

**POPOV  
RADIO  
CORP.**

Разработка отечественной спутниковой технологии для центральной земной станции спутниковой связи (ЦЗС СС) по протоколу MF-TDMA, линейки модемов спутникового абонентского оборудования VSAT (DVB-S2) и организация серийного производства

# Актуальность

1

В настоящее время спутниковые модемы и АФАР создаются на ЭКБ иностранного производства:

ПЛИС,  
ASIC,  
процессоры,  
СВЧ микросхемы

2

Большая часть микросхем не поставляется в Россию большими партиями, особенно для предприятий с государственным участием. Перспективные образцы иностранных ЭКБ при этом не доступны, что не позволяет проектировать современные образцы телекоммуникационного оборудования

3

Мировыми лидерами в области создания каналообразующего оборудования VSAT систем являются

Hughes (США),  
iDirect (США),  
Gilat (Израиль),  
Comtech (США),  
Advantech (Канада)

4

Актуальной является задача по разработке центральных станций и абонентских терминалов спутниковой системы связи на основе специализированного доверенного защищенного протокола управления сетью с высокой пропускной способностью

## Создание российского каналообразующего оборудования VSAT систем спутниковой связи гражданского и двойного назначения

- Разработка линейки современных спутниковых модемов, отвечающих требованиям потребителей и обеспечивающих работу с действующими и перспективными системами спутниковой связи.
- Постановка на серийное производство спутниковых модемов, учитывая потребности в объеме для замены модемов в действующих системах связи и развития новых систем спутниковой связи.
- Разработка линейки современного оборудования и программного обеспечения центральных станций, обеспечивающих работу с действующими и перспективными системами спутниковой связи.
- АО НПО «Радиозавод им. А.С. Попова» обладает необходимым научно-техническим заделом для создания перспективных систем спутниковой связи гражданского и двойного назначения.

# Центральная станция

1

## Центральная земная станция спутниковой связи начального уровня

- Многодиапазонная антенная система полноповоротная для работы на геостационарные (ГСО) и высокоэллиптические орбиты (ВСО) с радиопрозрачным укрытием
- Каналообразующее оборудование на базе аппаратных SDR платформ
- Сервер управления сетью (средство конфигурирования и мониторинга сети)
- Сервер обработки протоколов
- Коммутатор служебной сети
- Коммутатор пользовательской сети
- Маршрутизатор пользовательских данных

2

## Центральная земная станция спутниковой связи операторского уровня с обеспечением масштабируемости

- Диапазон частот: ПРМ 950–2150 МГц, ПРД 950–2150 МГц
- Максимальное количество одновременно работающих абонентов: 100 000
- Виды модуляции: BPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK, 64APSK, 128APSK
- Подключение Ethernet: RJ-45 Dual port 10GBase-T
- Подключение BUC/LNB: разъем тип N
- Климатическое исполнение – для размещения в серверном помещении



# Абонентские модемы

3

**Абонентский спутниковый модем с помехозащищенным режимом**

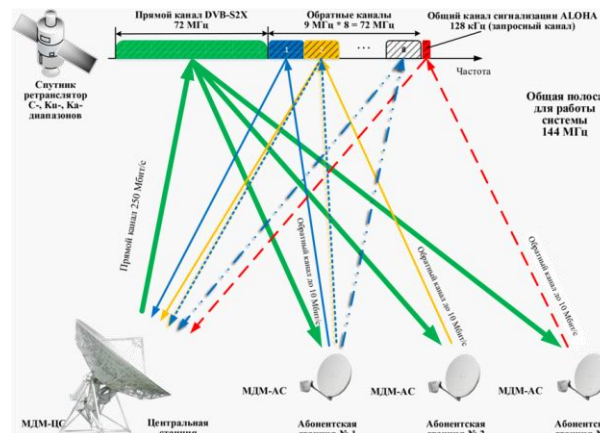
- Диапазон частот ПРМ/ПРД: 950–2150 МГц
- Максимальная ширина спектра: 72 МГц
- Максимальное рабочее значение отношения сигнал/шум: –30 дБ
- Динамический диапазон входного сигнала: от –5 до –85 дБм
- Динамический диапазон выходного сигнала: от –1 до –45 дБм
- Подключение BUC/LNB: разъем тип N
- Климатическое исполнение: температурный диапазон от –40 °С до +50 °С



4

**Абонентский спутниковый модем с режимами TDM/TDMA MF-TDMA (6 вариантов исполнения)**

- Диапазон частот: ПРМ 950–2050 МГц, ПРД 950–1750 МГц
- Максимальная ширина спектра: 72 МГц
- Максимальное количество работающих абонентов: 100 000
- Максимальное количество одновременно работающих абонентов в системе: до 10 000
- Виды модуляции: BPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK, 64APSK, 128APSK
- Подключение Ethernet: RJ-45 10/100/1000Base-T
- Подключение BUC/LNB: разъем тип N



# Проведение испытаний абонентских спутниковых модемов различных вариантов исполнения



Абонентские модемы, размещаемые на автомобильном и железнодорожном транспорте



Антенна 0,6 м углепластиковая низкопрофильная парабола с радиопрозрачным укрытием с 2-х портовым облучающим устройством Ku-диапазона с линейной (вертикальная и горизонтальная) поляризацией



Абонентские модемы, размещаемые на самолетах и вертолетах



Антенная система 0,32 м для вертолетов (спецификация по требованиям КТ-160G)



Антенная система 0,45 м для самолетов (2-х осевая стабилизации и 4-х осевое слежение)

# Аппаратные платформы

## Аппаратная платформа

позволяет реализовать модемы центральной и абонентских станций спутниковой сети связи для работы в режиме многочастотного доступа с разделением по времени (МЧ-МДВР), в режиме «точка-точка» (SCPC), в режиме многостанционного доступа с совмещением несущих и кодовым разделением (МДСН-МДКР).



## Технические характеристики аппаратной платформы

- Прием и передача центральной частоты сигнала в диапазоне частот 950–1250 МГц с шагом перестройки 5 Гц
- АЦП и ЦАП с интегрированными квадратурными приемником и передатчиком AD9375
- ЦОС приемного и передающего тракта реализована на ПЛИС Zynq UltraScale+ ZU15EG
- Тип интерфейса пользователя Ethernet 10/100/1000Base-T спецификация IEEE 802.3ab

## Модем реализует

Передачу непрерывного группового сигнала ЦС спутниковой сети связи МЧ-МДВР с параметрами:

- символьная скорость – до 64 МБод;
- тип модуляции – QPSK, PSK8, APSK16, APSK32, APSK64, APSK128, APSK256;
- тип FEC – все типы DVB-S2X;
- информационная скорость – до 250 Мбит/с.

Прием пакетных сигналов всех АТ (в одном транспондере) спутниковой сети связи МЧ-МДВР с параметрами:

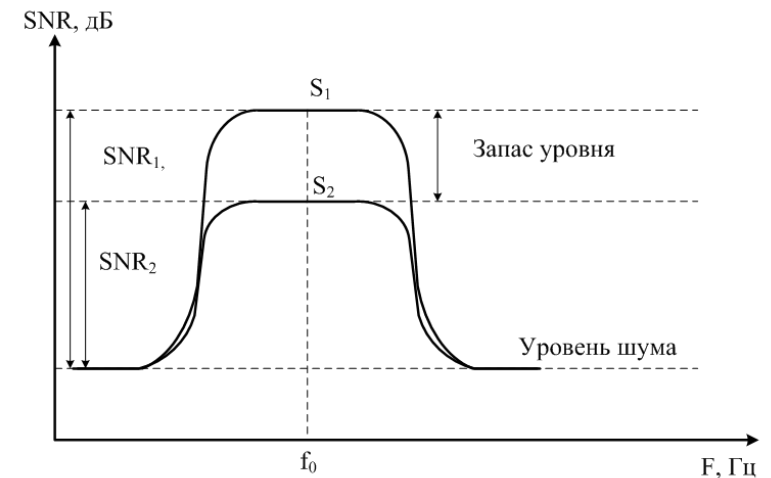
- символьная скорость – до 7,5 МБод;
- тип модуляции – BPSK, QPSK, PSK8;
- тип FEC – LDPC со скоростью от 1/2 до 5/6;
- информационная скорость – до 10 Мбит/с.

Модем принимает сигналы от плат ведомых абонентов ЦС и формирует команды в канале управления.

# Технология «Carrier-in-Carrier»

Модем центральной и абонентской станций спутниковой сети связи «точка-точка»

- В модеме применена технология адаптивного кодирования и модуляции ACM (Adaptive Coding and Modulation), которая позволяет обеспечить максимально возможную скорость передачи данных в заданных условиях
- Применение режима «несущая-в-несущей» C-in-C (Carrier-in-Carrier) позволяет повысить до 2-х раз эффективность использования выделенной на борту ретранслятора частотной полосы
- В режиме C-in-C спектры сигналов встречных направлений полностью совпадают, что делает сложным перехват сигналов



# Технические характеристики модема

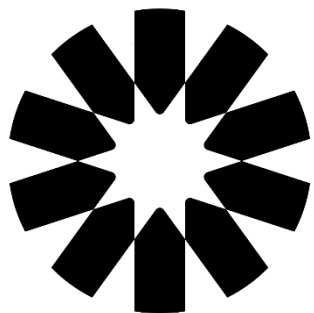
## Параметры модуляции

Стандарт	DVB-S2/DVB-S2x
Сигнально-кодовые конструкции прямого канала	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK, FEC от 1/2 до 9/10, 64APSK 7/9, 4/5, 5/6
Сигнально-кодовые конструкции обратного канала	QPSK, 8PSK, 16ARY 1/2-5/6
Размер кадра, бит	16200; 64800
Коэффициент roll-off формирующего фильтра	0,025; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25
Протокол инкапсуляции пакетов сетевого уровня	GSE
Характеристики помехоустойчивости (приведены для справки в таблицах №2 и №3)	Проигрыш относительно расчётных значений, указанных в EN 302 307-1 и EN 302 307-2, не более 1 дБ для нормального кадра; для короткого кадра проигрыш увеличивается на 0,5 дБ; для roll-off менее 0,2 проигрыш увеличивается на 0,5 дБ
Диапазон символьных скоростей, Мсим/с	прямого канала от 0,512 до 68,4; обратного канала от 0,061 до 11,5.
Режим «несущая-в-несущей»	Есть
Режимы управления MODCOD	CCM; ACM



# Соответствие разрабатываемых модемов центральной станции и абонентских станций спутниковой сети связи

Разрабатываемый модем	Зарубежный аналог
<p>Центральная земная станция спутниковой связи (хаб) операторского уровня с обеспечением масштабируемости. <b>ЦЗС СС Планк 200</b></p>	<p>iDirect iNFINITI/Evolution (США) Hughes HN/HX/Jupiter (США) EASTAR UHP-230HE (США) Gilat SkyEdge/SkyEdge II (Израиль) Viasat LinkStar (США)</p>
<p>Абонентский спутниковый модем внутреннего исполнения. <b>Модем Планк 10</b></p>	<p>SatixFy Sx-3000 / Sx-3099 / Sx-4000 (Израиль) EASTAR UHP-200 (США) Comtech – CDM-760, CDM-780 (США) NewTec-iDirect – MDM 6100 / MDM9000 (США)</p>
<p>Абонентский спутниковый модем для размещения на автомобильном и железнодорожном транспорте. <b>Модем Планк 20</b></p>	<p>NewTec/iDirect - MDM2010, MDM2510, MDM3310, MDM5010 (США) iDirect – IQ 200, iQ Desktop Series, Evolution X7 (США) Gilat Gemini-i/Gemini-4 (Израиль)</p>
<p>Абонентский спутниковый модем для размещения на морских и речных судах. <b>Модем Планк 30</b></p>	<p>Comtech EFdata / UHP – UHP-100 (семейство), UHP-200 (семейство), UHP-231 (США)</p>
<p>Абонентский спутниковый модем для размещения на самолетах и вертолетах. <b>Модем Планк 40</b></p>	<p>Viasat ArcLight (США) NJ-JZ-001/NJ-JZ-002 (Китай) ZK300SJZ/ZK300SCZ (Китай)</p>
<p><b>Интеграционная плата модема Планк 50</b></p>	<p>Futaba R7008SB (Китай) FrSky Taranis (Китай)</p>
<p>Абонентский помехозащищенный спутниковый модем. <b>Модем Планк 60</b></p>	<p>Comtech – SLM-5650B (США)</p>



**POPOV  
RADIO  
CORP.**

Россия, 127287, г. Москва,  
ул. 2-я Хуторская, д. 29  
стр. 3, помещ. II, ком. 5

+7 (495) 280 7770  
[info@popovradio.ru](mailto:info@popovradio.ru)