

РАДИОМОДЕМ
Спектр 433 IP65 Lite

**Руководство по эксплуатации
БАКП.464426.004-06 РЭ**

Версия руководства: 01.01
Последнее изменение: 15.07.2017



ООО «РАТЕОС»

124482, Москва, Зеленоград, проезд 4922, д.4, стр.1

Тел./Факс : +7 (499) 990-9716

<http://www.rateos.ru> E-Mail: rateos@rateos.ru

© **ООО «РАТЕОС»**
Все права защищены

ООО «РАТЕОС» прилагает все усилия для того, чтобы информация, содержащаяся в этом документе, являлась точной и надежной. Однако, ООО «Ратеос» не несет ответственности за возможные неточности и несоответствия информации в данном документе, а также сохраняет за собой право на изменение информации в этом документе в любой момент без уведомления. Для получения наиболее полной и точной информации ООО «Ратеос» рекомендует обращаться к последним редакциям документов на сайте www.rateos.ru.

ООО «Ратеос» не несет ответственности за возможный прямой и косвенный ущерб, связанный с использованием своих изделий.

ООО «РАТЕОС» не передает никаких прав на свою интеллектуальную собственность.

Все торговые марки, упомянутые в данном документе, являются собственностью их владельцев.



Оглавление

1	ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ	6
1.1	Назначение и общие сведения	6
1.2	Основные принципы работы модема	6
1.3	Совместимость и отличия от других модемов семейства «Спектр 433».....	7
1.4	Комплектации модема при поставке	8
1.4.1	<i>Сопутствующее оборудование и материалы</i> 8	
2	ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ	9
2.1	Подключение питания и RS-485.	9
2.2	Питание	10
2.3	Интерфейс RS-485.....	10
2.3.1	<i>Индикация ошибок при работе с внешним оборудованием по RS-485</i> 10	
2.4	Кнопка и индикатор MODE	11
2.5	Индикатор DATA	11
2.6	Индикатор RX/TX	11
2.7	Переключатель терминального резистора RS-485.....	11
2.8	Переключатель индикации.....	11
2.9	Переключатель мощности.....	11
3	РАБОТА С МОДЕМОМ	13
3.1	Основные параметры модема	13
3.1.1	Параметры последовательного порта RS-485 (\$COM)	14
3.1.2	Скорость обмена данными между модемами в эфире (\$AR).....	14
3.1.3	Рабочая частота (\$FREQ).....	16
3.2	Конфигурация параметров.....	16
3.3	Подключение антенн	19
3.3.1	Герметизация разъемных соединений	20
3.4	Проверка модемов перед установкой на объект	21
3.4.1	Проверка связи между модемами.....	21
3.4.2	Проверка стыковки модемов с оборудованием.....	22
3.4.3	Дополнительные настройки оборудования	22
4	РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМА	24
4.1	Вспомогательные режимы	24
4.1.1	Переход во вспомогательные режимы с помощью кнопки MODE	24
4.1.2	Режим «Инициализация».....	24
4.1.3	Режим «Командный».....	25
4.1.4	Режим «Смена ПО»	25
4.2	Режим «Тест».....	26
4.3	Режимы передачи данных.....	27
4.3.1	Режим передачи данных «Прозрачный»	27
4.3.2	Назначение «пакетных» режимов передачи данных	28
4.3.3	Режим передачи данных «Пакетный #1» (в сторону внешнего оборудования)	30
4.3.4	Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема).....	33
4.4	Ретрансляция пакетов.....	36
4.5	Режимы работы по эфиру (гарантии доставки данных адресату)	36
4.5.1	Широковещательный режим.....	36
4.5.2	Индивидуальный режим («точка-точка»).....	37
4.5.3	Анализ занятости эфира.....	39
4.6	Буферизация данных, принятых по последовательному порту.....	39
4.7	Буферизация принятых из эфира данных. Конкатенация данных.....	40
4.8	Работа модема на скорости 76 800 бод	42
5	УДАЛЕННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ	43
5.1	Редактирование профиля	43
5.1.1	Структура профиля	43
5.2	Тестирование канала связи с удаленным модемом.....	45
6	ФОРМАТ ПАКЕТА В ЭФИРЕ. ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ	46

6.1	Помехоустойчивое кодирование	46
6.2	Перемежение.....	47
6.3	Рандомизация (скремблирование).....	48
7	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	50
7.1	Коррекция частоты приемопередатчика	50
7.2	Данные для команды \$TEST	50
8	АДРЕСАЦИЯ И ПРИМЕРЫ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТЕЙ	51
8.1	Адресация.....	51
8.2	Режим «точка-точка» с установлением соединения	51
8.3	Режим «точка-точка» без установления соединения.....	52
8.4	Режим «ТОЧКА – ТОЧКА» с повторителем	52
8.5	Режим «Широковещательный» без базовой станции («многоточечный»)	53
8.6	Режим «точка-много точек» с одной базовой станцией.....	53
8.6.1	Широковещательная сеть без гарантии доставки сообщений.....	53
8.6.2	Широковещательная сеть с гарантией доставки сообщений	53
8.7	Режим «ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ» с повторителем	54
9	РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИЕМА И РЕТРАНСЛЯЦИИ ПАКЕТОВ.....	55
9.1	Прием ретранслированных пакетов.....	57
9.2	Игнорирование пакетов	59
10	КОМАНДЫ УПРАВЛЕНИЯ	61
10.1	\$DMP – вывод профиля модема.....	62
10.2	\$FREQ - изменение частоты приема/передачи.....	62
10.3	\$MYID - изменение собственного адреса модема	63
10.4	\$TXID - изменение адреса адресуемого модема.....	63
10.5	\$AR – скорость передачи данных по эфиру	63
10.6	\$PWR – установка мощности передатчика	64
10.7	\$MNL – число бит, передаваемых без инверсии последнего бита	64
10.8	\$AIR - параметры передачи данных по эфиру	64
10.9	\$DFEC –тип FEC для информационных пакетов	65
10.10	\$RFEC –тип FEC при ретрансляции	66
10.11	\$RAFEC –тип FEC при ответе на команду удаленной конфигурации	66
10.12	\$COM - параметры последовательного порта.....	66
10.13	\$EODS - символ передачи данных в прозрачном режиме	67
10.14	\$MDA - режим работы модема.....	67
10.15	\$MDB - режим работы модема.....	68
10.16	\$ACKT - время ожидания подтверждения в режиме «точка-точка»	69
10.17	\$PACT - время удержания пакета неполной длины в передающем буфере	69
10.18	\$RESPT - время задержки отправки подтверждения в режиме «точка-точка»	69
10.19	\$RETRY - число ретрансляций пакетов, требующих подтверждения	69
10.20	\$PLEN - максимальный размер пакета данных в эфире	69
10.21	\$MAXP - число пакетов, передаваемых в эфир без ожидания подтверждения	70
10.22	\$RG - запись технологических параметров модуля.....	70
10.23	\$RID - адрес пакета, разрешенного для ретрансляции.....	70
10.24	\$PID – адрес пакета для расширенного приема	71
10.25	\$LID - вывод списка адресов для ретрансляции и расширенного приема.....	71
10.26	\$XID – удаление ячейки адреса.....	72
10.27	\$RPTN - номер повторителя	73
10.28	\$BPM - максимальное число одинаковых широковещательных пакетов	73
10.29	\$BPT – время между последовательными передачами широковещательных пакетов	73
10.30	\$RST – установка порога RSSI (RSSI Threshold)	73
10.31	\$RSS –сканирование сигнала RSSI	74
10.32	\$CRC - проверка контрольной суммы (CRC) микропрограммы	74
10.33	\$R - перезагрузка модема	74
10.34	\$E - выход из командного в нормальный режим работы.....	74
10.35	\$S - запись внутренних переменных в ЭНОЗУ	75
10.36	\$IEE Mhhhh - инициализация энергонезависимой памяти (ЭНОЗУ)	75
10.37	\$BOOT - перевод модуля в режим «Смена ПО»	75

10.38	\$TEST - перевод модуля в режим «Тест».....	75
10.39	\$TBER – передача тестовых пакетов.....	75
10.40	\$LOG - вывод журнала событий в эфире	76
10.41	\$SCAN – сканирование эфира.....	76
10.42	Структура данных команд \$LOG и \$SCAN. История обмена.....	77

1 ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

1.1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Радиомодем «СПЕКТР 433 IP65 Lite» (далее по тексту - модем) представляет собой устройство для приема/передачи данных по радиоканалу со скоростью 4 800, 9 600, 19 200, 38 400 и 76 800 бод в диапазоне частот (433,92±0,2%) МГц при выходной мощности до 10 мВт, что позволяет использовать его без получения разрешений органов ГосСвязьНадзора.

Модем способен работать в различных режимах с развитой системой адресации, позволяя пользователю максимально гибко использовать его при построении различных конфигураций сетей беспроводной передачи данных: точка–точка, точка–много точек, точка–много точек с базовой станцией и их комбинации.

Обмен данными с источником/получателем информации осуществляется по последовательному интерфейсу RS-485 (с гальванической изоляцией), скорости 2 400...115 200 бод. Входные/выходные потоки буферизируются.

Основное назначение модема — работа в качестве прозрачного радиопрозрачника RS-485. Работая в «прозрачном» режиме, модем легко встраивается в уже построенные системы без необходимости доработки программного обеспечения.

Дальность связи между модемами зависит от скорости передачи данных, от характеристик применяемых совместно с модулем антенн, места их установки и условий местности и может достигать 7...9 километров в условиях прямой видимости. Дальность связи можно увеличить благодаря возможности модуля работать в качестве ретранслятора (повторителя).

Конфигурация параметров модема осуществляется с помощью команд по интерфейсу RS-485, предусмотрена также возможность удаленного (по радиоэфиру) конфигурация параметров с помощью другого совместимого модема.

Модем совместим со всеми радиомодемами и радиомодулями семейства «Спектр 433», а также с радиомодемом «Спектр 9600 GM» (при определенных настройках) и может использоваться совместно с ними при построении радиосетей.

Модем выпускается в компактном герметичном пластиковом корпусе со степенью защиты IP65 и предназначен для установки в уличных условиях в непосредственной близости от антенны. Это позволяет избежать потерь в длинных высокочастотных антенных кабелях и тем самым увеличить дальность связи. При этом для подвода к модему питания и интерфейса RS-485 можно использовать дешевый UTP кабель с двумя витыми парами: одна для питания, вторая — RS-485.



Модем является технически сложным электронным устройством. Конфигурация, установка и эксплуатация модуля должна производиться персоналом с достаточной квалификацией.

1.2 ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ МОДЕМА

Модем осуществляет все необходимые функции для обмена данными по радиоканалу:

- управление встроенным FSK приемопередатчиком диапазона 433...435 МГц (установка частоты, мощности, девиации частоты передатчика, ширины полосы пропускания приемника, скорости данных в эфире и др.);
- получение по интерфейсу RS-485 и буферизацию данных для передачи;
- формирование пакетов данных для отправки в эфир;

- введение адресации, помехоустойчивого кодирования и перемежения;
- прием и демодуляцию входного FSK радиосигнала и декодирование принятых пакетов, анализ их адресации;
- буферизация принятых данных и передача их по интерфейсу RS-485;
- хранение данных о конфигурации модуля и его технологических параметрах в энергонезависимом ОЗУ (ЭНОЗУ) и изменение этих установок в командном режиме.

1.3 СОВМЕСТИМОСТЬ И ОТЛИЧИЯ ОТ ДРУГИХ МОДЕМОВ СЕМЕЙСТВА «СПЕКТР 433»

Модем «Спектр 433 IP65 Lite» совместим со всеми радиомодемами и радиомодулями семейства «Спектр 433»:

- Спектр 433 DIN;
- Спектр 433 DIN/USB;
- Спектр 433 IP65;
- Спектр 433 OEM;
- Спектр 433 IO;
- Спектр 433 IO-D

Кроме этого, модем «Спектр 433 IP65 Lite» при определенных настройках совместим с радиомодемом «Спектр 9600 GM».

Ниже приведена таблица со сравнительными характеристиками модемов «Спектр 433» (радиомодули ввода/вывода «Спектр 433 IO» не сравниваются из-за специфики их назначения).

	Интерфейсы	Питание	Степень защиты	Буфер данных, байт (из эфира/из порта)
Спектр 433 DIN	RS-485 и RS-232	8...32 В	IP40	4 096/8 192
Спектр 433 DIN/USB	USB и RS-232	5 В±5% (от USB)	IP40	4 096/8 192
Спектр 433 IP65	RS-485 и RS-232	8...32 В	IP65	4 096/8 192
Спектр 433 IP65 Lite	RS-485	8...32 В	IP65	512/512

Как видно из таблицы, основное и принципиальное отличие «Спектр 433 IP65 Lite» от всех остальных модемов семейства — малый размер буфера данных. Это следует учитывать при выборе модема.

Малый размер буфера модема не позволяет использовать его в случаях большого и «плотного» объема передаваемых данных. То есть, модем справится с передачей пакетов данных длиной до 256 байт, приходящих в модем не очень часто (не чаще нескольких раз в секунду, точное значение зависит от скорости передачи данных, длины пакета и т.д.), но быстро «забьется» (переполнится буфер), если пытаться передать через него длинные массивы данных или короткие пакеты, но один за другим без пауз.

В большинстве типовых применений, когда используются протоколы, работающие по принципу «запрос мастера / ответ слейва» - промышленные системы сбора данных и управления с протоколом ModBus или подобным, пожарные или охранные системы (Болид и другие), сами такие протоколы обеспечивают «комфортный» для модема «Спектр 433 IP65 Lite» режим: объем передаваемых данных в запросах мастера и в ответах слейвов обычно не превышает несколько десятков байт, а сами запросы обычно рассылаются мастером не чаще, чем 1...3 раза в секунду.

Для таких применений пропускной способности модема вполне достаточно.

Кроме этого, малый размер буфера накладывает ограничения на применимость модема «Спектр 433 IP65 Lite» в качестве ретранслятора — лучше для этого использовать модемы в другом исполнении с большим размером буфера.

1.4 КОМПЛЕКТАЦИИ МОДЕМА ПРИ ПОСТАВКЕ

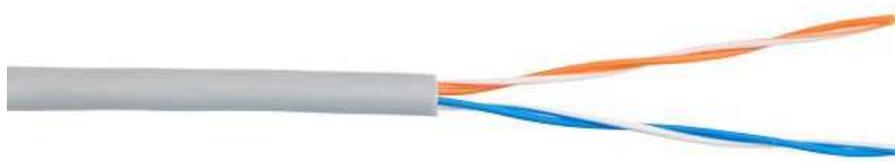
Конструкция модема рассчитана на установку его в непосредственной близости от антенны (с креплением модема на корпус антенны или на мачту возле нее) — это позволяет избежать потерь в длинном высокочастотном кабеле и повысить тем самым надежность и дальность радиосвязи.

При необходимости, конечно, можно устанавливать модем и в любом другом подходящем месте и использовать относительно длинные антенные кабели. При этом следует помнить о потерях в таких кабелях и при необходимости применить кабель длиннее 10...15 метров использовать качественные марки кабелей с низкими потерями.

Для подводки к модему питания и интерфейса RS-485 рекомендуется использовать UTP кабель с двумя витыми парами в одной оболочке: одна пара используется для подачи питания, вторая — для подключения RS-485.

Кабель вводится в корпус модема через круглый кабельввод (рассчитан на кабель диаметром от 2,5 мм до 4,5 мм), поэтому с точки зрения обеспечения герметичности важно, чтобы кабель в сечении был круглым.

При установке модема в уличных условиях следует применять кабель, рассчитанный на прокладку на открытом воздухе.



В комплект поставки кабель не входит - заказывайте кабель нужной длины отдельно.

Для подключения внешних антенн в модема установлен разъем SMA-F.

Если модем будет устанавливаться в незащищенном от осадков месте, следует принять меры к герметизации разъемного соединения (см. раздел «Герметизация разъемных соединений»). В комплект модема входит специальная термоусадочная трубка с клеевым наполнителем для герметизации.

1.4.1 СОПУТСТВУЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

Совместно с модемом применяются различные антенны диапазона 433 МГц с волновым сопротивлением 50 Ом, отличающиеся направленностью, усилением, конструкцией и т. д. В комплект поставки антенны не входят, заказывайте нужные антенны отдельно.

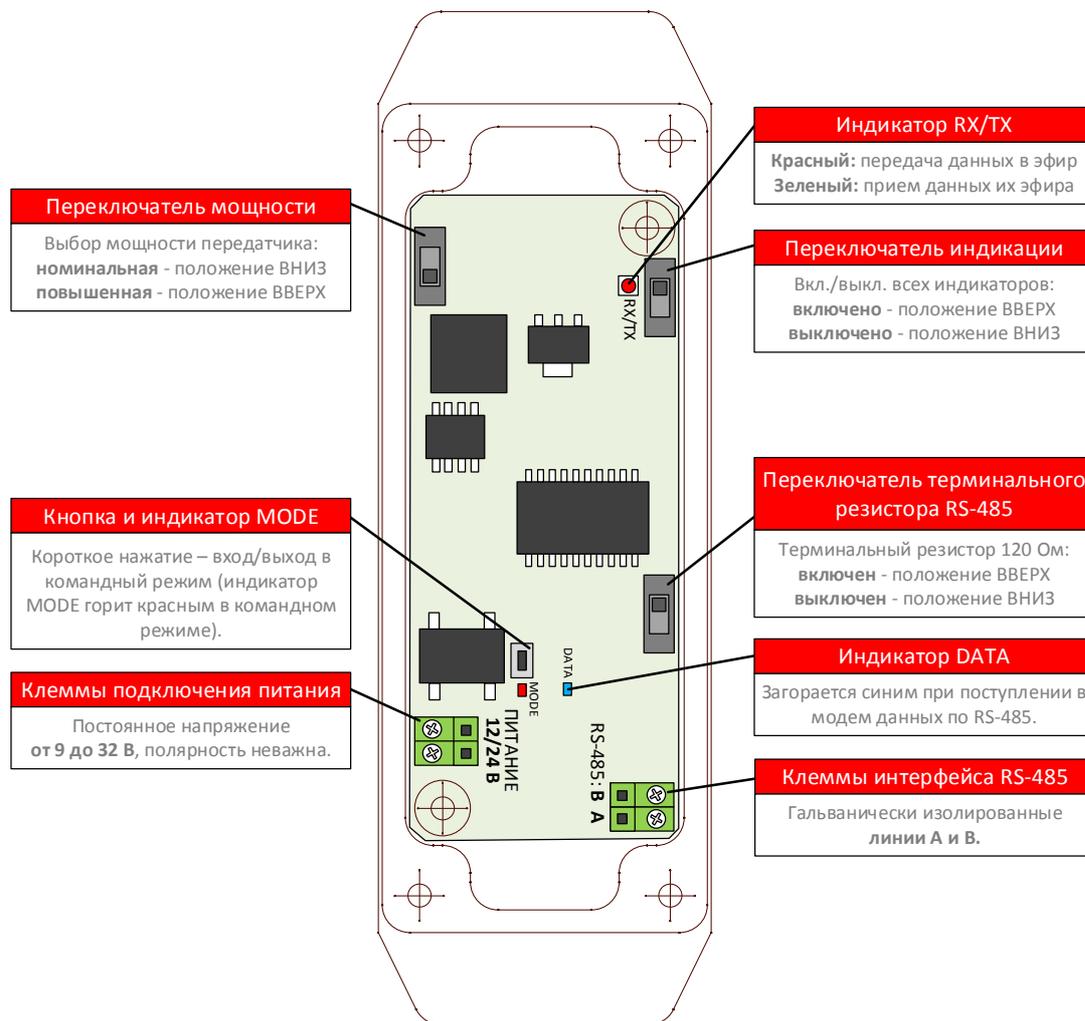
Выбор антенн определяется взаимным расположением объектов в системе, расстояниями между ними, условиями местности и т. д. Широкий ассортимент антенн и рекомендации по их выбору доступны на сайте www.rateos.ru.

Также можно заказать:

- антенные кабельные сборки необходимой длины и с нужными разъемами на концах для подключения антенн к модему (некоторые антенны поставляются уже с кабелем);
- UTP кабель (две витые пары в общей оболочке) нужной длины и подходящего под кабельввод диаметра для подключения к модему питания и RS-485;
- источники питания для модемов;
- преобразователи USB - RS-485 и другие для подключения модемов к ПК;
- материалы для герметизации разъемных соединений.

2 ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ

Внешний вид модема и расположение органов управления и индикации показано на рисунке ниже.



2.1 Подключение питания и RS-485.

Для подключения питания и RS-485 внутри корпуса модема установлены винтовые клеммы (подписаны на печатной плате).

Для подводки к модему питания и интерфейса RS-485 рекомендуется использовать UTP кабель с двумя витыми парами в одной оболочке: одна пара используется для подачи питания, вторая — для подключения RS-485.

Кабель вводится в корпус модема через круглый гермоввод, поэтому с точки зрения обеспечения герметичности важно, чтобы кабель в сечении был круглым.

Гермоввод рассчитан на кабель диаметром от 2,5 мм до 4,5 мм.

При установке модема в уличных условиях следует применять кабель, рассчитанный на прокладку на открытом воздухе.



2.2 ПИТАНИЕ

Для питания модема нужен источник постоянного напряжения в диапазоне от 9 В до 32 В и мощностью не менее 2 Вт. Обычно используют промышленные источники питания на 12 В или 24 В.

Питание подается на две винтовые клеммы внутри корпуса модема, полярность подключения при этом значения не имеет.

Если для подачи питания используется длинный (более 50 метров) кабель, рекомендуется использовать источник питания на 24 В, чтобы падение напряжения в кабеле не привело к снижению напряжения на клеммах модема ниже 9 В.

В режиме "Прием" модем потребляет около 0,5 Вт (40 мА при напряжении питания 12 В и 20 мА при напряжении питания 24 В).

Потребление в режиме "Передача" зависит от установленной выходной мощности передатчика (см. раздел "Переключатель мощности").

Небольшое потребление и широкий диапазон напряжений модема позволяют использовать для питания модема уже имеющиеся в системе источники, питающие другое оборудование — не обязательно приобретать для модемов отдельные источники питания.

2.3 ИНТЕРФЕЙС RS-485

Линии А и В интерфейса RS-485 модема выведены на две винтовые клеммы внутри корпуса модема.

Для подключения RS-485 рекомендуется использовать витую пару. Длина кабеля RS-485 может составлять сотни метров.

Интерфейс RS-485 модема гальванически изолирован.

Параметры интерфейса RS-485 (скорость, четность/нечетность, количество стоповых бит и др.) задаются командой **\$COM** в командном режиме (см. раздел «Параметры последовательного порта RS-485 (\$COM)»).

Настройки по умолчанию: скорость 9600 бод, 8 бит данных, без контроля четности, 1 стоповый бит (9600,8N1).

В модеме имеется возможность включения/выключения терминального резистора 120 Ом между линиями А и В интерфейса RS-485 (см. раздел «Переключатель терминального резистора RS-485»).

2.3.1 ИНДИКАЦИЯ ОШИБОК ПРИ РАБОТЕ С ВНЕШНИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ПО RS-485

В модеме предусмотрена индикация ошибок при работе с внешним оборудованием по RS-485, для этого используются индикаторы MODE (красный) и DATA (синий).

Определяются два вида ошибок:

- модем не может распознать данные, приходящие от внешнего оборудования на RS-485 - это может быть из-за несоответствия параметров (скорость, четность и т.д.) RS-485 модема и внешнего оборудования, а также из-за неправильного подключения линий А и В интерфейса RS-485 (перепутаны местами). **При такой ошибке индикатор MODE мигает красным;**
- входной буфер данных RS-485 модема переполнен (поток данных на вход RS-485 модема слишком велик, модем не успевает передавать данные в эфир, из-за этого данные могут быть потеряны) - такая ситуация может быть следствием того, что пропускная способность модема по эфиру ниже, чем плотность данных, подаваемых в модем по RS-485. **При такой ошибке одновременно мигают индикаторы MODE (красным) и DATA (синим).**

2.4 Кнопка и индикатор **MODE**

Кнопка **MODE** используется для перевода модема в командный режим для конфигурации параметров, а также в другие вспомогательные режимы (см. раздел «Режимы работы модема»).

Для входа в командный режим кратковременно нажмите кнопку **MODE** (модем, естественно, должен быть включен) - индикатор **MODE** возле кнопки загорится красным - это признак входа в командный режим.

Для выхода из командного режима также кратковременно нажмите кнопку **MODE** – индикатор **MODE** погаснет, сигнализируя выход из командного режима.

Индикатор **MODE** также показывает ошибки при работе с внешним оборудованием по интерфейсу RS-485 (см. раздел "Индикация ошибок при работе с внешним оборудованием по RS-485").

2.5 Индикатор **DATA**

Синий индикатор **DATA** сигнализирует прием данных по RS-485 – загорается в момент приема данных, таким образом по этому индикатору можно судить, что в модем поступают данные для передачи в эфир.

Индикатор **DATA** также показывает ошибки при работе с внешним оборудованием по интерфейсу RS-485 (см. раздел "Индикация ошибок при работе с внешним оборудованием по RS-485").

2.6 Индикатор **RX/TX**

Этот двухцветный индикатор («RX/TX» значит «ПРИЕМ/ПЕРЕДАЧА») отображает состояние приемопередатчика модема: при приеме данных из эфира он загорается зеленым, при передаче данных в эфир — красным.

Индикатор **RX/TX** может также иногда хаотично вспыхивать зеленым даже при отсутствии полезных данных в эфире, такая индикация происходит из-за помех в эфире - это нормальная ситуация.

2.7 ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ТЕРМИНАЛЬНОГО РЕЗИСТОРА **RS-485**

Этот переключатель включает (в положении **ВВЕРХ**) или выключает включает (в положении **ВНИЗ**) встроенный терминальный резистор 120 Ом между линиями А и В интерфейса RS-485.



Этого переключателя и встроенного терминального резистора не было в первых партиях модема. Если у вас модем без переключателя терминального резистора, при необходимости следует подключать к клеммам RS-485 внешний терминальный резистор.

2.8 ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ИНДИКАЦИИ

С его помощью можно отключить все индикаторы модема (например, чтобы не привлекать внимания к модему на месте его установки) — переместите для этого движок переключателя индикации в нижнее положение.

2.9 ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ МОЩНОСТИ

Переключатель мощности используется для выбора номинальной (переключатель в положение **ВНИЗ**) и повышенной (переключатель в положение **ВВЕРХ**) мощности передатчика модема.

Помимо переключателя на мощность передатчика влияет также параметр **\$PWR** (четыре градации мощности, см. раздел "**\$PWR** – установка мощности передатчика"). Включение переключателем режима «повышенная мощность» увеличивает заданную параметром **\$PWR** мощность в 1,5...1,8 раза.

Ниже приведена таблица зависимости выходной мощности, а также потребления модема во время передачи данных в эфир при напряжении питания 12 и 24 В в зависимости от параметра \$PWR и положения переключателя мощности.

Программная установка мощности	Номинальная мощность (переключатель ВНИЗ)			Повышенная мощность (переключатель ВВЕРХ)		
	Мощность передатчика	Потребление при передаче		Мощность передатчика	Потребление при передаче	
		12 В	24 В		12 В	24 В
PWR=0	10 мВт	80 мА	40 мА	15 мВт	130 мА	70 мА
PWR=1	25 мВт	90 мА	50 мА	40 мВт	140 мА	75 мА
PWR=2	50 мВт	120 мА	60 мА	80 мВт	150 мА	80 мА
PWR=3	90 мВт	130 мА	70 мА	130 мВт	160 мА	85 мА

Повышенная мощность позволяет скомпенсировать потери радиосигнала при использовании длинных антенных кабелей.

3 РАБОТА С МОДЕМОМ

3.1 ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОДЕМА

Все модемы семейства "Спектр 433" разрабатывались как многофункциональные устройства, из-за этого они имеют множество режимов и параметров, обилие которых может ввести в замешательство пользователя. Однако, в подавляющем большинстве типовых применений (прозрачное радиоудлинение шины RS-485) из всего множества может потребоваться изменить лишь 2...3 параметра.

Обязательными и неперенными условиями правильной работы модемов в качестве радиоудлинителя последовательного порта RS-485 являются лишь 3 фактора:

- прозрачный (лучше широковещательный) режим работы;
- параметры последовательного порта RS-485 модема (скорость, четность и др.) должны совпадать с параметрами RS-485 внешнего оборудования;
- все модемы системы должны работать на одной частоте и на одной скорости обмена данными в эфире.

Другими словами, каждый модем должен быть согласован с подключенным к нему оборудованием (параметры последовательного порта), а все модемы системы должны быть согласованы между собой в эфире (частота и скорость в эфире).

Вполне можно использовать в одной системе радиомодемы «Спектр 433» в разных исполнениях и с разными интерфейсами для связи с внешним оборудованием.

Например, в системах, в которых в качестве «мастера» используется компьютер (ПК) с OPC-сервером или SCADA-системой, в качестве «базового» модема часто удобно использовать «Спектр 433» исполнении DIN/USB — не нужен переходник USB-485 для подключения модема к ПК и не нужен отдельный источник питания для модема (он питается от USB). При этом на удаленных объектах без проблем можно использовать более подходящие «Спектр 433 IP65» или «Спектр 433 IP65 Lite», работающие с оборудованием по RS-485.

Модемы поставляются со следующими параметрами "по умолчанию":

- прозрачный широковещательный режим работы (именно этот режим нужен в 99% случаев);
- параметры порта RS-485 (\$COM): 9600 бод, 8 бит данных, без контроля потока, 1 стоповый бит (9600, 8N1);
- скорость обмена данными по эфиру (\$AR): 9 600 бод;
- рабочая частота (\$FREQ): 433,920 МГц.

По сути, здесь перечислены практически все имеющие значение в типовых применениях параметры. Остальные параметры скорее всего не повлияют на работу модемов в типовых применениях.

Таким образом, модем поставляется уже практически готовым к типовому применению, может понадобится изменить лишь несколько основных параметров: параметры RS-485, скорость обмена данными в эфире и (в некоторых случаях, рабочую частоту).



Обратите внимание, что при работе в прозрачном широковещательном режиме все модемы системы будут иметь одинаковые настройки, а их роль в системе (мастер или слейв, ведущий или ведомый и т.д.) будет определяться только ролью внешнего оборудования, а не настройками самих модемов (адресация осуществляется на уровне внешнего оборудования, а не уровне модемов). Таким образом, все модемы в таких системах равнозначны и взаимозаменяемы.

Если Вы не уверены, что модем имеет заводские установки, рекомендуем сбросить его настройки в заводские командой \$IEE - это гарантирует известное исходное состояние модема.

Далее приводится описание команд, задающих перечисленные выше основные параметры модема, и рекомендации по их установке.

В разделе «Конфигурация параметров» рассказано, как происходит собственно ввод параметров в модем.

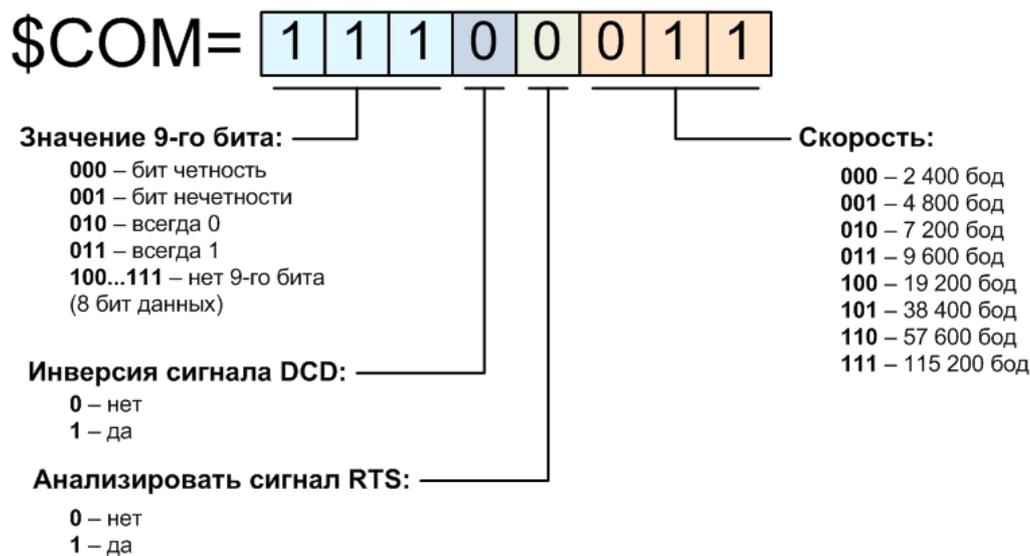
3.1.1 ПАРАМЕТРЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОРТА RS-485 (\$COM)

Чтобы модем мог обмениваться данными с внешним оборудованием по последовательному порту RS-485, необходимо, чтобы параметры порта модема совпадали с параметрами порта внешнего оборудования.

Таким образом, если внешнее оборудование имеет параметры порта RS-485, отличные от 9600, 8N1 (у модемов именно такие параметры заданы по умолчанию), то следует изменить параметры порта у модема, согласовав их тем самым с параметрами порта внешнего оборудования.

Помните, что модем показывает ошибки при приеме данных от внешнего оборудования по RS-485 (см. раздел "Индикация ошибок при работе с внешним оборудованием по RS-485") - это можно использовать для диагностики неправильной конфигурации и/или ошибок при подключении RS-485.

Параметры RS-485 модема устанавливаются командой \$COM (на рисунке ниже показано значение \$COM по умолчанию).



Настройки инверсии DCD и анализа RTS не имеют смысла для интерфейса RS-485 и оставлены для совместимости с другими модемами «Спектр 433».

Например, командой **\$COM=11100001** устанавливается скорость по последовательному порту 4 800 бод, 8 бит данных без контроля четности.



Если Вы меняете параметры RS-485 модема, то при следующих сеансах программирования не забудьте изменить их и в терминальной программе!

3.1.2 СКОРОСТЬ ОБМЕНА ДАННЫМИ МЕЖДУ МОДЕМАМИ В ЭФИРЕ (\$AR)

Скорость обмена данными в радиозфире между модемами, строго говоря, никак не связана со скоростью обмена данными между модемами и внешним

оборудованием по последовательному порту: модемы могут работать с оборудованием на одной скорости, а в эфире между собой - на любой другой.

Часто нет практически никакого значения, на какой скорости работают модемы в эфире: когда объем данных от внешнего оборудования невелик, и обмен этими данными происходит не очень часто. Например, в типовых системах пожарной сигнализации (Болид или аналогичная) или в других системе сбора телеметрических данных с удаленных датчиков, мастер (пульт или ПЛК) опрашивает удаленные объекты примерно раз в секунду, объем передаваемых данных при этом не превышает нескольких десятков байт. За время между циклами опроса модем спокойно успеет передать запросы и ответы, даже если скорость обмена данными в эфире будет значительно ниже, чем по последовательному порту - несколько увеличится только время передачи данных (время ожидания запрос-ответ).

Если же поток данных по последовательному порту довольно плотный, то при более низкой пропускной способности (низкой скорости) в эфире модемы могут не успевать передавать получаемые по порту данные, начнется заполнение буфера модема. Если пропускная способность модемов в эфире на длительное время будет ниже требуемой пропускной способности по последовательному порту, буфер модема заполнится и начнется потеря данных.

При этом следует понимать, что под скоростью обмена данными в эфире понимается "физическая" скорость, тогда как "информационная" (полезная) скорость при этом заметно ниже физической, поскольку "полезные" данные от внешних устройств перед передачей в эфир дополняются служебными (помехоустойчивое кодирование, встроенная адресация и т.д.), кроме этого модему нужно время на включение приемопередатчика и т.д. Таким образом, полезная скорость передачи данных в эфире на практике примерно в полтора раза ниже заявленной физически. Например, при установленной скорости 9 600 бод в эфире модемы обеспечат пропускную способность в канале примерно 6 000 бод.

Из вышесказанного можно вывести следующую рекомендацию по установке скорости обмена данными в радиоэфире - лучше установить скорость в эфире в 2 раза выше, чем скорость по последовательному порту.

Таким образом, при работе по последовательному порту, скажем, на скорости 9 600 бод устанавливайте скорость в эфире 19 200 бод.

При этом следует помнить, что скорость в эфире влияет на дальность связи - чем выше скорость, тем меньше дальность - поэтому не нужно без необходимости повышать скорость в эфире.

Скорость обмена данными в эфире устанавливается командой \$AR.

AR	Скорость в эфире	Девияция частоты
0	4 800 бод	±5 кГц
1	4 800 бод	±20 кГц
2	9 600 бод	±10 кГц
3	9 600 бод	±20 кГц
4	19 200 бод	±20 кГц
5	19 200 бод	±40 кГц
6	38 400 бод	±40 кГц
7	38 400 бод	±100 кГц

Например, команда **\$AR=5** установит скорость в эфире 19 200 бод при девиации частоты ±40 кГц.

Как видно из таблицы, для каждой скорости имеется возможность установить два различных значения девиации частоты - лучше устанавливать большую девиацию, это повысит надежность и дальность связи при прочих равных.

Модем поддерживает также работу на скорости в эфире 76 800 бод, см. раздел «Работа модема на скорости 76 800 бод».

3.1.3 РАБОЧАЯ ЧАСТОТА (\$FREQ)

Все модемы в одной системе должны работать на одной частоте. По умолчанию рабочая частота модемов равна 433 920 кГц (433,920 МГц).

Модем позволяет менять рабочую частоту в диапазоне от 433 000 кГц до 435 000 кГц, что позволяет либо уйти от помехи на той или иной частоте (или от работающего на этой частоте другого оборудования), либо организовать на одной территории несколько независимых систем из радиомодемов, работающих на разных частотах и не мешающих друг другу (аналог нескольких независимых шин RS-485).

Величина разноса частот в этом случае определяется скоростью обмена данными и девиацией частоты (см. раздел «Скорость обмена данными между модемами в эфире (\$AR)») в радиоэфире - чем выше скорость и девиация, тем дальше нужно разносить рабочие частоты для исключения взаимного влияния. Величина разноса должна быть как минимум в 8 раз больше, чем скорость данных в эфире (при максимальной для этой скорости девиации частоты). Так, при скорости в эфире 19 200 бод следует разносить системы модемов по частоте не менее, чем на 150 кГц.

Частота меняется командой \$FREQ, например: команда \$FREQ=433500,433500 установит рабочую частоту 433,500 МГц. В параметрах команды указываются независимо частоты передачи и приема, но задавать следует только одинаковые значения частот и для передачи, и для приема.

3.2 КОНФИГУРАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ

Модем имеет различные режимы работы, позволяющие использовать его при построении различных систем передачи данных с различным внешним оборудованием (см. разделы «Команды управления» и «Адресация и примеры организации сетей»), поэтому перед эксплуатацией модуля может потребоваться установка внутренних параметров, определяющих:

- режим работы модуля («Прозрачный», «Пакетный», и т.д.);
- режим адресации (широковещательный, групповой или «точка-точка»);
- параметры встроенного приемопередатчика (рабочая частота, мощность и т.д.);
- скорость данных в эфире и на последовательном интерфейсе RS-485;
- другие параметры, определяющие работу модема.

Заданные параметры хранятся в энергонезависимой памяти (ЭНОЗУ) модуля и восстанавливаются при включении питания. Таким образом сконфигурированный ранее модуль готов к работе в заданном режиме с заданными параметрами при подаче на него питания.

Конфигурация модема осуществляется по интерфейсу RS-485 с помощью персонального компьютера (ПК). Для физического подключения интерфейса RS-485 модема к ПК потребуется переходник USB - RS-485 (в комплект поставки не входит, при необходимости нужно заказывать отдельно) и установка драйверов USB для него.

Для конфигурации можно использовать:

- любую терминальную программу для ПК (HyperTerminal, Pcomm и т.д.). Установка параметров при этом осуществляется подачей соответствующих текстовых команд, а модем подтверждает выполнение команды или сообщает об ошибке;
- специальную конфигурационную программу Spectr433_Setup (доступна на сайте www.rateos.ru), при этом основные (самые необходимые) параметры программируются с помощью удобного графического интерфейса, а все остальные (редко используемые) — с помощью текстовых команд к консольному окну (как в случае с терминальной программой).

Для конфигурации следует:

- подключить модем к ПК через переходник USB - RS-485;
- подать питание на модем;
- запустить на ПК программу, с помощью которой планируете производить конфигурацию;
- открыть в программе COM-порт, который создается на ПК при подключении переходника USB - RS-485;
- в настройках порта указать параметры RS-485 модема по умолчанию: 9600 8 N 1 (скорость 9600, 8 бит данных, без контроля четности, 1 стоповый бит);
- перевести модем в командный режим одним из способов (см. раздел «Режим «Командный»»), например, просто кратковременно нажмите кнопку MODE.



Если параметры RS-485 модема менялись (команда \$COM), то в конфигурационной программе следует использовать те самые установленные параметры или войти в командный режим способом №2 (см. раздел «Режим «Командный»»).

При входе в командный режим индикатор MODE загорается красным (признак командного режима), на RS-485 выводится приветствие, после чего модем ожидает ввода команд:

```
(c)OOO'PATEOC' 07/08/2009
'SPECTR-433'm:2.10(00) p:02.03 (452)
COMMAND MODE
```

Если приветствие не появилось или вместо него видны нечитаемые символы, то имеются какие-то проблемы с подключением модема к ПК:

- не установлены или установлены некорректно драйвера переходника USB - RS-485;
- выбран не тот COM порт в терминальной программе;
- параметры COM-порта в терминальной программе не соответствуют параметрам порта RS-485 модема.

Подайте на модем команду \$DMP (напечатайте ее в окне терминальной программы, используйте заглавные латинские буквы без пробелов, отправка команды в терминал — клавиша ENTER) - в ответ модем должен выполнить ее, выдав список своих основных параметров.

```
OK> $DMP

FREQ=433920,433920 AR=1 RST=7
TXID=FFFF PWR=3 MNL=10
MYID=5877 DFEC= --
RETRY=000 RPTN=255 RFEC= --I
BPM =001 BPD =000 AIR=00000000
ACKT =010 DCD =000 MDA=00000000
PLEN =000 PACT=002L MDB=00001000
RESPT=000 MAXP=001 COM=11100011
EODS =FF
$22=20 $23=0A $24=01 $25=01
$26=00 $27=00 $28=0A $29=00
```

Если модем при входе в командный режим выдает приветствие и реагирует на команды - он правильно подключен к компьютеру, можно приступать к его программированию.

Если Вы не уверены, что модем имеет заводские установки, рекомендуем первым делом сбросить его настройки в заводские командой **\$IEE** - это гарантирует известное исходное состояние модема:

\$IEE Mxxxx ↵ (вместо «xxxx» введите последние 4 цифры заводского номера модема).

После ввода этой команды модем автоматически пересбросится и необходимо будет снова войти в командный режим.

Все команды, посылаемые в модем, начинаются с символа **\$**. Для ввода команды нужно нажать клавишу **Enter**.

Команды должны вводиться с использованием заглавных латинских букв. Допускается редактирование вводимой команды (до нажатия клавиши **Enter**) с помощью следующих клавиш:

- **Backspace** («Забой») - отменяет последний введенный символ;
- **Escape** («Отмена») - отменяет всю введенную последовательность символов.

В случае получения неизвестной команды модем в ответ выведет сообщение **ER>**.

Если команда введена правильно, но содержит некорректные параметры, выдается сообщение **??>**.

Если и команда и параметры верны, модем выполнит ее и выдаст сообщение **«OK>»**.

Пример:

```
OK>$ar=3 ↵
ER>$COM=110010 ↵
??>$PWR=3 ↵
OK>
```

Модем не распознал команду **\$ar** (нужно вводить заглавными буквами), сообщил об ошибке при вводе параметров команды **\$COM** (эта команда «ждет» ввода 8-ми двоичных символов) и выполнил команду **\$PWR=3**.

Если при вводе команд в терминальной программе не отображаются вводимые символы, значит в настройках программы запрещено отображение вводимых символов. В этом случае следует включить в настройках программы флаг «Локальное эхо» или «Отображать вводимые символы на экране» (название может быть разным в разных программах).



Помните, что большинство параметров для записи в энергонезависимую память и вступления в силу требуют сохранения (команда **\$S**) и пересброса модема (команда **\$R** или выключение/включение питания).

Не забывайте записывать параметры: достаточно подать одну команду **\$S после каждого сеанса изменения параметров!**

Формат и подробное описание команд приведено в разделе «Команды управления».

Подробное описание режимов, параметров и команд для их установки приведено в разделах «Режимы работы » и «Адресация и примеры организации сетей», «Команды управления».

Модуль имеет также возможность удаленной конфигурации с другого модуля непосредственно по эфиру (см. раздел «Удаленная конфигурация»).

Ниже показан пример сеанса настройки модема в терминальной программе на работу по RS-485 со скоростью 19 200, 8N1 при скорости в эфире 38 400 бод.

После подключения к компьютеру и запуска терминальной программы переводим модем в командный режим (кнопка MODE) И видим приветствие	(c)OOO'PATEOC' 07/08/2009 'SPECTR-433'm:2.10(00) p:02.03 (452) COMMAND MODE
Проверяем реакцию модема на команды – даем команду вывести текущие параметры (\$DMP)	OK> \$DMP
Видим ответ в виде перечня основных параметров	FREQ=433920,433920 AR=1 RST=7 TXID=FFFF PWR=3 MNL=10 MYID=5877 DFEC= -- RETRY=000 RPTN=255 RFEC= --I BPM =001 BPD =000 AIR=00000000 ACKT =010 DCD =000 MDA=00000000 PLEN =000 PACT=002L MDB=00001000 RESPT=000 MAXP=001 COM=11100011 EODS =FF \$22=20 \$23=0A \$24=01 \$25=01 \$26=00 \$27=00 \$28=0A \$29=00
На всякий случай сбрасываем все параметры в заводские значения, параметр M (MYID) оставляем прежним (последние 4 цифры заводского номера)	OK> \$IEE M5877
После команды \$IEE модем пересбросится, поэтому снова входим в командный режим (кнопка MODE)	(c)OOO'PATEOC' 07/08/2009 'SPECTR-433'm:2.10(00) p:02.03 (452) COMMAND MODE
Меняем скорость последовательного порта модема на 19200, остальные параметры остаются прежними (8N1)	OK> \$COM=11100100
Меняем скорость в эфире на 38400	OK> \$AR=7
Меняем параметр PACT	OK> \$PACT=007L
Сохраняем все изменения	OK> \$\$
	OK>

3.3 ПОДКЛЮЧЕНИЕ АНТЕНН

Дальность связи между модемами зависит от различных факторов, основными из которых являются (перечислены по уменьшению важности):

- характер местности;
- параметры и место установки используемых антенн;
- помеховая обстановка в радиоэфире;
- параметры модема (мощность, скорость данных в эфире, девиация).

На практике в максимально комфортных условиях (прямая видимость, направленные антенны с усилением 10...12 dBi, отсутствие помех) можно рассчитывать на дальность до 10 км.

Совместно с модемами можно использовать любые внешние антенны диапазона 433...435 МГц с волновым сопротивлением 50 Ом. Тип антенны выбирается исходя из условий эксплуатации, расстояния между объектами и их взаимного расположения.

Допускается работа модема без антенны или с отрезком провода вместо антенны (например, при лабораторных экспериментах в пределах комнаты, когда чувствительности модемов достаточно и для работы без антенны).

Конструкция модема рассчитана на установку в непосредственной близости от антенны (с креплением модема на корпус антенны или на мачту возле нее).

При необходимости, конечно, можно устанавливать модем и в любом другом подходящем месте и использовать относительно длинные антенные кабели. При этом следует помнить о потерях в таких кабелях и при необходимости применить кабель длиннее 10...15 метров использовать качественные марки кабелей с низкими потерями.

Для подключения внешних антенн в модема установлен разъем SMA-F.

Если модем будет устанавливаться в незащищенном от осадков месте, следует принять меры к герметизации разъемного соединения (см. раздел «»). В комплект модема входит специальная термоусадочная трубка с клеевым наполнителем для герметизации.

3.3.1 ГЕРМЕТИЗАЦИЯ РАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

При установке модема в незащищенном от осадков месте следует обеспечить дополнительную герметизацию разъемного антенного соединения.

Герметизировать нужно не место установки самого разъем SMA-F в корпус (оно уже герметизировано при сборке модема), а винтовое соединение с гайкой ответного разъема SMA-M на антенном кабеле, а также место обжима этого разъема на кабель.

В комплект модема входит отрезок специальной термоусадочной трубки (термофит) с клеевым наполнителем для герметизации. Отрежьте трубку такой длины, чтобы она покрыла весь разъем от самой гайки на корпусе модема и 1,5...2 см антенного кабеля.



Термоусадочная трубка подходит для герметизации разъемов и кабелей с небольшим отличием в диаметре, как в случае кабеля RG-58 и разъема SMA у модема. Если же необходимо герметизировать кабель с разъемом, чьи диаметры сильно отличаются (например, тот же кабель RG-58 и разъем TNC и N-типа, часто используемый на антеннах) термоусадка уже не подойдет.

Для таких случаев рекомендуем использовать электроизоляционную мастику («сырую резину») или самовулканизирующуюся клейкую ленту на основе этиленпропиленовой резины (ЭПР).



Для герметизации следует плотно, с натяжением при намотке и перекрытием витком намотать электроизоляционную мастику или самовулканизирующуюся клейкую ленту на разъемное соединение (начиная с антенного кабеля и до самого корпуса модема). Намотку осуществить в одном и, не прерываясь, в другом направлении.

Поверх слоя мастики или самовулканизирующей ленты рекомендуем наложить слой ПВХ изоленты. Используйте качественную изоленту, рассчитанную на широкий диапазон температур, иначе она быстро потеряет свои свойства.



Не используйте для герметизации «обычную» термоусадку (термомфит) без клеявого слоя — она не обеспечит требуемой герметичности. Такую термоусадку можно применить только вместо ПВХ изоленты поверх слоя мастики или самовулканизирующей ленты.



Не используйте для герметизации обычную изоленту - со временем под действием окружающей среды клеевой слой теряет свои свойства и слои изоленты начинают отслаиваться.



Не используйте для герметизации ацетантные герметики - они «разъедают» цветные металлы и разъем не прослужит и нескольких месяцев.

3.4 ПРОВЕРКА МОДЕМОВ ПЕРЕД УСТАНОВКОЙ НА ОБЪЕКТ

После конфигурации всех модемов системы и перед тем как устанавливать их на объекты в составе системы с внешним оборудованием, рекомендуем сначала проверить наличие радиосвязи между модемами и добиться успешной стыковки их с оборудованием в лабораторных условиях. Такая проверка «на столе» позволит обнаружить возможные проблемы и оперативно устранить их.

Проверку системы с модемами можно разделить на две части:

- проверка связи между модемами по радио;
- проверка стыковки (как аппаратной, так и программной) модемов с внешним оборудованием.

3.4.1 ПРОВЕРКА СВЯЗИ МЕЖДУ МОДЕМАМИ

Для проверки связи между модемами в лабораторных условиях нужны будут два переходника USB - RS-485 и компьютер (ПК), на котором с каждым из двух портов

работает отдельная терминальная программа (либо в одной программе открыты два последовательных порта). Естественно, параметры портов программы должны быть соответствовать параметрам RS-485 модемов.

К ПК следует подключить два проверяемых модема - каждый к «своему» переходнику USB - RS-485 (в командный режим переводить модемы не нужно!). В качестве антенн при проверке в лабораторных условиях (в пределах комнаты) можно использовать как штатные антенны, так и просто отрезок провода (5...10 см) в антенном разьеме.

Для проверки связи отправляйте произвольные символы в окне одной терминальной программы - они должны передаться через модемы в окно второй программы, и наоборот.

Если символы проходят в обе стороны - модемы по радио настроены правильно, можно проверять их в работе с оборудованием.

3.4.2 ПРОВЕРКА СТЫКОВКИ МОДЕМОВ С ОБОРУДОВАНИЕМ

Первым делом следует убедиться в работоспособности внешнего оборудования без модемов (по кабелю): настройте и запрограммируйте Вашу систему так, чтобы она работала в нужном режиме по проводам.

После этого следует выполнить проверку связи между модемами без внешнего оборудования (см. раздел «Проверка связи между модемами **Ошибка! Источник ссылки не найден.**»), чтобы убедиться, что модемы между собой нормально работают по радио.

Только после этих проверок можно приступать к замене проводов радиомодемами, иначе в случае проблем будет трудно разобраться, в чем дело и что не так.

В большинстве случаев беспроводная система должна заработать автоматически - убедитесь, что оборудование работает через модемы так же, как работало по проводам, после чего можно приступать к монтажу оборудования на объекты.

Помните, что модем показывает ошибки при приеме данных от внешнего оборудования по RS-485 (см. раздел "Индикация ошибок при работе с внешним оборудованием по RS-485") - это можно использовать для диагностики неправильной конфигурации и/или ошибок при подключении RS-485.

Если же система не заработала через радиомодемы (мастер системы показывает ошибки связи или что-то подобное), при этом работая по проводам, значит, потребуются дополнительные настройки оборудования (см. раздел «Дополнительные настройки оборудования»).

3.4.3 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ НАСТРОЙКИ ОБОРУДОВАНИЯ

Как говорилось ранее, при работе радиомодемов в прозрачном режиме внешнее оборудование «не замечает» их и работает так же, как и по проводам.

При этом стоит помнить о некоторых особенностях передачи данных через радиомодемы. В некоторых случаях эти особенности не существенны и не повлияют на работу внешнего оборудования через модемы, в других - могут оказаться причиной того, что внешнее оборудование не заработает через радиомодемы без дополнительных настроек.

В этом разделе описаны основные причины, по которым система отказывается работать через модемы, и даются рекомендации по их устранению.

Естественно, предполагается, что модемы настроены (см. раздел «Основные параметры модема»), осуществлена проверка связи между модемами (см. раздел «Проверка связи между модемами»), а также проверка правильной работы оборудования по проводам (см. раздел «Проверка стыковки модемов с оборудованием») - другими словами, что есть уверенность, что система работает по проводам и проблемы возникают только при замене проводов модемами.

Главное (и наиболее часто приводящее к тому, что оборудование «не хочет» работать через модемы) отличие работы через модемы от работы по кабелю

заключается в различных задержках при передаче данных. Если при работе по кабелю задержки при передачи данных от мастера к слейву и обратно практически отсутствуют, то при работе через радиомодемы эти задержки могут составлять десятки миллисекунд.

Такие задержки возникают из-за того, что путь прохождения данных при работе через модемы «удлинняется»: модем должен принять данные из RS-485 в свой буфер, понять, что пакет данных кончился и можно передавать его в эфир, включить передатчик, осуществить передачу данных по радио, приемный модем должен принять данные в свой буфер и выдать их на свой последовательный порт.

Для систем, построенных по топологии «звезда» (мастер - слейвы) с протоколом опроса удаленных объектов по принципу «запрос мастера - ответ слейва» наличие дополнительных задержек при работе через модемы приведет к увеличению времени между отправкой запроса мастером и получению им ответа от слейва. В протоколах таких систем практически всегда определено время (тайм-аут) ожидания мастером ответа от слейва - если ответ не получен за это время, мастер считает, что слейв не отвечает и перестает ждать от него ответа.

Вполне может оказаться, что при работе через модемы ответы от слейвов приходят с опозданием - когда мастер их уже не ждет и сообщает об отсутствии связи или неполучении ответа от слейва.

Таким образом, для исправления такой ситуации необходимо увеличивать время ожидания ответов в настройках мастера системы.

Как правило (практически всегда), протоколы типа ModBus предусматривают такое увеличение - мастер (пульт, ПЛК, OPC-сервер) должен иметь возможность конфигурации временных параметров протокола, так что ситуация легко разрешима.

При увеличении времени ожидания ответа можно просто установить заведомо большое значение (скажем, 500 мс или 1 с), так как это не повлияет на быстродействие (период опроса) системы — новые настройки увеличат лишь время обнаружения пропадания связи до тех же 0,5 или 1 секунды.

Если в системе используются ретрансляторы, то задержки при доставке данных через цепочку ретрансляторов будут длиннее (примерно в 2 раза на каждый ретранслятор).

Другой вероятной (хотя и гораздо менее частой) причиной отказа работы системы через модемы является разбиение последовательности данных на несколько пакетов при передаче их через модемы.

Модем при получении данных по порту RS-485 анализирует «паузы» между данными и если пауза превысила установленное время, передает уже полученные данные в эфир. Длительность такой паузы программируется параметром \$PACT.

По умолчанию \$PACT=002L. Каждая единица параметра равна 5 мс (таким образом 002 соответствует 10 мс), буква L обозначает, что время паузы измеряется от последнего (last) байта данных перед паузой.

Иногда в потоке данных по RS-485 могут встретиться относительно длительные паузы между байтами данных - эти паузы могут быть восприняты модемом, как признак окончания пакета данных (если превысят установленную по умолчанию для модема длительность в 10 мс), что приведет к отправке полученных к этому моменту данных в эфир. В результате поступивший на вход модема по RS-485 пакет данных длиной, скажем в 100 байт может быть передан модемом двумя порциями (скажем, 80 и 20 байт).

При этом получатель получит все 100 байт данных (прозрачность модемов с смысле сохранности данных остается), но двумя пакетами по 80 и 20 байт с задержкой между ними. Получатель данных может быть не готов к такому и может воспринять разрыв в пакете данных, как ошибку.

Чтобы исключить такую ситуацию, следует увеличить параметр \$PACT модема, например до 007L ($7 \times 5 = 35$ мс с момента получения последнего байта).

С таким значением параметра \$PACT пакет данных будет разорван только при паузе между байтами длиннее 35 мс, что практически исключено.

4 РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМА

Модем может находиться в следующих режимах работы:

- режим «Инициализация» (вспомогательный);
- режим «Командный» (вспомогательный);
- режим «Тест» (вспомогательный);
- режим «Смена ПО» (вспомогательный)
- один из режимов передачи данных: «Прозрачный», «Пакетный #1» (модуль → терминал), «Пакетный #2» (модуль ← терминал).

Рабочим режимом является один из режимов передачи данных. Остальные режимы – вспомогательные и используются для конфигурации параметров модуля, тестирования и т.д.

Через секунду после включения (подачи питания) модем автоматически переходит в заданный командой \$MDA режим передачи данных (по умолчанию – «Прозрачный»).

Переход во вспомогательные режимы производится с использованием кнопки MODE (см. раздел «Кнопка и индикатор MODE»). В некоторые вспомогательные режимы можно также перейти с помощью команд из командного режима или с помощью отправки определенной последовательности символов в модем по RS-485 из режима передачи данных.

4.1 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ

4.1.1 ПЕРЕХОД ВО ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ С ПОМОЩЬЮ КНОПКИ MODE

Кнопка MODE используется для перевода модема во вспомогательные режимы работы.

Удерживайте нажатой кнопку MODE в момент подачи питания на модем: индикаторы DATA и RX/TX начнут последовательно (через 1 секунду) менять свое состояние (загораться синим и красным соответственно). Выбор вспомогательного режима производится отпусканием кнопки MODE в нужный момент в соответствии со следующей таблицей:

Состояние	Индикатор RX/TX	Индикатор DATA	Режим
ST1			Передача данных
ST2			ТЕСТ
ST3			Командный
ST4			Смена ПО

Например, для входа в режим TEST нужно отпустить кнопку MODE, когда индикатор RX/TX не горит, а индикатор DATA – горит, а для перехода в режим СМЕНА ПО — когда горят оба этих индикатора.

В некоторые вспомогательные режимы можно также перейти с помощью команд из командного режима или с помощью отправки определенной последовательности символов в модем по RS-485 из режима передачи данных (см. далее).

4.1.2 РЕЖИМ «ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ»

В данный режим модем переходит на короткое время сразу после включения питания, а также при сбросе модема командой \$R из командного режима.

В режиме инициализации происходит:

- начальная инициализация внутренних переменных модуля значениями хранящимися в ЭНОЗУ;
- анализ нажатия кнопки MODE при подаче питания (или сбросе).

Из данного режима модуль может перейти:

- в один из вспомогательных режимов (если при подаче питания была нажата кнопка MODE);
- в заданный командой [\\$MDA](#) режим передачи данных (если при подаче питания кнопка MODE не была нажата).

4.1.3 РЕЖИМ «КОМАНДНЫЙ»

Командный режим используется для конфигурации параметров модема: в этом режиме модем прослушивает шину RS-485 и ожидает получение по ней команд.

Перевести модем в командный режим можно следующими способами:

1 Из любого режима передачи данных кратковременным нажатием кнопки MODE. При этом параметры интерфейса RS-485 (скорость, четность и т.д.) при переходе в командный режим останутся заданными командой [\\$COM](#).

2 Из режима «Инициализация» при отпускании нажатой в момент подачи питания кнопки MODE в состоянии **ST3** (см. раздел «Переход во вспомогательные режимы с помощью кнопки MODE»).

В отличие от первого способа, параметры интерфейса RS-485 при переходе в командный режим этим способом сбросятся на заведомо известные параметры по умолчанию: 9600, 8N1. Таким образом, этот способ удобен в случае, когда нужно сконфигурировать модем с неизвестными параметрами RS-485. Сброс настроек RS-485 при этом действует только на один сеанс конфигурации — после выключения или сброса модема параметры RS-485 вновь вернуться в состояние, заданное командой [\\$COM](#).

3 Из любого режима передачи данных (кроме «Пакетный#2») при получении по интерфейсу RS-485 трех последовательных символов «+» с интервалом между символами (1...3) с. Как минимум 2 с до начала и 2 с после окончания последовательности символов «+» на RS-485 не должно быть никаких других символов.

При этом способе не используется кнопка MODE, поэтому он удобен, когда нужно произвести конфигурацию модема, доступ к которому затруднен — например, уже установлен на мачте или на крыше.

4 Из режима «Пакетный#2» при получении команды группы 03.

При переходе в командный режим загорается красным индикатор MODE, а на последовательный интерфейс RS-485 модема выдает примерно следующее приветствие:

```
'SPECTR-433OEM' mcv:1.04(00) pfv:01.00
(©)OOO'PATEOC' 10/12/2008
COMMAND MODE
OK>
```

Формат и подробное описание команд приведено в разделе «Команды управления».

4.1.4 РЕЖИМ «СМЕНА ПО»

Этот режим предназначен для обновления встроенного программного обеспечения (ПО) модема ПО.

Обновление осуществляется по интерфейсу RS-485 с помощью персонального компьютера (ПК). Для физического подключения интерфейса RS-485 модема к ПК потребуется переходник USB - RS-485.

Для конфигурации следует использовать любую терминальную программу для ПК (HyperTerminal, Pcomm и т. д.).

Для смены ПО:

- подключите модем (через переходник USB - RS-485) к ПК;

- запустите на ПК терминальную программу и откройте в ней тот последовательный порт, под которым определяется на вашем ПК переходник USB - RS-485.
- установите параметры порта в настройках программы в зависимости от способа будущего входа в режим смены ПО (см. далее);
- переведите модуль в режим смены ПО одним из следующих способов:

Этот способ подходит, если есть физический доступ к модему (требуется нажатия кнопки MODE).

1 Удерживайте нажатой при подаче питания кнопку MODE и отпустите ее в состоянии **ST3** (см. раздел «Переход во вспомогательные режимы с помощью кнопки MODE»).

Параметры интерфейса RS-485 при переходе в режим смены ПО этим способом установятся в значение 115 200 бод, 8 бит данных, без контроля четности, 1 стоповый бит (115200, 8N1). Именно их и нужно предварительно указать в настройках терминальной программы.

При этом способе не используется кнопка MODE, поэтому он удобен, когда нужно произвести конфигурацию модема, доступ к которому затруднен — например, уже установлен на мачте или на крыше.

2 Установите параметры порта терминальной программы такими же, на какие настроен порт RS-485 модема командой \$COM (по умолчанию 9600, 8N1).

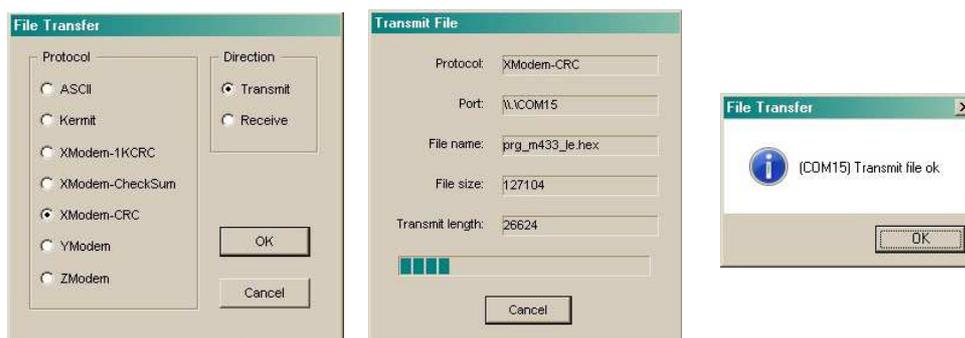
Переведите модем в командный режим, послав в него из терминальной программы три последовательных символа «+» с интервалом между символами (1...3) с.

После входа в командный режим (появление на экране приветствия и приглашения к вводу команд) подайте команду \$BOOT.

Независимо от способа входа в режим смены ПО модем выдаст в терминальную программу примерно такое сообщение о готовности принять файл с новым ПО:

```
(c)PATEOC S433L_K22.bv1  
Wait microcode XModem-CRC:CCCCCCCCCCCC
```

- с помощью инструмента «Передача файлов» отправьте в модем файл с нужной версией встроенного ПО в протоколе Xmodem-CRC и дождитесь окончания передачи.



После завершения передачи файла модем выдаст в терминальную программу строку вида SXXXX, где XXXX — количество обновленных блоков. Если XXXX=0000, значит в модем передали файл с той же версией ПО, что и была у модема до попытки обновления.

После обновления модем следует пересбросить (включить и выключить питание).

4.2 РЕЖИМ «ТЕСТ»

Режим «Тест» предназначен для технологических измерений параметров модема.

В этом режиме модем циклически передает в эфир последовательность данных, записанных в регистрах по адресам \$FC...\$FF (см. режим «Данные для команды \$TEST»).

Для входа в режим «Тест» следует отпустить нажатую в момент подачи питания кнопку MODE в состоянии **ST2** (см. раздел «Переход во вспомогательные режимы с помощью кнопки MODE»).

В режим «Тест» можно также войти из командного режима с помощью команды [\\$TEST 3](#).

Модем остается в режиме «Тест» до выключения питания.

4.3 РЕЖИМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

4.3.1 РЕЖИМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ «ПРОЗРАЧНЫЙ»

В данный режим модем переходит из следующих режимов работы при условии, что командой [\\$MDA](#) задан режим «Прозрачный»:

- из режима «Инициализация», если при подаче питания не была нажата кнопка MODE;
- из командного режима с помощью команды [\\$E](#) или нажатии кнопки MODE.

Режим «Прозрачный» - основной режим передачи данных, в 99% случаев модемы применяются именно в этом режиме.

В этом режиме:

- все данные, поступившие на последовательный порт модема, доставляются на последовательный порт адресуемого модема (или модемов, если используется широковещательный или групповой адрес);
- все данные, принятые из эфира, выдаются на последовательный порт модема, если адресованы этому модему.

Слово «прозрачный» в названии режима не означает, что модемы передают в радиозфир непосредственно данные, полученные от внешнего оборудования по RS-485: нет, в эфире они работают с собственным протоколом, обеспечивающим адресацию, проверку доставки, помехоустойчивое кодирование и т. д.

Прозрачность означает, что данные, поступившие на последовательный порт модема будут доставлены на последовательный порт (порты) удаленного модема без изменений. То есть, можно говорить о прозрачности на уровне "последовательный порт одного модема" - "последовательный порт (порты) удаленного (удаленных) модемов".

Благодаря такой прозрачности практически любое внешнее оборудование, работающее по интерфейсам RS-485, будет работать и через радиомодемы, не замечая, что работает через них - для него работа через модемы не будет отличаться от работы по проводам.

Протоколы, по которому работает внешнее оборудование (ModBus, Болид и т.д.) практически не имеют значения, поскольку модемы будут прозрачны для этих протоколов.

Все это касается как простых систем, когда нужно связать пару устройств с помощью двух модемов, так и более сложных систем сбора данных из множества удаленных объектов. Никаких специальных ограничений на количество объектов в системе с радиомодемами нет: можно сказать, что если система работает по проводам RS-485, она практически наверняка будет работать и через радиомодемы.

Прозрачный режим следует использовать во всех случаях, когда адресация и логическое взаимодействие объектов в системе обеспечивается на более высоком уровне внешним оборудованием, например, при внедрении модулей в уже существующие системы. При этом не требуется менять программное обеспечение в уже работающей системе.

Как уже говорилось, в режиме «Прозрачный» канал связи модем-модем можно считать прозрачным радиоудлинителем последовательного интерфейса RS-485, при этом следует сделать несколько оговорок.

При работе через модемы возникают задержки в доставке данных, величина которых зависит от скорости данных в эфире, режима помехоустойчивого кодирования, времени переключения прием/передача и т. д. Это следует учитывать при настройке внешнего оборудования (например, для «мастера», ведущего опрос «слейвов» нужно увеличивать время ожидания ответов).

У модема имеется ограничение на максимальную длину пакета при передаче данных в эфир (максимум 256 байт, задается командой \$PLEN), поэтому в случае, если на порт RS-485 модема поступают массивы данных большей длины, модем при передаче по радио разобьет их на несколько пакетов. При этом приемный модем выдаст принятые из эфира данные на свой порт также несколькими «порциями». В этом случае могут возникнуть определенные проблемы с объединением таких пакетов в единый блок (в ширококвещательном режиме), если объекты в системе равноправны, и в любой момент времени любой модуль может осуществлять передачу своей информации. Решение такой проблемы, если она возникает, должно производиться на более высоком уровне системы или с помощью активизации режима конкатенации данных см. режим «Буферизация принятых из эфира данных. Конкатенация данных».

Передача данных в эфир начинается в следующих случаях:

- прошло максимально допустимое время с момента приема первого или последнего байта информации с последовательного порта (см. раздел «\$PACT - время удержания пакета неполной длины в передающем буфере»);
- с последовательного порта получен заранее заданный командой [\\$EODS](#) символ передачи данных (если разрешен режим передачи данных по символу [\\$EODS](#)). Возможность передачи самого символа EODS определяется флагом TxEODS, задаваемого командой [\\$MDA](#);
- внутренний буфер модема на исходящие данные полон.

Вне зависимости от перечисленных выше случаев передача может осуществляться, если во внутреннем буфере модема находится максимально допустимое для одного пакета количество байт (флаг bFullPacActionDis команды [\\$MDA](#)).

Независимо от приема данных по RS-485 модуль принимает данные из эфира. Если в эфире обнаружен пакет, адресованный модему (см. раздел «Адресация и примеры организации сетей») и информация, содержащаяся в пакете, не содержит ошибок, она записывается во внутренний буфер модема и при первой возможности передается на последовательный порт.

4.3.2 НАЗНАЧЕНИЕ «ПАКЕТНЫХ» РЕЖИМОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Как говорилось выше, при использовании модема в режиме «Прозрачный» канал связи скрыт от внешнего оборудования – все, что приходит на последовательный порт модема, передается в эфир, а все, что принимается из эфира, отправляется на последовательный порт. Такой режим следует использовать во всех случаях, когда адресация и логическое взаимодействие объектов в системе обеспечивается на более высоком уровне внешним оборудованием.

Логическое взаимодействие и адресацию объектов можно организовать и на уровне модемов, используя для этого режим «Пакетный».

Использование режима «Пакетный» позволяет адресовать данные конкретному модулю (модулям) и знать, от какого модуля получены данные из эфира без входа в командный режим и изменения адреса TXID (команда [\\$TXID](#)).

Название режима «Пакетный» никак не связано с особенностями работы модемов в эфире (данный режим имеет отношение только к обмену данными между модемом и внешним оборудованием по последовательному интерфейсу) и означает лишь, что данные, которые модем ожидает на свой последовательный порт (и которые выдает на порт при приеме из эфира), должны иметь определенную структуру – «пакет»).

Работа модема в пакетном режиме никак не сказывается на работе адресуемого модема, режим работы которого может быть и пакетным и прозрачным.

В зависимости от «направления» существуют два пакетных режима:

- в сторону модема пакетный режим называется «**Пакетный #2**». В этом режиме данные, подаваемые на последовательный интерфейс RS-485, должны иметь определенный формат (структуру);
- в сторону внешнего оборудования – «**Пакетный #1**». В этом режиме принятые из эфира данные модем выдает на свой последовательный интерфейс в определенном формате.

Оба режима могут быть активизированы независимо друг от друга (см. раздел «\$MDA - режим работы мод»), например, в сторону модема может быть прозрачный режим, а в сторону внешнего оборудования – «Пакетный #1» и наоборот.

В пакетном режиме имеется также возможность полного конфигурирования (изменения параметров) как локального, так и удаленного (по радиоканалу) модема.

В пакетный режим модуль переходит из режима «Инициализация» при условиях, что в момент подачи питания не была нажата кнопка MODE и что в регистре [\\$MDA](#) установлены биты включения нужного пакетного режима.

При использовании пакетного режима данные, направляемые в модем внешним устройством и выдаваемые модемом на внешнее устройство по последовательному интерфейсу RS-485, в общем виде должны иметь (имеют) следующую структуру (здесь и далее принимается сокращение **HASFs** – Нех символ в верхнем регистре в формате ASCII):

DLE, STX, NETID, CMD, {DATA}, DLE, ETX, где

DLE - символ «\$»;

STX - символ «<»;

NETID – адрес модуля в сети RS-485 в формате 4 HASFs (равен адресу, задаваемому командой [\\$MYID](#) для радиосети);

CMD – команда пакета в формате 2 HASFs;

DATA – пользовательские данные;

ETX - символ «>».



Если в поле «DATA» встречается символ «\$», он должен быть дублирован для обеспечения прозрачности.

Все управляющие символы (NETID, CMD и вспомогательные данные) передаются в HEX формате в коде ASCII верхнего регистра ('0'...'9', 'A'...'F').

Параметр NETID необходим для адресации модулей внутри сети RS-485.

Следует учесть, что при работе в сети RS-485 не реализован алгоритм предотвращения коллизий. Поэтому при работе с модемами, подключенным в сеть RS-485, необходимо последовательно входить в сеанс связи с каждым модемом, и не посылать широковещательных пакетов для группы модулей, работающих в пределах одной сети RS-485. Данное ограничение также касается и прозрачного режима.

4.3.3 РЕЖИМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ «ПАКЕТНЫЙ #1» (В СТОРОНУ ВНЕШНЕГО ОБОРУДОВАНИЯ)

Команды режима «Пакетный #1»

Команда:	'00' / \$<NETID,00,TO_ID,FROM_ID,DATA\$>
Значение:	Информационный пакет от модулю FROM_ID модему TO_ID .
Примечание:	Размер поля DATA не более 256 байт. Для обеспечения прозрачности данных символы «\$» в поле DATA дублируются.
Пример:	\$<00010000011234hello\$> - данные "hello" от модема 1234 модему 0001. \$<000100FFFF1234hello\$> - данные "hello" от модему 1234. Данные переданы в широкополосном режиме.
Команда:	'1x' / \$<NETID,1x, DATA\$>
Значение:	Команда 10: Формат команды: 10AAAALLL Нет связи с модемом AAAA, потеряно LLLL байт данных. Данное сообщение выдается после заданного командой \$RETRY числа безуспешных попыток получить подтверждение (ACK) об успешном приеме информационного (индивидуального) пакета модемом AAAA только в режиме «Пакетный #2». Неподтвержденные модемом AAAA данные теряются. Пример: \$<0001 10 1234 001A\$> - невозможно установить связь с модемом 1234; потеряно 0x001A (26) байт данных. Команда 11: Формат команды: 11AAAA Обмен данными с модемом AAAA успешно завершен. Адрес AAAA может быть как групповым, так и индивидуальным. Пример: \$<0001 11 1234\$> - обмен данными с модемом 1234 успешно завершен (пробелы вставлены для наглядности). Команда 12: Формат команды: 12AAAALLL Значение AAAA, LLLL – 4 HASFs Модем AAAA не отвечает, потеряно LLLL байт данных. Данное сообщение выдается после заданного командой \$RETRY числа безуспешных попыток получить подтверждение (ACK) об успешном приеме информационного (индивидуального) пакета модемом AAAA и только в режиме «Пакетный #2». Не подтвержденные модемом AAAA данные теряются. Пример: \$<0001 12 1234 001A\$> - модем 1234 не отвечает; потеряно 0x001A (26) байт данных (пробелы вставлены для наглядности).
Команда:	'20' / \$<NETID,20, TOID, DATA_SIZE_GET\$>
Значение:	Модуль принял из DTE устройства DATA_SIZE_GET байт данных, предназначенных для передачи модему TOID.
Примечание:	Данное сообщение выдается только в режиме «Пакетный #2»; оно является локальным подтверждением о приеме данных. DATA_SIZE_GET – hex значение (4 ASCII цифры).
Пример:	\$<0001201234001A\$> - модем принял от DTE 0x001A (26) байт данных, предназначенных для передачи модему 1234.

Команда: '30' / \$<NETID,3х, {DATA} \$>

Значение: Команда 30:

Формат команды: **30** (поле DATA отсутствует).

Данное сообщение выдается, если модем принял со стороны внешнего оборудования ошибочную команду. Команда считается ошибочной, если старший полубайт значения команды равен 0, а младший не является допустимой командой. Список доступных команд см. в разделе «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)».

Пример:

\$<000130\$> - модем 0x0001 принял ошибочную команду.

Команда 31:

Формат команды: **31,cmd**.

Модем принял со стороны DTE команду cmd с неверными параметрами. Нарушение формата команды означает, что в команде есть поля с неверным значением.

Пример:

\$<0001040000FF\$> \$<00013104\$> - модем принял команду 0400 (удаленный опрос модема), однако поле адреса не может быть групповым, на что выдано соответствующее предупреждение.

Команда 32:

Формат команды:

32 (поле DATA отсутствует)

Данное сообщение выдается, если модем принял со стороны внешнего оборудования данные, не представленные в коде ASCII там, где они должны быть в данном коде.

Пример:

\$<000100h\$<000132\$> - модем принял команду 00 (передача данных), однако поле не представлено в коде ASCII.

Команда 33:

Формат команды: **33, ADR**

Число байт данных, предназначенных для передачи модему **ADR**, превышает максимально допустимое значение для одного пакета (см. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)»). Все принятые данные для модема **ADR** удаляются из буфера модуля.

Команда 34:

Формат команды: **34, ADR**

Нарушена прозрачность данных, предназначенных для передачи модему **ADR**.

Пример:

\$<000100020002hello\$s

\$<0001340002\$>

Команда 35:

Формат команды: **35, ADR**

Число пользовательских полубайт данных в ASCII формате, предназначенных для передачи модему **ADR**, нечетно (например, в команде записи профиля).

Команда 36:

Формат команды: **36,ADR**

Пользовательские данные, предназначенные для передачи модему **ADR**, приняты не в коде ASCII (например, в команде записи профиля).

Команда 37:

Формат команды: **37,ADR**

Размер пользовательских данных, предназначенных для передачи модему **ADR**, равен 0 (например, в команде записи профиля).

Команда: '4x' / \$<NETID,4x, DATA\$>

Значение: **Команда 40:**

Формат команды: **40SSSS**

Сообщает размер свободного буфера модема на исходящие данные. Данное сообщение является ответом на команду в сторону модема (см. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)»). Поле SSSS – (4 HASFs).

Пример: \$<0001 **40** 2000\$> - размер буфера равен 0x2000 байт (8 Кбайт) (пробелы вставлены для наглядности).

Команда 41:

Ответ на команду локального опроса **0301** (см. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)»).

Пример: \$<0001**41**\$>

Команда 42:

Данная команда посылается модемом после включения питания и прохождения режима инициализации.

Пример: \$<0001**42**\$>

Команда: '50' / \$<NETID,50, DATA\$>

Значение: Выдача информации о приеме BER пакета
Формат поля DATA: AAAA LL FF EEEE NN RR, где:
AAAA – адрес отправителя BER пакета (4 HASFs);
LL – длина пакета (2 HASFs);
FF – признак FEC (2 HASFs);
EEEE – число ошибок (4 HASFs);
NN – порядковый номер BER пакета (2 HASFs);
RR – уровень RSSI при приеме заголовка BER пакета (2 HASFs).

Пример: \$<0002 **50** 0001 45 00 **0001** 03 07\$>

Принят BER пакет длиной 69 (0x45) байт без кода FEC. Число ошибок - 1, порядковый номер пакета - 3. Уровень RSSI при приеме заголовка пакета — 7 (пробелы вставлены для наглядности).

\$<0002 **50** 0001 46 0F **0000** 02 06\$>

Принят BER пакет длиной 70 (0x46) байт с кодом FEC. Число ошибок - 0, порядковый номер пакета - 2. Уровень RSSI при приеме заголовка пакета - 6 (пробелы вставлены для наглядности).

Команда: '6x' / \$<NETID,6x, DATA\$>

Значение: Команда 60:

Формат команды: 60hhhhAABBCCDDEE

Выдача строки версии локального/удаленного модема (ответ на команду 0400, см. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)»).

hhhh – адрес локального/удаленного модема (4 HASFs).

AA,BB,CC,DD,EE – 2 HASFs.

Пример:

	cmd	hhhh	AA	BB	CC	DD	EE
\$<0001	60	0004	00	11	00	01	00\$>

Пробелы вставлены для наглядности.

Команда 61:

Формат команды: 61{DATA}

Выдача локального/удаленного профиля (ответ на команду 0401, см. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)»).

{DATA} – профиль. Каждый байт профиля передается двумя кодами в ASCII.

Команда 62:

Формат команды: 62{DATA}

Выдача локального профиля, загружаемого по команде \$IEE (ответ на команду 0402, см. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)»).

{DATA} – профиль. Каждый байт профиля передается в формате 2-HASFs.

4.3.4 РЕЖИМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ «ПАКЕТНЫЙ #2» (В СТОРОНУ МОДЕМА)

Команды режима “Пакетный #2”

Команда: '00' / \$<NETID,00,TYPE, TXID,DATA\$>

Значение: Пакет данных, предназначенных для передачи модему TXID.

Значение поля TYPE (2 HASFs):

Биты:

7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	Link_Mode	I	FEC2	FEC1	FEC0

Link_Mode – задает режим обмена. Если бит Link_Mode = 1, происходит обмен с модулем в режиме без установления соединения; при этом адрес TXID не должен быть групповым.

I – перемежение: 1 – перемежение выключено, 0 – перемежение включено.

FEC2...FEC0 – задает возможность передавать данные с кодом FEC.

Таблица кодировки кода FEC аналогична кодировке при вводе командой \$DFEC.

Разрядность данных (8 или 7 бит) определяется автоматически. Для обеспечения прозрачности данных символы \$ в поле DATA должны дублироваться.

Пример: \$<000100101234hello\$> Команда модему 0001 на передачу модему 1234 строку «hello» в режиме без установления соединения.
\$<00020001FF02hello\$> Команда модему 0002 передать группе модемов 02 строку «hello» в широкополосном режиме с включенным помехоустойчивым кодом RS(7.3).

Команда: '01' / \$<NETID,01,TYPE\$>

Значение: Резерв

Команда: '02' / \$<NETID,02,TYPE,VAL\$>

Значение: Команда управлением текущими параметрами передачи данных в эфир. Поле VAL – 2 HASFs.

Значение поля **TYPE** (2 HASFs):

00 - Задержка DELAY_SEC (0...255 секунд) между последовательными транзакциями модема. Если задержка равна 0, пакеты передаются непрерывно. Команда активизируется после передачи текущего пакета. Данный параметр имеет смысл применять в циклическом режиме. Передача данных/опрос модемов должен происходить с периодом, отличным от нуля.

01 - Число RETRY_NUM ретрансляций пакетов, требующих подтверждения.

Данное значение активизируется только при передаче индивидуальных пакетов (см. \$RETRY).

02 - Число BCMA_MAX_NUM передач копий ширококвещательного пакета (0...255).

Пример: \$<0001 0200 0A\$> - команда модему 0001: после передачи текущего пакета происходит задержка на 10 секунд.

\$<0001 0201 05\$> - команда модему 0001: 5 попыток для успешной передачи пакета, требующего подтверждения.

\$<0002 0202 03\$> - команда модему 0002: каждый ширококвещательный пакет передается по 3 раза.

(Пробелы вставлены для наглядности)

Число байт в буфере: 0

Команда: '03' / \$<NETID,03,CMD_ID\$>

Значение: Значение поля **CMD_ID** (2 HASFs):

00 - Получить размер свободного буфера модема на исходящие данные.

Ответом на команду является пакет с типом 40, посылаемый модулем на внешнее оборудование в режиме передачи данных «Пакетный #1».

01 - Локальный опрос модема.

Ответом на команду является пакет с типом 41, посылаемый модемом в DTE в режиме передачи данных «Пакетный #1».

02 – Вход в командный режим.

03 – Аппаратный сброс модуля.

Команда: '04' / \$<NETID,04,TYPE,ID \$>

Значение: Поле ID – 4 HASF символа.

Значение поля **TYPE** (2 HASFs):

00 – Опрос модема ID. Ответом на данную команду является ASCII строка версии модема.

01 – чтение профиля модема. Ответом на данную команду является команда 61.

02 - чтение профиля модема, загружаемого по команде [\\$IEE](#). Ответом на данную команду является команда 62.

Примечание:

В текущей реализации микропрограммы независимо от значения ID, ответ выдает локальный модем NETID.

Команда: '05' / \$<NETID,05,00,ID,TO,PROFILE\$>

Значение: Команда записи профиля в модем.

Поле **ID** (4 HASFs): адрес конфигурируемого модема.

Поле **TO** (2 HASFs): определяет тайм-аут на выполнение команды. Тайм-аут задается в интервалах, кратных 1 с.

Поле **PROFILE**: новый профиль модема. Каждый байт профиля передается в виде 2 HASFs. Число байт профиля должно быть четно и не должно превышать размер профиля. Число байт профиля может быть меньше размера всего профиля: при этом будут изменены только первые n байт профиля модуля.

Примечание:

В текущей реализации микропрограммы независимо от значения ID, профиль записывается в локальный модем NETID. Параметр TO игнорируется.

Пример: `$<0001 0500 1234 05 1233FFFF$>` - команда локальному модему 0001 записать первые 4 байта профиля. После выполнения команды записи профиля модем 0001 будет иметь следующие параметры: TXID=FFFF, MYID=1233 (пробелы вставлены для наглядности).

Команда: `'06' / $<NETID,06,00,ID,TO $>`

Команда сброса модема.

Поле **ID** (4 HASFs): адрес модема. Команда аналогична команде 0303 за исключением того, что сброс по команде 0303 происходит мгновенно, а команда 0600 ставится в очередь на выполнение.

Поле **TO** (2 HASFs): определяет тайм-аут на выполнение команды. Тайм-аут задается в интервалах, кратных 1 с.

Примечание:

В текущей реализации микропрограммы независимо от значения ID, сброшен будет модуль NETID. Параметр TO игнорируется.

Команда: `'07' / $<NETID,07,TYPE,ID,FREQT, FREQR,AR,TO$>`

Установка частоты и скорости передачи по эфиру удаленного или локального модема

Поле **TYPE** (2 HASFs): признак записи в ЭНОЗУ значения частоты и скорости после выполнения команды.

00 – запись в ЭНОЗУ не происходит;

01 – после установки параметров эфира осуществляется запись в ЭНОЗУ.

Поле **ID** (4 HASFs): адрес модема.

Поле **FREQT** (4 HASFs): значение частоты передачи. Задается в единицах, кратных 1 кГц, начиная с частоты 433000 кГц:

433000 = 0x0000

433001 = 0x0001

.....

434000 = 0x03E8

.....

435000 = 0x07D0

Если нет необходимости изменять частоту передатчика, старший бит счетчика должен быть установлен в 1 (например, 8000 в коде ASCII: 0x38 0x30 0x30 0x30).

Поле **FREQR** (4 HASFs): значение частоты приема. См. поле FREQT.

Поле **AR** (2 HASFs): скорость обмена по эфиру. Расшифровку значений см. в разделе «\$AR – скорость передачи данных по эфиру». Если нет необходимости изменять скорость, бит 7 должен быть установлен в 1 (например, 80 в коде ASCII: 0x38 0x30).

Поле **TO** (2 HASFs): определяет тайм-аут на выполнение команды. Тайм-аут задается в интервалах, кратных 1 с.

Примечание:

В текущей реализации микропрограммы независимо от значения ID, данная команда относится к локальному модему NETID. Параметр TO игнорируется.

Пример: `$<0001 0700 0001 03E8 03E8 06 03$>` (пробелы вставлены для наглядности)

Локальная установка частоты передачи и приема 434000 кГц. Скорость передачи – 38400 бит/с.

`$<0001 0700 0002 03E8 83E8 06 03$>` (пробелы вставлены для наглядности)

Установка частоты передачи 434000 кГц у модема 0001, скорость передачи – 38400 бит/с.

`$<0001 0701 0001 83E8 83E8 00 03$>` (пробелы вставлены для наглядности)

Локальная установка скорости передачи 4800 бит/с. Новое значение скорости будет записано в ЭНОЗУ.

4.4 РЕТРАНСЛЯЦИЯ ПАКЕТОВ

Модем способен ретранслировать пакеты других модемов, не утрачивая своих основных функций.

В системе может быть до 8 ретрансляторов, номера которых задаются командой [\\$RPTN](#). Адреса ретранслируемых пакетов задаются командой [\\$RID](#).

В каждом пакете, передаваемом в эфир, находится специальное ретрансляционное поле (РП), которое обрабатывается каждым активным ретранслятором. Модем, работая в режиме ретранслятора, принимая кадр из эфира, анализирует РП и адреса RIDxx. Если в РП отсутствует маркер ретрансляции для данного модема и адрес в пакете совпал с одним из RIDxx, принятый кадр записывается во внутреннюю ретрансляционную очередь, работающую по принципу FIFO (первый вошел, первый вышел).

Всего в очереди одновременно может находиться до 2 пакетов. Если пакет информационный, размер данных пакета не должен превышать 128 байт, в противном случае пакет игнорируется и не попадает в очередь на ретрансляцию. Пакеты, предназначенные для ретрансляции, могут быть задержаны в буфере очереди на заданное время. Время удержания данных в очереди программируется технологическим параметром RPT_DELAY ([\\$RG28](#)). По истечении времени RPT_DELAY пакеты передаются в эфир.

Ретрансляция сообщений, находящихся в очереди, имеет меньший приоритет по сравнению с передачей собственных данных модема. Ретрансляция информационных пакетов происходит только в случае правильного приема всех данных пакета - в случае приема данных пакета с ошибками, информационный пакет не ретранслируется.

Поскольку модем в эфире работает в полудуплексном режиме, при применении ретрансляторов общая скорость передачи уменьшается прямо пропорционально количеству активных ретрансляторов, задействованных в процессе передачи данных между абонентами.

Для активизации режима ретрансляции достаточно присвоить модему уникальный ретрансляционный номер (команда [\\$RPTN](#)) и ввести хотя бы один адрес отправителя/получателя, пакеты которого необходимо ретранслировать (команда [\\$RID](#)).

Модем способен выполнять некоторые интеллектуальные функции над очередью пакетов, предназначенных для ретрансляции:

- удаление одинаковых пакетов от одного и того же отправителя или для одного и того же получателя (кроме широковещательных пакетов);
- коррекция последовательности потока пакетов от абонентов (абонентам), находящихся в режиме «точка-точка» с установлением соединения в случае, если в очереди находятся «конфликтующие» пакеты. Пример работы функций коррекции см. в разделе «Структура данных команд \$LOG и \$SCAN. История обмена.».

Более подробно о дополнительных возможностях по ретрансляции см. в разделе «Расширенные возможности приема и ретрансляции пакетов».

4.5 РЕЖИМЫ РАБОТЫ ПО ЭФИРУ (ГАРАНТИИ ДОСТАВКИ ДАННЫХ АДРЕСАТУ)

Модем может работать в эфире в двух основных режимах – широковещательный (или групповой) и индивидуальный («точка-точка»).

4.5.1 ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМ

Модем автоматически работает в широковещательном режиме, если параметр TXID не является индивидуальным (см. раздел «Адресация и примеры организации сетей»). В этом случае модуль отправляет в эфир «широковещательные» пакеты, адресованные всем модемам (или группе модемов).



Поскольку в широковещательном режиме нет возможности реализовать механизм подтверждений, гарантия доставки пакета данных адресату в этом режиме отсутствует.

Вероятность доставки пакетов может быть увеличена вспомогательными методами:

- включением помехоустойчивого кодирования (см. раздел «Формат пакета в эфире. Помехоустойчивое кодирование»);
- уменьшением длины пакета в эфире (см. раздел «\$PLEN - максимальный размер пакета данных в эфире»);
- дублированием пакетов в эфире (см. раздел «\$BPM - максимальное число одинаковых широковещательных пакетов»);
- снижением скорости передачи в эфире (см. раздел «\$AR – скорость передачи данных по эфиру»).

Если скорость выдачи данных на последовательный порт RS-485 заметно ниже общей скорости поступления данных из эфира и приемный буфер заполнен, возможна потеря информации т.к. пакет данных, не уместившийся в приемный буфер, удаляется. Пути решения данной проблемы описаны в разделе «Буферизация принятых из эфира данных. Конкатенация данных».

4.5.2 ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ РЕЖИМ («ТОЧКА-ТОЧКА»)

Для работы в индивидуальном режиме (точка-точка) параметр TXID не должен являться широковещательным или групповым. В этом случае модем отправляет в эфир «индивидуальные» пакеты, которые «слышат» только модем, параметр MYID которого равен TXID передающего модема.



При получении «индивидуального» пакета модем автоматически отправляет подтверждение о его приеме отправителю этого пакета. Отправитель же при неполучении такого подтверждения повторяет пакет. Таким образом в режиме «точка-точка» имеются гарантии доставки данных.

Количество повторов и другие параметры, связанные с подтверждениями могут программироваться (см. раздел «Команды управления»).

Получая индивидуальный пакет, модем создает фактическое или мнимое соединение с этим модемом, начиная при этом вести статистику приема пакетов от него. По способу соединения индивидуальный режим разделяется на два подрежима:

- режим с установлением соединения;
- режим без установления соединения.

Режим с установлением соединения.

В данном режиме создается фактическое соединение между модемами. Фазе обмена данными предшествует фаза установления соединения. Если модем, находящийся в режиме установления соединения, находится еще и в режиме «Пакетный #2», то по окончании фазы передачи данных происходит процедура разъединения.

На каждый правильно принятый информационный пакет автоматически отправляется короткое подтверждение (ACK). В случае, если данные приняты с ошибками, подтверждение не отправляется.

В режиме с установлением соединения имеется возможность использовать одно подтверждение на несколько пакетов данных (см. раздел «\$MAXP - число пакетов, передаваемых в эфир без ожидания подтверждения»), что увеличивает пропускную способность канала радиосвязи. В случае если параметр [\\$MAXP](#) отличен от 1, на приемном модеме следует установить параметр [\\$RESPT](#) который определяет задержку отправки подтверждения на случай, если удаленный модем передает несколько пакетов с ожиданием группового подтверждения.

Параметр **\$RESPT** не активизируется (подтверждение передается сразу же) в случае, если получен последний пакет в последовательности пакетов, требующих подтверждения (признак последнего пакета передается в заголовке пакета). Если параметр **\$RESPT** равен 0, задержка отправки подтверждения отсутствует.

Данный режим автоматически устанавливается, если параметр **\$TXID** является любым адресом, отличным от широковещательного или группового. Данный режим рекомендуется применять для работы только двух модемов в режиме «точка-точка».

Модем в режиме с установлением соединения в определенный момент времени может поддерживать активным только одно соединение. При этом он способен принимать широковещательные пакеты и отправлять подтверждения на пакеты в режиме без установления соединения.

В случае, если скорость выдачи данных на последовательный порт много ниже общей скорости поступления данных из эфира и приемные буферы заполнены, передающему модулю передается специальный кадр неготовности приема. Таким образом, потеря данных из-за несоответствия скоростей исключена.

Режим без установления соединения.

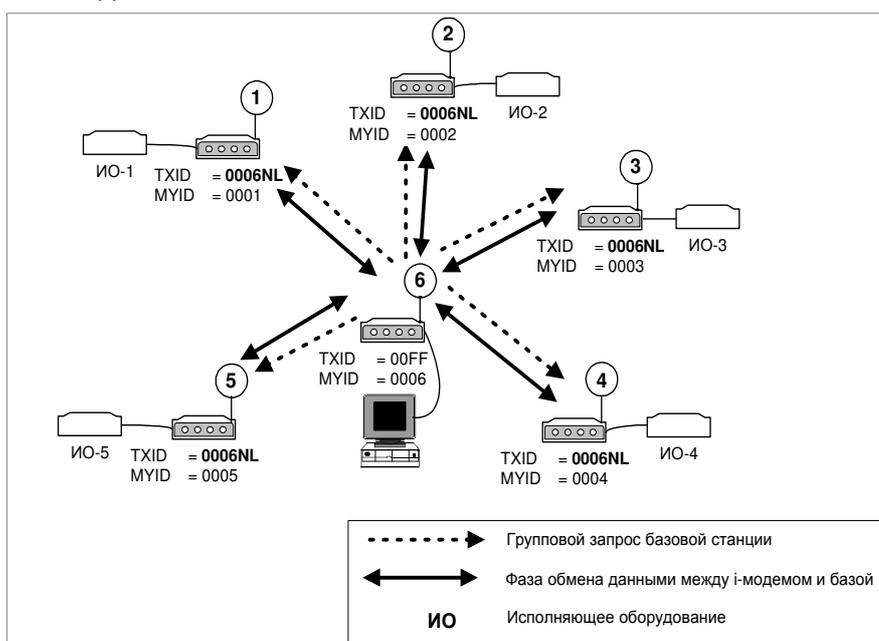
Данный режим активизируется автоматически при условии, что параметр **\$TXID** является любым адресом, отличным от широковещательного или группового, но заканчивается префиксом **NL**. На каждый правильно принятый информационный пакет автоматически отправляется короткое подтверждение (ACK). В случае, если данные приняты с ошибками, подтверждение не отправляется. Данный режим является усовершенствованием режима с установлением соединения. Фазы соединения и разрыв соединения отсутствуют.

При приеме пакета режима без установления соединения происходит мнимое соединение с отправителем пакета, после чего начинается вестись история принятых пакетов. Одновременно возможно ведение до 25 таких соединений. В случае установления нового соединения при наличии активных 25 соединений, информация о его состоянии записывается на место самого последнего активного соединения.

Данный режим удобно использовать в режиме «Пакетный #2» с индивидуальной адресацией, т.к. значительно сокращается время передачи данных (фазы установления и разрыва соединения отсутствуют) – до 3-4 раз по сравнению с режимом с установлением соединения.

Также данный режим необходимо устанавливать, если необходима гарантия доставки информации базе в случае построения радиосети в режиме «звезда». Базовый модем (центр звезды) может работать в широковещательном режиме.

Базовая станция работает с исполнительным оборудованием (ИО) через модемы 1...5. Предполагается, что в пакетах базовой станции существует внутренняя адресация для ИО. Базовая станция передает данные в групповом режиме.



Базовый модем и модемы, подключенные к ИО, работают в прозрачном режиме. Гарантия доставки данных до ИО со стороны базового модема отсутствует. Если это необходимо, в случае неполучения ответа на свой запрос базовая станция сама должна повторить его через определенный тайм-аут.

Модемы ИО настроены на связь с базовым модемом в режиме индивидуальный (точка-точка) без установления соединения. Все данные, приходящие на последовательный порт модема от ИО будут гарантированно доставлены до базового модема. Проблем со множественным соединением (как в режиме с установлением соединения) не возникает.

В случае, если управляющая программа на базовой станции может быть модернизирована пользователем, базовый модем, работая в режиме «Пакетный #2», может периодически передавать данные (запросы от базовой станции) на ИО в режиме без установления соединения. Это значительно уменьшит время опроса всех ОИ при гарантии доставки информационных пакетов.

Если скорость выдачи данных на последовательный порт много ниже общей скорости поступления данных из эфира и приемные буферы заполнены, передающему модему не передается подтверждение о приеме пакета, что вынуждает его повторить передачу пакета данных через время, задаваемое параметром [\\$ACKT](#). Таким образом, потеря данных из-за несоответствия скоростей исключена.

4.5.3 АНАЛИЗ ЗАНЯТОСТИ ЭФИРА

Во избежании потери данных, вызванных помехами и коллизиями в эфире (в случае, если несколько модемов одновременно пытаются передавать данные на одной частоте), реализован алгоритм анализа занятости эфира перед передачей данных в эфир.

Признаком занятости эфира может быть:

- наличие в эфире пакета от другого модема. Использование этого признака не предупреждает потери данных, вызванные наличием в эфире помех от любых других источников, кроме совместимых модемов;
- превышение «физического» уровня сигнала (RSSI) на антенном входе модуля установленного порога (задается командой [\\$RST](#)). Этот признак учитывает любые помехи в эфире, вызывающие повышение уровня сигнала на входе модема, независимо от их происхождения. Проверку на этот признак можно отключить сбросом бита **bRSSI_ON_CHGRANT** (команда [\\$AIR](#)).

Перед каждым выходом в режим «Передача» модуль проверяет занятость эфира. В случае, если эфир «свободен», происходит передача текущего пакета, иначе модуль ожидает его освобождения.

Процедура ожидания освобождения эфира состоит в последовательной проверке занятости эфира через случайно формируемые в определенном диапазоне промежутки времени. При этом имеется возможность задания двух вариантов диапазона, в границах которого выбирается случайный промежуток времени. Выбор варианта производится установкой бита **bCH_GRANT_x4WSLT** (команда [\\$AIR](#)). Для более продолжительного, а следовательно и более надежного анализа следует устанавливать «четырёхкратный» временной диапазон. Такая установка актуальна только при большой вероятности коллизий в сети. Если же эта вероятность мала или вовсе отсутствует (например, если система не подразумевает «самостоятельных» выходов модулей в эфир), можно обойтись и «стандартной» установкой бита **bCH_GRANT_x4WSLT**.

В случае необходимости алгоритм анализа занятости эфира можно отключить, установив бит [bBYPASS CH GRANT](#) (команда [\\$AIR](#)).

4.6 БУФЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ, ПРИНЯТЫХ ПО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМУ ПОРТУ

На входящие по RS-485 данные модем имеет внутренний буфер размером 512 байт. При максимальной длине информационного пакета (256 байт) в буфере может находиться до 2 пакетов. Применение внутреннего буфера исключает потерю

данных из-за разницы в скоростях обмена по последовательному порту и в эфире. Буфер имеет структуру FIFO («первым вошел, первым вышел»).

При передаче данных через модемы внешние устройства могут использовать стандартные протоколы передачи данных (файлов), такие как XMODEM, XMODEM 1K, ZMODEM, KERMIT и т.д. Однако, не все протоколы корректно функционируют при буферизации данных, поэтому, прежде чем использовать внешний протокол передачи данных, необходимо протестировать его работу при буферизации данных.

Состояние буфера показывает индикатор DATA – загорается синим при наличии в буфере данных для отправки в эфир. При заполнении буфера этот индикатор начинает мигать со скоростью примерно 10 раз в секунду. Как только данные из буфера отправлены в эфир (в режиме «точка-точка» - только при получении подтверждения о доставке), индикатор гаснет.

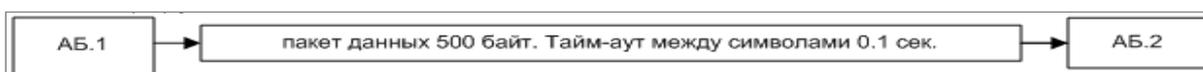
4.7 БУФЕРИЗАЦИЯ ПРИНЯТЫХ ИЗ ЭФИРА ДАННЫХ. КОНКАТЕНАЦИЯ ДАННЫХ

На принятые из эфире данные в модеме предусмотрены 2 буфера по 256 байт каждый. Каждый 256-байтный буфер может быть «виртуально» расширен до 512 байт. Таким образом, суммарный размер буфера составляет 1 Кбайт.

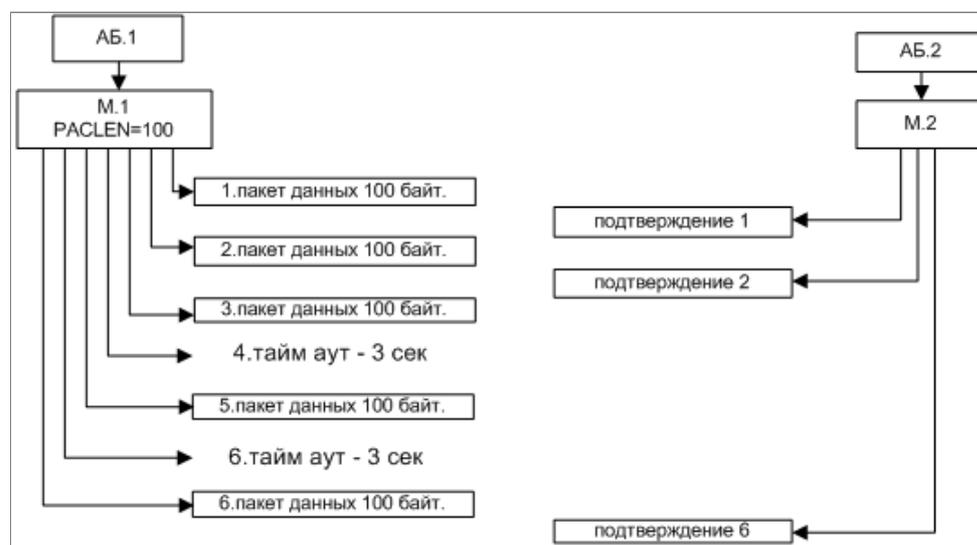
Информационный пакет от разных модемов направляется в индивидуальный буфер. В случае, если скорость обмена по эфиру намного превышает скорость обмена по последовательному порту, в приемном буфере могут содержаться до 2 информационных пакетов от разных модемов. Данные приемных буферов последовательно передаются на последовательный порт модема в порядке поступления их из эфире.

Некоторые протоколы передачи данных подразумевают тайм-аут между символами внутри непрерывного сообщения. Размер непрерывного сообщения может превышать максимальный размер пакета, передаваемого в эфир модемом. В случае неустойчивой (с повторами) связи модемов тайм-аут между последовательными пакетами может превысить тайм-аут между символами пакетов сообщения, заложенный в протокол между двумя оконечными устройствами.

На рисунке ниже оборудование соединено проводом напрямую (работает без модемов). Тайм-аут между символами пакета отсутствует.



На следующем рисунке оборудование передает данные через пару модемов.



Предположим, что из-за плохой связи не было получено подтверждения на пакеты №3 и №5. В итоге, данные размером 500 байт были доставлены, но с

промежутком 6 с. Если тайм-аут внутри сообщения меньше 6 с, то полученные данные будут не приняты АБ.2 из-за ошибки тайм-аута.

Подобная ошибка может возникнуть не только из-за повторов передач пакетов. Она может возникнуть даже при хорошей связи между модемами, но при тайм-ауте между символами внутри сообщения меньше суммы времени переключения на передачу модема и времени доставки сообщения от М.1 к М.2.

Как правило, нет возможности изменить временные параметры протокола обмена.

Для предотвращения подобных эффектов в модеме может быть использована конкатенация данных общего объема, не превышающего 512 байт. Пакеты данных, поступающие из эфира, буферизируются модемом. Время буферизации (удержания) данных модулем задается в секундах параметром LINKBUFTO ([\\$RG26](#)). Буферизация данных происходит только в том случае, если параметр [\\$RG26](#) отличен от 0, иначе данные выдаются на последовательный порт модуля по мере поступления из эфира.

В случае разрешения буферизации данных выдача принятых данных на последовательный порт модуля происходит в следующих случаях:

- **буфер размером 512 байт полон.** Приходящие данные поступают быстрее заданного тайм-аута удержания. Общий размер данных превышает или равен 512 байт;
- **получен признак «последних» данных.** В заголовке пакета передается специальный признак «наличия дополнительных данных» (НДД) или «последние данные» (ПД). Если получен признак НДД, данные записываются во внутренний буфер и запускается тайм-аут удержания. Если получен признак ПД, пришедшие данные вместе с буферизированными немедленно выдаются на последовательный порт;
- **произошел тайм-аут удержания данных в буфере конкатенации.** Если не получены данные с признаком ПД и истек тайм-аут удержания в буфере, накопленные данные передаются в последовательный порт или удаляются (бит **DelLinkDataByTimeOut** команды [\\$MDB](#)).

Если нет необходимости применять буферизацию приходящих данных из эфира, каждый 256 байтный буфер может быть «виртуально» расширен до 512 байт. Данное свойство полезно применять в том случае, если скорость по эфиру намного превышает скорость выдачи данных по последовательному порту.

Следует учитывать, что при большом количестве данных и скорости в эфире, много большей чем по последовательному порту, в любом случае возможна потеря данных в широкополосном (групповом) режиме. В этом случае необходимо либо устанавливать соизмеримые скорости по эфиру и последовательному порту, либо не посылать большие объемы данных непрерывным потоком, либо переводить обмен данными в индивидуальный режим. Как правило, установка скорости по последовательному интерфейсу большей, чем скорость в эфире, устраняет эту проблему.

Расширение буфера до 512 байт для дополнительного приема данных от конкретного модема возможно только при соблюдении следующих условий:

- в текущий момент нет свободных приемных буферов. В любом другом случае очередной пакет данных записывается в любой свободный буфер;
- в текущий момент времени среди приемных буферов есть буфер с данными от конкретного модема, находящийся в очереди на передачу в последовательный порт;
- в текущий момент времени на последовательный порт не выдается блок данных от конкретного модема;
- в принимающем модеме запрещена конкатенация данных.

Чтобы разрешить увеличение буфера до 512 байт, необходимо установить в 0 бит [\\$MDB.bVirtIncRxBufferTo512Disable](#), при этом параметр LINKBUFTO ([\\$RG26](#)) должен быть равен 0 (конкатенация запрещена).

4.8 РАБОТА МОДЕМА НА СКОРОСТИ 76 800 БОД

Модем имеет возможность работы в эфире на скорости 76 800 бод. Для этого необходимо установить бит **bHI_SPEED** (команда [\\$MDB](#)).

В этом режиме имеются следующие ограничения:

- параметры, установленные командой [\\$AR](#), игнорируются (скорость в эфире устанавливается равной 76 800 бод, девиация частоты передатчика - ± 100 кГц, ширина полосы пропускания приемника – 200 кГц);
- в качестве помехоустойчивого кодирования (FEC) нельзя использовать коды Рида-Соломона, поэтому командами [\\$DFEC](#), [\\$RFEC](#) и [\\$RAFEC](#) необходимо задать тип FEC, соответствующий коду HAM(12.8) или выключить FEC;
- по той же причине нельзя указывать параметры, соответствующие использованию кодов Рида-Соломона, в других командах (таких, как [\\$TBER](#)).

Другие ограничения при работе на скорости 76 800 бод отсутствуют.

5 УДАЛЕННАЯ КОНФИГУРАЦИЯ

В модемах имеется возможность удаленной конфигурации.

Под удаленной конфигурацией подразумевается способность модема выполнять принятые от другого модуля по радио команды, не относящиеся к процессу передачи данных.

Для понимания процесса удаленной конфигурации вводится понятие *профиля*. Под профилем понимается набор и структура всех параметров модема, необходимых для его работы. Профиль модема хранится в энергонезависимой памяти (ЭНОЗУ).

Команды удаленной конфигурации передаются в режиме точка-точка (с соответствующим автоматическим подтверждением).

Удаленная конфигурация модуля может быть осуществлено только с помощью совместимого модема.

5.1 РЕДАКТИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ

Редактирование профиля возможно как в командном, так и в пакетном режиме.

В командном режиме обновление профиля происходит с помощью мнемонических текстовых команд. В этом случае пользователю нет необходимости знать структуру и взаимосвязь данных в профиле: все изменения делаются с помощью текстовых команд, а взаимосвязь параметров осуществляется автоматически.

В пакетном режиме обновление профиля осуществляется двумя командами – считывание и запись. Редактирование происходит вне модуля. Профиль может быть обновлен не полностью. Обновление профиля происходит, начиная с начального адреса. Если профиль, предназначенный для записи, содержит *n* байт (*n* < размера профиля), будут обновлены первые *n*-байт профиля. Для редактирования профиля в пакетном режиме необходимо четко представлять структуру и взаимосвязь данных в профиле.

5.1.1 СТРУКТУРА ПРОФИЛЯ

Параметр	Кол-во байт	Адрес	Примечание
Основные параметры			
MYID	2	0x00	Собственный адрес модуля (команда \$MYID)
TXID	2	0x02	Адрес получателя (команда \$TXID)
AIR_SYS1	1	0x04	Системный регистр. Биты 7...5: уровень RSSI (команда \$RST). Биты 4...3: выходная мощность (\$PWR). Биты 2...0: скорость передачи данных (\$AR).
AIR_SYS2	1	0x05	Системный регистр. Бит 7...5: тип FEC, задаваемого командой \$RAFEC без признака перемежения. Бит 4: признак режима передачи данных без установления соединения. Биты 3...0: параметры, заданные командой \$MNL .
AIR_SYS3	1	0x06	Системный регистр. Бит 7: признак включения перемежения для команды \$DFEC (0 – перемежение включено, 1 - выключено). Биты 6...4: тип FEC, задаваемого командой \$DFEC . Бит 3: признак включения перемежения для команды \$RFEC (0 – перемежение включено, 1 - выключено). Биты 2...0: тип FEC, задаваемого командой \$RFEC .
AIR	1	0x07	Параметры, заданные командой \$AIR
MDA	1	0x08	Параметры, заданные командой \$MDA
MDB	1	0x09	Параметры, заданные командой \$MDB
COM	1	0x0A	Параметры, заданные командой \$COM
ACKT	1	0x0B	Параметры, заданные командой \$ACKT

PACLEN	1	0x0C	Параметры, заданные командой \$PLEN
RETRY	1	0x0D	Параметры, заданные командой \$RETRY
MAXPAC	1	0x0E	Параметры, заданные командой \$MAXP
DCD_MODE	1	0x0F	Параметры, заданные командой \$DCD
PACTIME	1	0x10	Параметры, заданные командой \$PACT
RESPTIME	1	0x11	Параметры, заданные командой \$RESPT
BCMAX	1	0x12	Параметры, заданные командой \$BPM
BCTIME	1	0x13	Параметры, заданные командой \$BPT
RPTNUM	1	0x14	Параметры, заданные командой \$RPTN
EODS	1	0x15	Параметры, заданные командой \$EODS

Технологические параметры

Далее описываются 2-х байтные битовые идентификаторы, расположение которых соответствует следующим правилам:

- старший байт расположен по младшему адресу;
- каждый бит 16 разрядного слова отвечает за одну ячейку таблицы;
- в старшем байте биты отвечают за ячейки 15...08, в младшем - за ячейки 07...00.

XID_ID	2	0x16	Идентификаторы таблицы для расширенных возможностей по приему и ретрансляции пакетов. Значение бита XID_ID _{xx} : 0 - ячейка XX содержит адрес PID ; 1 - ячейка XX содержит адрес RID .
ACCEPT	2	0x18	Идентификаторы приема/не приема пакетов с активизированной маской. Значение бита ACCEPT _{xx} : 0 - не принимать пакет S ₁ ="-" (см. команды \$RID , \$PID); 1 - принимать пакет S ₁ ="+ " (см. команды \$RID , \$PID); Если ячейка не содержит маску для анализа РП, соответствующий бит регистра ACCEPT не имеет смысла.
RPT_DIR	2	0x1A	Идентификаторы адреса при ретрансляции пакетов. Значение бита RPT_DIR _{xx} : 0 - при ретрансляции тестируется адрес отправителя пакета; 1 - при ретрансляции тестируется адрес получателя пакета; Если ячейка не содержит идентификатор повторителя (RID), соответствующий бит регистра RPT_DIR не имеет смысла.
RPTOMASK	2	0x1C	Признаки разрешения ретрансляции пакетов со значением «0» в области РП. Значение бита RPTOMASK _{xx} : 0 - не повторять пакеты с нулевым значением РП; 1 - не повторять пакеты с нулевым значением РП. Если ячейка не содержит идентификатор повторителя (RID), соответствующий бит регистра RPT_DIR не имеет смысла.
MASK_OR	2	0x1E	Идентификаторы логической операции «ИЛИ» между запрограммированной маской и РП пакета. Значение бита MASK_OR _{xx} : 0 - операция «ИЛИ» не активирована; 1 - операция «ИЛИ» активирована.
MASK_AND	2	0x20	Идентификаторы логической операции «И» между запрограммированной маской и РП пакета. Значение бита MASK_AND _{xx} : 0 - операция «И» не активирована; 1 - операция «И» активирована.

Взаимосвязь соответствующих битов для ячейки XX в регистрах MASK_OR и MASK_AND:

MASK_AND_{xx} = 0, MASK_OR_{xx} = 0 - ячейка XX не содержит активной маски: в случае, если идентификатор ячейки PID, это означает активизацию виртуального адреса базовой станции.

MASK_AND_{xx} = 0, MASK_OR_{xx} = 1 - ячейка XX содержит активную маску, которая обрабатывается с РП пакета операцией «ИЛИ».

MASK_AND_{xx} = 1, MASK_OR_{xx} = 0 - ячейка XX содержит активную маску, которая обрабатывается с РП пакета операцией «И».

MASK_AND_{xx} = 1, MASK_OR_{xx} = 1 - ячейка XX не содержит активного идентификатора (пустая ячейка).

Технологические параметры общего назначения

PIN_CFG1	1	0x22	Конфигурация внешних контактов модуля. Байт N1.
PIN_CFG2	1	0x23	Конфигурация внешних контактов модуля. Байт N2.

PREDCDTIME	1	0x24	Время пред установки сигнала DCD(485_DE) в режимах DCD232 и RS485, ½ бит			
POSTDCDTIME	1	0x25	Время пост установки сигнала DCD(485_DE) в режимах DCD232 и RS485, ½ бит			
LINKBUFTO	1	0x26	Время удержания данных в приемном буфере, ×1 с			
DATAOPENT	1	0x27	Назначение временно не определено			
RPT_DELAY	1	0x28	Время удержания данных повторителем, ×10мс			
RS485_GTIME	1	0x29	Защитный интервал для предотвращения коллизий в режиме DCD232 и RS-485, × 5 мс			
Адреса в ячейках таблицы расширенного приема и ретрансляции пакетов.						
ID_00	2	0x2A	Старшая часть адреса расположена по «младшему» адресу. Адрес ID_XX соответствует XX ячейке.	ID_08	2	0x3A
ID_01	2	0x2C		ID_09	2	0x3C
ID_02	2	0x3E		ID_10	2	0x3E
ID_03	2	0x30		ID_11	2	0x40
ID_04	2	0x32		ID_12	2	0x42
ID_05	2	0x34		ID_13	2	0x44
ID_06	2	0x36		ID_14	2	0x46
ID_07	2	0x38		ID_15	2	0x48
Маска для анализа РП пакета						
MASK_00	1	0x4A		MASK_08	1	0x52
MASK_01	1	0x4B		MASK_09	1	0x53
MASK_02	1	0x4C		MASK_10	1	0x54
MASK_03	1	0x4D		MASK_11	1	0x55
MASK_04	1	0x4E		MASK_12	1	0x56
MASK_05	1	0x4F		MASK_13	1	0x57
MASK_06	1	0x50		MASK_14	1	0x58
MASK_07	1	0x51		MASK_15	1	0x59
Частота передатчика и приемника						
T_FREQ	2	0x5A	Частота передатчика. Задается в единицах, кратных 1 кГц, начиная с частоты 433000 кГц: 433000 = 0x0000 433001 = 0x0001 434000 = 0x03E8 435000 = 0x07D0			
R_FREQ	2	0x5C	Частота приемника. См. T_FREQ			

5.2 ТЕСТИРОВАНИЕ КАНАЛА СВЯЗИ С УДАЛЕННЫМ МОДЕМОМ

Для проверки качества связи между модемами введена команда тестирования [\\$TBER](#). С помощью данной команды можно передать BER пакеты (специальные пакеты для подсчета соотношения количества ошибок на бит) удаленному модему.

Такое тестирование удобно использовать для исследования качества канала связи при необходимости изменения его параметров (например, перед сменой рабочей частоты и/или скорости данных в эфире). При этом появляется возможность убедиться, что связь с новыми параметрами будет надежна, перед тем как окончательно менять параметры.

6 ФОРМАТ ПАКЕТА В ЭФИРЕ. ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ

Перед передачей в эфир данные проходят следующие этапы предварительной обработки:

- проверка входных данных на формат 7 бит. Сжатие пакета в случае положительного результата тестирования;
- разбиение пакета на 32-байтные блоки и вычисление 8-битной контрольной суммы для каждого блока;
- добавление избыточности (помехоустойчивое кодирование) в случае активации этой функции;
- перемежение информации внутри 32-байтного блока (в случае активации);
- рандомизация (в случае активации).

Модем автоматически проверяет каждый блок данных, готовый для передачи, на наличие в нем только 7-битных слов. Если все байты в информационном блоке являются 7-битными (старший бит равен 0), происходит сжатие массива (старшие «0» удаляются). В случае приема из эфира информационного пакета с 7-битными словами, происходит обратная процедура перевода 7-битных слов в 8-битные. Таким образом, при передаче, например, 64 любых символов в диапазоне (0x00...0x7F) информационное поле сообщения «сжимается» до 56 байт по сравнению с обычными 8 битными символами. При передаче 256 7-битных слов выигрыш составит 32 байта.

После проверки данных на формат 7 бит информация разбивается на блоки по 32 байта. Если последний блок меньше 32 байт, он также считается блоком (дополнение до 32 байт не происходит).

Далее для каждого блока вычисляется 8-битная контрольная сумма (CRC8), которая передается в эфир после информационного блока. Применение контрольной суммы обеспечивает гарантированное обнаружение одиночных пакетов ошибок длиной до 8 бит, а также 99,998% комбинаций всех других пакетов ошибок.

После добавления контрольной суммы каждый блок данных кодируется помехоустойчивым кодом (если эта функция активизирована) и производится его перемежение (если эта функция активизирована).

6.1 ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ

Для уменьшения повторных передач информационных пакетов и, следовательно, для увеличения пропускной способности радиоканала, а также для более надежной передачи данных в модемах, кроме использования подтверждений, можно использовать прямое исправление ошибок. Для этого реализованы несколько способов помехоустойчивого кодирования (FEC): 4 вида кодов Рида-Соломона (RS) и код Хэмминга (HAM).

Признак используемого кода передается в заголовке пакета, поэтому нет необходимости устанавливать одинаковый тип кода на приемном и передающем модулях – любой модем автоматически распознает пакеты с любым типом кода.

Сравнительные характеристики кодов приведены в следующих таблицах.

RS (7,5)	Каждый элемент состоит из 3 информационных бит. Каждое кодовое слово состоит из 7 элементов: 5 информационных (15 бит) и 2 проверочных (6 бит). Мощность кода – исправление 1 ошибки в 1 кодовом слове (3 информационных бита). Число информационных бит для кода RS(7,5) в блоке не кратно 32 байт (256 бит), поэтому блок состоит из 18 кодовых слов или 270 бит, что эквивалентно 33,75 байт полезной информации.
RS (7,3)	Каждый элемент состоит из 3 информационных бит. Каждое кодовое слово состоит из 7 элементов: 3 информационных (9 бит) и 4 проверочных (12 бит). Мощность кода – исправление 2 ошибок в 1 кодовом слове (6 информационных бит). Число информационных бит для кода RS(7,3) в блоке не кратно 32 байт (256 бит), поэтому блок состоит из 29 кодовых слов или 261 бит, что эквивалентно 32,625 байт полезной информации.

RS (15,11)	Каждый элемент состоит из 4 информационных бит. Каждое кодовое слово состоит из 15 элементов: 11 информационных (44 бит) и 4 проверочных (16 бит). Мощность кода – исправление 2 ошибок в 1 кодовом слове (8 информационных бит). Число информационных бит для кода RS(15,11) в блоке не кратно 32 байт (256 бит), поэтому блок состоит из 6 кодовых слов или 264 бит, что эквивалентно 33 байт полезной информации.
RS (15,9)	Каждый элемент состоит из 4 информационных бит. Каждое кодовое слово состоит из 15 элементов: 9 информационных (36 бит) и 6 проверочных (24 бит). Мощность кода – исправление 3 ошибок в 1 кодовом слове (12 информационных бит). Число информационных бит для кода RS(15,9) в блоке не кратно 32 байт (256 бит), поэтому блок состоит из 8 кодовых слов или 288 бит, что эквивалентно 36 байт полезной информации.
HAM(12,8)	Каждый элемент состоит из 1 информационного бита. Каждое кодовое слово состоит из 12 элементов: 8 информационных (8 бит) и 4 проверочных (4 бит). Мощность кода – исправление 1 ошибки в 1 кодовом слове (1 информационный бит) и обнаружение 2 ошибок. Число информационных бит для кода HAM(12,8) в блоке кратно 3 байт (256 бит), поэтому блок состоит из 32 кодовых слов, что эквивалентно 32 байтам полезной информации.

Кодирование	Число исправляемых ошибок с перемежением в блоке на 32 байта (непрерывный пакет),				Скорость кода
	символов в кодовом слове	ошибок без перемежения, бит	Бит	Байт	
RS (7,5)	1	3	54	6,75	0,714
RS (7,3)	2	6	174	21,75	0,429
RS (15,11)	2	8	48	6	0,733
RS (15,9)	3	12	96	12	0,600
HAM(12,8)	1	1	32	4	0,667
Без кодирования	0	0	0	0	1,000

Использование FEC приводит к снижению «информационной» скорости данных в эфире. Коэффициент снижения называется «скоростью» кода. Например, при использовании кода RS(7,3) при «физической» скорости в эфире 38 400 бод получим «информационную» скорость $38\,400 \times 0,429 = 16\,474$ бод. Несмотря на снижение скорости, использование FEC может быть оправдано, поскольку уменьшает количество повторных пакетов, таким образом снижая общее время, требуемое для доставки информации.

В модеме реализована возможность выбирать тип используемого кода независимо для информационных пакетов, отправляемых в эфир, для ретранслируемых пакетов, и для пакетов, отправляемых в ответ на команды для удаленной конфигурации. Выбора типа кода производится следующими командами:

\$DFEC | Выбор типа кода для передаваемых в эфир информационных данных.

\$RFEC | Выбор типа кода, используемого при ретрансляции пакета. Каждый активный ретранслятор использует установленный тип кода при ретрансляции пакетов. Таким образом, можно гибко выбирать способы кодирования в зависимости от условий приема в различных сегментах сети передачи данных, увеличивая тем самым пропускную способность.

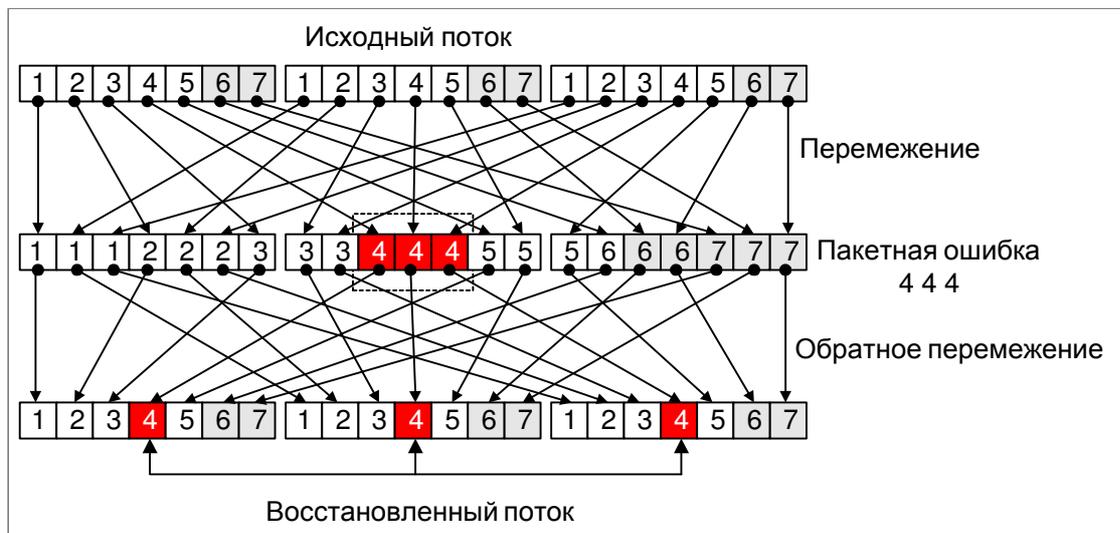
\$RAFEC | Выбор типа кода для данных, посылаемых в качестве ответа на команду удаленного конфигурирования. Не рекомендуется выключать помехоустойчивый код в этом случае.

6.2 ПЕРЕМЕЖЕНИЕ

На практике часто искажаются не отдельные биты передаваемых данных, а целые последовательности информационных бит (затухание и переотражение

сигнала, кратковременные активные помехи), поэтому при использовании FEC эффективно применение перемежения информационных и проверочных символов.

Процедура перемежения иллюстрируется на следующем рисунке для кода RS(7,5). Процесс перемежения для остальных кодов аналогичен.



Процесс перемежения заключается в передаче сначала первых элементарных символов каждого кодового слова, потом вторых, третьих и так далее.

В случае возникновения пакетной ошибки после процедуры деперемежения ошибки равномерно распределятся в каждом кодовом слове. При этом повышается вероятность исправления ошибок в принятых данных.

Включение/выключение процедуры перемежения для различных пакетов независимо (как и при выборе типа FEC) осуществляется заданием аргументов «I» (Interleaving – перемежение включено) и «N» (перемежение включено) в командах [\\$DFEC](#), [\\$RFEC](#) и [\\$RAFEC](#).

При выборе типа FEC и активации перемежения необходимо учитывать характер помех в эфире, а также конкретное приложение или режим работы модуля. Например, в режиме «точка-точка», когда неправильно принятый пакет будет ретранслирован, как правило целесообразно использовать менее мощные коды или вовсе обойтись без них. В режиме же «точка - много точек» (широковещательный) гарантия доставки данных отсутствует и для повышения вероятности доставки оправдано использование того или иного типа FEC.

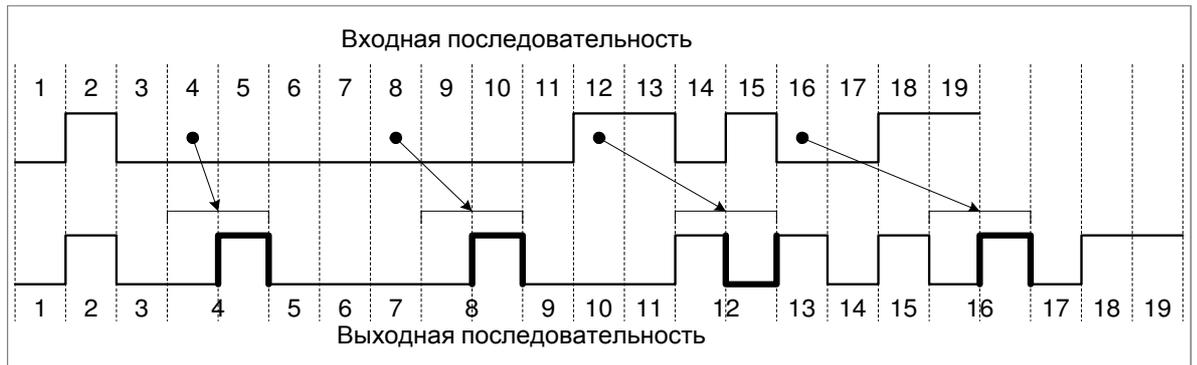
6.3 РАНДОМИЗАЦИЯ (СКРЕМБЛИРОВАНИЕ)

Для корректного функционирования приемника модема при выделении данных из эфира поток данных не должен иметь длинных (более 8 бит) последовательностей «0» или «1». Для обеспечения этого условия реализована возможность включить рандомизатор (скремблер) при формировании пакета, отправляемого в эфир.

Рандомизатор построен на основе 16-битного генератора псевдослучайной последовательности (ПСП). Вероятность наличия в потоке данных длинных последовательностей «0» или «1» уменьшается. Для включения/выключения рандомизатора используется соответствующий бит, устанавливаемый командой [\\$AIR](#).

Рандомизация не может полностью исключить вероятность появления в потоке длинных последовательностей «0» или «1», поэтому с целью повышения надежности при приеме данных в модуле реализована функция принудительной вставки в поток данных «перепадов» уровней. Для этого некоторые биты в потоке данных дублируются своими инверсными значениями. Командой [\\$MNL](#) задается количество бит (от 0 до 15), передаваемых в эфир без изменений, после чего в выходной поток вставляется 1 бит, являющийся инверсией предыдущего. Таким образом, выходной поток данных будет обязательно иметь необходимые перепады. Естественно, при этом немаленько

снижается эффективная скорость в эфире. Пример функционирования команды [\\$MNL=4](#) иллюстрируется на следующем рисунке.



Рекомендуемое значение параметра [\\$MNL](#) – 8 (если не включена рандомизация) или 15 (если рандомизация включена).

7 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Значения технологических параметров модема располагаются в энергонезависимой памяти (ЭНОЗУ). Часть из них - начиная с адреса 0xF0 - не являются частью профиля и поэтому не могут быть изменены удаленно. Эти параметры также не затрагиваются командой [\\$IEE](#) и могут быть изменены только командой [\\$RG](#). Далее приведен список технологических параметров.

Регистр	Значение
\$RGF0	Признак включения коррекции частоты приемопередатчика
\$RGF1	Корректирующее значение частоты приемопередатчика
\$RGFC...\$RGFF	Данные для команды \$TEST

7.1 КОРРЕКЦИЯ ЧАСТОТЫ ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА

Из-за разброса параметров электронных компонентов значение рабочей частоты встроенного приемопередатчика модема может быть несколько смещено от номинального значения (на единицы килоггерц). Для устранения таких смещений предусмотрена возможность коррекции рабочей частоты.



Коррекция производится только при производстве модемов, ее невозможно правильно осуществить без специального оборудования, поэтому не меняйте установленные изготовителем параметры коррекции.

Для коррекции необходимо активизировать режим коррекции, установив значение регистра по адресу [\\$F0](#) в значение 0x78 (120 dec). При любом другом значении [\\$F0](#) коррекция частоты не производится.

При включенном режиме коррекции рабочая частота встроенного приемопередатчика смещается на величину, задаваемую регистром по адресу [\\$F1](#). Значение смещения задается в единицах, кратных 500 Гц с учетом знака.

Для вычисления значения смещения следует:

- измерить фактическое значение рабочей частоты F_p при выключенной коррекции или при нулевом смещении [\\$F1=000](#). Для этого удобно включить режим «Тест» с выдачей в эфир последовательности 101010... (см. раздел «[\\$TEST](#) - перевод модуля в режим «Тест»»);
- определить с точностью 500 Гц ошибку $\Delta F = F_p - F_n$ (отклонение от номинальной частоты F_n , заданной командой [\\$FREQ](#));
- вычислить значение смещения (в единицах) $\Delta = \Delta F / 500$ Гц;
- прибавить к полученному значению 128, если отклонение положительное.

Полученное значение теперь нужно записать в регистр [\\$F1](#), включить режим коррекции (если он еще не включен) и перезапустить модем.

Например, если фактическая (измеренная) частота модуля (без коррекции) равна 434 002,6 кГц при заданной 434 000 кГц, то смещение равно $(2500 / 500) + 128 = 5 + 128 = 133$ (2 600 Гц округлили до ближайшего кратного 500 Гц).

Другой пример: фактическая (измеренная) частота модуля (без коррекции) равна 433998,8 кГц при заданной 434000 кГц. Смещение в этом случае равно $(1000 / 500) = 2$ (1200 Гц округлили до ближайшего кратного 500 Гц).

7.2 ДАННЫЕ ДЛЯ КОМАНДЫ [\\$TEST](#)

По адресам [\\$FC...\\$FF](#) располагаются данные, которые в режиме «ТЕСТ» (или по команде [\\$TEST 3](#)) передаются циклически в эфир.

8 АДРЕСАЦИЯ И ПРИМЕРЫ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТЕЙ

8.1 АДРЕСАЦИЯ

Каждый модем имеет два адреса:

- адрес отправителя (собственный), задается командой [\\$MYID](#)
- адрес получателя, задается командой [\\$TXID](#).
-

Возможно использование 65535 адресов в диапазоне 0000...FFFF (hex), 65024 из которых являются индивидуальными, 511 - групповыми и 1 - широковещательный.

Адрес является широковещательным, если он равен FFFF.

Адрес является групповым, если он начинается или заканчивается шаблоном FF. Все остальные адреса являются индивидуальными.

Адрес получателя может быть индивидуальным, групповым или широковещательным.

Адрес отправителя может быть только индивидуальным.

Модемы в сети могут быть объединены в группы, в группе может быть до 255 модемов, две первые или две последние цифры их собственного адреса должны быть одинаковыми. Например, модемы адреса 1200, 1201,...12FE образуют группу: для передачи данных всем адресатам данной группы необходимо адресу получателя присвоить значение 12FF.

Все пакеты, передаваемые в эфире, содержат информацию об адресах отправителя и получателя. На основании этой информации каждый модем может судить об отправителе и назначении каждого пакета. Таким образом, нет необходимости в отдельном признаке способа распределения данных между модулями («точка-точка», «групповой» или «широковещательный») - режим работы задается только адресами.

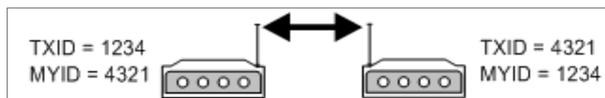
Например, если один из модемов имеет TXID=12FF, его пакеты будут считать «своими» и передавать принятые данные на последовательный порт RS-485 все модемы, адреса MYID которых начинаются с 12. Пакеты от модема с TXID=0205 будут «принимать» (выдавать на свой порт RS-485) только модем с адресом MYID=0205.

Два или более модема, работающие в одной сети, не должны иметь одинаковый MYID.

8.2 РЕЖИМ «ТОЧКА-ТОЧКА» С УСТАНОВЛЕНИЕМ СОЕДИНЕНИЯ

Этот режим применим для организации канала связи между двумя точками при необходимости обеспечения гарантии доставки данных.

Для реализации такого режима следует настроить адреса MYID и TXID двух модемов «крест-накрест»: TXID первого равен MYID второго и наоборот.



В данном режиме гарантируется доставка данных адресата (или констатируется невозможность доставки): отослав пакет, модем в течение тайм-аута, заданного параметром [\\$ACKT](#), ожидает подтверждения приема со стороны получателя и при неполучении подтверждения повторяет передачу пакета.

Для увеличения пропускной способности канала передачи данных можно задать посылку нескольких информационных пакетов подряд с ожиданием группового подтверждения. Количество передаваемых таким образом (без ожидания подтверждения) пакетов задается командой [\\$MAXP](#) на передающем модеме.

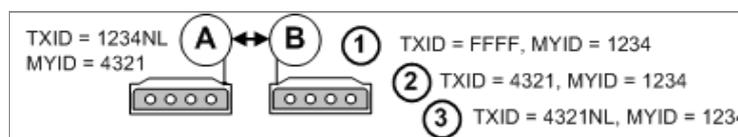
На приемном модеме можно изменять время задержки отправки подтверждения-параметр [\\$RESPT](#).

В режиме «точка–точка» с установлением соединения принимающий модем подтверждать полученный пакет либо специальным коротким пакетом, либо включает подтверждение в свой информационный пакетом, если таковой имеется для передачи.

Если нужно добиться максимальной пропускной способности канала между модемами, необходимо настроить оба модема на режим с установлением соединения и, в зависимости от скорости и частоты поступления данных на последовательный порт каждого из модулей, подобрать параметры [\\$MAXP](#) и [\\$RESPT](#).

8.3 РЕЖИМ «ТОЧКА-ТОЧКА» БЕЗ УСТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЯ

Данный режим более предпочтителен по сравнению с режимом с установлением соединения, если скорость абонента более важна, чем время, занимаемое фазами обмена информацией.

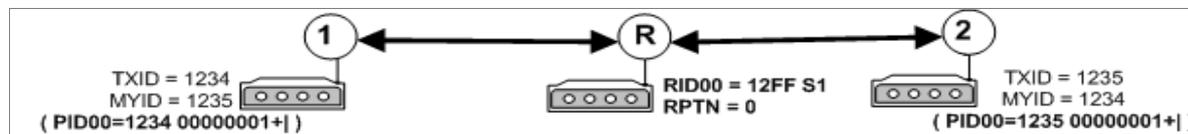


В данном режиме гарантируется доставка данных адресата (или констатируется невозможность доставки): отослав пакет, модем в течение тайм-аута, заданного параметром [\\$ACKT](#), ожидает подтверждения приема со стороны получателя и при неполучении подтверждения повторяет передачу пакета.

В случае, если модем А находится в пакетном режиме, время передачи данных абоненту В много меньше, чем в случае установки соединения, т.к. отсутствуют стадии установления и завершения соединения. Однако, в отличие от режима с установлением соединения, процесс передачи данных работает по схеме «данные-подтверждение», т.е. данные подтверждаются только специальным коротким пакетом, подтверждение информационным пакетом невозможно.

Также следует заметить, что в данном режиме любой модем может поддерживать несколько виртуальных соединений в режиме «точка-точка» в случае необходимости построения многоточечной сети, что увеличивает вероятность прохождения информационных пакетов, однако несколько снижает общую пропускную способность радиоканала.

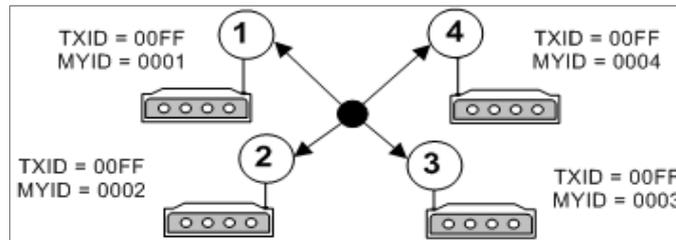
8.4 РЕЖИМ «ТОЧКА – ТОЧКА» С ПОВТОРИТЕЛЕМ



Если задать параметры, показанных на рисунке без скобок, получится конфигурация не исключающая приема модемами 1 и 2 «прямых» пакетов друг от друга.

Чтобы отфильтровать прием таких пакетов (и избежать дублирования данных при прямом приеме), можно следует добавить установки, приведенные на рисунке в скобках. В этом случае модули 1 и 2 будут реагировать только на ретранслируемые пакеты. Такая конфигурация удобна при ненадежной «прямой» связи между модулями, когда связь то появляется, то исчезает.

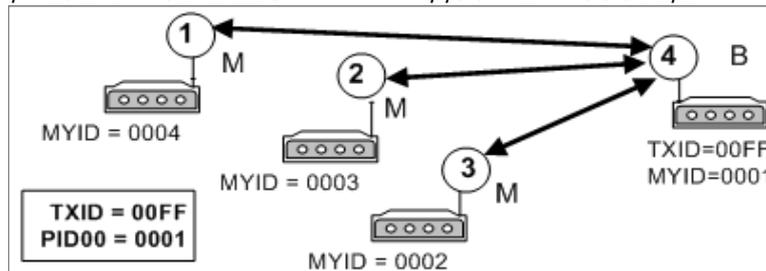
8.5 РЕЖИМ «ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ» БЕЗ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ («МНОГОТОЧЕЧНЫЙ»)



Модули 1, 2, 3, 4 являются равноправными членами сети и могут принимать пакеты друг от друга: все «слышат» всех.

8.6 РЕЖИМ «ТОЧКА-МНОГО ТОЧЕК» С ОДНОЙ БАЗОВОЙ СТАНЦИЕЙ

8.6.1 ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНАЯ СЕТЬ БЕЗ ГАРАНТИИ ДОСТАВКИ СООБЩЕНИЙ

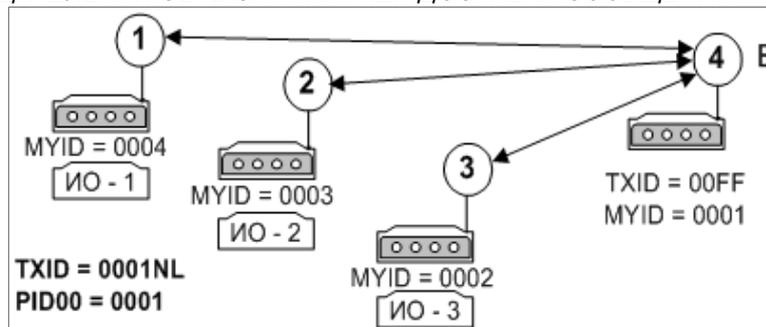


Модемы 1, 2, 3 принимают пакеты только от модема 4 и игнорируют пакеты друг от друга, т.к. для этих модемов задан активный PID, равный MYID модема 4.

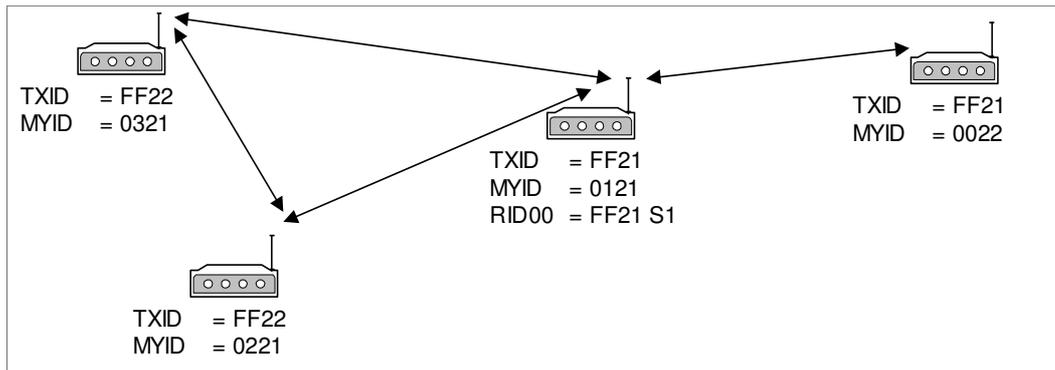
Модем 4 принимает пакеты от всех модулей, т.к. не имеет ни одного активного PID.

Модемы 1, 2, 3 работают в режиме «Прозрачный». Базовый модем 4 может работать как в режиме «Прозрачный», так и в режиме «Пакетный #1».

8.6.2 ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНАЯ СЕТЬ С ГАРАНТИЕЙ ДОСТАВКИ СООБЩЕНИЙ



Данный режим является более предпочтительным и наиболее применим в реальных условиях, чем широковещательный режим с одной базовой станцией без гарантии доставки сообщения. Конфигурация аналогична предыдущему варианту, за исключением того, что модули 1, 2 и 3 входят в адресный режим с базовым модулем при передаче данных от исполнительного оборудования (ИО). В этом случае информация от ИО гарантированно передается в ответ на запрос базового модуля. Проблем с множественным соединением не возникает, т.к. каждый модуль может поддерживать одновременно несколько виртуальных соединений в режиме точка-точка без установления соединения.

8.7 РЕЖИМ «ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ» С ПОВТОРИТЕЛЕМ

9 РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИЕМА И РЕТРАНСЛЯЦИИ ПАКЕТОВ

В модеме предусмотрены расширенные возможности для ретрансляции и приема пакетов: дополнительный анализ пакета по полученному ретрансляционному полю (РП) с целью его дальнейшей ретрансляции и/или приема, а также введение виртуальных базовых станций.

Любой пакет, предназначенный для расширенной ретрансляции или приема, идентифицируется адресом, занимающим одну ячейку во внутренней таблице модема. Всего может быть запрограммировано 16 различных ячеек.

В адресе ячейки может быть как индивидуальный адрес, так и маска на подгруппу или целую группу. Наличие маски (значение 0xFF) означает, что не будет происходить сравнение старших и/или младших значений адресов полученного пакета и адреса ячейки, а окончательное решение будет основываться на сравнении частей адресов, не «закрытых» маской.

Каждая ячейка может содержать любой идентификатор адреса (ретрансляция, прием или базовая станция). Таким образом, ячейки необходимо распределять между идентификаторами, исходя из реальной необходимости и по возможности назначать адресацию в радиосети таким образом, чтобы была возможность введения не индивидуальных адресов, а групповых или ширококвещательных. Идентификатор каждой ячейки автоматически присваивается при выполнении команд [\\$RID](#) и [\\$PID](#).

Каждая ячейка может содержать специальную маску для анализа ретрансляционного поля (РП) пакета. При программировании маски предусмотрены две логические операции: «ИЛИ» (символ «|») и «И» (символ «&»). Если маской необходимо выделить один или несколько ретрансляторов, указанных в РП пакета, то используется операция «ИЛИ», если группу – операция «И».

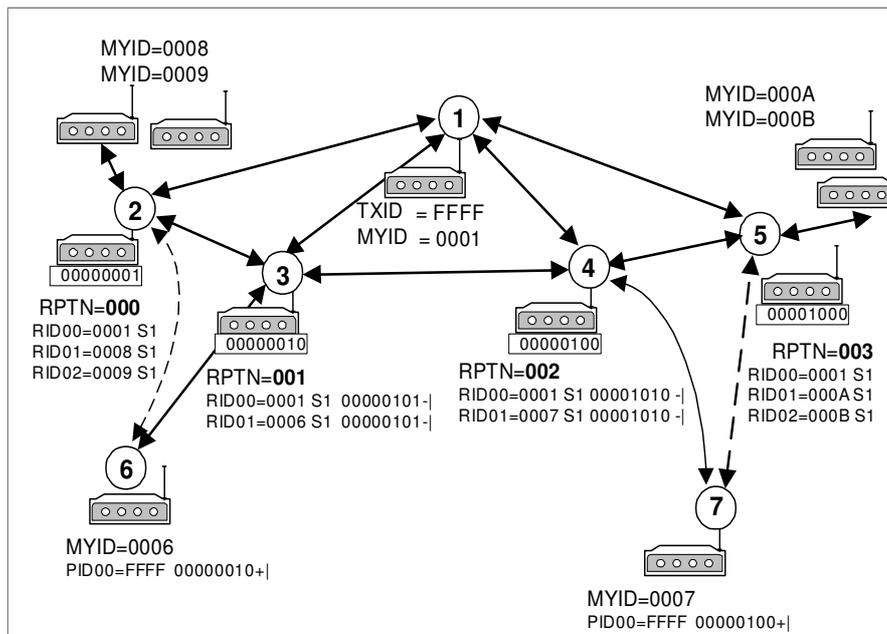
Если пакет от ретранслятора (группы ретрансляторов) должен быть обработан, необходимо в команде задания маски указать знак обработки «+», иначе - «-».

Всего может быть введено до 16 адресов RID. При программировании адресов [\\$RIDxx](#) вводятся следующие параметры:

- признак адреса повторяемого пакета (адрес отправителя/адрес получателя);
- признак разрешения на повтор пакета с РП, равным «0»;
- специальная маска и логическая операция, которая определяет действие между запрограммированной маской и полученным РП пакета.

Рассмотрим пример необходимости анализа РП пакета на предмет повторения, учитывая специальную маску.

В случае, если два ретранслятора находятся в недалеко друг от друга, могут иметь место избыточные повторы пакетов. Данная ситуация иллюстрируется на рисунке ниже.



Модемы 3 и 4 «слышат» друг друга и работают в режиме ретрансляторов пакетов для модемов 6, 7 от базового модема 1.

В данной ситуации модем 3 повторит прямой пакет от модема 1 и пакет, ретранслированный модемами 2 и 4. Соответственно, модем 2 повторит пакеты от 1 и 3 и 5. Таким образом, в эфир будут переданы 4 лишних ретранслированных пакета.

Для исключения лишних ретрансляций имеется возможность установить маску на ретрансляцию (запрет ретрансляции) уже ретранслированных пакетов другими ретрансляторами или группой ретрансляторов.

Установка масок у модемов 3 и 4 в значение, показанное на рисунке, приведет к тому, что модем 3 не будет ретранслировать пакеты, если они ретранслированы модемами 2 или 4, а модем 4 не будет ретранслировать пакеты, если они ретранслированы модемами 3 или 5. В результате из эфира будут исключены 4 лишних пакета.

Если маска активирована и запрограммирована на *ретрансляцию* пакетов и совпадает с РП принятого пакета, подлежащего ретрансляции, окончательное решение о ретрансляции данного пакета принимается после анализа адресов RIDxx.

Если маска активирована и запрограммирована на *запрет ретрансляции* пакетов и совпадает с РП принятого пакета, подлежащего ретрансляции, анализ адресов RIDx не происходит и пакет, подлежащий ретрансляции, не ретранслируется.

Примеры программирования маски:

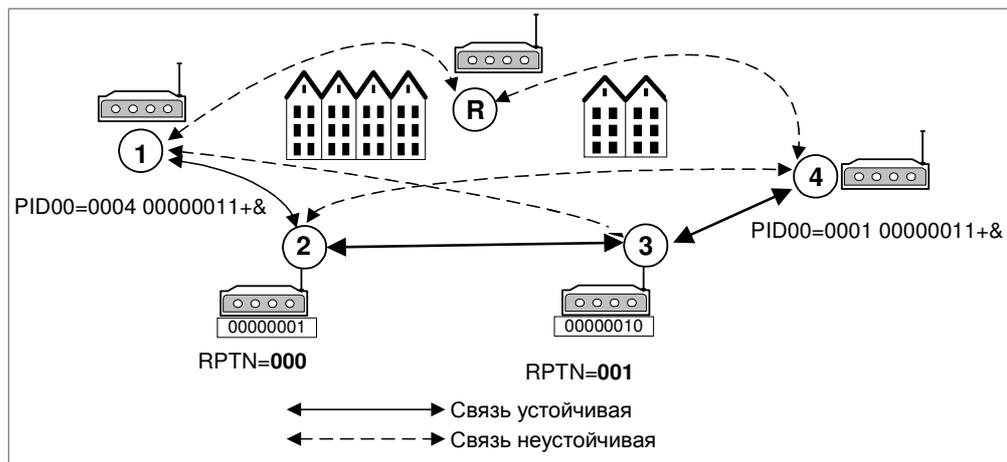
Команда	Значение
RID01=0001 S1 10100000+&	Ретранслировать пакеты от абонента 0001 только, если данный пакет уже ретранслирован ретрансляторами 5 И 7. В любом другом случае данный пакет не ретранслируется.
RID15=0001 D1 10100000-&	Не ретранслировать пакеты, предназначенные абоненту 0001, которые уже ретранслированы ретрансляторами 5 И 7. В любом другом случае данный пакет ретранслируется.

немедленной реакции и поэтому возможно заполнение эфира лишними пакетами, что уменьшит общую пропускную способность канала.

Для исключения приема повторных (со стороны ретранслятора), ранее принятых не через ретранслятор или уже принятых через другой ретранслятор пакетов, имеется возможность установить маску на прием/игнорирование пакетов только от определенных ретрансляторов или группы ретрансляторов.

Программирование приема пакета от определенных ретрансляторов осуществляется командой **\$PIDxx**. Всего может быть запрограммировано до 16 значений PID. Синтаксис ввода и логика маски аналогична маске при анализе РП процесса ретрансляции пакетов.

Рассмотрим предыдущий пример:



В случае отсутствия у модема 1 маски на прием и при передаче абонентом 4 абоненту 1 индивидуального сообщения, абонент может получить два запроса - от ретранслятора 2 и ретранслятора 3. В итоге в эфир будет передано 2 кадра подтверждения. Модем 4 корректно отработает данную ситуацию, однако общая скорость передачи уменьшится.

При установке у абонента 1 маски в значение 00000011+& модем 1 передаст подтверждение на информационный пакет от модема 4 только в том случае, если данный информационный пакет пройдет путь «4–3–2». В любых других случаях модем 1 на информационный пакет от абонента 4 реагировать не будет.

Установка маски в значение 00000011+& у абонента 4 имеет такой же смысл при передаче информационного кадра, требующего подтверждения, от абонента 1 к абоненту 4.

Примеры программирования маски:

Команда	Значение
\$PID00 = 0001 10100000+&	Принимать пакет(ы) от абонента 0001 только, если он был ретранслирован ретрансляторами #5 И #7. В любом другом случае данный пакет игнорируется.
\$PID10 = 0004 10100000-&	Не принимать пакет от абонента 0004, который был ретранслирован ретрансляторами #5 И #7. В любом другом случае данный пакет принимается.
\$PID07 = 0011 10000001+ 	Принимать пакет(ы) от абонента 0011 только, если он уже был ретранслирован ретрансляторами #0 ИЛИ #7. В любом другом случае данный пакет игнорируется.
\$PID03 = 00FF 10000001- 	Не принимать пакет(ы) от группы 00, который был ретранслирован ретрансляторами #0 ИЛИ #7. В любом другом случае данный пакет принимается.
\$PID00 = 0001 00000000+&	При установке маски в «0» дополнительный анализ РП автоматически запрещается.



Программировать анализ маски РП следует только в том случае, если между ретрансляторами существует прямая «слышимость» в радиозфире, вследствие чего может увеличиться трафик служебных пакетов при их множественной ретрансляции.



Необходимо иметь ввиду, что активация анализа маски снижает надежность сети, т.к. выход из строя ретрансляционного узла может привести к неработоспособности тракта передачи данных конечного абонента.

9.2 ИГНОРИРОВАНИЕ ПАКЕТОВ

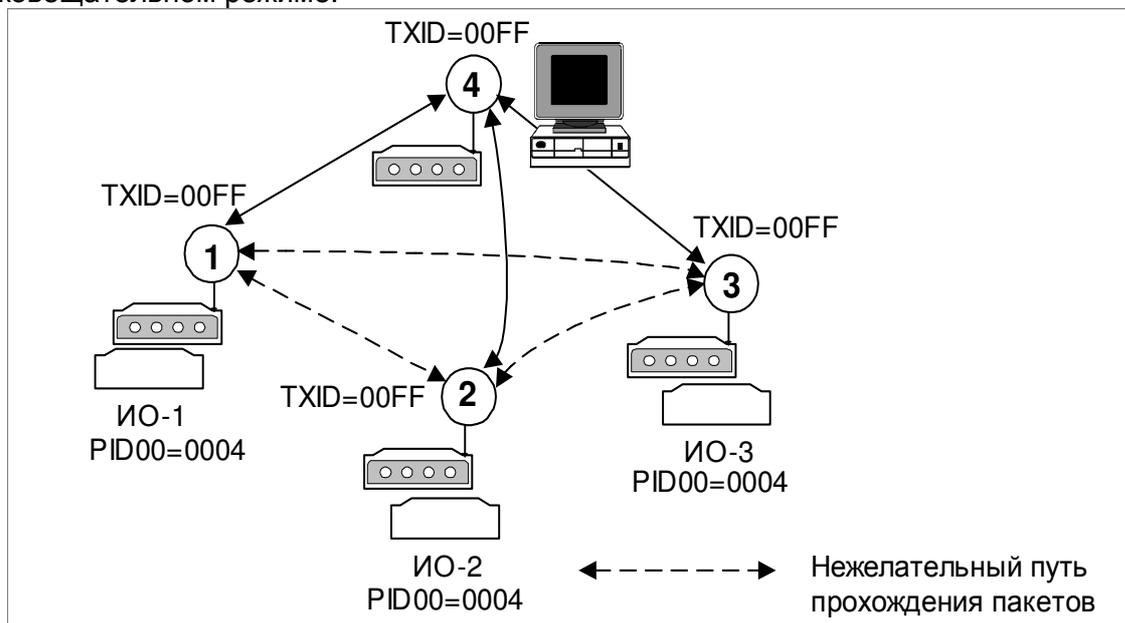
В модеме реализована возможность игнорирования пакетов от определенных абонентов или приема пакетов только от определенного абонента (группы абонентов).

Данное свойство удобно использовать при организации радиосети в широкопередаточном режиме с одной или несколькими базовыми станциями, когда прием пакетов от абонентов, не являющихся базовой станцией, нежелателен.

Адрес базовой станции задается командой `$PIDxx`, в которой отсутствует маска анализа ретрансляционного поля. Всего может быть введено до 16 индивидуальных или групповых адресов базовых станций. Значение `0xFF` в старшем или младшем байте данного адреса PID означает, что при анализе PID данный байт не будет анализироваться, т.е. имеется возможность замаскировать целую группу абонентов.

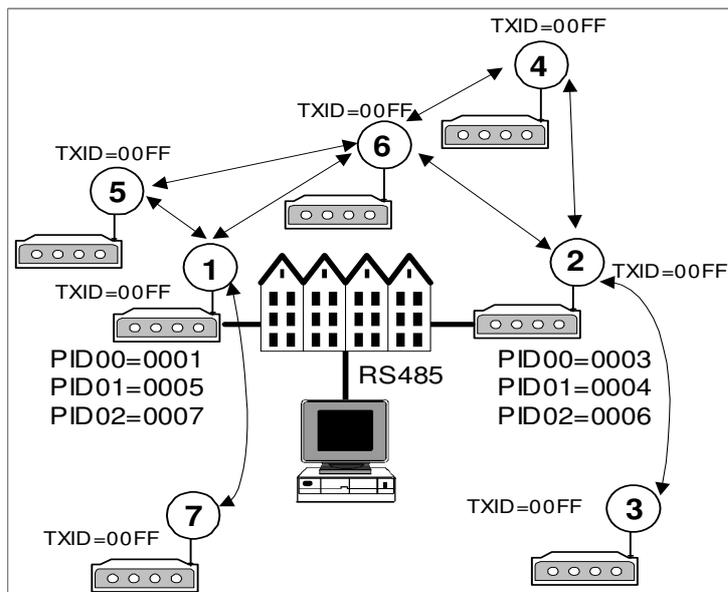
Программирование базовых станций также может потребоваться в случае, если несколько модулей, соединенные в сеть RS-485, работают на несколько базовых станций. В этом случае получение широкопередаточного пакета может вызвать коллизии в сети, хотя пакет может быть предназначен только одному абоненту, подключенному в сеть RS-485.

Рассмотрим пример конфигурации сети с одной базовой станцией, работающей в широкопередаточном режиме.



Базовая станция 4 передает широкопередаточный запрос на сеть модемов 1, 2, 3. Каждое ИО, получив свой запрос, передает ответ в модем, работающий также в широкопередаточном режиме. Если, например, для ИО модема 3 необходимо не допустить получение информации от ИО других модемов, достаточно установить в модеме 3 значение PID, равное 0004. В этом случае на последовательный порт модема 3 будет поступать информация только от базовой станции 4.

Коллизии в сети RS-485 могут возникнуть, например, в следующей системе:



Объекты расположены по разные стороны большого здания. При использовании одной базовой станции охватить всю сеть сбора информации не представляется возможным. Поэтому было принято решение установить два базовых модема 1 и 2 по разные стороны здания.

При этом выяснилось, что пакет от модуля 6 проходит как в модуль 1, так и в модуль 2. Оба модуля при этом одновременно выдают эти пакеты в сеть RS-485, что вызывает коллизии.

Установка соответствующих значений PID на модемах 1 и 2 решает проблему. В данной конфигурации модем 1 будет игнорировать данные от модема 6. Информация от модема 6 будет поступать в центральный пункт только через модем 2.



Если модемом получен пакет, содержащий информацию для удаленной конфигурации, он обрабатывается независимо от того, находится ли адрес отправителя пакета в списке активированных адресов виртуальных базовых станций или нет.

10 КОМАНДЫ УПРАВЛЕНИЯ

Все команды, посылаемые в модем, должны начинаться с префикса \$ (0x24) и заканчиваться символами CR (0x0D) и LF (0x0A) - клавиша **Enter**.

Команды должны вводиться с использованием символов в верхнем регистре. Допускается редактирование вводимой команды (до нажатия клавиши **Enter**) с помощью следующих клавиш:

- **Backspace** («Забой») - отменяет последний введенный символ;
- **Escape** («Отмена») - отменяет всю введенную последовательность символов.

В случае получения неизвестной команды, модем в ответ выведет сообщение «ER».

Если команда введена правильно, но содержит некорректные параметры, выдается сообщение «??».

Если команда и параметры верны, выдается строка «OK».



Помните, что большинство параметров для записи в энергонезависимую память и вступления в силу требуют сохранения (команда \$S) и пересброса модема (команда \$R или выключение/включение питания).

Не забывайте записывать параметры: достаточно подать одну команду \$S после каждого сеанса изменения параметров!

Команда	Краткое описание	Активация	Запись в ЭНОЗУ	Значение по умолчанию (после команды \$IEE)	Единица измерения
\$ACKT	Время ожидания подтверждения	↓	S	20	100 мс
\$AIR	Параметры канала связи	S + R	S	0	-
\$AR	Установка скорости эфире	S + R	S	1	-
\$BPM	Максимальное число широкопередаточных пакетов	↓	S	1	-
\$BPT	Пауза между широкопередаточными пакетами	↓	S	0	10 мс
\$COM	Режим работы последовательного порта	S + R	S	11100011	-
\$CRC	Проверка контрольной суммы микропрограммы	↓	-	-	-
\$DCD	Режим сигнала DCD	S + R	S	0	-
\$DMP	Вывод профиля	↓	-	-	-
\$E	Выход из командного режима	↓	-	-	-
\$EODS	Символ передачи данных в прозрачном режиме	S + R	S	FF	-
\$DFEC	Тип (FEC) для информационных пакетов	S + R	S	7	-
\$FREQ	Установка частоты передачи и приема	S + R	↓	433920, 433920	1 кГц
\$IEE	Загрузить профиль по умолчанию	↓	-	-	-
\$LID	Список RID и PID	↓	-	-	-
\$LOG	Журнал событий в эфире	↓	-	-	-
\$MAXP	Макс. число пакетов, передаваемых без подтверждения	↓	S	1	Пакет
\$MDA	Режим работы модуля	S + R	S	0	-
\$MDB	Режим работы модуля	S + R	S	00001000	-
\$MNL	Число бит, передаваемых без инверсии последнего бита	↓	S	0	Бит
\$MYID	Собственный адрес модуля	↓	S	\$IEE	-
\$PACT	Время удержания пакета в передающем буфере	↓	S	30	5 мс
\$PID	Адрес пакета для расширенного приема	↓	S	запрещение	-
\$PLEN	Размер пакета в эфире	↓	S	128	Байт
\$PWR	Мощность передатчика	S + R	S	3	-
\$R	Перезагрузка локального/удаленного модуля	↓	-	-	-
\$RAFEC	Тип FEC для ответов на команды удал. конфигурирования	S + R	S	1	-
\$RG	REGISTER	↓	↓	-	-
\$RID	ID пакета для ретрансляции	↓	S	запрещение	-

\$RESPT	Время задержки отправки подтверждения	↓	S	0	10 мс
\$RETRY	Число попыток	↓	S	0	-
\$RFEC	Тип FEC при ретрансляции	S + R	S	-	-
\$RPTN	Номер повторителя	↓	S	255	-
\$RST	Уровень RSSI	↓	S	7	-
\$RSS	Сканирование RSSI	↓	-	-	-
\$S	Запись параметров в ЭНОЗУ	↓	-	-	-
\$SCAN	Сканирование эфира	↓	-	-	-
\$TEST	Переход в режим «Тест»	↓	-	-	-
\$TBER	Передача BER пакетов	↓	-	-	-
\$TXID	Адрес получателя	↓	S	FFFF	-
\$XID	Удаление ID в таблице ID	↓	S	-	-

Условные обозначения в полях «Активизация» и «Запись в ЭНОЗУ»:

- ↓ - после ввода команды;
- S – после команды [\\$S](#);
- S+R – после команд [\\$S](#) и [\\$R](#).



При вводе числовых параметров ведущие нули должны присутствовать.

10.1 \$DMP – ВЫВОД ПРОФИЛЯ МОДЕМА

По этой команде модем выдаст на порт RS-485 текущие значения всех основных параметров.

Ввод: **\$DMP ↓**,

Пример:

```
FREQ=433920,433920 AR=7 RST=7
TXID=0004NL PWR=3 MNL=10
MYID=0001 DFEC= --
RETRY=000 RPTN=255 RFEC= --I
BPM =001 BPD =000 AIR=00000000
ACKT =020 DCD =000 MDA=00000000
PLEN =000 PACT=030L MDB=11001000
RESPT=000 MAXP=001 COM=11100011
EODS =FF RAFEC=R:7,3I
$22=FF $23=FF $24=01 $25=01
$26=00 $27=00 $28=0A $29=00
OK>
```

10.2 \$FREQ - ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ ПРИЕМА/ПЕРЕДАЧИ

Ввод: **\$FREQ=TTTTTT,RRRRRR ↓**, где
TTTTTT - частота передачи в кГц (433000...435000);
RRRRRR - частота приема в кГц (433000...435000).



Несмотря на то, что частоты приема и передачи в модуле задаются независимо, поддерживается прием и передача только на одной частоте. Таким образом, следует задавать одинаковые значения частот приема и передачи.

Пример:

```
OK> $FREQ 432000,435000
ER: T freq out of range
ER> $FREQ 433000,432000
ER: R freq out of range
ER> $FREQ 434000,434000
OK>
```



Модем позволяет устанавливать частоту в диапазоне (433...435) МГц, что дает возможность организовывать несколько различных частотных каналов связи.

10.3 \$MYID - ИЗМЕНЕНИЕ СОБСТВЕННОГО АДРЕСА МОДЕМА

Команда задает собственный адрес модема (см. раздел «Адресация и примеры организации сетей»).

Ввод: **\$MYID=hhhh** ↵, где

hhhh - любое число в формате 4 HASFs, кроме FFFF, FFxx или xxFF.

Здесь и далее **HASFs** – Нех символ в верхнем регистре в формате ASCII (например: A, 8, F).

10.4 \$TXID - ИЗМЕНЕНИЕ АДРЕСА АДРЕСУЕМОГО МОДЕМА

Команда задает адрес получателя пакетов, устанавливая тем самым режим работы модема в эфире. (см. разделы «Режимы работы по эфиру (гарантии доставки данных адресату)» и «Адресация и примеры организации сетей»).

Ввод: **\$TXID=hhhh(NL)** ↵, где

hhhh - любое число в формате 4 HASFs.

Ввод значений вида FFFF, FFxx или xxFF означает широкоэвещательный (групповой) режим передачи данных.

Ввод любых других значений означает режим «точка-точка» с модемом, чей адрес MYID совпадает с введенным значением hhhh.

При вводе значений с постфиксом NL с модемом hhhh включается режим «точка-точка» без установления фактического соединения.

Пример:

```
OK> $TXID=12FF
*** broadcast mode
OK> $TXID=1234
OK> $TXID=1234NL
*** NoLink create mode
OK>
```

10.5 \$AR – СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ЭФИРУ

Ввод: **\$AR=d** ↵, где

d - десятичная цифра (0...7).

AR	Скорость (BR), бит/с	Девияция (ΔF), кГц	Ширина полосы приемника (BW), кГц
0	4800	±5	10
1	4800	±20	40
2	9600	±10	20
3	9600	±20	40
4	19200	±20	40
5	19200	±40	200
6	38400	±40	200
7	38400	±100	200

С помощью этой команды задаются параметры передачи данных в эфире. При этом для каждого значения скорости имеется возможность выбрать два варианта связанных с ней параметров – девиации частоты передатчика и ширины полосы приемника.

При выборе варианта следует иметь в виду, что большее значение девиации делает связь более надежной, но при этом расширяется полоса частот, занимаемая сигналом в эфире. Примерно оценить ширину спектра можно по формуле $4 \times BR \times \Delta F$.



Модемы могут работать друг с другом только при одинаковых параметрах AR.



Имеется возможность установить высокоскоростной режим работы в эфире (76 800 бод). Для включения этого режима служит бит bHI_SPEED (команда [\\$MDB](#)). В этом режиме параметры, заданные командой [\\$AR](#), игнорируются, а на работу модемов накладываются некоторые ограничения (см. раздел «Работа модема на скорости 76 800 бод»).

10.6 \$PWR – УСТАНОВКА МОЩНОСТИ ПЕРЕДАТЧИКА

Ввод: **\$PWR=d** ↵, где
d- десятичная цифра (0...3).

Параметром \$PWR совместно с переключателем мощности можно регулировать выходную мощность передатчика модема в пределах от 10 мВт до 180 мВт.

Ниже приведена таблица выходной мощности в зависимости от параметра \$PWR и положения переключателя мощности.

	Положение переключателя мощности	
	НОМИНАЛЬНАЯ	ПОВЫШЕННАЯ
\$PWR=0	10 мВт	15 мВт
\$PWR=1	30 мВт	50 мВт
\$PWR=2	70 мВт	120 мВт
\$PWR=3	120 мВт	180 мВт

Повышенная мощность позволяет скомпенсировать потери радиосигнала при использовании длинных антенных кабелей.

10.7 \$MNL – ЧИСЛО БИТ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ БЕЗ ИНВЕРСИИ ПОСЛЕДНЕГО БИТА

Ввод: **\$MNL=dd** ↵, где
dd - десятичное число (00...15).
Ведущие нули при вводе должны присутствовать.

Технические особенности работы модема не позволяют ему принимать из эфира длительные последовательности данных, состоящие подряд из одних «нулей» или «единиц». Поэтому при передаче данных модем «добавляет» обязательный «перепад», дублируя каждый dd бит его инверсией. Это несколько снижает реальную скорость передачи данных в эфире.

Если данные для передачи не содержат длинных последовательностей, можно устанавливать \$MNL=15, иначе рекомендуется устанавливать \$MNL=08. При \$MNL=00 дублируется каждый бит данных (скорость снижается вдвое). Подробно см. в разделе «Рандомизация (скремблирование)».

10.8 \$AIR - ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО ЭФИРУ

Ввод: **\$AIR=bbbbbbbb** ↵, где
b- двоичная цифра

Конфигурация регистра **AIR**:

Бит	Назначение
7	bRA_NO_INTERLEAVE
6	bENB_SOF_DIFF_1BIT
5	bRAND_DATA
4	bCH_GRANT_x4WSLT
3	bBYPASS_CH_GRANT
2	bRSSI_ON_CHGRANT
1	bTX_FILTER
0	bTRX_MODE

Описание регистра **AIR**:

Бит	Значение	1	0
bTRX_MODE	Режим работы приемопередатчика: <ul style="list-style-type: none"> режим высокой чувствительности (Ч); режим высокой линейности (Л). 	Л	Ч
bTX_FILTER	Фильтрация данных при передаче	Да	Нет
bRSSI_ON_CHGRANT	Анализировать сигнал RSSI для доступа в эфир (см. раздел «Анализ занятости эфира»).	Да	Нет
bBYPASS_CH_GRANT	Пропустить процедуру анализа эфира перед началом передачи (см. раздел «Анализ занятости эфира»).	Да	Нет
bCH_GRANT_x4WSLT	Постскалер периода (Wait Slot Time) автоматического сканирования сигнала в процедуре анализа эфира при начале передачи пакета. Установка в «1» означает более продолжительное сканирование эфира (см. раздел «Анализ занятости эфира»).	x4	x1
bRAND_DATA	Рандомизация данных (см. раздел «Рандомизация (скремблирование)»).	Да	Нет
bENB_SOF_DIFF_1BIT	Разрешать начинать принимать заголовок пакета в случае, если стартовый байт (после преамбулы) отличается от истинного на 1 бит (в случае ошибочного приема). Рекомендуется устанавливать в «1» в условиях плохой связи.	Да	Нет
bRA_NO_INTERLEAVE	Перемежение данных в информационных пакетах, являющихся ответами на команды удаленного конфигурирования. Рекомендуется устанавливать командой \$RAFEC .	Нет	Да

10.9 \$DFEC –тип FEC для информационных пакетов

B\$DFEC=dI ↓, где

d – тип помехоустойчивого кода (FEC) (0...7);

I – признак перемежения (I или N).

Этой командой устанавливается тип используемого помехоустойчивого кода и включается/выключается перемежение для информационных пакетов.

Тип FEC программируется в соответствии со следующей таблицей:

Значение d	Тип FEC
0	RS (7.5)
1	RS (7.3)
2	RS (15.11)
3	RS (15.9)
4	HAM (12.8)
5	HAM (12.8)
6	Код выключен
7	Код выключен

При установке признака перемежения I в значение «I» перемежение включено, в значение «N» - выключено. Если помехоустойчивое кодирование не используется (d=6 или d=7), признак I не имеет значения (данные без FEC передаются без перемежения), однако должен быть корректно введен. Подробности см. в разделе «Помехоустойчивое кодирование».

Пример: **\$DFEC=1I** – Код RS(7.3) с перемежением
\$DFEC=5N – Код HAM(12.8) без перемежения
\$DFEC=7N – FEC выключен

10.10 \$RFEC –тип FEC ПРИ РЕТРАНСЛЯЦИИ

Ввод: **\$RFEC=dI** ↵, где
d – тип помехоустойчивого кода (FEC) (0...7);
I – признак перемежения (I или N).

Значения аргументов аналогичны параметрам команды [\\$DFEC](#).

С помощью этой команды выбирается тип помехоустойчивого кода, который будет использован при ретрансляции активным ретранслятором информационного пакета. Подробности см. в разделе «Помехоустойчивое кодирование».

Чтобы разрешить изменение значения FEC для ретранслируемого пакета, необходимо установить бит [bRptFecChange](#) (команда [\\$MDB](#)).

10.11 \$RAFEC –тип FEC ПРИ ОТВЕТЕ НА КОМАНДУ УДАЛЕННОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Ввод: **\$RAFEC=dI** ↵, где
d – тип помехоустойчивого кода (FEC) (0...7);
I – признак перемежения (I или N).

Значения аргументов аналогичны параметрам команды [\\$DFEC](#).

С помощью этой команды выбирается тип помехоустойчивого кода, который будет использован в ответах на команды удаленной конфигурации. Подробности см. в разделе «Помехоустойчивое кодирование».

10.12 \$COM - ПАРАМЕТРЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОРТА

Ввод: **\$COM=bbbbbbb** ↵, где
b- двоичная цифра.

Конфигурация регистра **COM**:

Бит	Назначение
7...5	bCOM_PARITY#2...0
4	bINVERT_DCD
3	bRTS_SENS
2...0	bCOM_RATE#2...0



Настройки инверсии DCD и анализа RTS не имеют смысла для интерфейса RS-485 и оставлены для совместимости с другими модемами «Спектр 433».

10.13 \$EODS - СИМВОЛ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ПРОЗРАЧНОМ РЕЖИМЕ

Ввод: **\$EODS=hh** ↵, где

h- шестнадцатеричная цифра (00...FF):

00...7F – режим передачи данных по символу разрешен (символ 00...7F);

80...FF – режим передачи данных по символу запрещен.

Данный параметр активизируется только в режиме «Прозрачный».

Получение по последовательному порту установленного символа модем считает признаком окончания блока данных и отправляет данные в эфир, даже если длина этого блока меньше заданного размера пакета. Возможность передачи самого символа EODS определяется флагом TxEODS, задаваемым командой [\\$MDA](#).

10.14 \$MDA - РЕЖИМ РАБОТЫ МОДЕМА

Ввод: **\$MDA=bbbbbbbb** ↵, где

b- двоичная цифра.

Бит	Назначение	Значение	
		1	0
7	-		
6	bTxEODS Передавать символ окончания данных в прозрачном режиме	Да	Нет
5	-		
4	IgnoreTXID Игнорировать внутренний параметр TXID при обмене данными с абонентом с отличным TXID.	Да	Нет
3	TxDataOnPoll Функция временно не определена.	Да	Нет
2	FullPacActionDis Запретить передавать данные в режиме «прозрачный» при накоплении данных на 1 пакет (\$PLEN) – передача данных происходит только при выполнении условий передачи данных (см. раздел «Режим передачи данных «Прозрачный»).	Да	Нет

1	PAC#2 Пакетный режим в сторону DCE (модем). См. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)».	Да	Нет
0	PAC#1 Пакетный режим в сторону DTE (терминал). См. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #1» (в сторону внешнего оборудования)».	Да	Нет

10.15 \$MDB - РЕЖИМ РАБОТЫ МОДЕМА

Ввод: **\$MDB=bbbbbbb** J, где
b- двоичная цифра.

Бит	Назначение	Значение	
		1	0
7	bHI_SPEED Включить «высокоскоростной» (76 800 бод) режим работы модема по эфиру (см. раздел «Работа модема на скорости 76 800 бод»).	Да	Нет
6	-		
5	bShortACKEnb Разрешать передавать укороченный пакет являющийся подтверждением на информационный пакет. Каждому пакету в эфире предшествует заголовок фиксированный длины независимо от типа пакета. Заголовок состоит из адреса получателя и отправителя, размера информационного поля, типа пакета, номера и признаков помехоустойчивого кодирования, перемежения и т.д. Пакеты, являющиеся подтверждением несут избыточную информацию (длина пакета, тип FEC и т.д.) которая игнорируется на приемной стороне. Установка бита bShortACKEnb заставляет передатчик передавать укороченный пакет подтверждение. Установка бита bShortACKEnb у принимающего модема разрешает ему анализировать приходящие данные из эфира на предмет укороченного пакета т.к. заранее нельзя установить какой размер заголовка будет у пришедшего пакета - обработка и принятие решения осуществляется по приему последнего байта заголовка пакета. Отличие заголовков осуществляется по анализу старт-символа пакета.	Да	Нет
4	bRPT_FEC_CHANGE Разрешать изменять значение FEC при ретрансляции (см. раздел «\$RFEC –тип FEC при ретрансляции»).	Да	Нет
3	bPackTimeLastFirst Устанавливается командой \$PACT . 1 – Тайм-аут на передачу по последнему байту 0 - Тайм-аут на передачу по первому байту	Да	Нет
2	bVirtIncrxBufferTo512Disable Запретить виртуальное увеличение приемного буфера до 512 байт (см. раздел «Буферизация принятых из эфира данных. Конкатенация данных»).		
1	bOnlyFromRepeaters Принимать данные только от повторителей.	Да	Нет

0	bDelLinkDataByTimeOut Удалить накопленные данные, если произошел тайм-аут ожидания следующих данных при конкатенации (см. раздел «Буферизация принятых из эфира данных. Конкатенация данных»).	Да	Нет
---	--	----	-----

10.16 \$ACKT - ВРЕМЯ ОЖИДАНИЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ В РЕЖИМЕ «ТОЧКА-ТОЧКА»

Ввод: \$ACKT=ddd ↵ , где
 ddd - десятичное число (000...255).
 Шаг 100 мс. Значение 000 соответствует 256.

Если по истечении времени ACKT с момента окончания отправки пакета не получено подтверждения о доставке от адресуемого модема, отправка пакета повторяется (см. раздел «Индивидуальный режим («точка-точка»»)).

10.17 \$PACT - ВРЕМЯ УДЕРЖАНИЯ ПАКЕТА НЕПОЛНОЙ ДЛИНЫ В ПЕРЕДАЮЩЕМ БУФЕРЕ

Ввод: \$PACT=dddX ↵ , где
 ddd - десятичное число (000...255).
 Шаг 5 мс, значение 000 соответствует 256;
 X – значение «L» или «F».

Значение «F» (First) соответствует отсчету времени с момента прихода на последовательный порт модуля первого байта.

Значение «L» (Last) соответствует отсчету времени с момента прихода на последовательный порт модуля последнего байта.

По истечении заданного времени модем выдает данные в эфир, даже если длина блока данных меньше заданной длины пакета в эфире (см. раздел «Режим передачи данных «Прозрачный»»).

Признак «F/L» хранится в бите **bPackTimeLastFirst** регистра [\\$MDB](#).

10.18 \$RESPT - ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ ОТПРАВКИ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ В РЕЖИМЕ «ТОЧКА-ТОЧКА»

Ввод: \$RESPT=ddd ↵ , где
 ddd - десятичное число (000...255).
 Шаг 10 мс. Значение 000 означает отсутствие задержки.

Параметр активизируется только в режиме «точка-точка» (см. раздел «Индивидуальный режим («точка-точка»»)).

10.19 \$RETRY - ЧИСЛО РЕТРАНСЛЯЦИЙ ПАКЕТОВ, ТРЕБУЮЩИХ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ

Ввод: \$RETRY=ddd ↵ , где
 ddd - десятичное число (000...255).

Значение 000 соответствует бесконечному числу попыток передать пакет, требующий подтверждения. Данный параметр активизируется только в режиме «Пакетный#2» (см. раздел «Режим передачи данных «Пакетный #2» (в сторону модема)»). Если после заданного числа попыток модем не получит подтверждения от удаленного модема, передача данных прекращается.

10.20 \$PLEN - МАКСИМАЛЬНЫЙ РАЗМЕР ПАКЕТА ДАННЫХ В ЭФИРЕ

Ввод: \$PLEN=ddd ↵ , где
 ddd - десятичное число (000...255).
 Значение 000 соответствует 256.

Модем разбивает поток данных, поступающих на последовательный порт, на пакеты заданной длины, которые передаются в эфир. Чем меньше размер пакета, тем больше вероятность его прохождения. При хорошей связи размер пакета можно увеличивать.

10.21 \$MAXP - ЧИСЛО ПАКЕТОВ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ В ЭФИР БЕЗ ОЖИДАНИЯ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ

Ввод: **\$MAXP=ddd** ↵, где
ddd - десятичное число (000...006).

Параметр активизируется только в режиме «точка–точка» с установлением соединения (см. раздел «Индивидуальный режим («точка-точка»)») и позволяет использовать одно подтверждение на несколько пакетов в эфире, за счет чего можно повысить пропускную способность канала.

10.22 \$RG - ЗАПИСЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОДУЛЯ

Ввод: **\$RGxx=ddd** ↵, где
xx - адрес переменной (шестнадцатеричный);
ddd - значение переменной (десятичный формат).

Получение текущего значения: **\$RGxx?** ↵

Во избежание неправильной работы модема без особой необходимости не следует изменять технологические параметры.

Подробно о технологических параметрах см. в разделе «Технологические параметры».

10.23 \$RID - АДРЕС ПАКЕТА, РАЗРЕШЕННОГО ДЛЯ РЕТРАНСЛЯЦИИ

Команда существует в двух вариантах:

\$RIDdd=hhhh Ta ↵

\$RIDdd=hhhh Ta bbbbbbS₁S₂ ↵, где

dd - номер ячейки адреса (2 десятичные цифры 00...15);

T - тип адреса (источник / получатель);

a – разрешение на повторения пакета с РП, равным «0» (двоичная цифра);

bbbbbbb - значение маски (двоичное число);

S₁ – действие над пакетом в случае совпадения маски с ретрансляционным полем пакета (РП);

S₂ – логическая операция между маской и РП пакета;

hhhh: любые 4 HASFs.

a: 0 – 1.

T: S – значение hhhh является адресом отправителя (Source), D – значение hhhh является адресом получателя (Destination).

S₁=«+». В случае совпадения РП с маской bbbbbb пакет может быть ретранслирован после последующего анализа RIDxx, иначе анализ RIDxx не происходит.

S₁=«-». В случае совпадения РП с маской bbbbbb анализ RIDxx не происходит, иначе пакет может быть ретранслирован (после последующего анализа RIDxx).

S₂=«&». Операция «И» между маской RMR и РП.

S₂=«|». Операция «ИЛИ» между маской RMR и РП.

Если анализ маски разрешен, решение о ретрансляции/не ретрансляции пакета производится **только** после анализа RIDxx. Ввод нулевой маски означает автоматический запрет ее анализа. В этом случае параметры S₁ и S₂ не имеют смысла, однако должны быть корректно введены. См. разделы «Ретрансляция пакетов» и «Расширенные возможности приема и ретрансляции пакетов».

Пример: \$RID00=1234 S1 00010011+&

Адрес записывается в ячейку 00. Ретранслируются пакеты, в заголовке которых адрес отправителя равен 1234. Пакеты от абонента 1234 с нулевыми значениями РП разрешены для повторения. Пакет от модуля 1234 повторяется только в том случае, если он прошел через ретрансляторы 0 и 1 и 4.

\$RID10=03FF D0 00010011+|

Адрес записывается в ячейку 10. Ретранслируются пакеты, предназначенные для группы 03. Пакеты с нулевыми значениями РП не ретранслируются; это означает, что пакет уже должен был ретранслирован каким-либо другим ретранслятором. Пакет группе 03 повторяется только в том случае, если он прошел через ретрансляторы 0 ИЛИ 1 ИЛИ 4.

\$RID15=0122 S0

Адрес записывается в ячейку 15. Ретранслируются пакеты, в заголовке которых адрес отправителя равен 0122. Пакеты от абонента 0122 с нулевыми значениями РП не разрешены для повторения; это означает, что пакет уже должен был повторен каким-либо другим ретранслятором.

10.24 \$PID – АДРЕС ПАКЕТА ДЛЯ РАСШИРЕННОГО ПРИЕМА

Команда существует в двух вариантах:

\$PIDdd=hhhh bbbbbbbbS₁S₂ ↵

\$PIDdd=hhhh ↵, где

dd - номер ячейки адреса (2 десятичные цифры 00...15);

bbbbbbbb - значение маски (двоичное число);

S₁ – действие над пакетом в случае совпадения маски с ретрансляционным полем пакета (РП);

S₂ – логическая операция между маской и РП пакета.

hhhh: любое 4 HASFs

S₁=«+». В случае совпадения РП с маской bbbbbbbb пакет принимается, иначе не принимается.

S₁=«-». В случае совпадения РП с маской bbbbbbbb пакет не принимается, иначе принимается.

S₂= «&». Операция «И» между маской bbbbbbbb и РП.

S₂= «|». Операция «ИЛИ» между маской bbbbbbbb и РП.

Если анализ маски разрешен и на основе анализа операции маски над РП пакет может быть принят, окончательное решение о приеме/не приеме пакета принимается на следующем уровне приема пакетов (как при обычном приеме).

Ввод нулевой маски означает автоматический запрет ее анализа. В данном случае параметры S₁ и S₂ не имеют смысла, однако, должны быть корректно введены.

В случае отсутствия маски адрес PID автоматически становится адресом базовой станции.

Программирование адреса базовой станции позволяет исключить выдачу удаленными модемами на последовательный порт информации, полученной в результате приема широкополосных пакетов, предназначенных для базовой станции.

Если в модеме есть хотя бы один активный адрес базовой станции, при приеме пакета модем сравнивает адрес отправителя пакета с адресом базовой станции. Если адреса не совпадают, пакет игнорируется (но может ретранслироваться, если адрес получателя/отправителя совпадает с одним из **RIDxx**). См. разделы «Ретрансляция пакетов» и «Расширенные возможности приема и ретрансляции пакетов».

10.25 \$LID - ВЫВОД СПИСКА АДРЕСОВ ДЛЯ РЕТРАНСЛЯЦИИ И РАСШИРЕННОГО ПРИЕМА

Ввод: \$LID ↵

Пример:

```

OK> $LID
#  xID Adr  Rst Mask
-----
00 RID 1234 S1  00010011+&
01 PID 1234      Only (Base)
02 PID 1233      00010011+&
03 ---  ---  ---  -----
04 ---  ---  ---  -----
05 ---  ---  ---  -----
06 PID 1111      Only (Base)
07 ---  ---  ---  -----
08 ---  ---  ---  -----
09 ---  ---  ---  -----
10 RID 00FF D0  00010011+|
11 ---  ---  ---  -----
12 ---  ---  ---  -----
13 PID 2222      01010101-&
14 ---  ---  ---  -----
15 RID 0122 S0
OK>

```

Расшифровку параметров см. в разделах «\$RID - адрес пакета, разрешенного для ретрансляции» и «\$PID – адрес пакета для расширенного приема».

10.26 \$XID – УДАЛЕНИЕ ЯЧЕЙКИ АДРЕСА

Ввод: **\$XIDdd J**, где dd - номер ячейки адреса (десятичное число 00...15).
Команда удаляет ячейку с адресом RID или PID.

Пример:

```

OK> $LID
#  xID Adr  Rst Mask
-----
00 RID 1234 S1  00010011+&
01 PID 1234      Only (Base)
02 PID 1233      00010011+&
03 ---  ---  ---  -----
04 ---  ---  ---  -----
05 ---  ---  ---  -----
06 PID 1111      Only (Base)
07 ---  ---  ---  -----
08 ---  ---  ---  -----
09 ---  ---  ---  -----
10 RID 00FF D0  00010011+|
11 ---  ---  ---  -----
12 ---  ---  ---  -----
13 PID 2222      01010101-&
14 ---  ---  ---  -----
15 RID 0122 S0
OK>

```

Удаление трех начальных ячеек:

```

OK> $XID00
OK> $XID01
OK> $XID02

```

Вывод списка после удаления:

```

OK> $LID
#  xID  Adr  Rst  Mask
-----
00  ---  ---  --  -----
01  ---  ---  --  -----
02  ---  ---  --  -----
03  ---  ---  --  -----
04  ---  ---  --  -----
05  ---  ---  --  -----
06  PID  1111  ---  Only (Base)
07  ---  ---  --  -----
08  ---  ---  --  -----
09  ---  ---  --  -----
10  RID  00FF  D0  00010011+|
11  ---  ---  --  -----
12  ---  ---  --  -----
13  PID  2222  ---  01010101-&
14  ---  ---  --  -----
15  RID  0122  S0  -----
OK>

```

10.27 \$RPTN - НОМЕР ПОВТОРИТЕЛЯ

Ввод: **\$RPTN=ddd** ↵, где ddd - десятичное число (000...007, 255).

Ввод значения 255 означает отключение функции повторителя.

Всего в радиосети может быть до 8 повторителей. Каждый повторитель должен иметь уникальный номер. См. разделы «Ретрансляция пакетов» и «Расширенные возможности приема и ретрансляции пакетов».

10.28 \$BPM - МАКСИМАЛЬНОЕ ЧИСЛО ОДИНАКОВЫХ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПАКЕТОВ

Ввод: **\$BPM=hh** ↵, где hh - любое 2 HASFs число.

Значение 00 соответствует 256.

Для уменьшения вероятности потери данных в широковещательном режиме (см. раздел «Режимы работы по эфиру (гарантии доставки данных адресату)»), когда подтверждения о доставке отсутствуют, можно последовательно передавать несколько копий широковещательного пакета.

При получении адресатом дублируемые широковещательные пакеты игнорируются – на последовательный порт приемного модема выдается первый правильно принятый пакет.

10.29 \$BPT – ВРЕМЯ МЕЖДУ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМИ ПЕРЕДАЧАМИ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПАКЕТОВ

Ввод: **\$BPT=hh** ↵, где hh - любое 2 HASFs число.

Значение 00 соответствует отсутствию задержки. Шаг 10 мс.

Параметр активизируется только в широковещательном режиме и задает время между последовательной передачей копий широковещательного пакета (см. раздел «\$BPM - максимальное число одинаковых широковещательных пакетов»).

10.30 \$RST – УСТАНОВКА ПОРОГА RSSI (RSSI THRESHOLD)

Ввод: **\$RST=d** ↵, где d- десятичная цифра (0...7).

RST	Уровень входного сигнала, dBm
0	<-105
1	-105...-100
2	-100...-95
3, 4	-95...-90
5	-90...-85
6	-85...-80
7	>-80

Используется при анализе занятости эфира (см. раздел «Анализ занятости эфира»).

10.31 \$RSS –СКАНИРОВАНИЕ СИГНАЛА RSSI

Ввод: **\$RSS ddd** ↵, где ddd- десятичное число (000...255).

Данная команда предназначена для тестового непрерывного сканирования уровня входного сигнала модуля (RSSI). Параметр ddd задает период сканирования в единицах, кратных 100 мс.

Результаты сканирования выводятся на последовательный порт в формате:

RSSI: MIN CUR MAX, где

MIN – минимальный уровень RSSI в течение всего времени сканирования (значения уровня см. [\\$RST](#));

CUR – текущий уровень RSSI;

MAX – максимальный уровень RSSI в течение всего времени сканирования (кодирование уровня см. [\\$RST](#));

Чтобы остановить режим сканирования, необходимо послать в модуль символ «S».

Чтобы обновить значения MIN и MAX, необходимо послать в модуль символ «|».

Пример:

```

OK> $RSS 010
OK> RSSI: 6 6 6
OK> RSSI: 6 6 6
OK> RSSI: 6 7 7
OK> RSSI: 6 7 7
OK> |RSSI: 6 6 6
OK> RSSI: 6 6 6
OK> RSSI: 6 7 7
OK> RSSI: 6 6 7
OK> RSSI: 6 6 7
OK> S

```

10.32 \$CRC - ПРОВЕРКА КОНТРОЛЬНОЙ СУММЫ (CRC) МИКРОПРОГРАММЫ

Ввод: **\$CRC** ↵

Пример: Ответ при правильной контрольной сумме:

```

OK> $CRC
+++++

```

Примерный ответ при неправильной контрольной сумме:

```

OK> $CRC
+++++

```

После выполнения команды происходит перезагрузка модема.

10.33 \$R - ПЕРЕЗАГРУЗКА МОДЕМА

Ввод: **\$R** ↵

10.34 \$E - ВЫХОД ИЗ КОМАНДНОГО В НОРМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ

Ввод: **\$E** ↵



Выполнение этой команды не активизирует изменений, проведенных в командном режиме. Для активации изменений, как правило, необходимо выполнение команд **\$S** и **\$R**.

10.35 **\$S** - ЗАПИСЬ ВНУТРЕННИХ ПЕРЕМЕННЫХ В ЭНОЗУ

Ввод: **\$S** ↵

По этой команде все ранее измененные в данном сеансе параметры записываются в ЭНОЗУ и вступают в силу после сброса модема (по командам **\$R** или переключение питания).

После ввода команды необходимо дождаться сообщения о результате выполнения команды, т.к. запись в ЭНОЗУ длится не менее 10 мс.

10.36 **\$IEE Mhhhh** - ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМОЙ ПАМЯТИ (ЭНОЗУ)

Команда используется для сброса всех параметров модема в значения по умолчанию.

Ввод: **\$IEE Mhhhh** ↵, где hhhh – требуемое значение MYID модуля.

После ввода команды происходит инициализация параметров, хранящихся в ЭНОЗУ значениями по умолчанию, адрес MYID модема становится равным hhhh.

После выполнения команды происходит автоматическая перезагрузка модема.

10.37 **\$BOOT** - ПЕРЕВОД МОДУЛЯ В РЕЖИМ «СМЕНА ПО»

Ввод: **\$BOOT** ↵

После ввода этой команды модем перейдет в режим смены ПО с текущими параметрами RS-485 (см. раздел «»).

10.38 **\$TEST** - ПЕРЕВОД МОДУЛЯ В РЕЖИМ «ТЕСТ»

Ввод: **\$TEST d** ↵, где
d – десятичное число (0...9):

- 0 – тестовая посылка, состоящая из «0»;
- 1 – тестовая посылка, состоящая из «1»;
- 2 – тестовая посылка, состоящая из последовательности 101010101....
- 3 - тестовая посылка, состоящая из циклически передаваемых значений, хранящихся по адресам \$FC...FF ЭНОЗУ;
- 4...9 – выключить режим ТЕСТ.

По этой команде модем включает передатчик с заданными параметрами (частота, мощность, скорость, девиация и т.д.) и начинает постоянную отправку в эфир заданной последовательности данных.

10.39 **\$TBER** – ПЕРЕДАЧА ТЕСТОВЫХ ПАКЕТОВ

Ввод: **\$TBER hhhh,fP,nnss,tt** ↵, где
hhhh - адрес удаленного модуля-получателя (4 HASFs);
f – тип помехоустойчивого кодирования (0...7) (1 HASFs);
P – способ перемежения (символ «I» или «N»);
nn – число тестовых пакетов для передачи (2 HASFs);
ss – размер тестового пакета (2 HASFs);
tt – пауза между пакетами (2 HASFs).

По этой команде модем начинает выдавать в эфир адресные тестовые пакеты, а удаленный модем – принимать и подсчитывать количество ошибок.

Для вывода информации о количестве ошибок на последовательный порт удаленный модем должен находиться в командном режиме или в режиме «Пакетный #1». Способ ввода типа помехоустойчивого кодирования аналогичен вводу в команду **\$DFEC**.

Результаты подсчета выводятся удаленным модулем на последовательный порт в командном режиме в виде:

L:???,EB:????,N:???,RSSI:? XXX где,

L – длина пакета (байт);

EB – число ошибок в пакете;

N – порядковый номер пакета;

RSSI – уровень RSSI во время приема заголовка пакета;

XXX – тип помехоустойчивого кодирования.

Вероятность ошибки на бит (BER) подсчитывается по формуле $BER=E/(8 \times L)$.

Формат выдачи результатов в пакетном режиме см. в разделе «Режим передачи данных «Пакетный #1» (в сторону внешнего оборудования)».

Пример:

```
OK> $TBER 0002,3I,0250,01
OK>
*** tx ber packet 002
*** tx ber packet 001
*** tx ber packet 000
OK> $TBER 0002,7N,03FF,02
OK>
*** tx ber packet 003
*** tx ber packet 002
*** tx ber packet 001
*** tx ber packet 000
OK>
```

Результаты приема:

```
OK> L:080,EB:0000,N:002,RSSI:7 R(15,9)I
OK> L:080,EB:0000,N:001,RSSI:7 R(15,9)I
OK> L:080,EB:0000,N:000,RSSI:7 R(15,9)I
OK> L:255,EB:0000,N:003,RSSI:7 ---
OK> L:255,EB:0000,N:002,RSSI:7 ---
OK> L:255,EB:0000,N:001,RSSI:7 ---
OK> L:255,EB:0000,N:000,RSSI:7 ---
OK>
```

10.40 \$LOG - ВЫВОД ЖУРНАЛА СОБЫТИЙ В ЭФИРЕ

Ввод: **\$LOG** ↵

Используется для диагностики работы модемов. По этой команде на последовательный порт выводится таблица с историей обмена пакетами в эфире.

Расшифровка таблицы приводятся в разделе «Структура данных команд \$LOG и \$SCAN. История обмена.».

10.41 \$SCAN – СКАНИРОВАНИЕ ЭФИРА

Ввод: **\$SCAN** ↵

В режиме сканирования эфира функции по передаче данных модема отключены, модем «слушает» эфир и выводит на последовательный порт таблицу событий в эфире.

Для выхода из режима SCAN необходимо «пересбросить» модем.

Расшифровка таблицы приводятся в разделе «Структура данных команд \$LOG и \$SCAN. История обмена.».

10.42 СТРУКТУРА ДАННЫХ КОМАНД \$LOG и \$SCAN. ИСТОРИЯ ОБМЕНА.

В модеме имеется кольцевой буфер размером 7 ячеек для хранения заголовков переданных/принятых пакетов. При выполнении команд [\\$LOG](#) и [\\$SCAN](#) сохраненные заголовки пакетов выводятся на последовательный порт в виде таблицы с мнемоническими обозначениями.

Функционально пакеты разделяются на группы:

- пакеты режима «точка – точка» с установлением соединения: **Slnk, Disc, Dm, Ni, Rr, Rej, Rnr, Qry, Ua**;
- пакеты режима «точка – точка» без установления соединения: **Np, Na**;
- пакеты режима «широковещательный»: **Ui**;
- пакеты режима удаленной конфигурации: **Ap, Aa**;
- служебные (псевдо) пакеты: **Att, Nfr**.

Далее приведено краткое описание пакетов:

Slnk (Set link)	Запрос на установление соединения в режиме «точка-точка» с установлением соединения.
Disc (Disconnect)	Режим отсутствия соединения в режиме «точка-точка» с установлением соединения.
Ua (Unnumbered acknowledge)	Ненумерованное подтверждение в режиме «точка-точка» с установлением соединения. Передается в качестве подтверждения на служебные запросы (пакеты Slnk, Disc).
Ni (Numbered information) Параметры: NI_NACK, NI_NTX(NACK)	Информационный пакет в режиме «точка-точка» с установлением соединения. Параметр NI_NACK – номер последнего подтвержденного пакета (диапазон: 0...7), NI_NTX(NACK) - номер передаваемого пакета (неподтвержденного, диапазон: 0...7).
Rr (Reciever ready) Параметр: RR_NACK	Подтверждение на информационный пакет Ni в режиме «точка-точка» с установлением соединения. Параметр RR_NACK означает, что принимающий модем готов принимать информационный пакет Ni с порядковым номером RR_NACK. (пакет Ni с номером NI_NTX(NACK), равным RR_NACK). Диапазон: 0...7.
Rej (Reject) Параметр: REJ_NNACK	Неприем информационного пакета Ni в режиме «точка-точка» с установлением соединения. Параметр REJ_NNACK означает, что передающий модем должен повторить передачу пакета (пакетов), начиная с номера REJ_NNACK. Диапазон: 0...7.
Rnr (Reciever not ready) Параметр: RNR_NNACK	Неприем информационного пакета Ni в режиме «точка-точка» с установлением соединения. Параметр RNR_NNACK означает, что передающий модем должен повторить передачу пакета (пакетов), начиная с номера RNR_NNACK, ввиду неготовности принимающего модема принимать данные (например, из-за несоответствия скоростей по последовательному интерфейсу между передающим и принимающим модулями). Диапазон: 0...7.
Qry (Query) Параметр: ??	Описание временно отсутствует

Np (Numbered packet) Параметр: NP_nn	Информационный пакет в режиме «точка-точка» без установления соединения. Порядковый номер пакета равен NP_nn. Диапазон: 00-31.
Na (Numbered acknowledge) Параметр: NA_NACK	Подтверждение на информационный пакет Np в режиме «точка-точка» без установления соединения. Параметр NA_NACK означает, что передающий модем может передавать пакеты с номером NA_NACK + 1. Диапазон: 00 - 31.
Ap (Auxillary packet) Параметр: AP_nn	Информационный пакет в режиме удаленной конфигурации. Порядковый номер пакета равен AP_nn. Диапазон: 00-31.
Aa (Auxillary acknowledge) Параметр: AA_NACK	Подтверждение на информационный пакет Ap в режиме удаленной конфигурации. Параметр AA_NACK означает, что передающий модем может передавать пакеты с номером AA_NACK + 1. Диапазон: 00 -31.
Ui (Unnumbered information) Параметр: UI_nn	Информационный пакет в широкополосном режиме. Порядковый номер пакета равен UI_nn. Диапазон: 00-31.
Att (Acknowledge timer time Out)	Переполнение таймера ожидания подтверждения. Псевдо пакет. Записывается в журнал событий для наглядного отображения тайм-аута.
Nfr (Not frame)	Получен пакет с неизвестным (не поддерживаемым) типом.

Таблица, выводимая на последовательный порт по командам [\\$LOG](#) и [\\$SCAN](#) содержит следующие поля:

#	DIR	To:From	Type	Size	Data	RptMask	Rpt	Time
---	-----	---------	------	------	------	---------	-----	------

Описание полей:

#	Номер принятого/отправленного пакета.
DIR	Направление обмена: R – прием, T – передача.
To:From	Адрес пакета в формате <i>получатель:отправитель</i>
Type	Обозначение типа пакета.
Size	Размер информационного пакета (байт). Размер 000 – соответствует 256 байт.
Data	Признаки полученных данных: F – признак FEC кода в пакете; m/l – признак наличия дополнительных данных, предназначенных для передачи передающим модемом: m (more) – данные есть в передающем буфере передающего модема, l (last) – последние данные (дополнительных данных нет); 7 – формат принятых данных – 7 бит; + - данные приняты без ошибок; r – данные приняты в скремблированном виде.
RptMask	Ретрансляционное поле пакета.

Rpt	<p>Признак ретрансляции пакета локальным модемом. Если символ «*» присутствует напротив принятого пакета – данный пакет подлежит ретрансляции, если символ «*» стоит напротив переданного пакета - пакет был ретранслирован.</p> <p>Признаки состояния пакетов в очереди на ретрансляцию:</p> <p>dF – пакет не был поставлен в очередь, т.к. очередь переполнена;</p> <p>dQ – пакет был удален или не поставлен в очередь на ретрансляцию, т.к. в очереди уже существует копия данного пакета;</p> <p>dD – пакет не был поставлен в очередь ретрансляции, т.к. была получена ошибка в информационном поле;</p> <p>dP – пакет был удален из очереди на ретрансляцию после активизации интеллектуальной функции коррекции пакетов протокола в режиме «точка-точка» с установлением соединения.</p>
Time	Время передачи/приема пакета в формате мм : сс : x10мс

