

# СПУТНИКОВЫЕ МОДЕМЫ

Бобков В.Ю., Ефимов М.В., Нагорнов В.И.

**Б**урное развитие систем спутниковой связи (ССС) привело к появлению на рынке широкой номенклатуры оборудования для них. Особенно разнообразен выбор спутниковых модемов. Эти устройства являются важным элементом земных станций (ЗС) спутниковой связи, так как от качества их работы зависят помехоустойчивость приема информации, занимаемая полоса частот, уровень помех в соседнем канале и т.д., а все это, в конечном счете, влияет на пропускную способность всей системы спутниковой связи. Таким образом, оптимальный с точки зрения требований конкретной ССС выбор спутникового модема позволяет свести к минимуму потери пропускной способности.

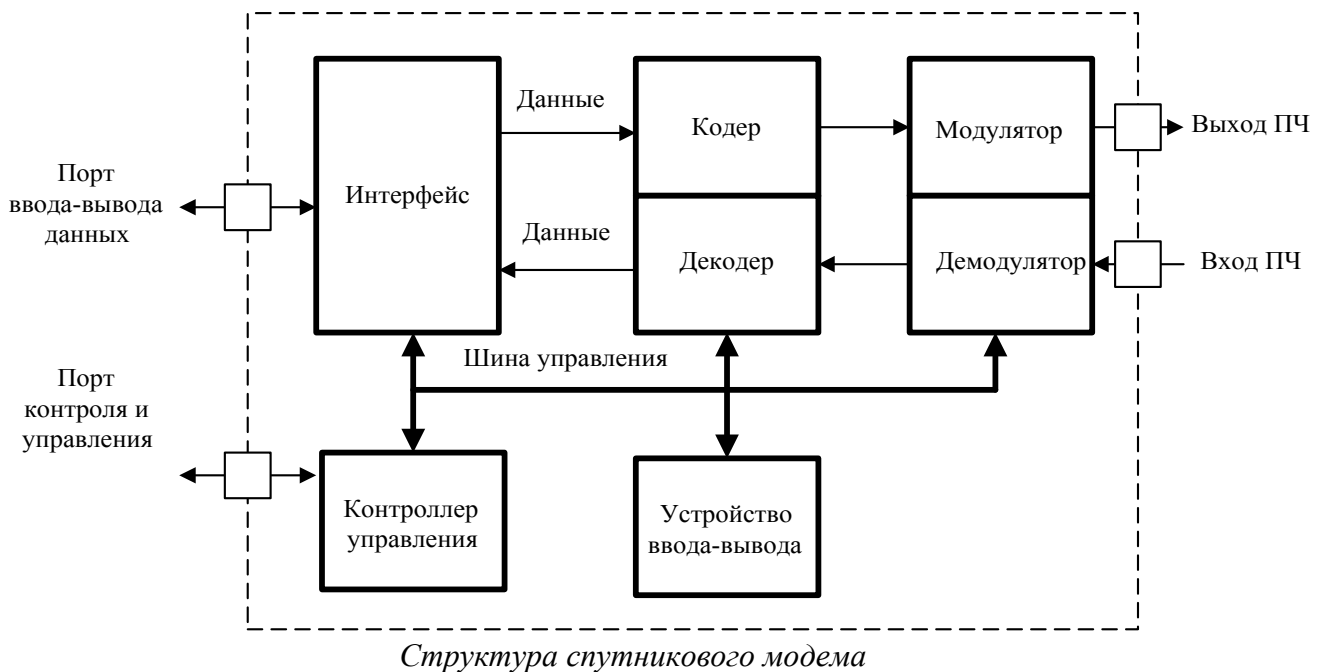
Данная статья содержит обзор технических характеристик современных спутниковых модемов (табл. 1), который может быть полезен разработчикам ЗС

## Место модема в составе ЗС

Спутниковые модемы (далее просто модемы) предназначены для преобразования цифрового сигнала, поступающего от каналообразующей аппаратуры ЗС (мультиплексоров, аппаратуры передачи данных, речепреобразующих устройств и т. д.), в модулированный радиосигнал на промежуточной частоте (ПЧ), обычно составляющей  $70\pm 18$  или  $140\pm 36$  МГц, и для обратного преобразования радиосигнала ПЧ в цифровой.

В состав современного модема (см. рисунок) входят следующие блоки: модулятор, демодулятор, кодер, декодер, интерфейс, контроллер управления и панель управления. Подлежащая передаче информация через блок интерфейса сначала подается на кодер, где происходят ее скремблирование и помехоустойчивое кодирование, а затем на модулятор, формирующий модулированный (ФМ или АФМ) сигнал. В приемной части модема (демодуляторе и декодере) осуществляются когерентное детектирование принимаемого сигнала и выделение информации. Более подробные сведения о строении и принципах функционирования модемов в целом и узлов, которые входят в их состав, можно найти в [1, 2]. Мы же остановимся лишь на описании технических характеристик и функциональных возможностей модемов.

Выпускаемые в настоящее время модемы работают в различных диапазонах частот, имеют возможность перестройки и установки основных параметров, включая рабочую частоту, коэффициент усиления, выходную мощность, тип модуляции, скорость кодирования, тип скремблирования, размеры буферов для данных и т. д. Величины этих параметров могут изменяться с малым шагом в широком диапазоне значений. Также следует отметить, что любой современный модем имеет систему встроенных процессоров с развитым программным обеспечением, позволяющую изменять конфигурацию модема либо с помощью его собственных органов управления и дисплея, либо через его порт контроля и управления. В последнем случае к этому порту подключается ПК или контроллер ЗС, обеспечивающий удаленное конфигурирование модемов в составе этой ЗС с центральной управляющей станции ССС. Это позволяет реализовать систему с ЗС, не требующими локального управления. Модемы имеют широкие возможности самодиагностики, самотестирования, могут хранить информацию обо всех изменениях в своей конфигурации, а также о сбоях и неполадках в работе.



По конструктивному исполнению представленные на рынке модемы можно разделить на следующие:

- отдельные законченные устройства, предназначенные для использования в составе любой ЗС;
- заменяемые устройства, интегрированные в какую-либо систему (например, модемы систем TIW Systems, Alcatel 7400ND и Hughes Network Systems), которые нельзя использовать в составе ЗС других производителей;
- подсистемы канальных блоков, объединяющие в своем составе, помимо основных элементов модема (см. рисунок) речепреобразующее устройство (чаще всего вместе с эхозаградителем или эхокомпенсатором) и модули для соединения с оконечным оборудованием (дифференциальную систему для преобразования четырехпроводной линии связи в двухпроводную, блоки поддержки различных типов сигнализации и т. д.)

По максимальной скорости передачи (а соответственно и приема) информации следует выделить три основные группы модемов:

- низкоскоростные (максимальная скорость до 2048 кбит/с), позволяющие организовать стандартные каналы на скоростях 16, 24, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048 кбит/с, например модемы SDM-100 фирмы EFDData, DMD2401 фирмы Radyne и др.;
- среднескоростные (максимальная скорость от 2048 до 8448 кбит/с), такие, как SDM-8000 фирмы EFDData, 9100 фирмы Hughes и др.;
- высокоскоростные (максимальная скорость свыше 8448 Кбит/с). Их, например, выпускает фирма EFDData. Это модемы SDM-9000, SDM-70, SDM-140 и SDM-155, работающие на скоростях 51,840, 69,632, 139,264 и 155,52 Мбит/с соответственно. С их помощью можно передавать через ИСЗ трафик Синхронной Цифровой Иерархии (SDH), в частности SDM-155 можно использовать для передачи синхронных потоков STM-1 со скоростью 155,52 Мбит/с. Для этих потоков МСЭ-Т стандартизировал сетевой интерфейс NNI. Он поддерживается как волоконно-оптическими, так и радиотехническими системами передачи данных, поэтому ССС могут использоваться для резервирования волоконно-оптических систем связи, передающих трафик SDH на большие расстояния, и для совместной работы с ними.

Повышение эффективности использования частотного ресурса и увеличение пропускной способности ССС обеспечивают многопозиционные методы модуляции сигнала, а именно ФМ-8, АФМ-16 и АФМ-64. Известно, чтобы применить эти методы, требуются довольно высокие энергетические потенциалы (на прием и передачу) ретрансляторов (РТР), однако современные технологии построения радиотехнических систем обеспечивают это.

Фирмой EFDData, например, был разработан ряд модемов (SDM-2020, SLM-8650, SDM-9000 и т. д.), реализующих модуляцию АФМ-16. В [3] указаны результаты испытаний таких модемов при организации реального спутникового канала (табл. 2). А теоретическое обоснование возможности передачи высокоскоростного цифрового потока STM-1 (155,52 Мбит/с) с помощью модуляции АФМ-64 через стандартный ствол РТР с полосой пропускания 36 МГц можно найти в [4].

Таблица 2.

Тестовый сигнал		Результаты измерения	
Скорость передачи	Кодирование	Отношение сигнал/шум	Коэффициент ошибок
DS-3 (44.736 Мбит/с)	7/8 Решетчатое	10,0	$1.8 \times 10^{-7}$
DS-3 (44.736 Мбит/с)	192/208 Рида-Соломона	10,3	$< 1 \times 10^{-9}$

Для оценки эффективности использования частотного ресурса ССС при многопозиционной модуляции применяется коэффициент использования полосы частот, равный числу битов передаваемой полезной информации, приходящихся на один герц используемой для этого полосы частот. На сегодняшний день с помощью методов модуляции ФМ-4, ФМ-8, АФМ-16 и АФМ-64 реально обеспечиваются коэффициенты 1,75; 2,625; 3,5 и 5,25 бит/Гц соответственно.

При использовании в одной ЗС модемов, работающих на сильно различающихся скоростях передачи данных, часто возникает ситуация, когда менее скоростные из модемов не смогут принимать радиосигналы. Дело в том, что интегральный уровень мощности всех сигналов ствола, принимаемых ЗС и подаваемых на вход каждого из ее модемов, не должен превышать определенной величины (обычно составляющей  $-10 \dots 0$  дБм), а режимы работы стволов РТР обычно выбираются так, чтобы обеспечить одинаковую величину спектральной плотности мощности ретранслируемых сигналов, поэтому уровни сигналов на входах демодуляторов модемов с относительно малой скоростью работы оказываются очень низкими — вне их динамического диапазона. В настоящее время не существует универсальных решений этой проблемы, поэтому мы устанавливаем дополнительные фильтры на входах ПЧ низкоскоростных модемов ЗС.

Часто с целью уменьшения стоимости ЗС модем применяется не только для выполнения своих основных функций, но и как формирователь сигнала наведения антенны ЗС. В качестве такого сигнала используется аналоговый или цифровой сигнал АРУ. Однако последний обычно формируется с некоторой задержкой, что неприемлемо для ряда систем наведения. В этом случае на ЗС целесообразно установить отдельный приемник наведения.

При работе ЗС в спутниковой системе с предоставлением каналов по требованию (СПКТ) важнейшей характеристикой ее модема является время вхождения в синхронизм. У современных модемов это время может быть довольно большим — до 10 с. Поэтому для СПКТ создан отдельный класс модемов — пакетные. Они передают данные короткими пакетами, занимая частотный канал только на время передачи этих пакетов. Благодаря использованию в пакете специальной преамбулы удается значительно снизить время вхождения модема в синхронизм. Так, у модема SDM-150 фирмы EFDData это время составляет менее 30 мс при скорости обмена информацией 38 кбит/с, а сам модем работает

на прием и передачу в пакетном и непрерывном режимах. Несколько менее универсален модем CP101 фирмы ComStream, который работает в пакетном режиме и при приеме и при передаче информации, а в непрерывном — лишь при ее передаче. Поэтому CP101 обычно устанавливают только на центральной станции ССС.

Следует отметить, что, кроме пакетных, существует еще одна группа специализированных модемов — с шумоподобными сигналами (ШПС). В ССС применение ШПС обусловлено необходимостью обеспечения электромагнитной совместимости различных систем связи и повышения пропускной способности системы с помощью многостанционного доступа с кодовым разделением (МДКР).

В настоящее время оборудование для ССС, где используются широкополосные сигналы, на рынке почти не представлено. Поэтому при выборе модема ШПС возникают серьезные трудности, логическим завершением которых является в ряде случаев необходимость заказать разработку такого модема.

Одним из важных аспектов, влияющих на стоимость изготовления и эксплуатации ЗС, является надежность работы оборудования этой станции, в частности модемов. У современных модемов время наработки на отказ равно примерно 30 тыс. ч, что при отсутствии повышенных требований к надежности ЗС позволяет обходиться без их резервирования.

Цена модемов всегда является коммерческой тайной поставщика и покупающей их организации. Она зависит от многих факторов. Однако можно сказать следующее: модемы со скоростью передачи данных от 9,6 до 2048 Кбит/с стоят от 5 до 8 тыс. долл.

## Основные производители

По числу производителей модемы составляют наиболее многочисленную часть оборудования ЗС (по сравнению с приемопередающими устройствами и антенными системами). На сегодняшний день самый крупный производитель модемов — американская фирма EFDData. За 1995 г. ею было выпущено около 7000 модемов, в основном это модель SDM-100, наиболее дешевая и популярная. Среди других производителей модемов следует назвать фирмы ComStream, Fairchild и Radyne.

## Тенденции развития

Общими тенденциями развития модемов являются:

- рост универсальности устройств, что проявляется в поддержке многочисленных типов интерфейсов и разнообразии видов кодирования и модуляции сигналов, а также в постоянном расширении диапазона скоростей передачи информации;
- реализация возможности конфигурирования программным способом;
- уменьшение их массы и габаритных размеров.

В плане конструктивного исполнения модемов наблюдаются два новых направления. Первое — увеличение степени интеграции устройств, а именно размещение всех их функциональных узлов, кроме источника питания, на одной многослойной печатной плате. Пример таких модемов — модемы SDM-300 фирмы EFDData и DMD2400 фирмы Radyne.

Второе направление — построение модульных устройств — воплощено в модеме CM701 фирмы ComStream. Как отмечается в [5], разработчики данного модема проанализировали причины бурного развития компьютерного бизнеса и пришли к выводу, что в этом не последнюю роль сыграло модульное построение компьютеров, дающее возможность пользователю самому определять конфигурацию своего компьютера, а при

необходимости проводить его модернизацию. Ими была сделана попытка достичь успеха на рынке спутниковых модемов, осуществив перенос идеологии построения оборудования из области компьютеров в область этих устройств.

На первый взгляд модульный подход довольно привлекателен, однако сегодня, по нашему мнению, еще рано говорить о победе одного из двух перечисленных направлений.

А как обстоят дела у российских разработчиков и производителей? К сожалению, приходится признать, что сегодня отечественные модемы пока не достигли уровня лучших мировых образцов. Прежде всего это относится к технологии их изготовления, сервисным функциям и функциональным возможностям. Однако ситуация постепенно меняется, и уже сейчас на ряде фирм, включая МНИИРС-АС, ЛОНИИР, Ижевский радиозавод, в завершающей стадии разработки находятся три-четыре относительно неплохих модема.

### *Литература*

1. Банкет В.Л., Дорофеев В.М. Цифровые методы в спутниковой связи. – М.: Радио и Связь, 1986.
2. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь. – М.: Связь, 1979.
3. Stewart H. 16-QAM Modems in Satellites. – Communication System Design, 1995, №7.
4. АН. Aghvami, O. Gemikonakli, S Kato. Transmission of SDH through future satellite channels using 64-ary QAM transmission. – Proceedings Second European Conference on Satellite Communications, 22-24 October, 1991.
5. Nitz R. Meet the modular satellite modem. – Satellite Communications, 1993, №10, p. 62-64.

# ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

## СПУТНИКОВЫХ МОДЕМОВ

Таблица 1

Наименование параметра	SDM-100	DMD2400	SDM-300
Фирма - изготовитель	EF Data	Radyne	EF Data
<b>Системные характеристики</b>			
Диапазон рабочих частот, МГц	50 - 90 100-180	52 - 88	50 -180
Шаг по частоте, Гц	2500	1	1
Скорость передачи данных, кбит/с	9,6 - 224	2,4 - 1600	2,4 - 4375
ФМ-2 КК 1/2	9,6 - 64	2,4 - 400	2,4 - 1250
ФМ-4 КК 1/2	19,2 - 128	4,8 - 800	4,8 - 2500
ФМ-4 КК 3/4	28,8 - 192	2,4 - 800	7,2 - 3750
ФМ-4 КК 7/8	33,6 - 224	4,8 - 1600	8,4 - 4375
<b>Типы кодирования/декодирования</b>			
Сверточное	есть	есть	есть
Витерби	есть	есть	есть
Рида-Соломона	нет	нет	есть
Последовательное	нет	нет	нет
Решотчатое	нет	нет	нет
<b>Типы модуляции</b>			
ФМ-2	есть	есть	есть
ФМ-4	есть	есть	есть
СФМ-4	нет	нет	нет
ФМ-8	нет	нет	нет
АФМ-16	нет	нет	нет
<b>Интерфейс</b>			
RS-422/449	есть	есть	есть
RS-232	есть	нет	нет
V.35	есть	есть	есть
G.703	нет	нет	есть
MIL-STD-188	есть	нет	нет
ADPCM	есть	нет	нет
<b>Порт управление</b>			
RS-232	есть	есть	есть
RS-485	есть	есть	есть
Скорость передачи данных по управлению, бит/с	110 - 19200	150-19200	150-19200
<b>Окружающая среда</b>			
Рабочая температура, °С	0 ...+55	-10 ...+ 50	0 ...+ 55
Влажность, %	0 ...95 без конденсации	0 ...95 без конденсации	0 ...95 без конденсации
<b>Модулятор</b>			
Выходная мощность, дБм	-5 ... -30	-5 ...-35	-5 ...-30 (опция +5...-20)
Шаг, дБ	0,1	0,1	0,1
Уровни дискретных составляющих в полосе 4 кГц,	-55	-50	-55

дБн			
Стабильность выходной частоты, Гц	$\pm 10 \times 10^{-6}$	$\pm 2,5 \times 10^{-6}$	$\pm 1,0 \times 10^{-5}$ (опция $\pm 2 \times 10^{-7}$ )
Стабильность выходного уровня, дБ	$\pm 0,5$	$\pm 0,25$ при 10°C $\pm 0,5$ при 0...50°C	$\pm 0,5$
<b>Демодулятор</b>			
Входная мощность, дБм суммарная	-55 ... - 30 - 5	-60 ... - 20 - 5	-55 ... - 30 - 5
Отношение сигнал/шум (декодирование по Витерби) при ошибках $10^{-5}$ $10^{-7}$	1/2 3/4 7/8 5,5 6,8 8,2 6,7 8,3 9,4	1/2 3/4 7/8 5,4 6,5 7,8 6,5 8,0 8,9	1/2 3/4 7/8 4,6 6,0 7,2 5,9 7,5 8,6
Доплеровский буфер, бит мс	64 - 65536 1 - 50	4 - 131070 0,0025 - 54612	16 - 262144
Диапазон захвата несущей, кГц режим поиска	$\pm 25$ автоматический	$\pm 0,2 \dots \pm 1250$ автоматический, широкий, узкий, скоростной	$\pm 35$ автоматический
Диапазон захвата тактовых импульсов, Гц	$\pm 100 \times 10^{-6}$	$\pm 2,5 \times 10^{-6}$	$\pm 100 \times 10^{-6}$
Время синхронизации, сек	< 1 при любой скорости передачи данных.	в зависимости от режима менее 1 с	до 6...10 сек. в зависимости от режима

Наименование параметра	8885	SM2900	CM701
Фирма - изготовитель	Scientific Atlanta	Fairchild	ComStream
<b>Системные характеристики</b>			
Диапазон рабочих частот, МГц	52 - 88	52 - 88 (104-176)	52 - 88 (104-176)
Шаг по частоте, Гц		2500	1
Скорость передачи данных, кбит/с	9,6 - 512	9,6 - 2048	4,8 - 2336
ФМ-2 КК 1/2	9,6 - 256	9,6 - 256	
ФМ-4 КК 1/2	19,2 - 512	19,2 - 512	
ФМ-4 КК 3/4	28,8 - 512	28,8 - 512	
ФМ-4 КК 7/8	33,6 - 512	33,6 - 512	
<b>Типы кодирования/декодирования</b>			
Сверточное	есть	есть	есть
Витерби	нет	нет	есть
Рида-Соломона	нет	нет	есть
Последовательное	нет	нет	нет
Решотчатое	нет	нет	нет
<b>Типы модуляции</b>			
ФМ-2	есть	нет	есть
ФМ-4	есть	есть	есть
СФМ-4	нет	нет	нет
ФМ-8	нет	нет	нет
АФМ-16	нет	нет	нет
<b>Интерфейс</b>			
RS-422/449	есть	есть	есть
RS-232	нет	нет	есть
V.35	есть	есть	есть
G.703	нет	есть	есть
MIL-STD-188	нет	нет	нет
ADPCM	нет	нет	есть
<b>Порт управление</b>			
RS-232	есть	есть	есть
RS-485	есть	есть	есть
Скорость передачи данных по управлению, бит/с	1200 - 9600	1200 - 9600	150-19200
<b>Окружающая среда</b>			
Рабочая температура, °С	0 ...+55	+10 ...+40	0 ...+ 55
Влажность, %	5 ... 95 без конденсации	5 ... 95 без конденсации	0 ...95 без конденсации
<b>Модулятор</b>			
Выходная мощность, дБм	-5 ... -25	-5 ... -25	-5 ...-25 (опция +5...-20)
Шаг, дБ	1	0,1	0,1
Уровни дискретных составляющих в полосе 4 кГц, дБн	-55	-55	-55
Стабильность выходной частоты,	$\pm 10 \times 10^{-6}$	$\pm 2,5 \times 10^{-6}$	$\pm 1,0 \times 10^{-6}$



Гц			
Стабильность выходного уровня, дБ	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
<b>Демодулятор</b>			
Входная мощность, дБм суммарная	-55 ... -35 - 5	-55 ... -35 - 5	-55 ... - 10 0
Отношение сигнал / шум (декодирование сверточное 56 кбит/с) при ошибках $10^{-5}$ $10^{-7}$	1/2 3/4 7/8  5,6 6,7 8,1	1/2 3/4 7/8  4,9 5,8 6,9 5,8 6,7 8,1	1/2 3/4 7/8 (декодирование Витерби) 4,9 6,0 7,8 6,2 7,3 8,5
Доплеровский буфер, бит мс	0 - 64000	0 - 8000	0 - $\pm 512$
Диапазон захвата несущей, кГц режим поиска	$\pm 25$ автоматический	$\pm 25$ автоматически й	$\pm 30$ автоматический
Диапазон захвата тактовых импульсов, Гц	–	–	$\pm 100 \times 10^{-6}$
Время захвата, сек	< 5 при любой скорости передачи данных.	–	до 6...10 сек. в зависимости от режима

Наименование параметра	SM2900PLUS	9100	DMD15
Фирма - изготовитель	Fairchild	HUGHES	Radyne
<b>Системные характеристики</b>			
Диапазон рабочих частот, МГц	50 - 90 и 100 - 180	52 - 88 (104-176) L-band	52 - 180 (104-176)
Шаг по частоте, Гц	2500	100	1
Скорость передачи данных, кбит/с	32 - 8448	9,6 - 8448	9,6 - 8448
ФМ-2  КК 1/2	32 - 6312		
ФМ-4  КК 1/2	48 - 8448		
ФМ-4  КК 3/4	56 - 2304		
ФМ-4  КК 7/8			
<b>Типы кодирования/декодирования</b>			
Сверточное	есть	есть	есть
Витерби	есть	есть	есть
Рида-Соломона	нет	есть	есть
<b>Типы модуляции</b>			
ФМ-2	есть	есть	есть
ФМ-4	есть	есть	есть
ФМ-8	нет	есть	есть
<b>Интерфейс</b>			
RS-422/449	есть	есть	есть
RS-232	нет	есть	нет
V.35	есть	есть	есть
G.703	есть	есть	есть
MIL-STD-188	нет	нет	нет
ADPCM	нет	нет	нет
<b>Порт управление</b>			
RS-232	нет	есть	есть
RS-485	есть	нет	есть
Скорость передачи данных по управлению, бит/с	300 - 19200	9600	150-19200
<b>Окружающая среда</b>			
Рабочая температура, °С	0 ...+55	-10 ...+ 50	0 ...+ 55
Влажность ,%	0 ...95 без конденсации	0 ...95 без конденсации	0 ...95 без конденсации
<b>Модулятор</b>			
Выходная мощность, дБм	-5 ... -25	-5 ...-30	+5...-20
Шаг, дБ	0,1	0,1	0,1
Уровни дискретных составляющих в полосе 4 кГц, дБн	-55	<-60	<-55
Стабильность выходной частоты, Гц	$\pm 1 \times 10^{-6}$	$\pm 2 \times 10^{-6}$	$\pm 10 \times 10^{-6}$
Стабильность выходного уровня, дБ	$\pm 0,5$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$
Выходной импеданс, Ом	75 (50)	50(75)	75
<b>Демодулятор</b>			
Входная мощность, дБм	-55 ... -35	-55 ... -30	-55 ... - 25

суммарная	- 5	-5	+10 (+40)
Отношение сигнал/шум при ошибках $10^{-5}$ $10^{-7}$	1/2 3/4 7/8 4,9 5,8 6,9 5,8 6,7 8,3	–	1/2 3/4 6,7 8,3
Доплеровский буфер, бит мс	0 - 8000	512000 32000	2000 - 256000
Диапазон захвата несущей, кГц режим поиска	$\pm 25$ автоматический	$\pm 0,30$ автоматический	$\pm 1... \pm 42$ автоматический
Диапазон захвата тактовых импульсов, Гц	–	$\pm 100 \times 10^{-6}$	–
Время синхронизации, сек	–	–	<2 (SR<512 кбит/с) <10 (SR>512 кбит/с)

<b>Наименование параметра</b>	<b>DMD2401</b>	<b>SDM-6000</b>	<b>SDM-8000</b>
<b>Фирма - изготовитель</b>	<b>Radyne</b>	<b>EF Data</b>	<b>EF Data</b>
<b>Системные характеристики</b>			
Диапазон рабочих частот, МГц	50 - 90 (100 - 180)	50 - 180	50 - 180
Шаг по частоте, Гц	1	2500	2500
Скорость передачи данных, кбит/с	9,6 - 2048	9,6 - 2048	9,6 - 8048
ФМ-2 КК 1/2			
ФМ-4 КК 1/2	9,6 - 1024	9,6 - 1024	9,6 - 3150
ФМ-4 КК 3/4	19,2 - 2048	19,0 - 2048	19,2 - 6300
ФМ-4 КК 7/8	28,8 - 2048	28,5 - 2048	28,5 - 9300
	33,6 - 2048	33,5 - 2048	33,3 - 9300
<b>Типы кодирования/декодирования</b>			
Сверточное	есть	есть	есть
Витерби	есть	есть	есть
Рида-Соломона	нет	есть	есть
<b>Типы модуляции</b>			
ФМ-2	есть	есть	есть
ФМ-4	есть	есть	есть
СФМ-4	есть	нет	нет
ФМ-8	нет	нет	есть
АФМ-16	нет	нет	есть
<b>Интерфейс</b>			
RS-422/449	есть	есть	есть
RS-232	есть	нет	нет
V.35	есть	есть	есть
G.703	нет	есть	есть
MIL-STD-188	нет	есть	есть
ADPCM	нет	нет	нет
<b>Порт управление</b>			
RS-232	есть	есть	есть
RS-485	есть	есть	есть
Скорость передачи данных по управлению, бит/с	150-19200	19200	19200
<b>Окружающая среда</b>			
Рабочая температура, °С	0 ...+ 50	0 ...+ 50	0 ...+ 50
Влажность, %	0 ...95 без конденсации	5 ...95 без конденсации	0 ...95 без конденсации
<b>Модулятор</b>			
Выходная мощность, дБм	-5 ... -30	-5 ...-30 (+5...-20)	-5 ...-30 (+5...-20)
Шаг, дБ	0,1	0,1	0,1
Уровни дискретных составляющих в полосе 4 кГц, дБн	<-55	<-55	<-55
Стабильность выходной частоты, Гц	$\pm 2,5 \times 10^{-6}$	$\pm 10 \times 10^{-6}$	$\pm 10 \times 10^{-6}$
Стабильность выходного уровня, дБ	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$
<b>Демодулятор</b>			
Входная мощность, дБм суммарная	-60 ... -20 —	-55 ... -30 -5	-55 ... - 30 -5

Отношение сигнал/шум при ошибках $10^{-5}$ $10^{-7}$	1/2 3/4 7/8 5,1 6,2 7,5 6,2 7,7 8,6	1/2 3/4 7/8 5,1 6,2 7,5 6,2 7,7 8,6	1/2 3/4 7/8 4,6 6,0 7,2 5,9 7,5 8,6
Доплеровский буфер, бит мс	8 - 262144	32 - 262144	32- 262144
Диапазон захвата несущей, кГц режим поиска	$\pm 1... \pm 32$ автоматический	$\pm 30$ автоматический	$\pm 30$ автоматический
Диапазон захвата тактовых импульсов, Гц	–	$\pm 100 \times 10^{-6}$	$\pm 100 \times 10^{-6}$
Время синхронизации, сек	<3	–	–

## ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ МОДЕМЫ

Наименование параметра	SDM9000	SDM140	SDM155
Фирма - изготовитель	EF Data	EF Data	EF Data
<b>Системные характеристики</b>			
Диапазон рабочих частот, МГц	50 - 180	140	140
Шаг по частоте, Гц	2500		
Скорость передачи данных, кбит/с	6000 - 52000	139264	155520
ФМ-2 КК 1/2			
ФМ-4 КК 1/2			
ФМ-4 КК 3/4	19,2 - 2048		
ФМ-4 КК 7/8	28,8 - 2048		
	33,6 - 2048		
<b>Типы кодирования/декодирования</b>			
Сверточное	есть	нет	есть
Витерби	есть	нет	нет
Рида-Соломона	есть	нет	есть
Последовательное	нет	есть	нет
Решетчатое	нет	есть	есть
<b>Типы модуляции</b>			
ФМ-2	нет	нет	нет
ФМ-4	есть	нет	нет
СФМ-4	нет	нет	нет
ФМ-8	есть	есть	есть
КАМ-16	есть	нет	нет
<b>Интерфейс</b>			переключается с пер. панели
RS-422/449	нет	нет	нет
RS-232	нет	нет	нет
V.35	нет	нет	нет
G.703	есть	есть	есть
MIL-STD-188	есть	нет	нет
ADPCM	нет	есть	есть
<b>Порт управление</b>			переключается с пер. панели
RS-232	есть	есть	есть
RS-485	есть	есть	есть
Скорость передачи данных по управлению, бит/с	300-19200	19200	9600
<b>Окружающая среда</b>			
Рабочая температура, °С	0 ...+ 50	0 ...+ 40	0 ...+ 40
Влажность, %	0 ...95 без конденсации	5 ...95 без конденсации	0 ...90 без конденсации
<b>Модулятор</b>			
Выходная мощность, дБм	+5...-20	+5...-10	+5...-10
Шаг, дБ	0,1	0,1	0,1
Уровни дискретных составляющих в полосе 4 кГц, дБн	<-55	<-50	<-50
Стабильность выходной частоты, Гц	$\pm 10 \times 10^{-6}$	$\pm 50 \times 10^{-6}$	$\pm 50 \times 10^{-6}$
Стабильность выходного уровня,	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$

дБ			
<b>Демодулятор</b>			
Входная мощность, дБм суммарная	-45.. -25 -5	-15 ... -35 0	-15 ... - 35 0
Отношение сигнал/шум при ошибках $10^{-5}$ $10^{-7}$	1/2 3/4 7/8 5,1 6,2 7,5 6,2 7,7 8,6	5/6 $10^{-6}$ 10,0 $10^{-8}$ 11,4	8/9 $10^{-6}$ 8,8 $10^{-8}$ 9,0
Доплеровский буфер, бит мс	2 - 32	2 - 26	2 - 26
Диапазон захвата несущей, кГц режим поиска	$\pm 32$ автоматический	$\pm 45$ автоматический	$\pm 45$ автоматический
Диапазон захвата тактовых импульсов, Гц	–	–	$\pm 100 \times 10^{-6}$
Время синхронизации, сек	–	–	–

**ПАКЕТНЫЕ МОДЕМЫ**

<b>Наименование параметра</b>	<b>SDM150</b>	<b>CP101</b>
<b>Фирма - изготовитель</b>	<b>EF Data</b>	<b>ComStream</b>
Диапазон рабочих частот, МГц	50 - 180	52 - 88
Шаг по частоте, Гц	2500	25000
Скорость передачи данных, кбит/с	6000 - 52000	139264
ФМ-2 КК 1/2		
ФМ-4 КК 1/2		
ФМ-4 КК 3/4	19,2 - 2048	
ФМ-4 КК 7/8	28,8 - 2048	
	33,6 - 2048	
<b>Типы кодирования/декодирования</b>		
Сверточное	нет	нет
Витерби	есть	нет
Рида-Соломона	нет	нет
Последовательное	есть	есть
Решетчатое	нет	нет
<b>Типы модуляции</b>		
ФМ-2	есть	есть
ФМ-4	есть	есть
СФМ-4	нет	нет
ФМ-8	нет	нет
КАМ-16	нет	нет
<b>Интерфейс</b>		
RS-422/449	есть	есть
RS-232	есть	нет
V.35	есть	есть
G.703	есть	нет
MIL-STD-188	есть	нет
ADPCM	есть	-
<b>Порт управление</b>		
RS-232	есть	есть
RS-485	есть	есть
Скорость передачи данных по управлению, бит/с	300-19200	19200
<b>Окружающая среда</b>		
Рабочая температура, °С	0 ...+ 50	0 ...+ 50
Влажность, %	0 ...95 без конденсации	5 ...95 без конденсации
<b>Модулятор</b>		
Выходная мощность, дБм	-5...-30	-25...-5
Шаг, дБ	0,1	0,1
Скорость передачи данных, кбит/с (непрерывной режим)	9.6 - 224	символьная скорость от 19,2 до 2048
ФМ-2 КК 1/2		
ФМ-4 КК 1/2	9,6 - 64	
ФМ-4 КК 3/4	19,2 - 128	
ФМ-4 КК 7/8	28,8 - 192	
(пакетный режим)	33,6 - 224	
ФМ-4 КК 1/2		
	19,2 или 38,4	



Уровни дискретных составляющих в полосе 4 кГц, дБн	<-55	<-45
Стабильность выходной частоты, Гц	$\pm 10 \times 10^{-6}$	$\pm 2 \times 10^{-6}$
Стабильность выходного уровня, дБ	$\pm 0,5$	–
<b>Демодулятор</b>		
Входная мощность, дБм суммарная	-55.. -30 -5	-15 ... -30 -5
Скорость передачи данных, кбит/с (непрерывной режим) ФМ-2 КК 1/2 ФМ-4 КК 1/2 ФМ-4 КК 3/4 ФМ-4 КК 7/8 (пакетный режим) ФМ-4 КК 1/2	9.6 - 224  9,6 - 64 19,2 - 128 28,8 - 192 33,6 - 224  19,2 или 38,4	56
Отношение сигнал/шум при ошибках $10^{-5}$ $10^{-7}$	1/2 3/4 7/8 5,1 6,2 7,5 6,2 7,7 8,6	1/2 3/4 7/8 5,1 6,2 7,5 6,2 7,7 8,6
Доплеровский буфер (непрерывный режим), бит мс	64 - 65536 1 - 50	–
Диапазон захвата несущей, кГц режим поиска	$\pm 35$ автоматический	$\pm 30$ автоматический
Диапазон захвата тактовых импульсов, Гц	$\pm 100 \times 10^{-6}$	–
Время синхронизации непрерывный режим пакетный режим	1 сек. 30 мсек.	–