Гибкие полезные нагрузки космических аппаратов - новая парадигма обеспечения надежности перспективных систем спутниковой связи

Ментус Олег Васильевич
Заместитель директора НТЦ КС
ФГУП НИИР

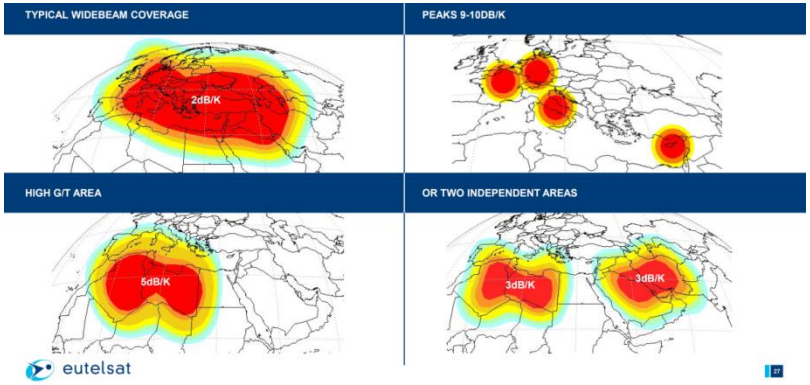
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАДИО
имени М.И. КРИВОШЕЕВА

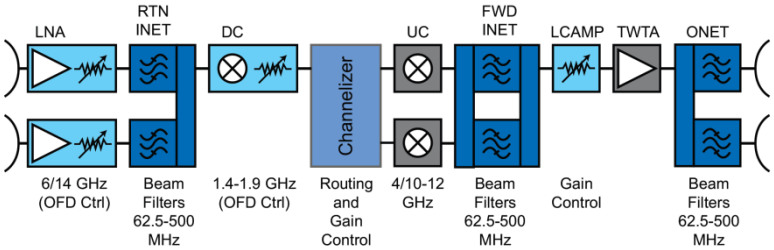
2021

Мировые тенденции применения «Гибких ПН»

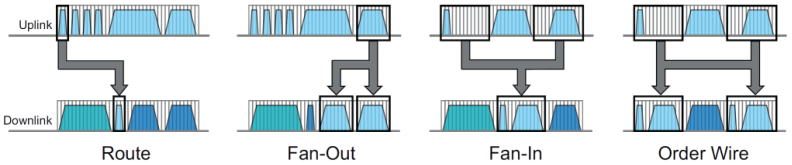
Универсализация и гибкость за счет новых программно-переконфигурируемых полезных нагрузок с адаптивными антеннами для среднего и тяжелого КА

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



Euroconsult, HIGH THROUGHPUT SATELLITES, 5th Edition, 2020

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

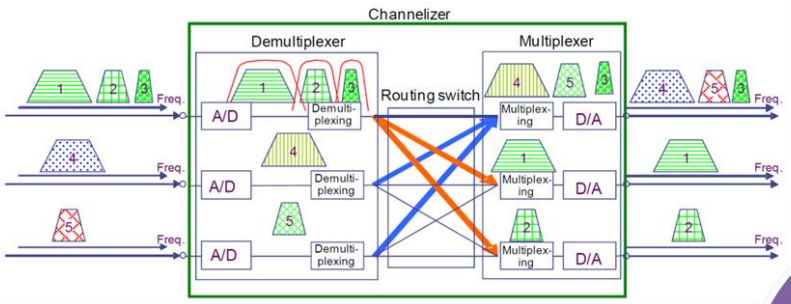
- Для последующих КА не требуется проводить работы по разработке технической документации и подготовке производства.
- Удешевление комплектующих при заказе «большой» партии.

Сокращение сроков создание КА

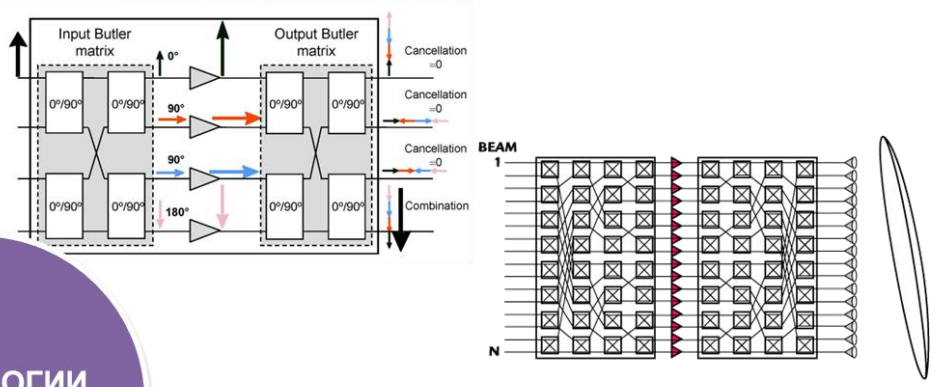
- Для последующих КА нет этапов проектирования: будут только этапы изготовления, сборки и испытаний КА (включая летные испытания).
- Возможно создание страховых запасов при серийности (сокращение сроков создания КА до 1,5-2 лет).

Основные направления развития технологий «Гибких ПН»

Цифровая обработка и маршрутизация

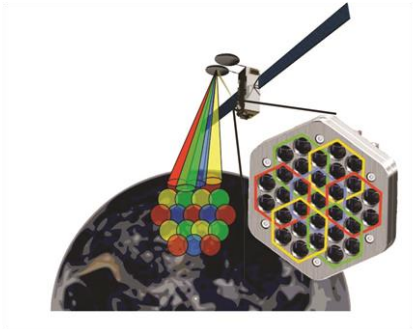


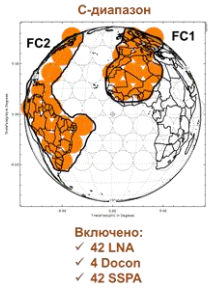
Многопортовые передатчики

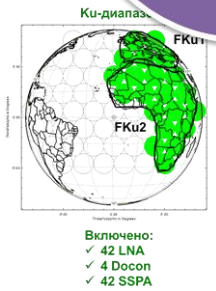


ТЕХНОЛОГИИ ГИБКИХ ПН

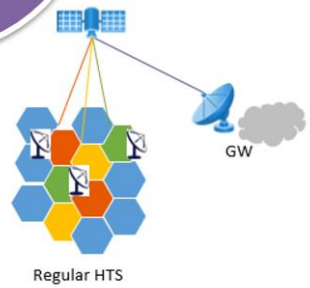
Многолучевые переконфигурируемые антенны

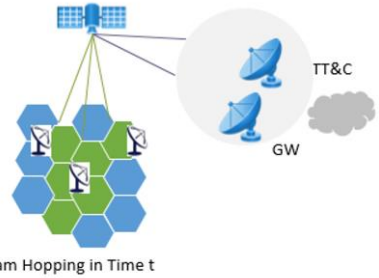






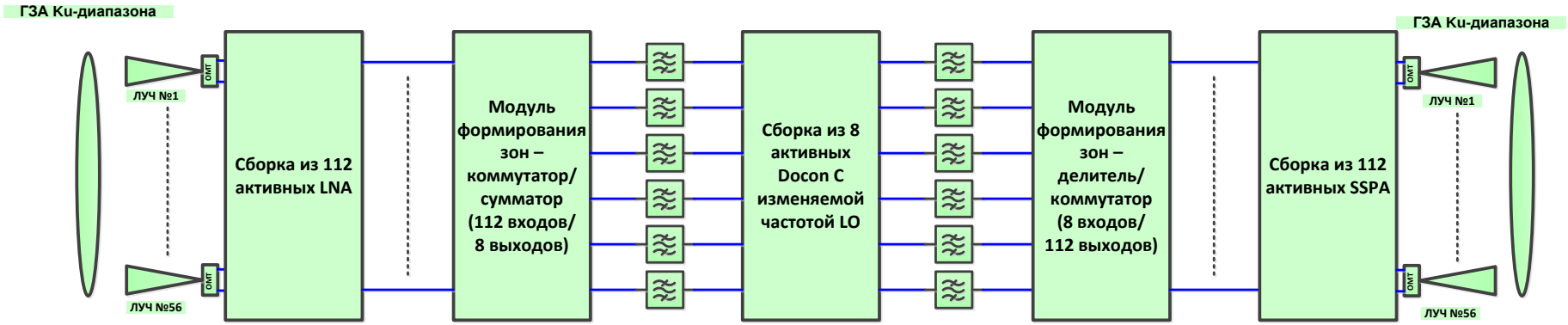
Beam Hopping

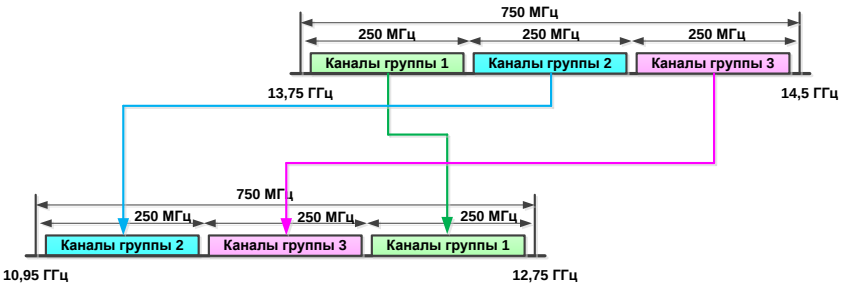




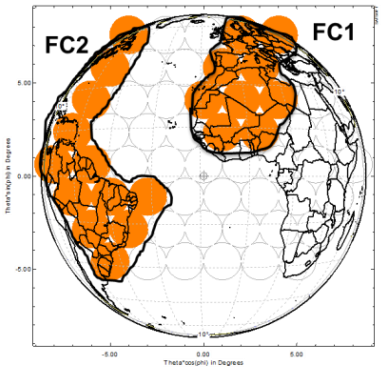
Варианты построения «Гибких ПН»

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



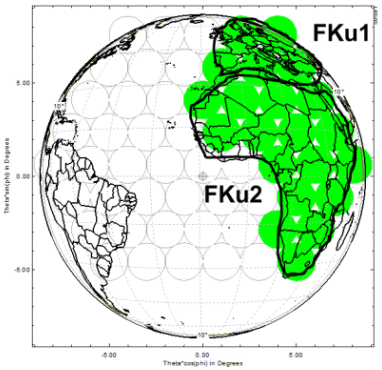


С-диапазон



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

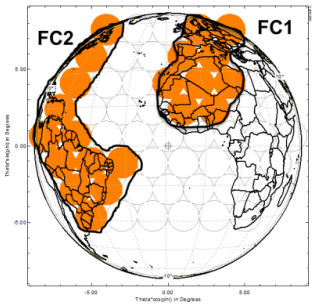
Ku-диапазон



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

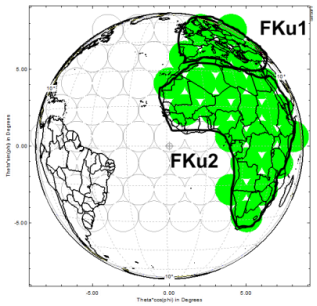
Варианты построения «Гибких ПН»

С-диапазон

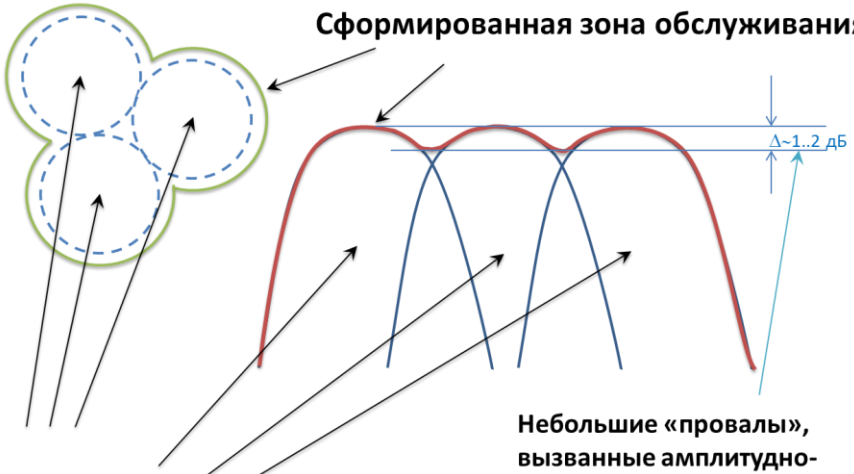


Включено:
- ✓ 42 LNA
- ✓ 4 Docon
- ✓ 42 SSPA

Ku-диапазон



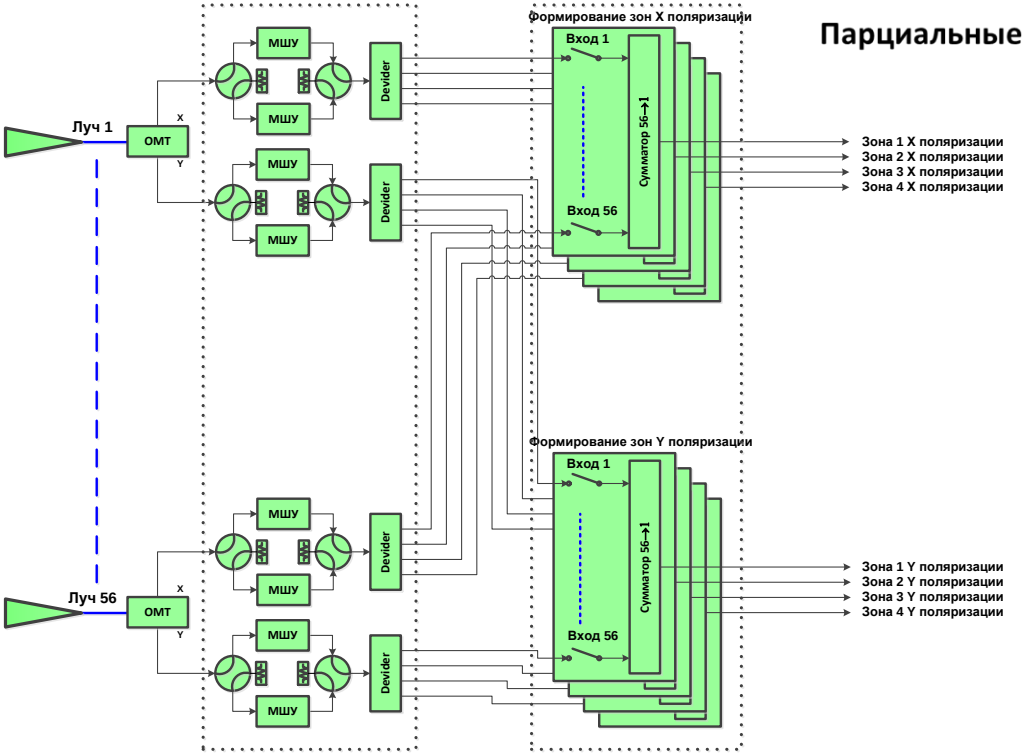
Включено:
- ✓ 42 LNA
- ✓ 4 Docon
- ✓ 42 SSPA

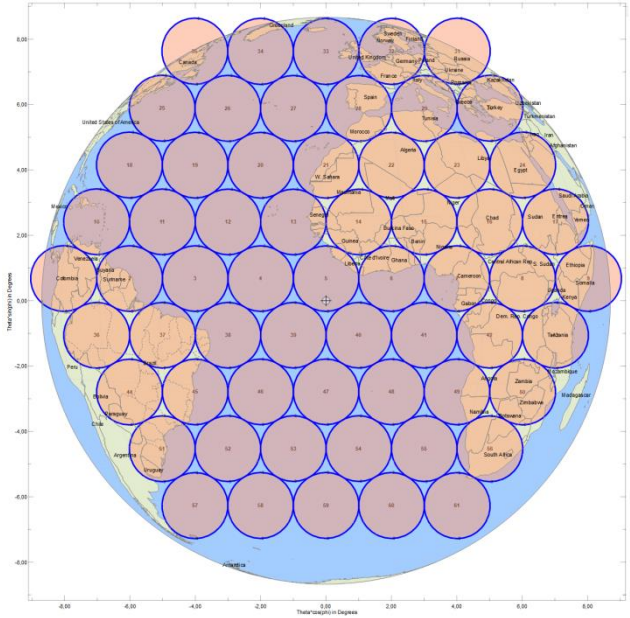


Небольшие «провалы», вызванные амплитудно-фазовыми погрешностями сложения

Сборка МШУ

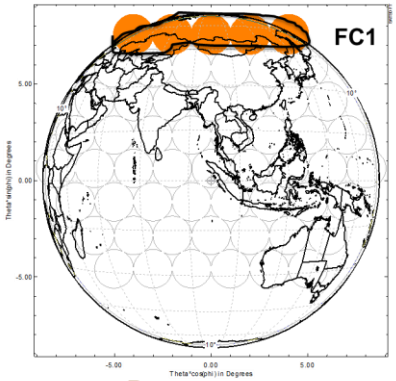
Модуль формирования зон - коммутатор





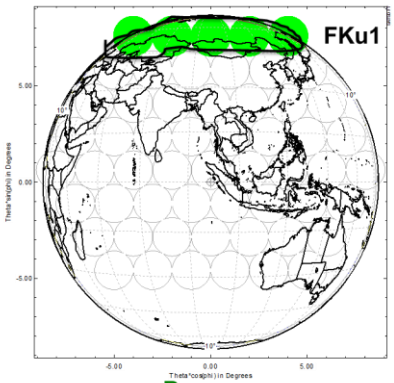
Варианты построения «Гибких ПН»

С-диапазон



Включено:
- ✓ 10 LNA
- ✓ 2 Docon
- ✓ 10 SSPA

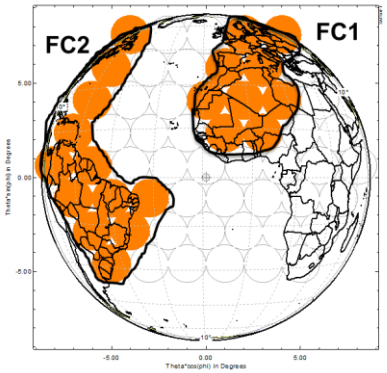
Ku-диапазон



Включено:
- ✓ 10 LNA
- ✓ 2 Docon
- ✓ 10 SSPA

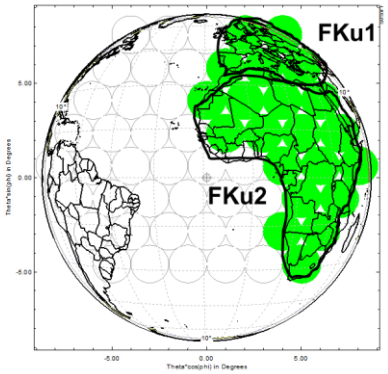
Примеры формирования зон обслуживания в С- и Ku-диапазоне для КА «Экспресс-АМУ3», 96,5 в.д.

С-диапазон



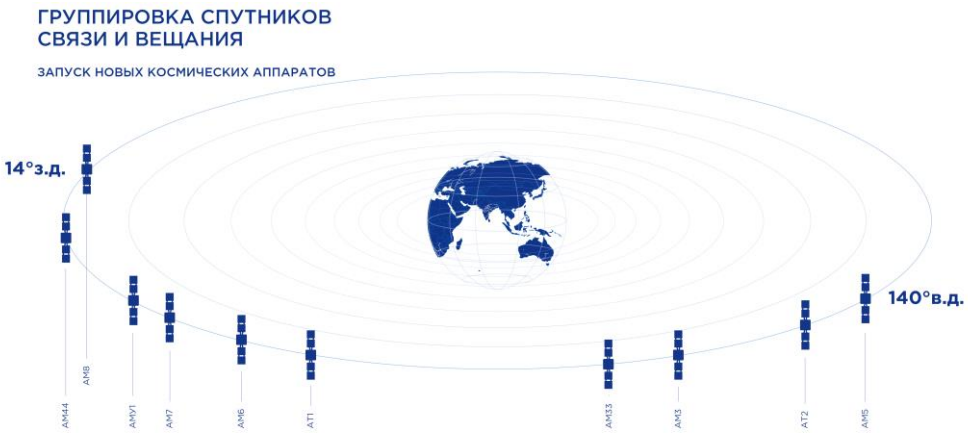
Включено:
- ✓ 42 LNA
- ✓ 4 Docon
- ✓ 42 SSPA

Ku-диапазон

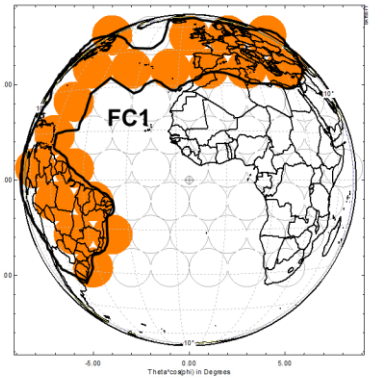


Включено:
- ✓ 42 LNA
- ✓ 4 Docon
- ✓ 42 SSPA

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

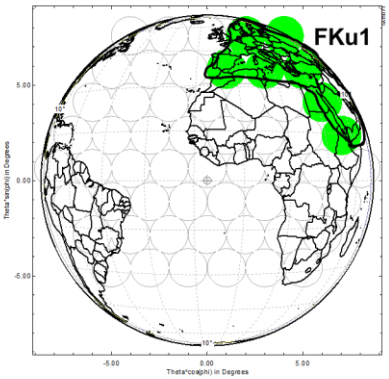


С-диапазон



Включено:
- ✓ 38 LNA
- ✓ 2 Docon
- ✓ 38 SSPA

Ku-диапазон

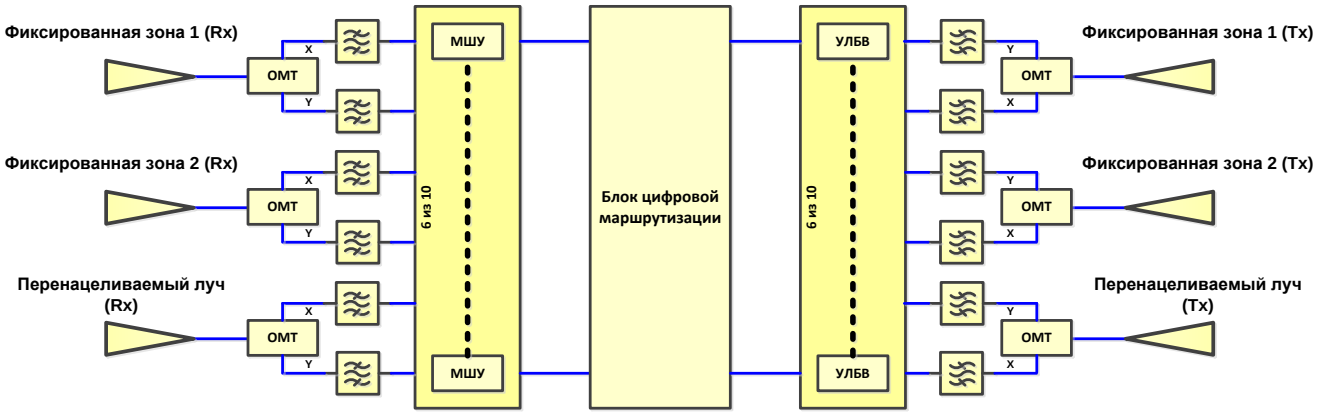


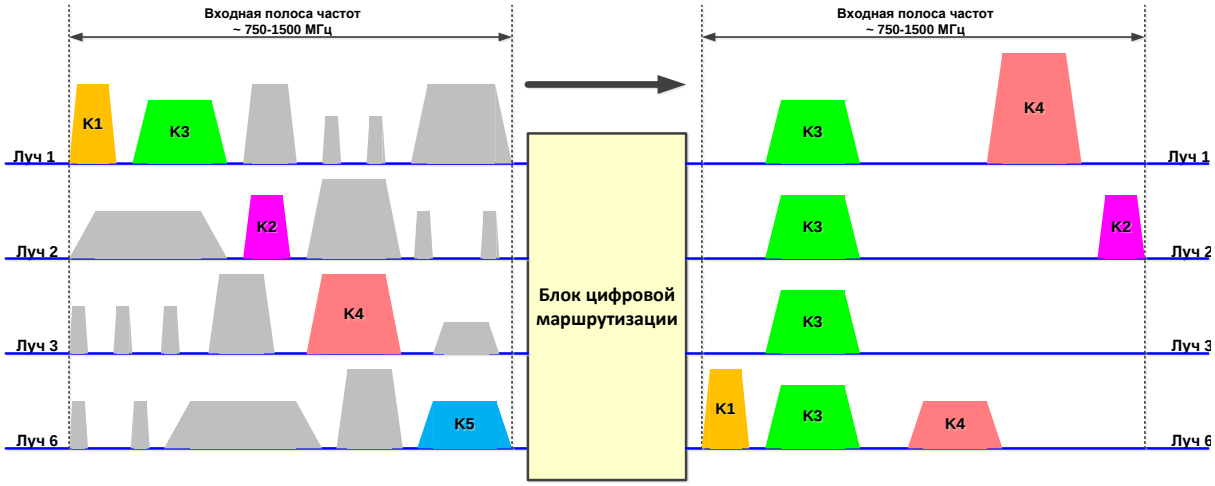
Включено:
- ✓ 14 LNA
- ✓ 2 Docon
- ✓ 14 SSPA

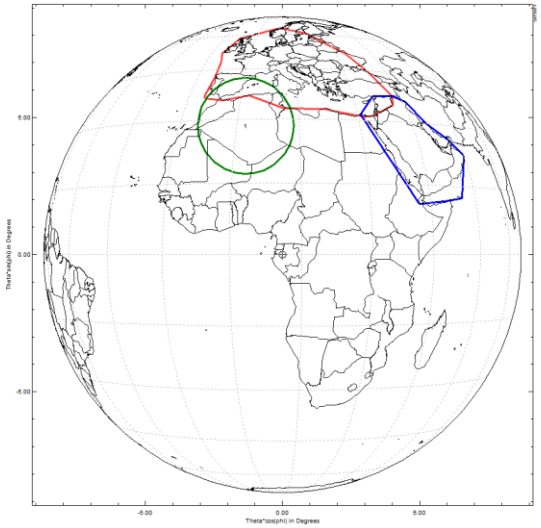
Примеры формирования зон обслуживания в С- и Ku-диапазоне для КА «Экспресс-АМУ4», 11 з.д.

Варианты построения «Гибких ПН»

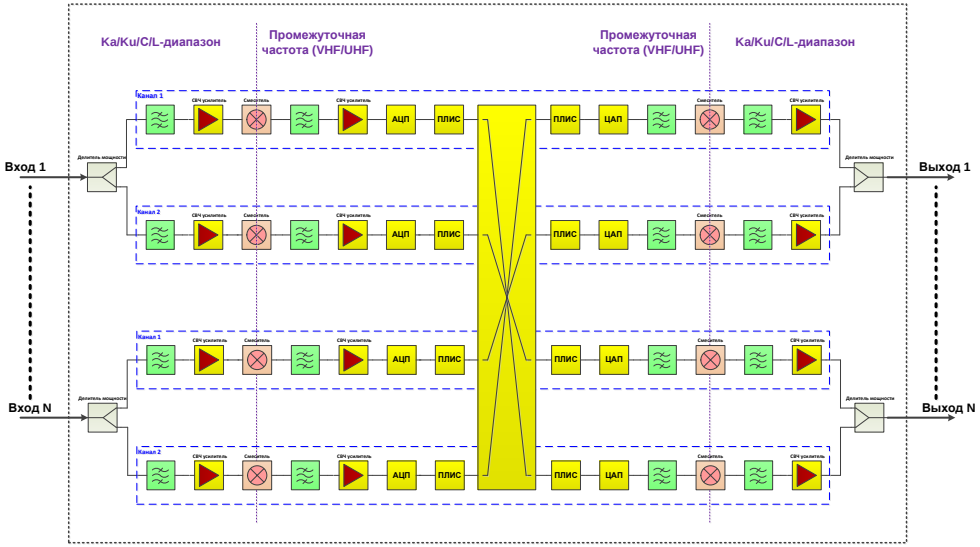
2 Использование межлучевой цифровой коммутации на борту

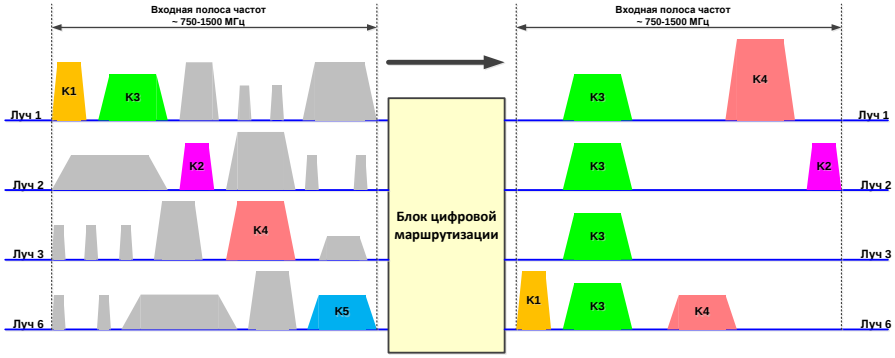






Варианты построения «Гибких ПН»





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).

Выводы

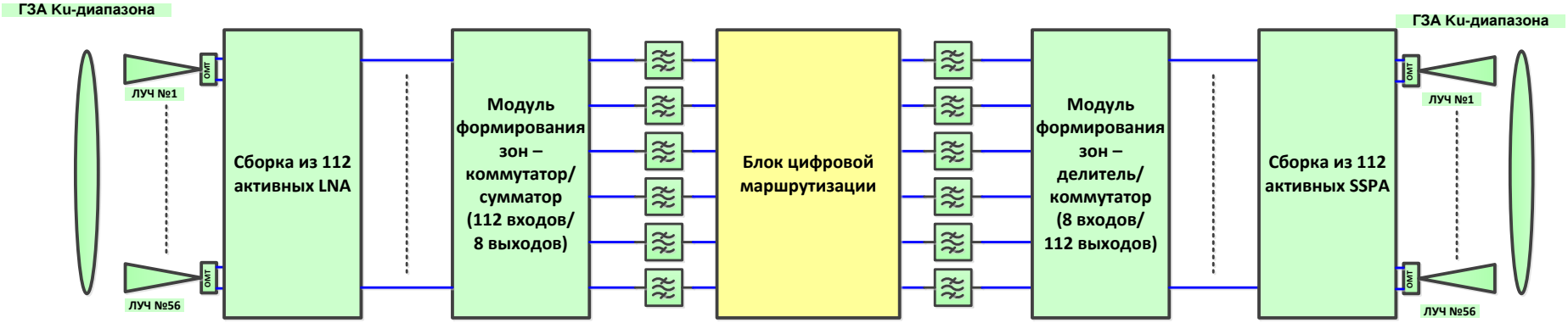
Применение спутников связи и вещания на основе унифицированных космических аппаратов с использованием «Гибкой ПН» позволит обеспечить резервирование государственной орбитальной группировки за счёт взаимозаменяемости КА на орбите, а также сократить стоимость и сроки создания КА за счёт применения унифицированных антенн и ретрансляционного оборудования.

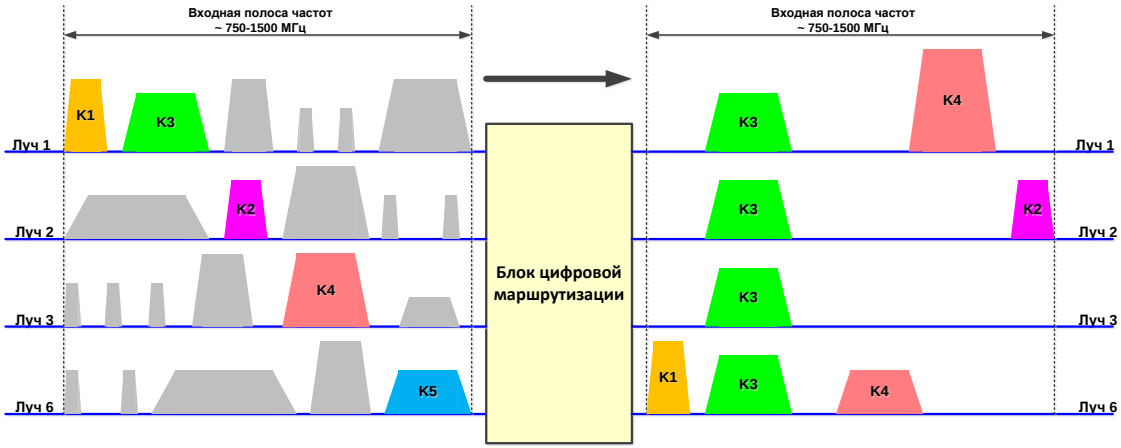
Кроме того, предполагается, что всё оборудование полезной нагрузки будет отечественным. Это позволит провести полноценную программу импортозамещения на КА связи и вещания.

Кроме того, предполагается, что всё оборудование полезной нагрузки будет отечественным. Это позволит провести полноценную программу импортозамещения на КА связи и вещания.

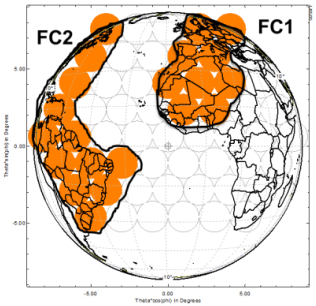
Варианты построения «Гибких ПН»

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



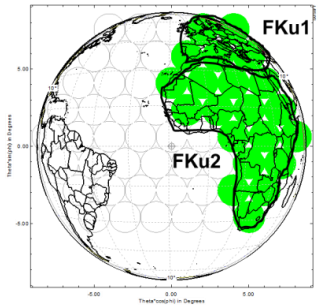


С-диапазон



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

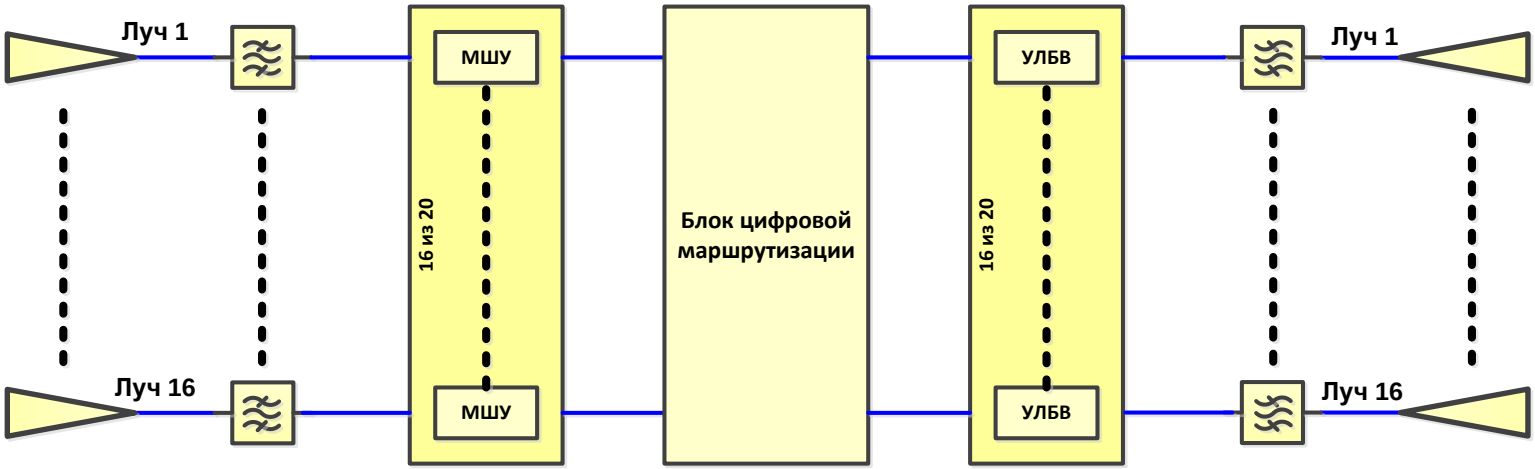
Ku-диапазон

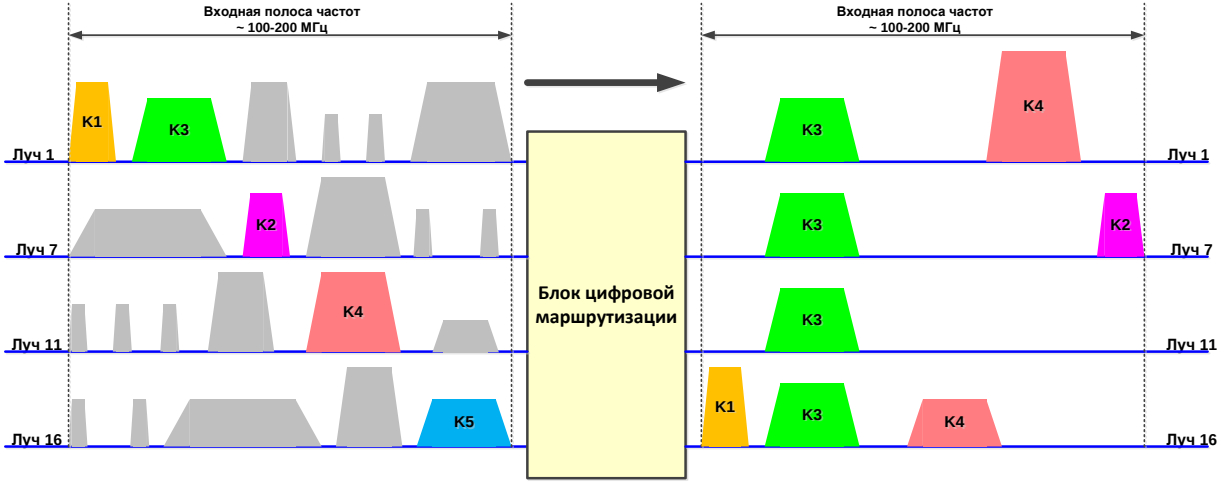


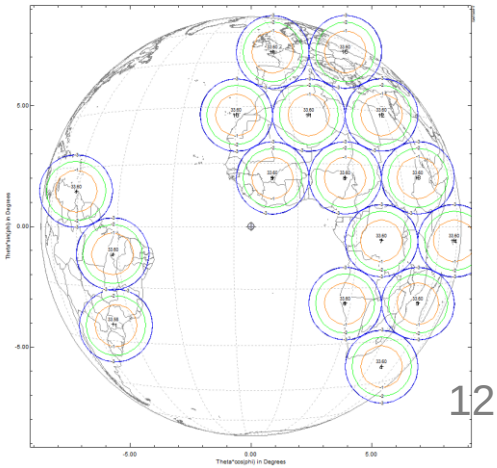
Включено:
- ✓ 42 LNA
- ✓ 4 Docon
- ✓ 42 SSPA

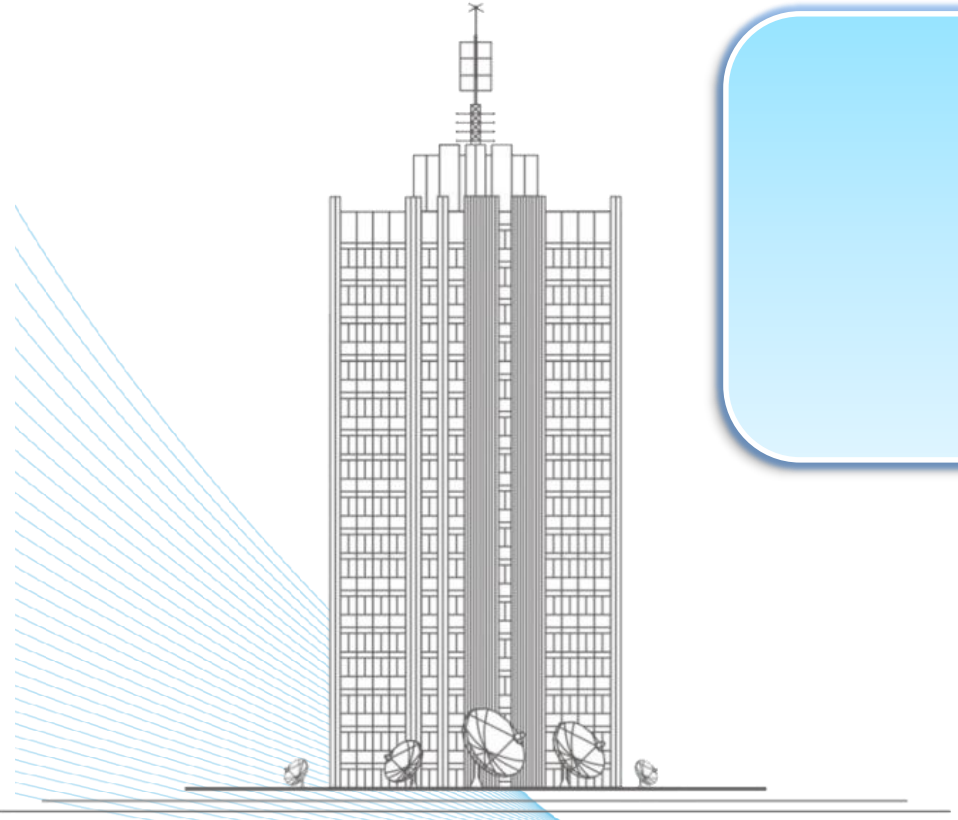
Варианты построения «Гибких ПН»

4 Использование межлучевой цифровой коммутации на борту для спутников HTS









СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!