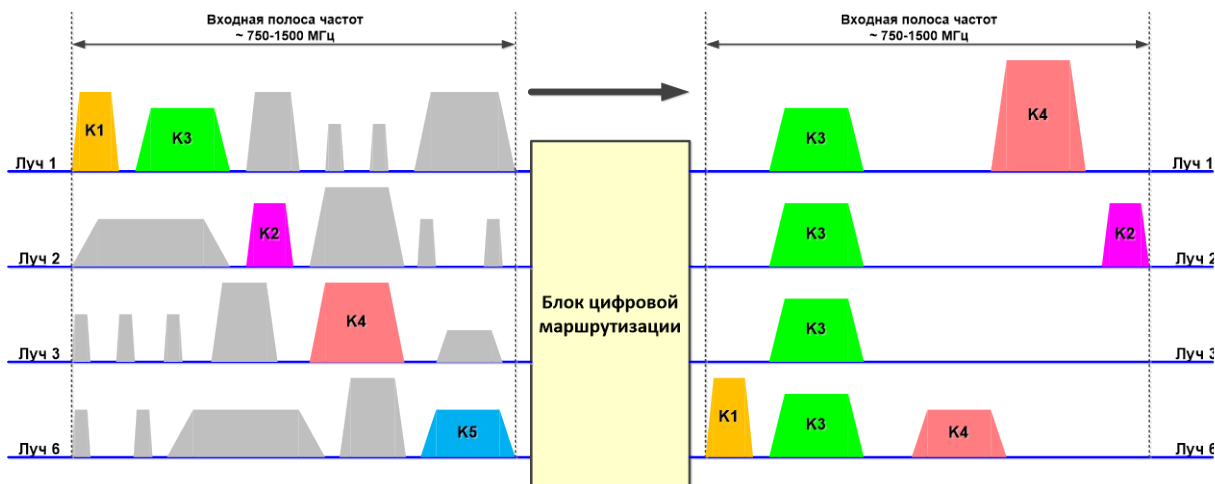
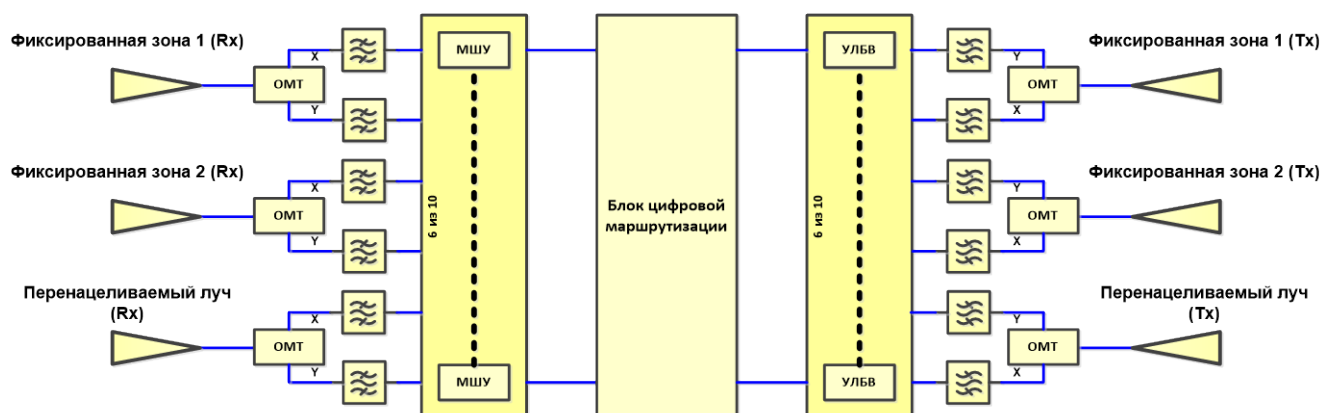
Примеры формирования зон обслуживания в С-8 и Ku-диапазоне для КА «Экспресс-АМУ4», 11 з.д.





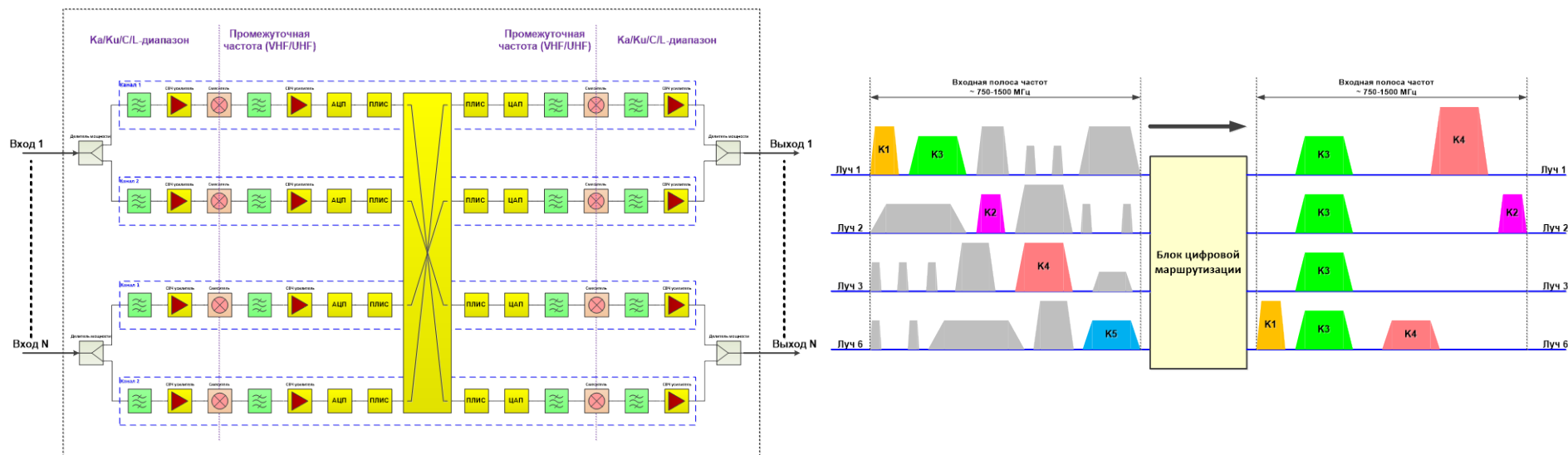
2

## Использование межлучевой цифровой коммутации на борту





## Варианты построения «Гибких ПН»



### Возможности с обработкой каналов:

1. пространственная маршрутизация, когда необходимо переретранслировать канал из луча N в луч M (К1 на рисунке);
2. частотная маршрутизация, когда необходимо перенести канал из частоты F1 в частоту F2 с учётом заданного переноса частот (например, из середины полосы приемных частот в край полосы передающих частот, как показано для канала К2 на рисунке);
3. вещание во всех лучах с регулированием уровня в каждом луче (К3 на рисунке);
4. передача канала в нескольких лучах с регулированием уровня в каждом луче (К4 на рисунке);
5. отключение канала (К5 на рисунке).

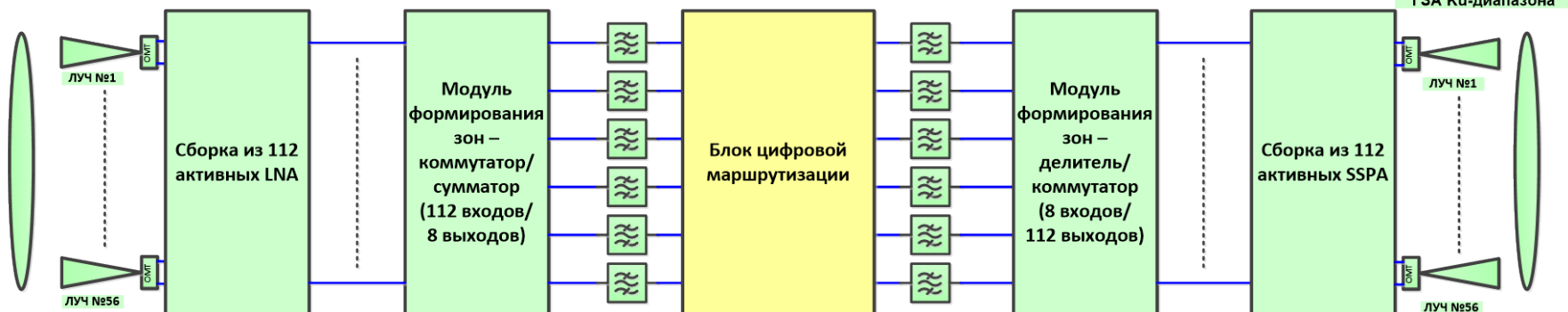


## Варианты построения «Гибких ПН»

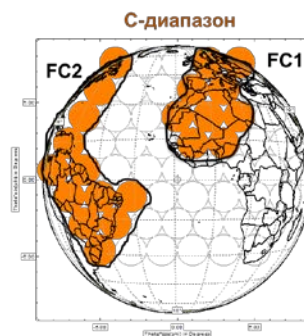
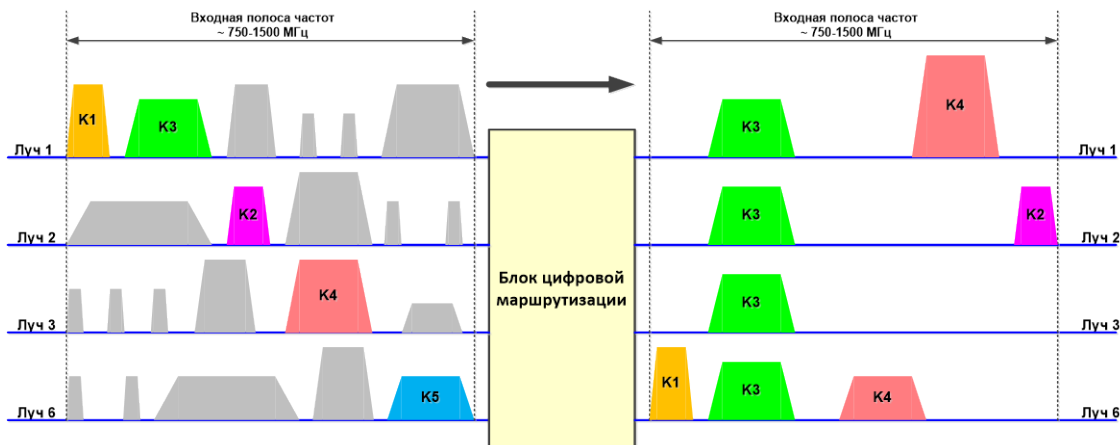
3

### Формирование зоны обслуживания с использованием многолучевых антенн с электронным формированием лучей и цифровой коммутацией на борту

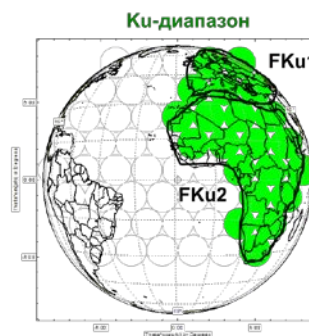
ГЗА Ку-диапазона



ГЗА Ку-диапазона



Включено:  
✓ 42 LNA  
✓ 4 Docon  
✓ 42 SSPA

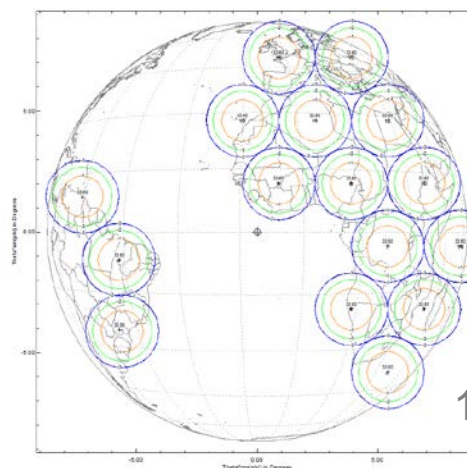
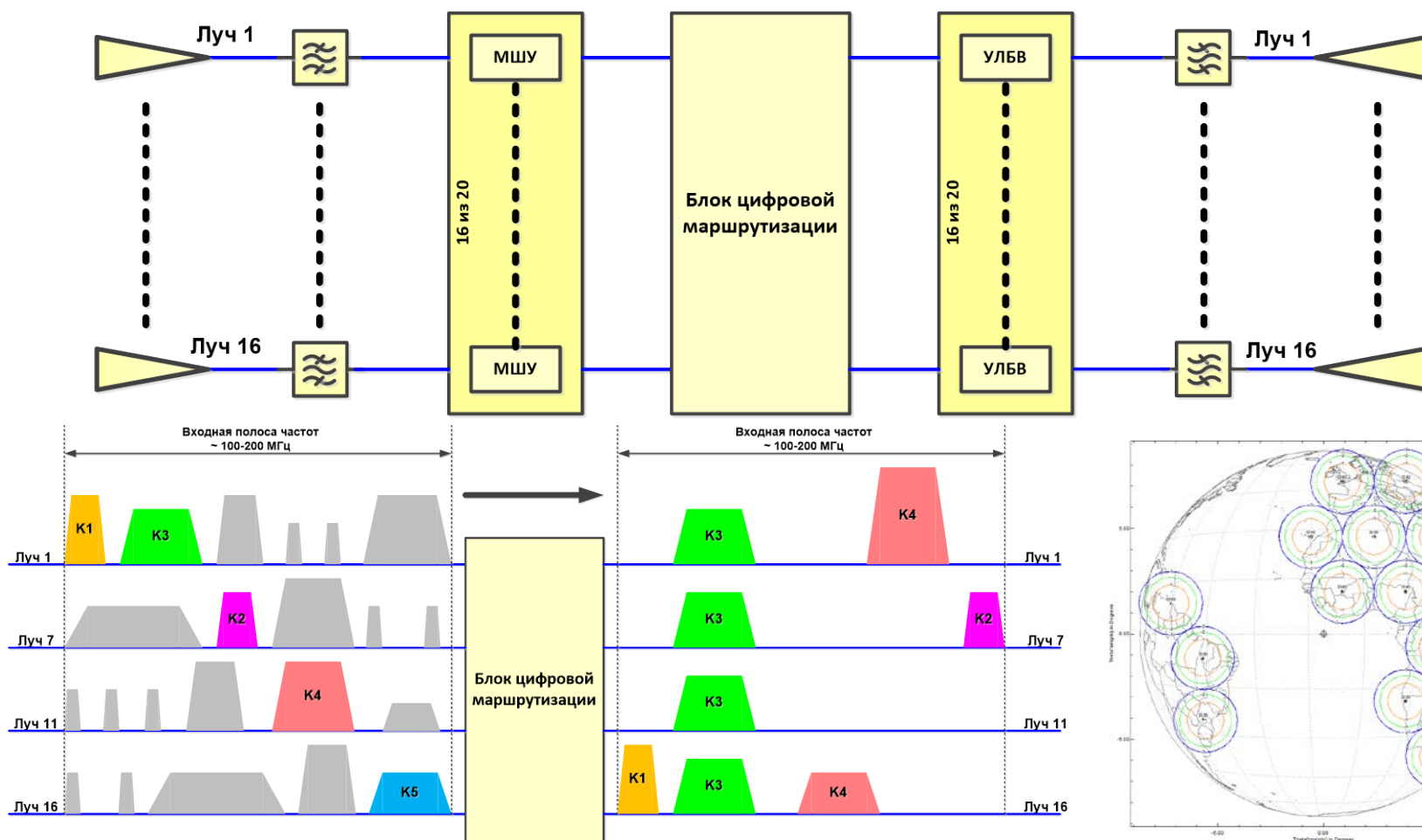


Включено:  
✓ 42 LNA  
✓ 4 Docon  
✓ 42 SSPA



4

## Использование межлучевой цифровой коммутации на борту для спутников HTS (прозрачная ретрансляция)

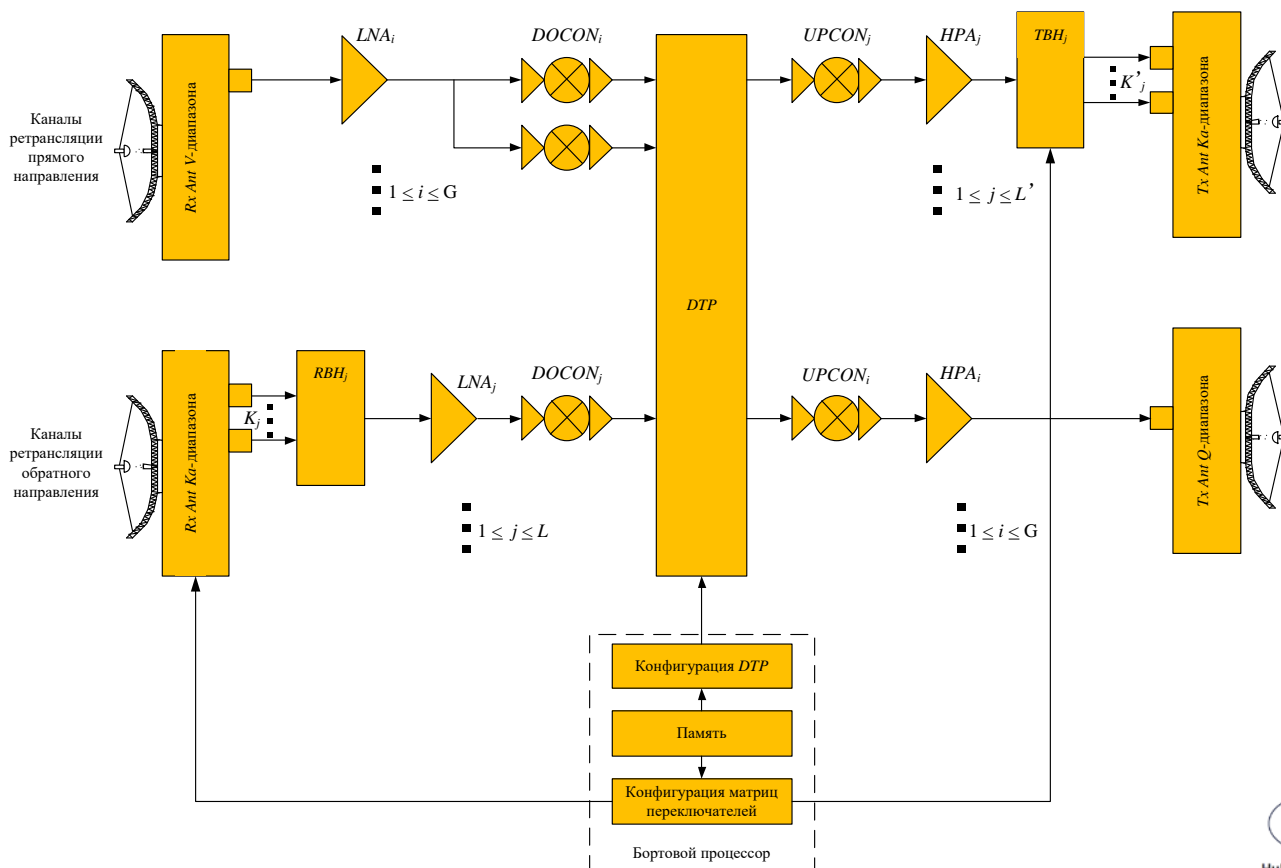




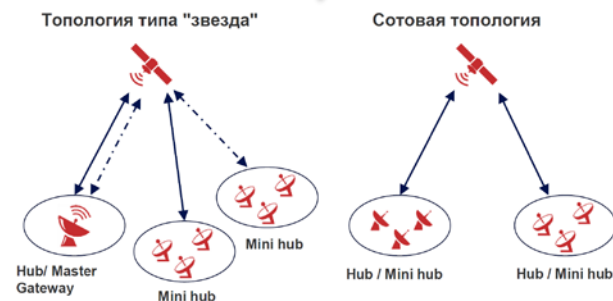


5

## Использование межлучевой цифровой коммутации на борту для спутников HTS (регенерация на борту)



Примеры схемы построения и варианты топологии сети





**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**

