




**Лекция № 5-6**  
**Модемы и факс-  
модемы**



Модем преобразует компьютерные данные в аналоговый или цифровой сигнал (модуляция), который может передаваться по телефонной линии и достигать другого модема. Удаленный модем переводит полученный сигнал снова в данные (демодуляция) и посылает эти данные на свой компьютер.

# В тракт передачи входят:

- терминал передачи данных DTE (Data Terminal Equipment) в данном случае — это компьютер;
- оконечное оборудование данных (ООД). Термин применяется для обозначения устройств, использующих передачу данных. DTE подключается к сети передачи данных через аппаратуру передачи данных (DCE);
- оборудование передачи данных. DCE (Data Communication Equipment) — аппаратура передачи данных или аппаратура коммутации данных (АПД или АКД). Это аппаратные средства, обеспечивающие установку, поддержку и разрыв соединения по сети передачи данных.

# Структурная схема модема



# Составляющие модема:

- устройство сопряжения с каналом связи (в него входят согласующий линейный трансформатор с элементами защиты, схема набора номера, цепь определения сигнала посылки вызова и других акустических сигналов (например, сигнала "занято"), АЦП, ЦАП, фильтры передачи и приема;
- цифровой сигнальный процессор (Digital Signal Processor — DSP);
- контроллер протоколов и управления (с элементами памяти);
- интерфейсный узел сопряжения с компьютером RS232.



# Устройства сопряжения с каналом связи

- отвечают за преобразование сигнала из цифровой формы в аналоговую, переход от четырехпроводной системы передачи к 2-х проводной и обратное преобразование.
- обеспечивают модуляцию и передачу по каналу с обнаружением и обработкой ошибок.

# Цифровой сигнальный процессор

- Представляет собой устройство, обрабатывающее поступающие сигналы в реальном масштабе времени.
- В модеме он обеспечивает работу алгоритмов кодировки и декодирования информации, алгоритмы авторизации и другие логические действия.

# Протоколы -

-  это набор формализованных правил, процедур и спецификаций, определяющих формат и способ передачи данных.
-  предназначены для работы модемов по телефонным каналам.
- асинхронные (протоколы V.21, V.23);
- асинхронно-синхронные (протоколы V.22, V.22 bis, V.26, V.32 bis, V.34, V.90, V.92);
- синхронные.



# Основные протоколы модемов

Название	Тип модуляции	Объект действия протокола
V.21	FSK	Дуплексный модем на 300 бит/с. для телефонных сетей общего назначения, используется факсаппаратами и факсмодемами
V.22	DPSK	Дуплексной модем для работы при скоростях 600/1200 бит/с
V.22bis	QAM	Дуплексной модем для работы при скоростях 1200/2400 бит/с
V.23	FSK	Асинхронный модем на частоту 600/1200 бит/ с (сети videotex), несовместим с V.21, V.22 и V.22bis
V.26	FSK	Модем для работы на выделенную линию четырехпроводной линии на скоростях 2400/1200 бит/с
V.27	FSK	Модем для работы на выделенную линию четырехпроводной на скорости 4800 бод/с
V.27ter	DPSK	Модем с набором телефонного номера на скорости 2400/4800 бит/с (fax)
V.32	QAM	Семейство двухпроводных модемов, работающих на частотах до 9600 бит/с
V.32bis	TCM	Модем, работающий на выделенную линию для скоростей 7200, 12,0 и 14,4 Кбит/с
V.34	QAM	Модем на частоту 28,8 Кбит/с, использован новый протокол установления связи
V.34bis	QAM	Модем на скорости 32 Кбит/с
V.90	PCM	Модемы с асимметричной передачей. Протокол поддерживает: скорость 56 Кбит/с в направлении от центральной станции к пользователю и от пользователя к центральной станции (33,6 Кбит/с)
V.92	PCM	Модемы с асимметричной передачей. Протокол поддерживает: скорость 56 Кбит/с в направлении от центральной станции к пользователю и от пользователя к центральной станции (48 Кбит/с), использует стандарт сжатия V.44

# V.32

- наиболее распространенный протокол;
- предназначен для передачи данных по двухпроводной линии в дуплексном режиме на скорости 9600 Кбит/с по нормальным коммутируемым телефонным линиям.
- в большинстве случаев он оснащается средствами, выполняющими протокол сжатия данных V.42 bis (на передающем и приемном концах). Скорость передачи и приема возрастает до 38400 бит/с;
- протокол предусматривает обратный канал для служебных функций, обеспечивающий скорость 4800 Кбит/с.

# V.92

- Повышена скорость в направлении от пользователя к центральному устройству до 48 Кбит/с.
- Взаимодействует с протоколом сжатия V.44, разработанного для цифровых каналов. Это обеспечивает эффект сжатия 6:1, т.е. больший, чем в протоколе V.42bis. В результате реальная скорость передачи может быть поднята до 300 Кбит/с.
- Стандарт включает в себя алгоритмы, известные как "Быстрое соединение" (QuickConnect), которые уменьшают время вхождения в связь двух модемов.

# V.92

- Модемы, работающие по протоколу V.92, распознают и отвечают на сигнал "посылка вызова" и устанавливают сеанс передачи данных в режим "удержание" ("onhold") до момента окончания разговора. Это свойство имитирует вторую линию, после отбоя речевого соединения сеанс восстанавливается без набора номера. Эту же услугу может обеспечить и модем с протоколом V.90, при загрузке дополнительного программного обеспечения.

# Быстрое соединение

- Установку коммутируемого сеанса "точка - точка" можно разбить на четыре этапа.
  - 1- модем должен набрать номер и установить физическое соединение с модемом провайдера.
  - 2- модемы должны определить и компенсировать искажения канала связи и соединиться на оптимальной скорости.
  - 3- модемы должны установить соединение с коррекцией ошибок по протоколу V.42 с другим модемом.
  - 4- система должна выполнить авторизацию пользователя и соединиться с сервером.

# RS-232

- наиболее популярный из последовательных интерфейсов. Этот стандарт соединения оборудования был разработан в 1969 г. рядом крупных промышленных корпораций и опубликован EIA.
- разработан как стандарт для соединения компьютеров и различных последовательных периферийных устройств. Международный союз электросвязи ITU-T использует аналогичные рекомендации под названием V.24 и V.28.

# Сигналы интерфейса RS-232

№ конт DB25	№ конт DB9	EIA обозн (RS-232)	ItU-t обозн (V 24)	Описание сигнала	Аббревиатура	От DCE	От DtE
1		AA		Защитное заземление	GND		
2	3	BA	103	Передаваемые данные	TxD		x
3	2	BB	104	Принимаемые данные	RxD	x	
4	7	CA, CJ	105, 133	Запрос передачи, готовность к приему	RTS		x x
5	8	CB	106	Готовность к передаче	CTS	x	
6	6	CC	107	Готовность DCE	DSR	x	
7	5	AB	102	Сигнальное заземление	SG	x	x
8	1	CF	109	Обнаружение несущей	DCD	x	
9				Резерв для теста DCE: +12 В, 20 мА		x	
10				Резерв для теста DCE: -12 В, 20 мА		x	
11			126	Выбор частоты передачи			x
12		SCF	122	Обнаружение несущей дополнительного канала	SDCD	x	
13		SCB	121	Готовность к передаче по дополнительному каналу	SCTS	x	
14		SBA	118	Передаваемые данные дополнительного канала	STD		x
15		DB	114	Синхронизация передачи (DCE)	TC	x	

# Сигналы интерфейса RS-232

16		SBB	119	Принимаемые данные дополнительного канала	SRD	x	
17		DD	115	Синхронизация приема (DCE)	RC	x	
18			141	Свободный (Местный шлейф)			x
19		SCA	120	Запрос передачи дополнительного канала	SRTC		x
20	4	CD	108,1, 108,2	Готовность DCE, Готовность DTE	DTR		x
21		CG	110	Детектор качества сигнала	SQ	x	
	RL	140	Удаленный шлейф			x	
22	9	CE	125	Индикатор вызова	RI	x	
23		CH	111	Переключатель скорости передачи данных (DTE)			x
23		CI	112	Переключатель скорости передачи данных (DCE)		x	
24		DA	113	Синхронизация передачи (DTE)			x
25			142	Свободный (Индикатор тестирования)		x	



# ТИПЫ ЛИНИЙ СВЯЗИ

- Модемы работают на трех основных типах линий связи:
  - аналоговые и цифровые;
  - обычные телефонные коммутируемые каналы с набором номера;
  - выделенные каналы телефонных станций;
- В зависимости от типа передаваемых сигналов различают два больших класса каналов связи:
  - цифровые;
  - аналоговые.

## АНАЛОГОВЫЕ И ЦИФРОВЫЕ КАНАЛЫ

**Цифровой** канал является битовым трактом с цифровым (импульсным) сигналом на входе и выходе канала. На вход аналогового канала поступает непрерывный сигнал, и с его выхода также снимается непрерывный.



Цифровыми являются каналы систем ИКМ, ISDN, каналы типа T1/E1 и многие другие. Вновь создаваемые СПД стараются строить на основе цифровых каналов, обладающих рядом преимуществ перед аналоговыми.

**Аналоговые** каналы являются наиболее распространенными по причине длительной истории их развития и простоты реализации. Примером аналогового канала является канал тональной частоты (ктч), а также групповые тракты на 12, 60 и более каналов тональной частоты.

# КОММУТИРУЕМЫЕ КАНАЛЫ

- Модемы с коммутируемым каналом связи могут устанавливать двухточечные соединения через телефонные станции с любой комбинацией ручного или автоматического набора или ответа.
- Качество соединения не гарантируется. Установленные связи почти всегда двухпроводные.

# ВЫДЕЛЕННЫЕ КАНАЛЫ

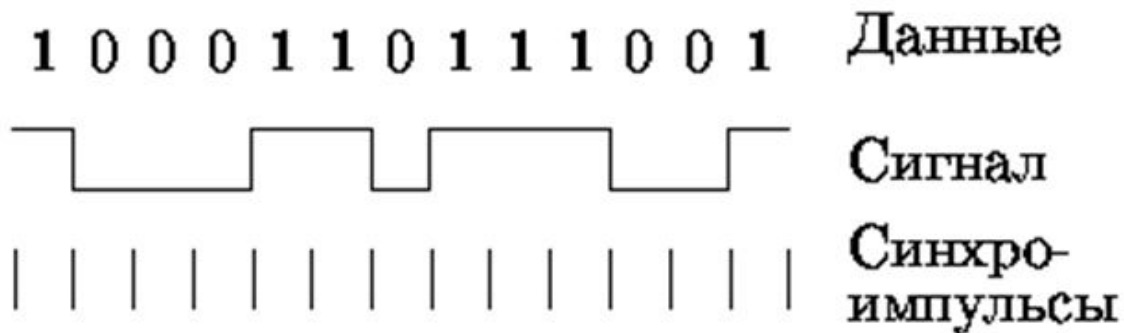
- Выделенные каналы (обычно с 4-мя проводами) служат для исключительного использования "арендованной линии". Выделение линии означает, что устанавливается жесткая коммутация в кросс шкафах телефонных станций.
- Используются или два модема (в простом двухточечном соединении) или несколько (на многоточечной сети).
- Если среда – телефонная сеть, то гарантируются амплитудные, фазово-частотные и шумовые характеристики канала, причем качество выше и стабильнее, чем для коммутируемых линий.
- Если связь включает некоторую радиопередачу, то качество канала может быть переменным.

# 2-х И 4-х проводные линии

- Двухпроводная линия используется или для связи только в одном направлении (от передатчика к приемнику), или для поочередной связи в двух направлениях, или для одновременной связи в двух направлениях с частотным разделением каналов.
- Четырехпроводная линия - пара двухпроводных линий, одна для передачи и одна для приема, в которых сигналы в двух направлениях полностью разделены.
- Линии могут быть объединены гибридную двух/четырехпроводную сеть в любой точке на пути сигнала. В этом случае несоответствия импедансов вызовут отражения и интерференцию между двумя сигналами.

# Синхронные модемы

- Суть синхронной передачи заключается в том, что одновременно с данными по дополнительной линии передаются синхроимпульсы тактирования.
- Приемник после получения синхроимпульса просто считывает данные из линии данных. Очевидно, что не требуются никакие дополнительные вычисления или обработка, но на каждую сигнальную линию требуется линия тактирования.



# Синхронные модемы

- Синхронные модемы, работающие на аналоговых телефонных каналах, используются при высоких скоростях обмена до 28800 бит/сек и выше.
- Обычные методы модуляции - фазовая и интегрированная фазово-амплитудная (при скоростях выше чем 4800 бит/сек).
- В синхронных модемах канал может быть разбит для отдельных потребителей на различные скорости.
- Модемы, которые имеют эту способность, называются SSM - Split System Modem.
- В синхронных модемах используются эквалайзеры (компенсаторы), чтобы выровнять характеристики телефонных линий.

# Компенсаторы бывают:

- Фиксированный (статистический) компенсатор смещает сигнал согласно среднему из известного затухания на каждой частоте. Настройка компенсатора обычно делается у изготовителя и фиксируется на месте. Такие компенсаторы обычно используются при работе на низких скоростях в линиях с набором номера.
- Вручную корректируемый компенсатор может быть настроен на оптимальную эффективность для данной линии. Он должен периодически подстраиваться для данной линии и заново настраивается при замене линии. Для настройки используются кнопки внутри модема (или на внешней панели).





# Компенсаторы бывают:

- Автоматический компенсатор автоматически настраивается при установлении соединения. В зависимости от качества линии компенсатор непрерывно (через 15-25 мс) производит опрос линии и подстраивается к измененным условиям, так что в каждый момент времени модем функционирует при оптимальных условиях.

# Асинхронные модемы

- При асинхронной передаче (передаче с нерегулярными интервалами, передаче без тактирующих импульсов) данные передаются по единственной линии.
- Приемник должен определить, когда и какие данные пришли. Для этой цели приемник часто, обычно в 16 раз чаще, чем максимальное быстродействие связи, опрашивает линию. Таким образом обнаруживается момент прихода и значение данных.



# Асинхронные модемы

- Исходное состояние линии - уровень логической 1, которое называется отмеченным (Mark).
- При начале передачи уровень переходит в логический 0 (пустое состояние, Space). Если линия находится в данном состоянии более определенного времени, то связь считается разорванной (Break).
- После начала передачи уровнем логического 0 передается стартовый бит (Start).
- На предыдущем слайде только для стартового бита изображены импульсы опроса, которые генерируются приемной аппаратурой для определения значений передаваемых бит.

# Асинхронные модемы

- За стартовым битом следуют биты данных. На слайде показан пример с 8 битами в символе с номерами от 0 до 7.
- Вслед за битами данных может следовать бит четности  $P$ , если используется проверка на четность.
- Завершают передачу символа один или два стоповых бита (Stop).
- После этого линия опять переходит в состояние Mark.
- И передатчик, и приемник должны быть настроены на одинаковый формат посылки (число бит в символе, есть/нет проверка на четность или нечетность, один/два стоповых бита) и одинаковую скорость передачи.

# Работа асинхронного модема на двухпроводной линии

- Пример использования асинхронного модема, работающего на двухпроводной телефонной линии с частотным разделением каналов приема и передачи, показан на рисунке.



# РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМОВ

- Имеются три режима работы модемов, отличающиеся возможностями одновременной работы на прием и передачу:
  - полудуплексный;
  - дуплексный;
  - симплексный.
- Полудуплекс означает, что сигнал может быть передан в любом направлении, но не в обоих одновременно.
- Телефонный канал часто включает подавитель эха, позволяя передачу только в одном направлении. Подавители эха постепенно заменяются на эхо прерыватели, которые теоретически являются дуплексными устройствами.

# РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМОВ

- Дуплекс означает, что сигналы могут быть переданы в обоих направлениях одновременно.
- Дуплексная работа на двухпроводной линии требует способности отделения принимаемого сигнала от отражения переданного сигнала. Это обеспечивается или FDM (frequency division multiplexing - мультиплексирование разделением частот).
- Термин "полный дуплекс" обычно означает, что модем может передавать и получать одновременно на полной скорости. Модемы, которые обеспечивают медленный обратный канал, иногда называются асимметричными модемами или модемами с расщепленной скоростью.
- Полнодуплексные модемы не будут работать на полудуплексных каналах.

# РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМОВ

## Симплексный режим

- В этом режиме сигнал может быть передан только в одном направлении.
- Удаленный модем телеметрической системы сбора информации может быть симплексным, так как требуется передаточатолько в одном направлении



# РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМОВ

## Подавители и прерыватели эха

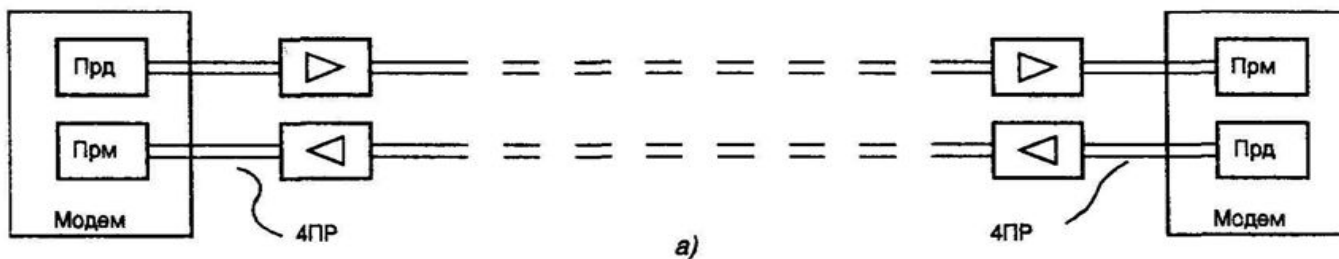
- Эффект эха проявляется в том, что человек, говорящий в телефон, слышит свои собственные слова после короткой задержки.
- Для устранения проблемы эха на линиях длиннее 2000 км устанавливаются подавители эха.
- Подавитель эха - устройство, которое обнаруживает человеческую речь, исходящую из одного конца соединения, и подавляет все сигналы, идущие в ином направлении.

# РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМОВ

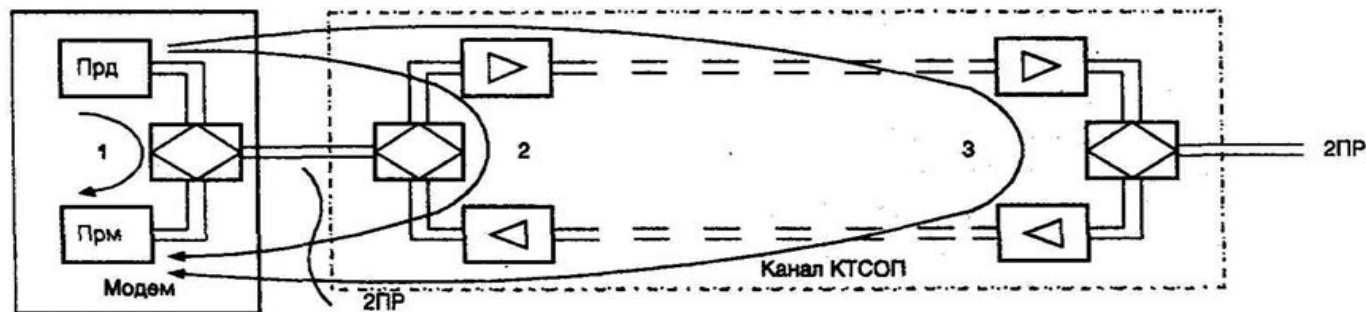
- В отличие от выделенных четырехпроводных каналов (рис.5а), характерной особенностью телефонного канала КТСОП является наличие участков перехода двухпроводной части канала в четырехпроводную.
- Переход осуществляется при помощи дифференциальных систем, обеспечивающих необходимое затухание по встречным направлениям передачи.
- В двухпроводном телефонном канале присутствуют токи обратной связи, вызывающие искажения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик прямого и обратного каналов.

# РЕЖИМЫ РАБОТЫ МОДЕМОВ

- В качестве примера на рис.5б приведена типичная схема модемного канала с тремя дифференциальными системами и, соответственно, тремя путями прохождения ЭХО-сигналов.



а) с 2-х проводным окончанием;



б) с путями прохождения эхо-сигналов (1, 2, 3)

- Собственный отраженный и задержанный сигнал поступает на вход демодулятора, являясь для него помехой. Чем большей задержкой обладает эхо-сигнал, тем труднее с ним бороться.

Для борьбы с электрическим эхом  
возможно использование следующих  
методов:

- частотное разделение каналов;
- применение самобалансирующихся дифференциальных систем;
- компенсация эхо-сигнала.

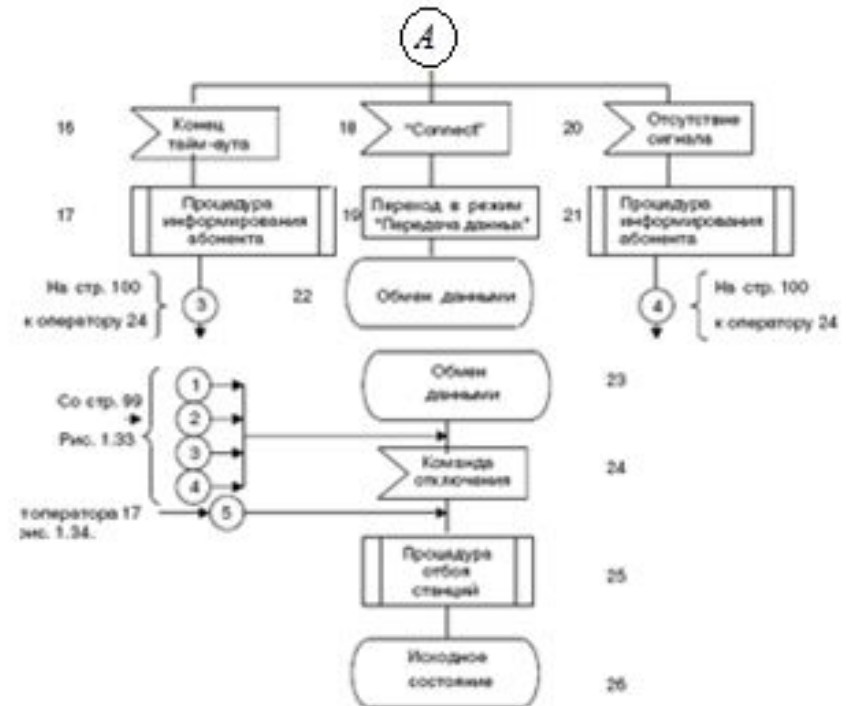
Для борьбы с электрическим эхом возможно использование следующих методов:

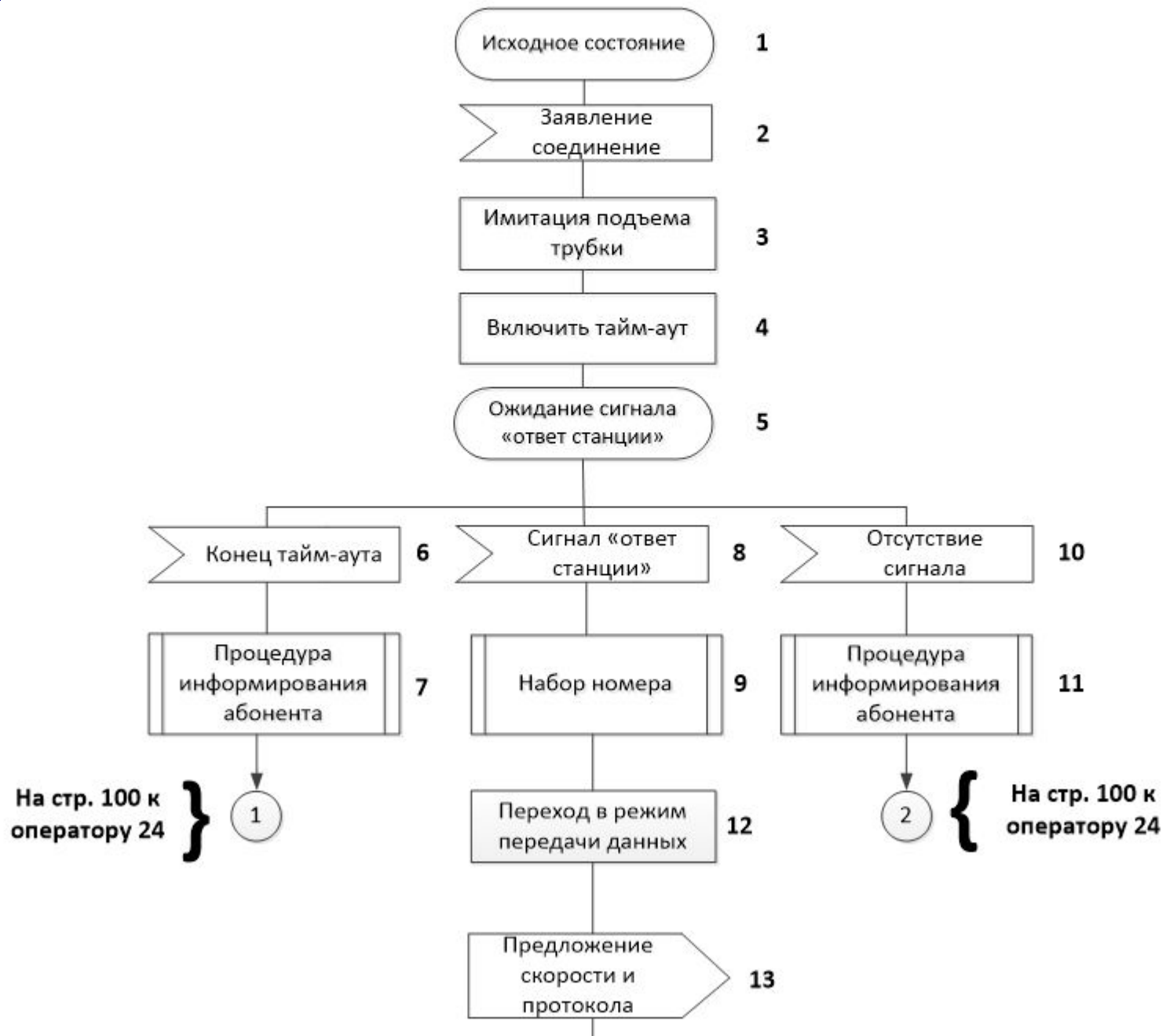
- Подавители эха предотвращают полнодуплексную передачу данных, которая без них была бы возможна даже на местной двухпроводной линии за счет распределения части полосы частот на прямой канал и части на обратный канал. Подавители эха создают помехи, так как на переключения направлений требуется время. Одновременный разговор полностью путает подавители эха и ослабление может быть неоднократно включено в обоих направлениях.

Для борьбы с электрическим эхом возможно использование следующих методов:

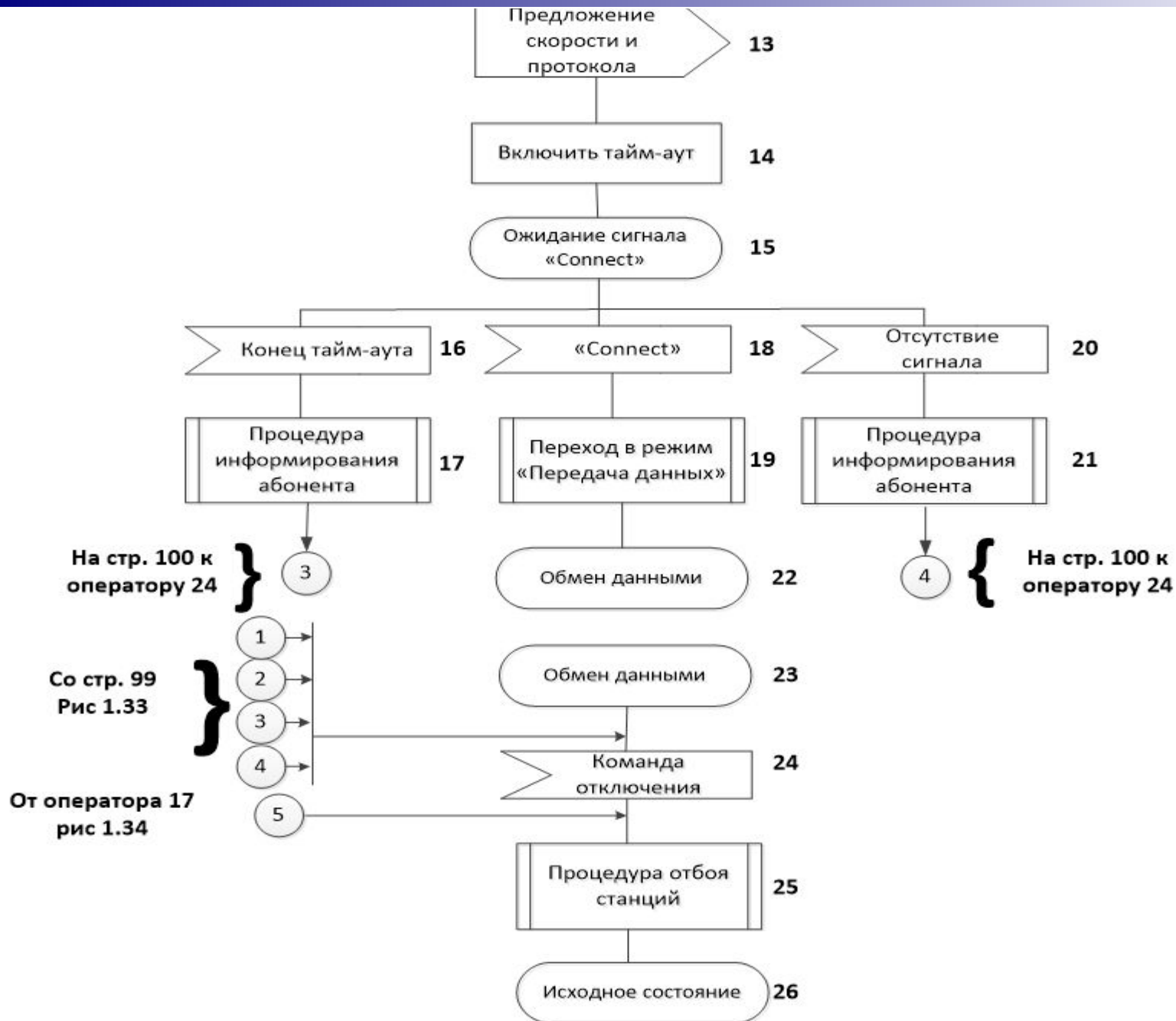
- Для разрешения этих проблем, когда подавители эха обнаруживают специфический тон, они выключаются и остаются выключенными, пока присутствует несущая.
- Подавители эха постепенно заменяются на прерыватели эха (Echo Canceler), которые позволяют некоторый объем двойного разговора и не требуют времени "перекрытия" для любого источника разговора, чтобы воспринять управление соединением.

# Алгоритмы работы модема при исходящем соединении









# Алгоритм работы модема при входящем соединении

