

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

**Кафедра Вычислительных машин, комплексов, систем и сетей**  
В.В. Соломенцев, С.Ю. Гоцуцов

**ПОСОБИЕ**  
**к выполнению лабораторных работ**  
**по дисциплине**  
**«Системы и средства телекоммуникаций ГА»**  
*для студентов*  
*специальности 230100*

**МОДЕМЫ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**  
**КОНФИГУРИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ AT-КОМАНД**

**Москва 2005**

**Рецензент канд. техн. наук, профессор Горнец Н.Н.**

Соломенцев В.В., Гоцуцов С.Ю.

Пособие к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации».-М.: МГТУ ГА, 2005 г. – 20с.

Данное пособие издается в соответствии с учебным планом для студентов специальности 220100.

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры \_\_\_\_\_ и методического совета специальности 220100 \_\_\_\_\_

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее пособие включена лабораторная работа по дисциплине «Сети ЭВМ и средства телекоммуникаций», посвященная вопросам работы модемов на физических линиях.

Лабораторная работа проводится по следующему плану:

- выполнение домашнего задания – изучение теоретической части;
- выполнение лабораторного задания;
- защита работы.

## Литература

1. А.Г. Зюко и др. Теория передачи сигналов: Учебник для вузов – М.: Радио и связь, 1986.
2. А.Б.Сергиенко Цифровая обработка сигналов– СПб.: Питер,2003
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Учебник для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1988.
4. Руководство пользователя модема Cyber T34.

## 1 Цель работы

1.1 Изучение принципов конфигурирования модемов для физических линий с использованием AT – команд;

1.2 Исследование влияния ширины полосы частот на скорость передачи данных;

1.3 Исследование динамической адаптации модема к качеству линии связи;

## 2. Подготовка к работе

2.1 Домашнее задание:

2.1.1 Изучите настоящее методическое пособие

2.1.2 Изучите основные AT-команды для настройке модема CuVear T34.

## 3 Теоретическая часть

### 3.1 Модуляция. Понятие «бодовый интервал»

При создании систем передачи информации в большинстве случаев оказывается, что спектр исходного сигнала, подлежащего передаче, значительно шире полосы частот, которую способна пропустить линия связи. Для передачи широкополосного сигнала по узкополосному каналу связи выполняется операция модуляции.

Сущность модуляции заключается в следующем. Формируется некоторое колебание (чаще всего гармоническое), называемое *несущей* (carrier), и какой-либо из параметров этого колебания изменяется во времени пропорционально исходному сигналу. Исходный сигнал называют *модулирующим*, а результирующее колебание с изменяющимися во времени параметрами – *модулированным сигналом*. Обратный процесс – выделение модулирующего сигнала из модулированного колебания – называется *демодуляцией*.

Устройство, выполняющее модуляцию, передачу модулированного сигнала и его демодуляцию на принимающей стороне называется модемом.

Запишем гармонический сигнал общего вида:

$$s(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi_0)$$

У данного сигнала есть три параметра:  $A$  – амплитуда, частота  $\omega_0$  и начальная фаза  $\phi_0$ . Если каждый из этих параметров связать с модулирующим сигналом, получим три основных вида модуляции: амплитудную, частотную и фазовую. Существует достаточно много разновидностей этих основных видов модуляции и их композиций.

Рассмотрим некоторые понятия, характеризующие процесс модуляции.

*Бод* – это единица измерения числа изменений амплитуды, частоты или фазы модулированного сигнала в секунду в канале связи.

Единица названа в честь французского ученого Ж.Бодо, 1845-1903 г.г.

Сама же скорость изменения параметров модулированного сигнала носит название *бодовая скорость* или *скорость модуляции*.

В процессе модуляции каждому информационному элементу (биту или последовательности бит) соответствует фиксированный отрезок времени, на котором модулированный электрический сигнал имеет определенные значения своих параметров, характеризующих значение этого информационного элемента. Этот отрезок времени называют *бодовым интервалом* (рисунок 1). Длительность бодового интервала составляет, как правило, 4 – 6 периодов несущей. Более частое изменение параметров сигнала приводит к тому, что на принимающей стороне не удастся правильно распознать границу соседних интервалов и значение параметра на данном бодовом интервале. Например, при амплитудной модуляции последовательные бодовые интервалы кодируют низким и высоким уровнем соответственно 0 и 1. При переходе с низкого уровня амплитуды на высокий в течение 1-1,5 периода несущей могут наблюдаться переходные процессы. Значение амплитуды не будет соответствовать в достаточной для однозначного распознавания мере ни одному из уровней.

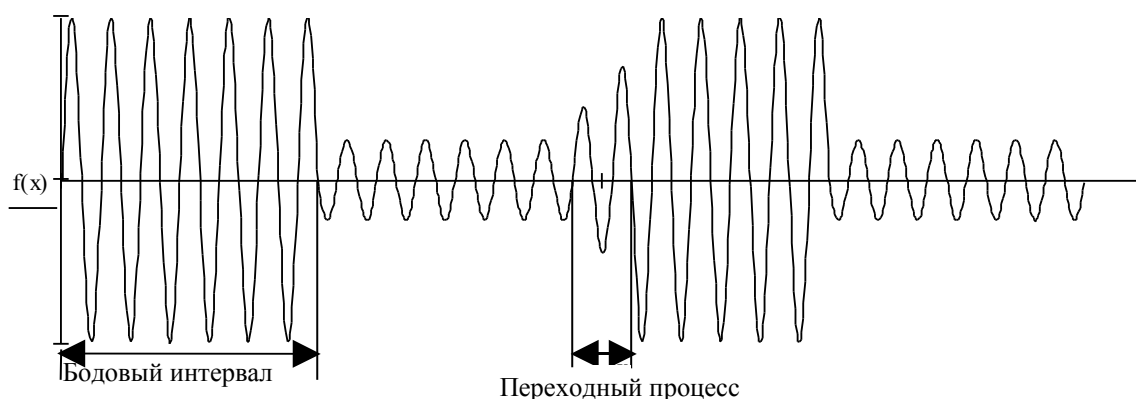


Рис.1 – Иллюстрация понятия «бодовый интервал»

Часто возникает путаница, когда говорят, что 1 бод=1 бит/с. Такая формулировка не совсем корректна, и справедлива только в следующем случае. Если за один бодовый интервал переносится 1 бит информации, понятия бод и бит/с совпадают, т.е. скорость модуляции (бод) равна информационной скорости (бит/с).

Большинство современных модемов за один бодовый интервал передают более 1 бита информации. На рис.2а приведена форма модулированного сигнала, который за один бодовый интервал переносит два бита информации. Как будет показано в ходе лабораторной работы, модем Cyber T34, работая по протоколу АТМТ, может передавать от 1 до 8 бит за один бодовый интервал.

### 3.2 Адаптация модема к линии связи

Многие современные модемы обладают возможностью адаптироваться к изменяющимся характеристикам линии связи, иными словами динамически подстраиваться под линию связи.

В линии связи помимо «полезного» модулированного сигнала присутствует сигнал-шум. Под шумом понимается любой нежелательный сигнал, в том числе внешние помехи или сигнал, вернувшийся к передающему модему в результате отражения от противоположного конца линии. Помехи могут возникать в результате электромагнитных и тепловых воздействий на линию связи. Действие помех может привести к изменению, амплитуды, фазы и частоты модулированного сигнала.

Существенное изменение данных параметров приводит к разрыву соединения. Это происходит потому, что модемы не могут вести прием/передачу сигнала с определенными ранее параметрами (структура канала, полоса частот, скорость передачи). Задача модема, обладающего функцией адаптации, состоит в том чтобы, изменив структуру канала и параметры сигнала, предотвратить разрыв соединения или восстановить его в короткий промежуток времени.

Проиллюстрируем сказанное выше на примере амплитудно-частотной модуляции. Предположим, что модулированный сигнал передает 2 бита за один бодовый интервал. Для кодирования 2 бит необходимо  $2^2$  значений (отсчетов) амплитуды, рис.2а. В идеальной ситуации, на принимающей стороне сигнал выглядит также как на передающей. Разность между соседними отсчетами амплитуды сигнала  $\Delta U$  не изменяется.

Под действием помех амплитуда сигнала исказилась на  $\Delta U_{\text{помехи}}$ .

Если  $\Delta U \gg \Delta U_{\text{помехи}}$ , уровень сигнала ставится в соответствии отсчету корректно и ошибка не возникает, рис.2б.

Если  $\Delta U \approx \Delta U_{\text{помехи}}$  амплитуда сигнала может ставиться в соответствие отсчету ошибочно и при демодуляции получается ошибочная битовая комбинация, рис. 2в. Возникающие ошибки могут быть исправлены корректирующим кодом (например, протокол V.42) или за счет повторной передачи блока данных. Если количество ошибок превышает некое допустимое значение, модем изменяет параметры модулированного сигнала с тем, чтобы сохранить установленное соединение.

В рассматриваемом примере одним из вариантов адаптации модема может быть снижение скорости передачи данных, рис. 2г. Теперь за один бодовый интервал передается не два а один бит информации. Для кодирования 1 бита необходимо 2 состояния амплитуды. При этом разность между соседними отсчетами амплитуды сигнала  $\Delta U$  увеличилась и  $\Delta U \gg \Delta U_{\text{помехи}}$ . Теперь, несмотря на действие помех, уровень сигнала ставится в соответствие отсчету корректно, т.е. при демодуляции не возникает ошибочная битовая комбинация.

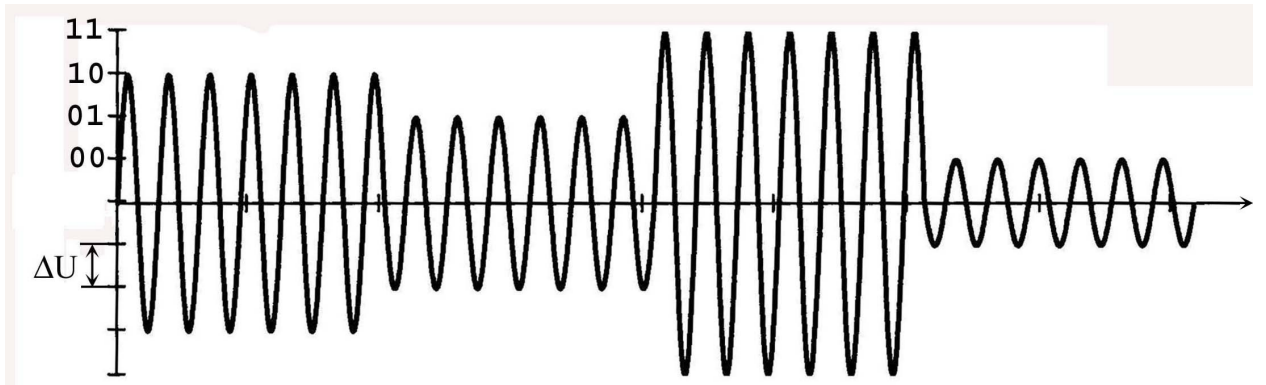


Рис 2а – Исходный модулированный сигнал

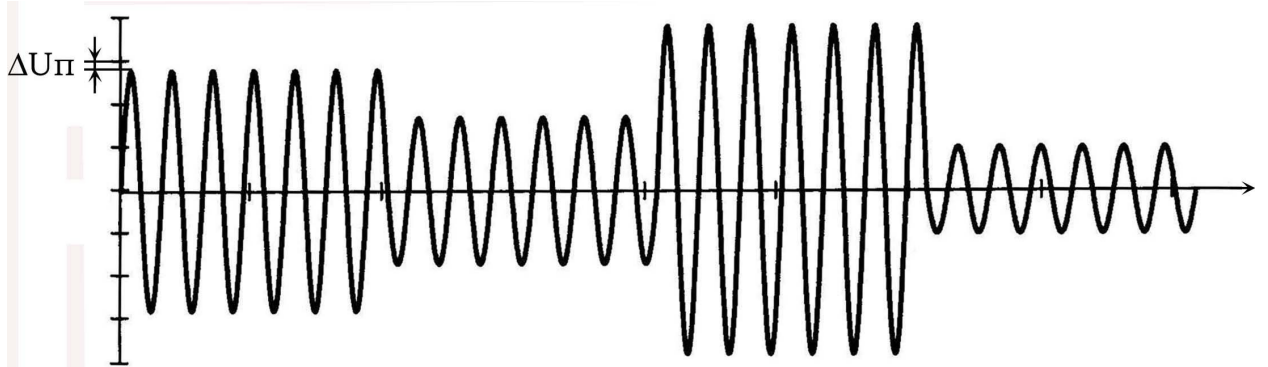


Рис 2б – Незначительное искажение формы сигнала под действием помех

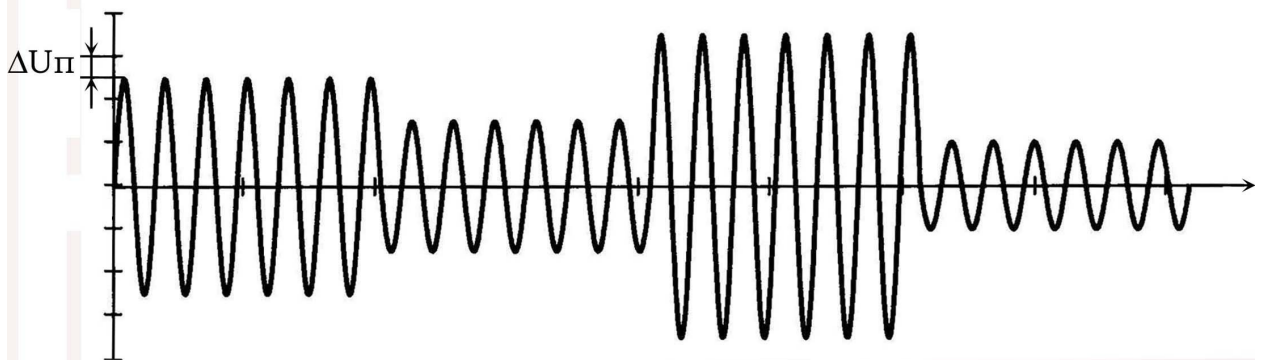


Рис 2в – Значительное искажение амплитуды сигнала под действием помех

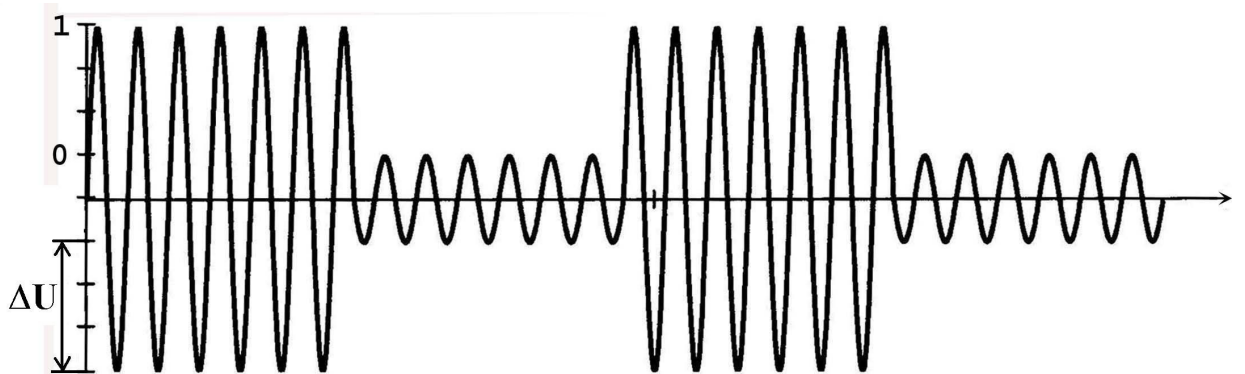


Рис. 2г – Снижение скорости передачи, увеличение  $\Delta U$

### 3.3 Модем CyBer T34

#### 3.3.1 Основные сведения

Модем CyBer T34 предназначен для передачи данных по коммутируемым (телефонным) и выделенным линиям связи. Модем работает по следующим протоколам:

- АТМТ – собственный протокол передачи данных
- V.22, V34 – протоколы модуляции
- V.42/V.42 bis – протоколы коррекции и сжатия

Высокие скорость и надежность работы модема обеспечиваются применением адаптивной технологии передачи данных АТМТ. Упрощенно модем с ее использованием можно представить в виде множества низкоскоростных (до 600 бит/с) модемов, работающих одновременно и независимо, каждый в своем частотном диапазоне в рамках одного телефонного канала. Скорость в каждом из этих подканалов, их количество и частотные диапазоны выбираются автоматически, что позволяет правильно настраиваться на параметры канала связи и постоянно отслеживать их изменения в процессе передачи, эффективно используя пропускную способность линии. Кроме автоматического определения параметров работы технологии АТМТ (частотный диапазон, скорость передачи, размер пакета) возможно принудительное их назначение пользователем. Рассмотрим подробнее принцип работы технологии АТМТ.

#### Частотная структура канала

Технология АТМТ реализует в общей сложности 64 частотных подканала шириной 75 Гц, пронумерованных от 0 до 63, рис. 3. Каналы 0,1,62 и 63 являются непригодными для передачи и не могут быть использованы. По умолчанию задействован 41 подканал, образуя полосу частот в 3075 Гц, начало полосы – 300 Гц, т.е. для передачи задействован практически весь частотный диапазон телефонного канала (300...3400 Гц). При работе на физической линии можно попробовать увеличить ширину полосы частот для достижения максимума скорости. Этому посвящен один из разделов настоящей лабораторной работы.

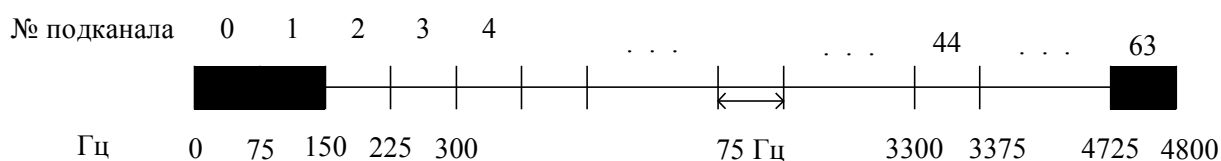


Рис.3 – Частотная структура канала АТМТ.



При работе на каналах с узким диапазоном частот модем автоматически снизит до 0 скорость передачи в подканалах, лежащих за рамками полосы пропускания, тем самым, прекратив в них передачу и перераспределив мощность передатчика на остальные подканалы. Например, ведомственные каналы с тональным телеграфированием могут иметь диапазон 300...2700 Гц и уже. В этом случае имеет смысл явно задать сужение рабочей полосы частот модема.

### **Скорость передачи**

Как уже отмечалось ранее, в процессе передачи модем автоматически выбирает скорость передачи данных в каждом подканале на основе статистики их прохождения. Время полной адаптации и достижения максимальной скорости не превышает 2-х минут, в течение которых эффективность передачи может быть ниже максимальной. Пользователь может «подсказать» модему более подходящие границы для изменения скорости передачи либо явно указать желаемую скорость, тем самым снизив потери производительности во время адаптации. Другой причиной принудительного задания скорости может быть работа на каналах очень низкого качества. В ходе лабораторной работы будет выполнен ряд экспериментов по вариации скорости передачи данных.

### **Установление соединения, управление потоком**

Установление соединения и управление потоком данных осуществляется при помощи так называемых INFO-пакетов, передаваемых на низкой скорости 2400 или 1200 бит/с (аналогичный метод используется в протоколе V.34). Передача на этих скоростях может производиться на каналах самого низкого качества. Модем автоматически выбирает скорость передачи INFO-пакетов.

При передаче последовательный поток данных от компьютера маршрутизируется по различным подканалам оптимальным образом, чтобы не допустить «заторов» из-за ошибок в некоторых подканалах, при которых данные на приемной стороне долго не могут собраться в непрерывную последовательность в том порядке, в котором передавались. Управлением потока данных занимается подсистема PADRE (Packet Assemble/Disassembler/Router Engine – система сборки/разборки пакетов).

### **3.3.2 Управление модемом**

Управление модемом Cyber производится при помощи AT-команд, которые посылаются в модем коммуникационной программой или пользователем вручную при работе с программой-терминалом.

Модем может находиться в одном из двух режимов работы:

- командный режим
- режим передачи данных

После инициализации модем всегда находится в командном режиме, в котором пользователь может при помощи терминального ПО управлять модемом, настраивать параметры режимов его работы.

При установлении соединения модемы переходят в режим передачи данных.

**В режиме передачи данных непосредственное управление модемом с клавиатуры становится невозможным, поскольку символы, посылаемые в модем, передаются удаленному модему.**

При разрыве соединения модемы переходят в командный режим.

Переход из режима передачи данных в режим команд также может быть выполнен без разрыва соединения, вручную путем ввода Escape-последовательности ( три знака +, т.е. +++). Возврат в режим передачи данных выполняется по команде АТО.

В командном режиме ввод АТ-команд выполняется латинским алфавитом. Командная строка может содержать несколько команд, которые для удобства чтения можно разделить пробелом. Команда(ы) выполняется после нажатия клавиши ENTER.

Таблица 1  
Основные команды управления модемом

Команда	Описание	Ответ
<b>Базовый набор команд</b>		
АТА	Установить соединение в режиме ответа	Соединение установлено: <i>CONNECT nnnn</i> , где <i>nnnn</i> -максимальная скорость приема данных Соединение не установлено: <i>NO CARRIER</i>
АТD [номер]	Установить соединение в режиме ответа	Аналогично команде АТА. Дополнительно: <i>NO DIALTONE</i> – отсутствие приглашения к набору номера(гудка) <i>BUSY</i> – линия занята
АТН	Разрыв соединения, отключение модема от линии	ОК
АТI4	Статистика по последнему сеансу связи	
АТI5	АЧХ канала при последнем сеансе связи	
АТI6	Информация о количестве подканалов и скорости в подканалах	

+++	Escape-последовательность, переводит модем в командный режим	ОК
ATO	Возврат в режим передачи данных	CONNECT nnnn
ATSnn?	Чтение регистра nn	Содержимое регистра nn в десятичной форме
ATSnn=k	Запись в регистр nn значения k	
ATZ[n]	Сброс настроек модема, установка значения регистров, заданных в профиле n (0 или 1)	
<b>Расширенный набор команд</b>		
AT&L[n]	Выбор коммутируемой/выделенной линии	
AT&L AT&L0	Переводит модем в режим работы по коммутируемой линии связи (используется по умолчанию)	
AT&L1	Переводит модем в режим работы по выделенной линии в качестве <b>отвечающего</b> . Сразу после включения модем начнет отвечать, пытаясь установить связь с вызывающим модемом	
AT&L2	Переводит модем в режим работы по выделенной линии в качестве <b>вызывающего</b> . Сразу после включения модем будет пытаться установить связь с отвечающим модемом	
AT&V	Просмотр значения S-регистров	Выводит текущие значения S-регистров, а так же содержимое профилей 0 и 1
AT&W[n]	Запись текущих значений S-регистров в профиль n (0 или 1)	

### 3.3.3 Особенности работы на выделенной линии связи

Модемы Cyber поддерживают режим работы по выделенной линии. В этом режиме модем не отвечает на AT-команды, а сразу, после включения питания, пытается установить прямое соединение с другим модемом. При разрыве связи модем автоматически пытается переустановить соединение.

Следует обратить особое внимание на перевод модема в режим выделенной/коммутируемой линии. Модем запоминает скорость COM-порта при которой был выполнен перевод в режим выделенной линии. Вывод модема из режима выделенной линии должен быть выполнен только на данной скорости порта.

#### Перевод модема в режим выделенной линии

1. Команда AT&L1 (для отвечающего) или AT&L2 (для вызывающего)
2. Команда записи AT&W

#### Вывод модема из режима выделенной линии

1. Если установлено соединение – последовательность +++
2. Команда AT&L
3. Команда записи AT&W

### 3.3.4 Работа с S-регистрами модема

Параметры работы модема определяются значениями его S-регистров. В ПЗУ модема хранятся два профиля (profile0 и profile1), каждый из которых содержит набор значений всех S-регистров. При инициализации модема путем копирования в ОЗУ содержимого профиля 0, создается активный (действующий) профиль (active profile).

Работа с S-регистрами возможна только в командном режиме. По команде AT&V в окно терминальной программы выводится содержимое активного и сохраненных профилей модема, рис 4.

```
at&v
```

```
ACTIVE PROFILE: E1 L3 M1 Q0 V1 X4 &C3 &D2 &L2 &R1 &T0 %C3 \N4
S00:000 S01:000 S02:043 S03:013 S04:010 S05:008 S06:005 S07:030 S08:002 S09:015
S10:250 S11:032 S12:064 S13:001 S14:010 S15:199 S16:018 S17:018 S18:006 S19:044
S20:004 S21:000 S22:005 S23:060 S24:044 S25:004 S26:012 S27:003 S28:002 S29:015
S30:110 S31:001 S32:010 S33:128 S34:005 S35:004 S36:051 S37:000 S38:000

STORED PROFILE 0: E1 L3 M1 Q0 V1 X4 &C3 &D2 &L0 &R1 &T0 %C3 \N4
S00:000 S01:000 S02:043 S03:013 S04:010 S05:008 S06:005 S07:030 S08:002 S09:015
S10:250 S11:032 S12:064 S13:001 S14:010 S15:199 S16:018 S17:018 S18:006 S19:044
S20:004 S21:000 S22:005 S23:060 S24:044 S25:004 S26:012 S27:003 S28:002 S29:015
S30:108 S31:001 S32:010 S33:128 S34:005 S35:004 S36:051 S37:000 S38:000

STORED PROFILE 1: E1 L3 M1 Q0 V1 X4 &C3 &D2 &L0 &R1 &T0 %C3 \N4
S00:000 S01:000 S02:043 S03:013 S04:010 S05:008 S06:005 S07:030 S08:002 S09:015
S10:250 S11:032 S12:064 S13:001 S14:010 S15:199 S16:018 S17:018 S18:006 S19:044
S20:004 S21:000 S22:005 S23:060 S24:044 S25:004 S26:012 S27:003 S28:002 S29:015
S30:108 S31:001 S32:010 S33:128 S34:005 S35:004 S36:051 S37:000 S38:000
OK
```

Рис.4 – Содержимое профилей модема.

Для работы с отдельными регистрами используются две основные команды: AT\$nn? – чтение регистра nn и AT\$nn=k – запись значения k в регистр nn. Чтение и запись происходит из (в) активный профиль, который содержится в ОЗУ модема.

Для того, чтобы сохранить набор значений S-регистров из активного профиля в профили 0 или 1 необходимо воспользоваться командой AT&W или AT&W1 соответственно.

Для того, чтобы восстановить значения S-регистров из профиля 0 или 1 в активный профиль необходимо воспользоваться командой AT&Z или AT&Z1 соответственно.

**В ходе лабораторной работы будьте внимательны, сохраняйте измененные значения S-регистров только в профиль 0 (команда AT&W). Профиль 1 содержит значения регистров по-умолчанию и используется как резервный.**

Рассмотрим регистры, определяющие скоростные и частотные параметры канала.

### **S16, S17 – регистры скорости передачи и приема данных**

Регистры S16 и S17 определяют максимальную и минимальную скорость обмена в каждом подканале:

S16 – скорость передачи

S17 – скорость приема

Диапазон значений регистров – от 1 до 88.

Числа от 1 до 8 определяют количество бит, передаваемых в каждом из подканалов в пакете длительностью 1 бод. Границы скорости задаются в десятичном формате: максимальная скорость – в разряде единиц, минимальная – в разряде десятков.

Например, S16=35 устанавливает максимальную скорость передачи 5, а минимальную – 3. Значение по умолчанию S16=8 устанавливает максимальную скорость 8, а минимальную – 0, что даст модему возможность автоматически выключать подканалы, передача в которых невозможна, и раздавать мощность передатчика остальным.

Максимальная пропускная способность модема определяется как сумма скоростей во всех подканалах, умноженная на скорость модуляции:  $8*41*75=24600$  бит/с.

При установлении соединения модемы обмениваются диапазонами допустимых скоростей. Далее производится попарное сравнение диапазонов скоростей приема и передачи (S16 одной стороны сравнивается с S17 другой стороны) и устанавливаются наиболее жесткие границы для данного направления. Таким образом, в каждом из направлений передачи может устанавливаться независимо.

Следует иметь в виду, что при автоматическом выборе скорости в некоторых подканалах с большим числом ошибок передача может быть прекращено (скорость снижена до 0). Для предотвращения «вырождения» подканалов при работе на низших скоростях в условиях большого количества помех рекомендуется назначить нижний предел больше 0. Необходимо учесть, что при этом модем не сможет «уходить» с непроходимых участков спектра и диапазон рабочих частот также следует выбирать вручную.

### **S19, S20, S24, S25 - Регистры границ полосы частот модема**

Эти регистры определяют границы полосы частот (рабочего диапазона) модема.

S19 – регистр ширины полосы частот передачи

S20 – регистр начала полосы частот передачи

S24 – регистр ширины полосы частот приема

S25 – регистр начала полосы частот приема

Значения регистров S20 и S25 – номер подканала, который является началом полосы частот.

Значения регистров S19 и S24 – количество подканалов, задействованных в приеме/передаче

Напомним, что ширина одного подканала составляет 75 Гц. Значения по умолчанию: S19=S24=44, S20=S25=4. Таким образом, частотный диапазон по умолчанию составляет 300...3600 Гц. Стандартные значения границ телефонного спектра составляют 300...3400 Гц. При работе по физической линии связи можно расширить границы рабочего диапазона, тем самым, повысив скорость передачи за счет увеличения числа подканалов. При расширении границ рабочего диапазона следует помнить следующие ограничения:

- нижняя граница (значения S20 и S25) не должна быть менее 2
- верхняя граница (суммы S19+S20 и S24+S25) не должна превышать 62

При установлении соединения модемы обмениваются значениями границ диапазона. Далее производится попарное сравнение желаемых частотных диапазонов приема и передачи (S19 одной стороны сравнивается с S24 другой, а S20 – с S25) и устанавливается максимальная нижняя граница и минимальная ширина диапазона для данного направления. В каждом из направлений передачи рабочая полоса частот может устанавливаться независимо.

В процессе передачи модем оптимально маршрутизирует пакеты, направляя наиболее приоритетные (не прошедшие в предыдущем кадре, затем по мере давности поступления в модем) данные в наиболее надежные подканалы, исключая дополнительные потери времени при полном непрохождении данных в части подканалов.

Несмотря на это, мощность передатчика модема в «непроходимых» подканалах будет расходоваться впустую, снижая соотношение сигнал/шум в остальных подканалах. Поэтому опытному пользователю рекомендуется путем мониторинга передачи (см. команду AT&I6) определить оптимальные границы диапазона на данной линии и задать их вручную.

### **3.3.5 Команды вызова информации о соединении**

Команды ATi4, ATi5, ATi6 выводят в окно терминальной программы информацию об активном или последнем соединении. В данном разделе в качестве примера приводится информация о соединении на выделенной линии, установленном при стандартных настройках модемов. В ходе лабораторной работы вы будете пользоваться командами ATi4, ATi5, ATi6 для получения информации о соединении, установленном при отличающихся от стандартных настройках модемов. Внимательно ознакомьтесь с примерами данного раздела, поскольку в ходе работы вам необходимо будет сравнить их с информацией о соединении при различных настройках модемов.

По команде АТІ4 выдается статистика соединения, отдельно для передатчика (transmitter) и приемника (receiver), рис. 5.

```

ati4
      Modem Transmitter Statistics                Modem Receiver Statistics
Output signal level (-dB):                6  Received signal power (-dB):                0
Max TX subchannel speed:                  8  Max RX subchannel speed:                    8
Min TX subchannel speed:                   1  Min RX subchannel speed:                    1
Number of subchannels:                    44  Number of subchannels:                     44
TX band first subchannel #:                4  RX band first subchannel #:                 4
INFO packets TX speed, BPS:               2400  INFO packets RX speed, BPS:                2400
Datarump TX performance, BPS:             0  Datarump RX performance, BPS:             0
OK
  
```

Рис.5 – Статистика соединения.

Рассмотрим подробнее выдаваемую по команде АТІ4 информацию:

**Output (received) signal level (-DB)** – уровень затухания выходного (принимаемого) сигнала, -Дб.

**Max TX (RX) subchannel speed** – максимальная скорость передачи (приема) в подканале, бит/бод.

**Min TX (RX) subchannel speed** – минимальная скорость передачи (приема) в подканале, бит/бод.

**Number of subchannels** – число подканалов, участвующих в передаче (приеме).

**TX (RX) band first subchannel #** - номер первого подканала полосы частот передачи (приема)

**INFO packets TX(RX) speed, BPS** – скорость передачи (приема) INFO-пакетов, бит/с.

**Datarump TX (RX) performance, BPS** –

По команде АТІ5 в окне терминальной программы строится амплитудно-частотная характеристика канала связи, рис 6.

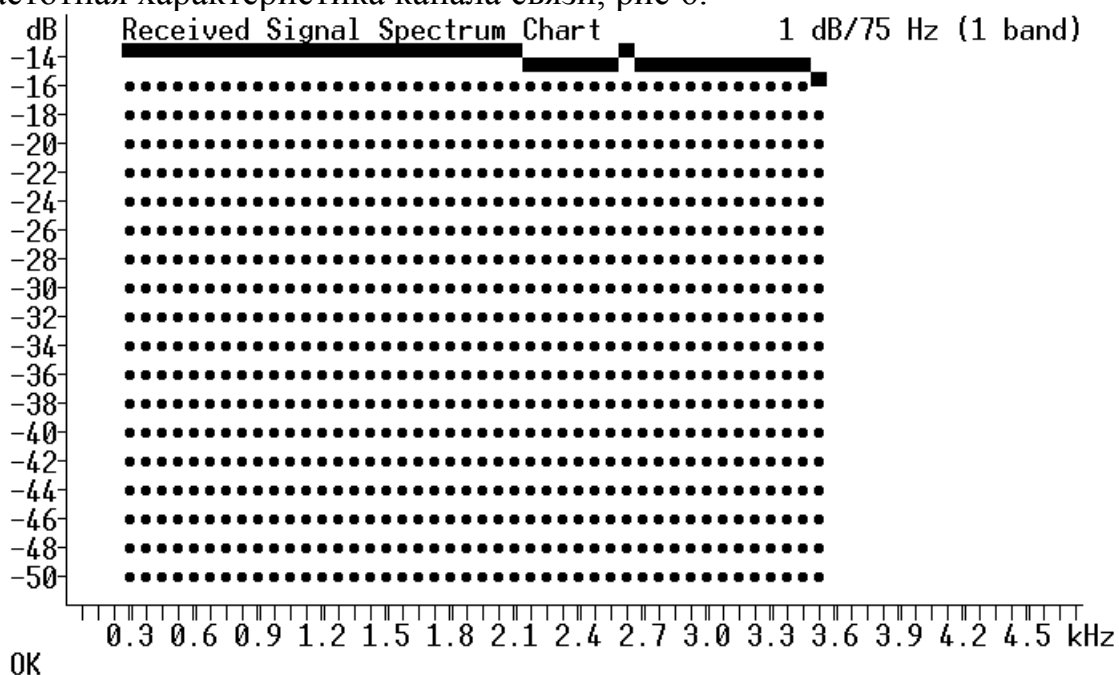


Рис.6 – Амплитудно-частотная характеристика канала связи.





## 4.2 Работа на коммутируемой линии

Схема подключения модемов для работы на коммутируемой линии представлена на рис.9.

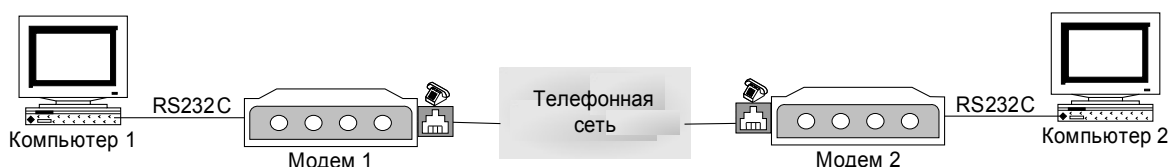


Рис.9 – Схема лабораторной установки, работа на коммутируемой линии

**4.2.1** Для установления соединения по коммутируемой линии связи на вызывающей стороне в окне терминальной программы наберите команду *ATD [номер]*, на отвечающей – АТА

При успешном установлении соединения на экран терминальной программы выдается ответ *CONNECT nnnn*, где *nnnn* – максимальная скорость передачи данных. В случае, если соединение не установлено (см. таблицу 1), повторите набор номера.

**4.2.2** После установления соединения программа «HyperTerminal» позволяет провести сеанс переписки и пересылки файлов. Переписка осуществляется простым набором символов в окне программы терминала. При этом символы отображаются в окне программы на противоположной стороне.

Обменяйтесь сообщениями, используйте русский и латинский алфавит. Проверьте корректность передачи на принимающей стороне.

Используя меню *Передача – Отправить файл* программы «HyperTerminal» выполните пересылку нескольких текстовых файлов. Проверьте содержимое файлов на принимающей стороне.

**4.2.3** Перейдите в командный режим, набрав Escape-последовательность *+++*. Просмотрите содержимое регистров модема, команда *AT&V*. Просмотрите статистику соединения, команды *ATI4*, *ATI5*, *ATI6*. Сравните данные о текущем соединении на вызывающей и отвечающей стороне. Сравните данные о текущем соединении с примерами п.3.3.5.

**4.2.4** Переведите модем обратно в режим передачи данных, набрав команду *ATO*. Убедитесь, что модем перешел в режим передачи данных (см. таблицу 1). Выполните пересылку текстового файла.

**4.2.5** Разорвите установленное соединение, набрав в командном режиме команду *ATO*.

## 4.3 Работа на выделенной линии

Схема подключения модемов для работы на выделенной линии представлена на рис.10.



Рис.10 – Схема лабораторной установки, работа на коммутируемой линии

**4.3.1** Соедините модемы кабелем через порт физической линии RJ11. Установите соединение, набрав в окне терминальной программы следующие команды:

- на вызывающий модем послать команды *AT&L2* и *AT&W*
- на отвечающий модем послать команды *AT&L1* и *AT&W*

**4.3.2** После того, как соединение будет установлено, в программе «HyperTerminal» выполните пересылку текстовых файлов и обменяйтесь сообщениями.

**4.3.3** В командном режиме получите статистику о текущем соединении. Сравните данные о текущем соединении с примерами п.3.3.5.

**4.3.4** В окне терминальной программы наберите команду *ATH*. Убедитесь, что в режиме выделенной линии после разрыва соединения модемы автоматически пытаются его восстановить. Дождитесь, когда соединение будет восстановлено.

**4.3.5** Переведите модемы в режим работы по коммутируемой линии, команды *AT&L* и *AT&W*

#### 4.4 Вариация скорости передачи данных

Данный раздел посвящен настройке скорости передачи данных через регистры модема. Выполните следующие эксперименты, результаты – значения скорости передачи данных – занесите в отчет, см. приложение 1.

**4.4.1** В регистры *S16* и *S17* отвечающего и вызывающего модемов занесите значение 18, команды *S16=18* и *S17=18*. Проверьте значения регистров, команды *S16?* и *S17?*.

**4.4.2** Просмотрите текущие значения регистров, и значения в профиле 0 и 1, команда *AT&V*. Сравните текущие значения регистров *S16* и *S17* со значениями в профилях. Запишите текущие значения регистров в профиль 0, команда *AT&W*. Проверьте корректность записи.

**4.4.3** Установите соединение на выделенной линии, см. п.4.3.1. В отчет занесите скорость соединения.

**4.4.4** Просмотрите статистику соединения, команды *ATI4*, *ATI5*, *ATI6*. Сравните данные о текущем соединении с примерами п.3.3.5.

**4.4.5** Разорвите соединение, см. п.4.3.5.

Повторите п.4.4.1-4.4.5 для следующих вариантов скорости передачи данных.

**4.4.6** Вызывающий модем – скорость фиксирована, отвечающий – произвольная, рис.11:

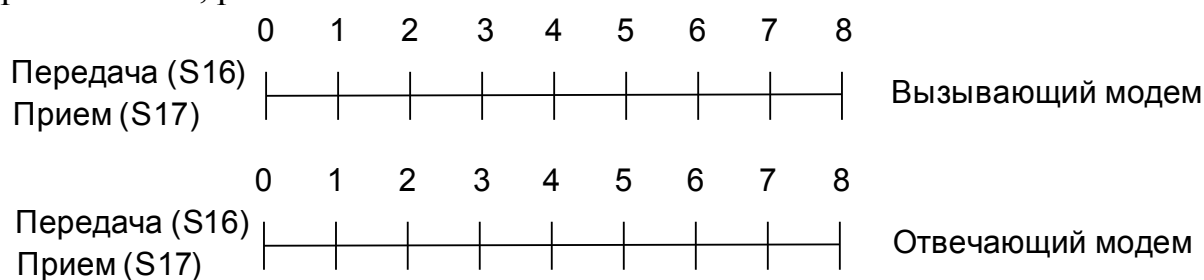


Рис.11 – Диапазоны изменения скорости в подканалах, бит/бод.  
Вызывающий модем – скорость фиксирована, отвечающий – произвольная

Вызывающий модем	Отвечающий модем
S16=55	S17=18
S17=55	S16=18

**4.4.7** Пересекающиеся диапазоны скоростей, рис.12:

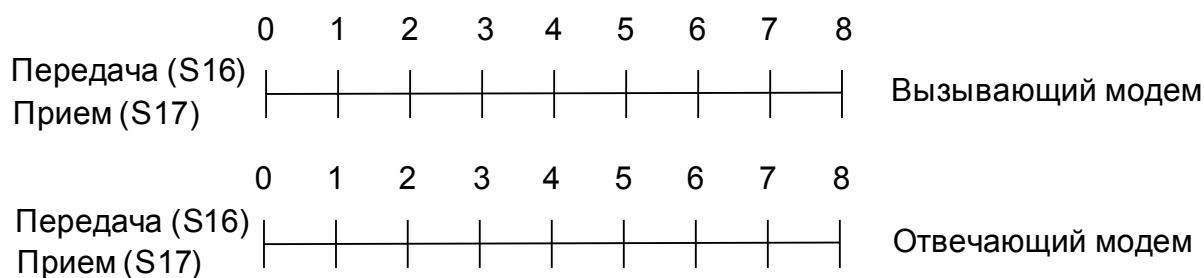


Рис.12 – Пересекающиеся диапазоны изменения скорости  
в подканалах, бит/бод.

Вызывающий модем	Отвечающий модем
S16=14	S17=37
S17=14	S16=48

Проанализируйте результаты эксперимента.

Какая скорость передачи со стороны вызывающего модема установлена в подканалах в процессе соединения: 3 или 4 бит/бод? Почему?

#### 4.4.8 Непересекающиеся диапазоны скоростей, рис.13:



Рис.13 – Непересекающиеся диапазоны изменения скорости в подканалах, бит/бод.

Вызывающий модем	Отвечающий модем
S16=14	S17=58
S17=14	S16=68

Проанализируйте результаты эксперимента.

Какая скорость приема и передачи данных установлена в процессе соединения? Почему?

#### 4.4.9 Восстановите настройки модема из профиля 1, команда AT&Z1.

#### 4.5 Вариация ширины рабочей полосы частот

Данный раздел посвящен исследованию влияния ширины рабочей полосы частот модема на скорость передачи данных. Выполните следующие эксперименты, результаты – значения скорости передачи данных и АЧХ канала связи – занесите в отчет, см. приложение 2.

**4.5.1** Задайте узкую рабочую полосу частот вызывающего модема, настройки отвечающего модема не изменяйте. В регистры S19, S24, отвечающие за ширину полосы передачи и приема, занесите значение 20(подканалов). В регистры S20 и S25, отвечающие за начало полосы передачи и приема занесите значение 10 (начало рабочей полосы с подканала №10, 750 Гц). Запишите эти значения регистров в профиль 0, проверьте корректность записи. Данные значения регистров устанавливают следующие границы рабочей полосы частот:

Регистр	Передача		Прием	
	S19	S20	S24	S25
Значение	20	10	20	10
	1500 Гц	750 Гц	1500 Гц	750 Гц
Полоса частот	750 – 2250 Гц		750 – 2250 Гц	

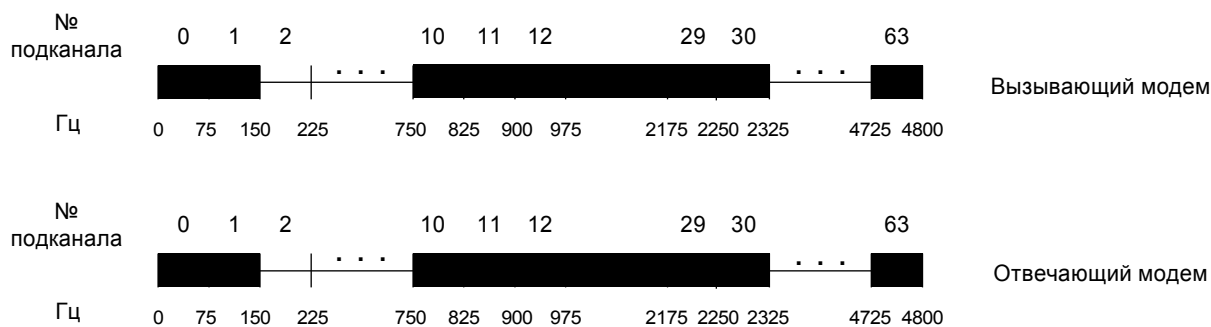


Рис. 14 – Узкая полоса частот вызывающего и отвечающего модемов.

**4.5.2** Установите соединение на выделенной линии, см. п.4.3.1. В отчет занесите скорость соединения.

**4.5.3** Просмотрите статистику соединения, команды *ATI4*, *ATI5*, *ATI6*, в графическом файле сохраните АЧХ канала и информацию о количестве рабочих подканалов и скорости в этих подканалах. Сравните данные о текущем соединении с примерами п.3.3.5.

**4.5.4** Разорвите соединение, см. п.4.3.5.

Повторите п.4.5.1-4.5.4 для следующих вариантов скорости передачи данных.

**4.5.5** Расширенная рабочая полоса частот вызывающего и отвечающего модемов:



Рис. 15 – Расширенная рабочая полоса частот

Регистр	передача		прием	
	S19	S20	S24	S25
Значение	60	2	60	2

Проанализируйте результаты соединения.

По количеству подканалов и скорости в них рассчитайте пропускную способность модема. Сравните результат расчета со скоростью, которую выдал модем после установления соединения.

**4.5.6** Непересекающиеся рабочие полосы частот вызывающего и отвечающего модемов:

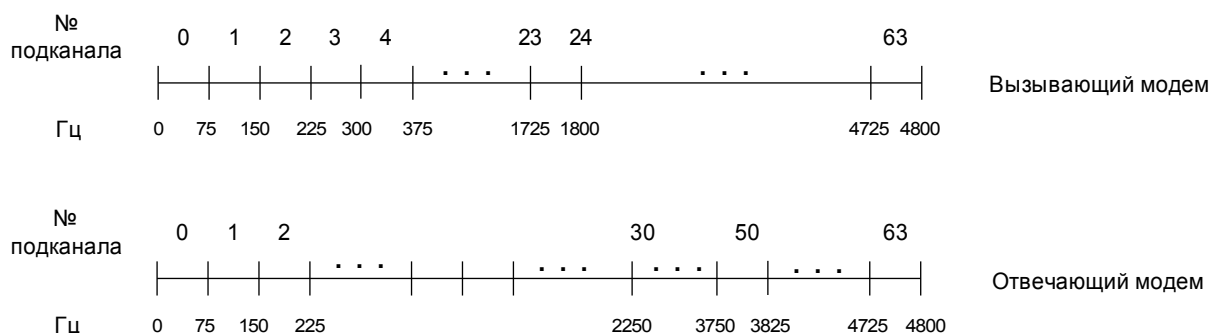


Рис.16 – Непересекающиеся полосы частот вызывающего и отвечающего модемов

**ВЫЗЫВАЮЩИЙ МОДЕМ**

Регистр	передача		прием	
	S19	S20	S24	S25
Значение	20	4	20	4

**ОТВЕЧАЮЩИЙ МОДЕМ**

Регистр	передача		прием	
	S19	S20	S24	S25
Значение	20	30	20	30

Проанализируйте результаты эксперимента.

По какому протоколу установлено соединение? По количеству подканалов и скорости в них рассчитайте пропускную способность модема. Сравните результат расчета со скоростью, которую выдал модем после установления соединения.

**4.5.7** Восстановите настройки модема из профиля 1, команда AT&Z1. Переведите модем в режим работы на коммутируемой линии, команды AT&l, AT&W. Отключите питание модемов, разберите лабораторную установку, сдайте оборудование преподавателю.

## 5 Контрольные вопросы

1. Поясните понятия «бодовый интервал», «скорость модуляции»
2. Почему длительность бодового интервала составляет 4-6 периодов несущей?
3. В чем заключается способность модема адаптироваться к качеству линии связи?
4. Какие режимы работы имеют модемы Cyber T34? Команды переключение режимов работы.
5. Команды работы на выделенной линии: установление и разрыв соединения.
6. Команды вызова статистики соединения.
7. Где хранятся параметры работы модемов?
8. Команды работы с регистрами модема.
9. Как получить статистику по последнему (активному) соединению модемов? Какая информация доступна пользователю?
10. Как рассчитать фактическую скорость соединения по данным регистров и статистике соединения?
11. Как влияет расширение (сужение) полосы частот модема на скорость соединения?
12. Как влияет нагрев участка физической линии связи на скорость соединения модемов?

## 6 Содержание отчета по лабораторной работе:

- титульный лист;
- название и цель работы;
- результаты выполнения лабораторного задания:
  - таблицы результатов экспериментов, см. приложение 1;
  - АЧХ канала, информация о количестве и скорости в подканалах для экспериментов 4.5.1, 4.5.5 и 4.5.6;
- выводы по работе.

Приложение 1  
Отчет по лабораторной работе  
Вариация скорости передачи данных

**Произвольный выбор скорости**

Вызывающий модем	Отвечающий модем
S16=18	S17=18
S17=18	S16=18
Скорость соединения:	

**Вызывающий модем – скорость фиксирована, отвечающий – произвольная**

Вызывающий модем	Отвечающий модем
S16=55	S17=18
S17=55	S16=18
Скорость соединения:	

**Пересекающиеся диапазоны скоростей**

Вызывающий модем	Отвечающий модем
S16=14	S17=37
S17=14	S16=48
Скорость соединения:	

**Не пересекающиеся диапазоны скоростей**

Вызывающий модем	Отвечающий модем
S16=14	S17=58
S17=14	S16=68
Скорость соединения:	



Приложение 2  
Отчет по лабораторной работе  
Вариация ширины рабочей полосы частот

**Узкая полоса частот**

Регистр	Передача		Прием	
	S19	S20	S24	S25
Значение, подканалы	20	10	20	10
Значение, Гц				
Полоса частот, Гц				
Скорость соединения				

**Расширенная полоса частот**

Регистр	Передача		Прием	
	S19	S20	S24	S25
Значение, подканалы	60	2	60	2
Значение, Гц				
Полоса частот, Гц				
Скорость соединения				
Расчетная скорость соединения				

**Не пересекающиеся рабочие полосы частот вызывающего и отвечающего модемов**

Вызывающий модем

Регистр	Передача		Прием	
	S19	S20	S24	S25
Значение, подканалы	20	4	20	4
Значение, Гц				
Полоса частот, Гц				
Протокол соединения				
Скорость соединения				
Расчетная скорость соединения				

Отвечающий модем

Регистр	Передача		Прием	
	S19	S20	S24	S25
Значение, подканалы	20	30	20	30
Значение, Гц				
Полоса частот, Гц				
Протокол соединения				
Скорость соединения				
Расчетная скорость соединения				