



**Военная кафедра
КазНТУ им. К.Сатпаева**

**Цикл
автоматизированных
систем управления войсками
и информационной защиты**





Учебная дисциплина

«Сети ЭВМ и телекоммуникации в АСУВ»

Тема 2: «Средства телекоммуникаций»

Занятие 12: «Цифровые выделенные линии»

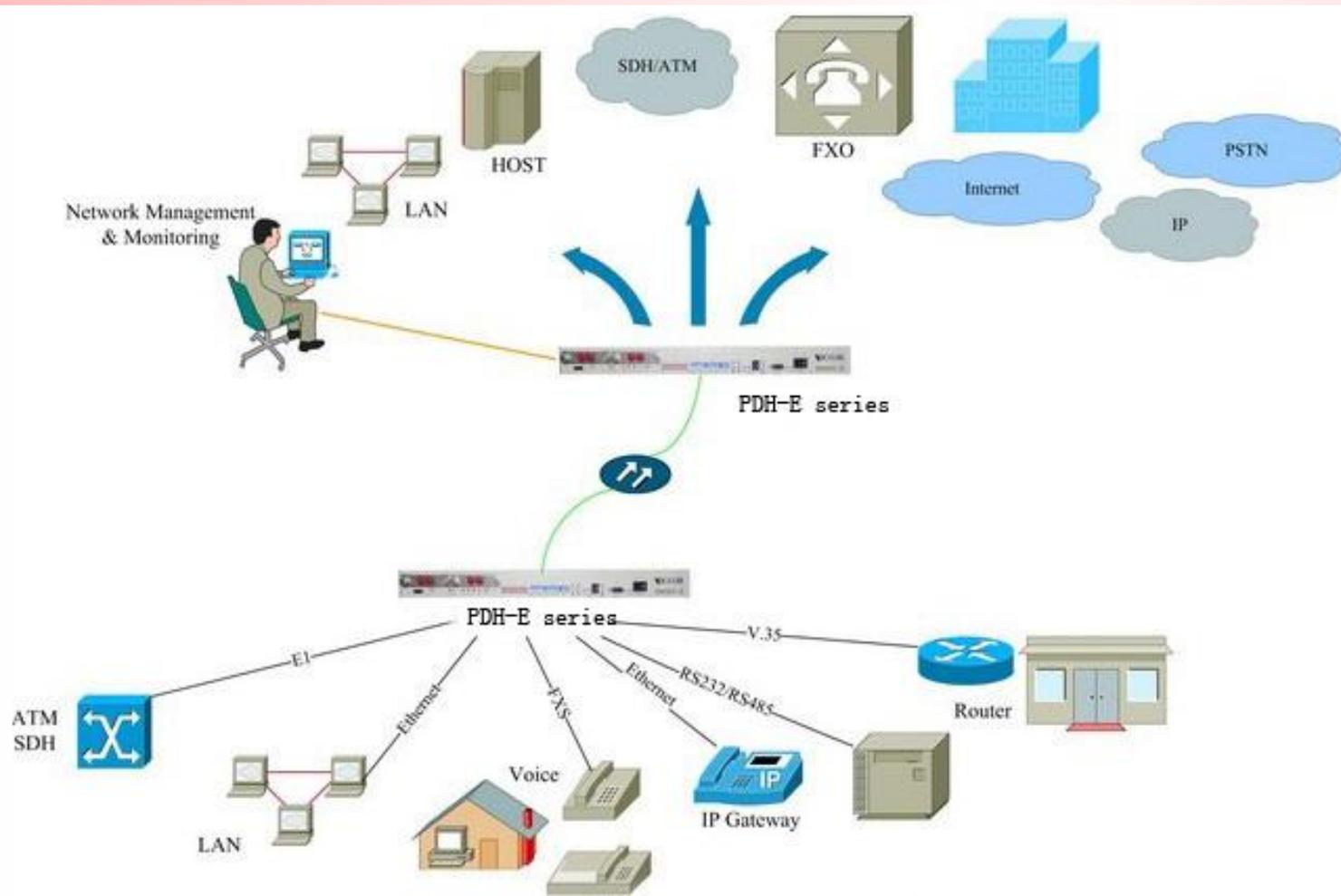


Учебные вопросы:

- 1. Плездохронная цифровая иерархия.**
- 2. Синхронная цифровая иерархия.**

Вопрос 1.

Плезиохронная цифровая иерархия



Цифровые выделенные линии строятся на основе коммутационной аппаратуры, работающей на принципе **разделения канала во времени** - Time Division Multiplexing (TDM).

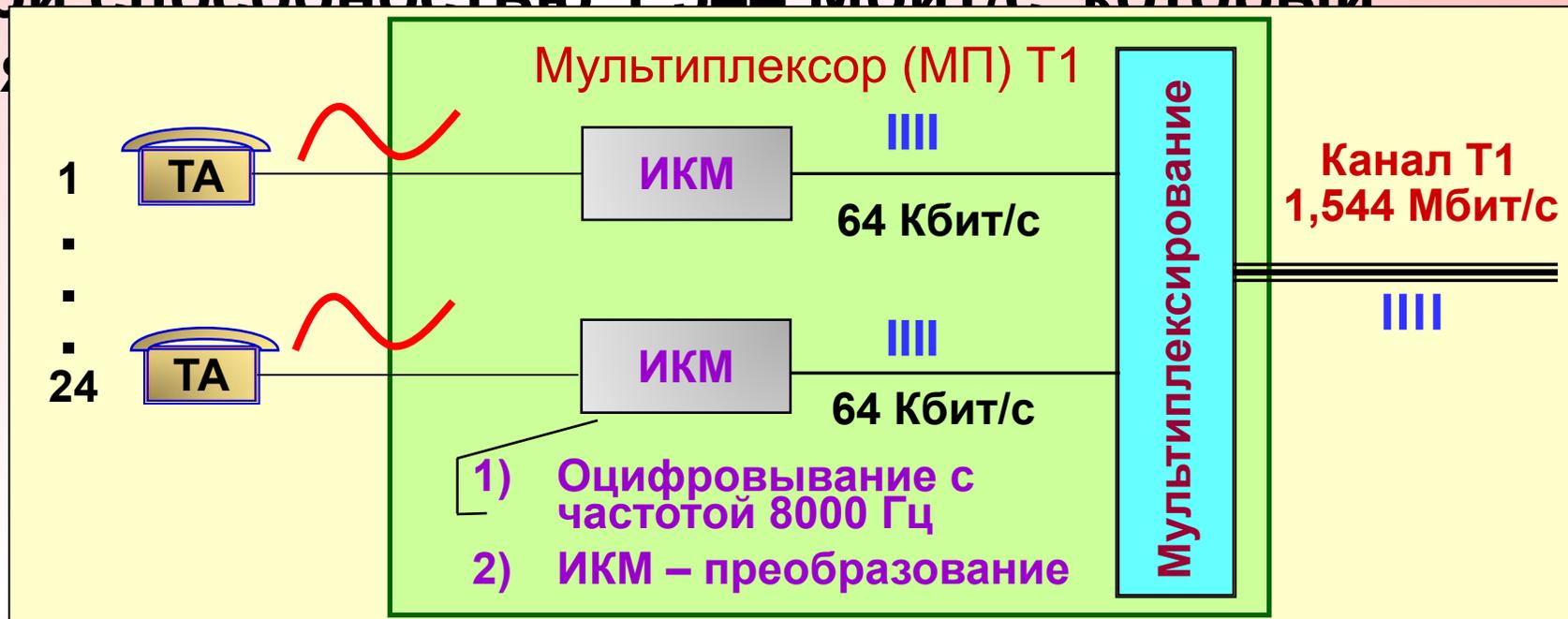
Основные технологии передачи данных по цифровым выделенным линиям:

- ❖ **плездохронная (почти синхронная) цифровая иерархия (ПЦИ);**
- ❖ **синхронная цифровая иерархия (СЦИ).**

Плезихронная цифровая иерархия (Plesiochronous Digital Hierarchy, PDH) была разработана конце 60-х годов для связи крупных АТС между собой по высокоскоростным соединительным линиям и реализована в виде цифровой аппаратуры мультиплексирования и коммутации, которая получила **название Т1** и позволяла в цифровом виде мультиплексировать, передавать и коммутировать данные 24-х абонентов.

Схема формирования канала T1

Абоненты пользовались обычными аналоговыми ТЛФ аппаратами, поэтому мультиплексор (МП) оцифровывал и кодировал голос на основе ИКМ-преобразования. Таким образом, мультиплексор T1, объединяя 24 речевых канала со скоростями 64 кбит/с, обеспечивал формирование канала с пропускной способностью 1 544 Мбит/с, который назывался



Каналы T1 - дуплексные цифровые каналы для передачи цифровых сигналов.

Первоначально они выполняли роль **магистральных каналов ТЛФ сети**, обеспечивающих повышенную пропускную способность. По мере совершенствования цифровой технологии и снижения стоимости каналы T1 стали использоваться в качестве **выделенных или арендуемых каналов**.

Для подключения узла компьютерной сети к каналу T1 используется **специальное оборудование**:

- ❖ **CSU (Channel Service Unit)** - устройство обслуживания канала;
- ❖ **DSU (Data Service Unit)** - устройство обслуживания данных.

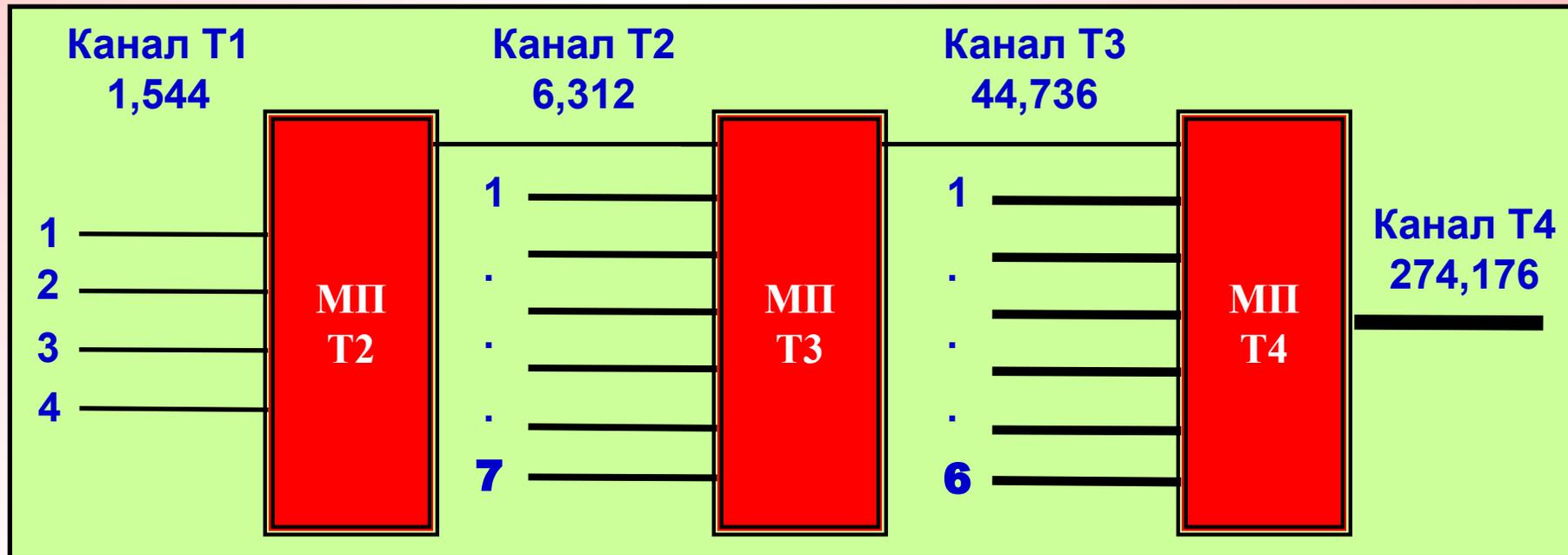
CSU реализует **интерфейс** между каналом T1 и узлом, поддерживает качество канала, отслеживает соединения и выполняет в канале T1 роль физической оконечной точки.

DSU преобразует сигналы, выполняет синхронизацию, формирует кадры каналов T1/E1, усиливает сигнал и осуществляет выравнивание загрузки канала.

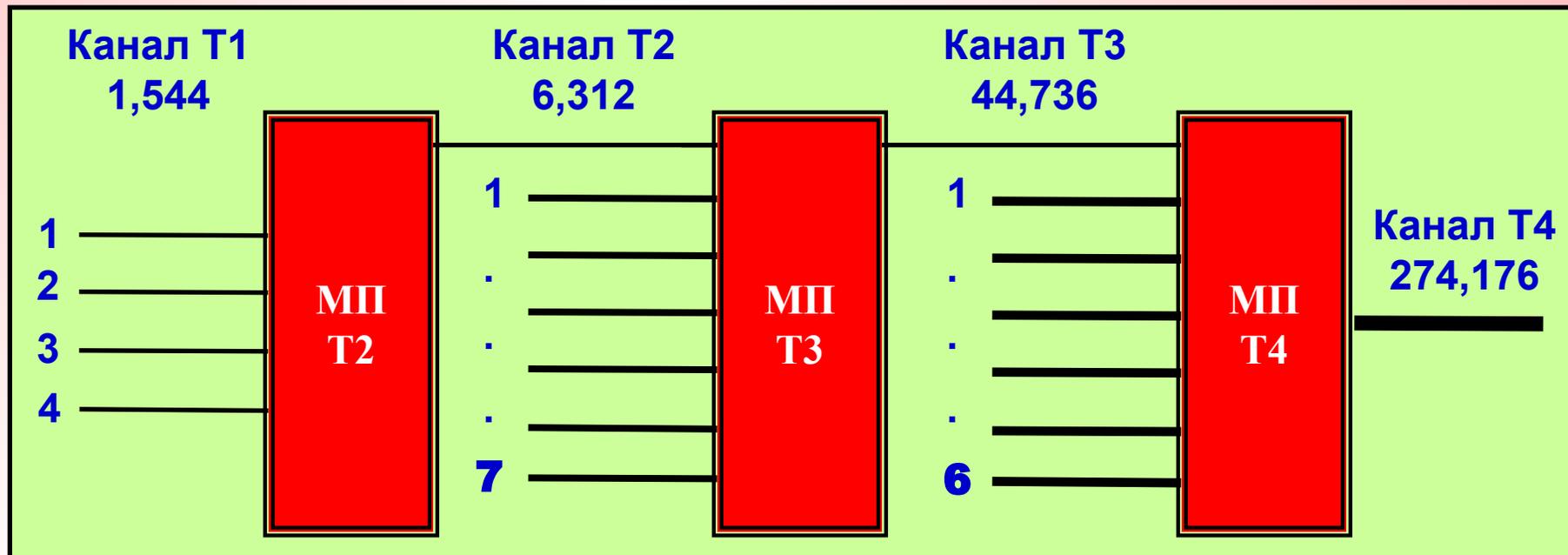
DSU подключается к CSU и обычно обозначается как одно устройство - **DSU/CSU**, которое подключается к мостам и маршрутизаторам.

Затем была разработана **аппаратура мультиплексирования** цифровых потоков более высокого уровня, названная Т2, Т3 и Т4, которая сформировала **иерархию скоростей передачи данных** по каналам, обозначаемым аналогично:

❖ **канал Т2** с пропускной способностью 6,312 Мбит/с получен путём мультиплексирования 4-х каналов Т1;



- ◆ **канал T3** с пропускной способностью 44,736 Мбит/с получен путём мультиплексирования 7-и каналов T2;
- ◆ **канал T4** с пропускной способностью 274,176 Мбит/с получен путём мультиплексирования 6-и каналов T3.



В Европе применяется отличающийся от американского **стандарт**, использующий следующие обозначения каналов:

- ◆ **канал E1** с пропускной способностью 2,048 Мбит/с, полученной в результате мультиплексирования 30 речевых каналов;
- ◆ **канал E2** с пропускной способностью 8,488 Мбит/с, полученной в результате мультиплексирования 4-х каналов E1;
- ◆ **канал E3** с пропускной способностью 34,368 Мбит/с, полученной в результате мультиплексирования 4-х каналов E2;
- ◆ **канал E4** с пропускной способностью 139,264 Мбит/с, полученной в результате мультиплексирования 4-х

Скорости (пропускные способности) каналов T_i и E_i обозначаются в виде DS-n (Digital Signal):

- ❖ **DS-0 - 1 речевой канал с пропускной способностью 64 кбит/с;**
- ❖ **DS-1 - канал T1/E1 (1,544 Мбит/с / 2,048 Мбит/с);**
- ❖ **DS-2 - канал T2/E2 (6,312 Мбит/с / 8,488 Мбит/с);**
- ❖ **DS-3 - канал T3/E3 (44,736 Мбит/с / 34,368 Мбит/с);**
- ❖ **DS-4 - канал T4/E4 (274,176 Мбит/с / 139,264 Мбит/с).**

Физический уровень PDH **поддерживает:**

- ❖ витую пару;
- ❖ коаксиальный кабель;
- ❖ волоконно-оптический кабель.

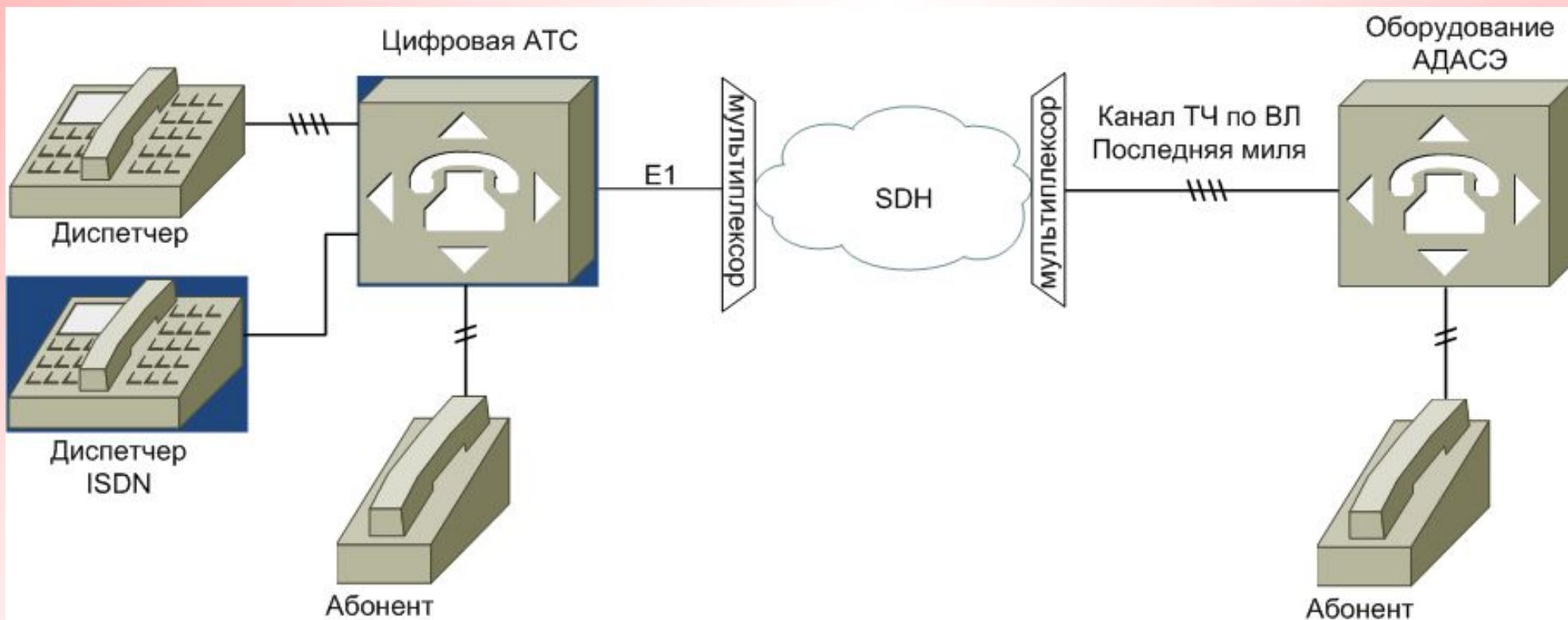
Последние два типа кабеля используются для каналов ТЗ.

Недостатки PDH:

- ❖ сложность мультиплексирования и демultipлексирования;
- ❖ отсутствие встроенных процедур контроля и управления сетью, а также процедур поддержки отказоустойчивости;

Вопрос 2.

Синхронная цифровая иерархия



Синхронная цифровая иерархия (Synchronous Digital Hierarchy, SDH) появилась в США под названием SONET - Synchronous Optical NETs в 1984 году. Европейский стандарт - SDH. SDH и SONET полностью совместимы.

Цель разработки SDH - создание универсальной технологии для передачи трафика цифровых каналов T1/E1 и T3/E3 и обеспечение иерархии скоростей до нескольких Гбит/с на основе ВОК.

Обозначение уровней иерархии:

в SDH: STM-n (Synchronous Transport Module);

в SONET:

❖ STS-n (Synchronous Transport Signal) - при передаче электрическим сигналом;

Форматы кадров STS и OC - идентичны.

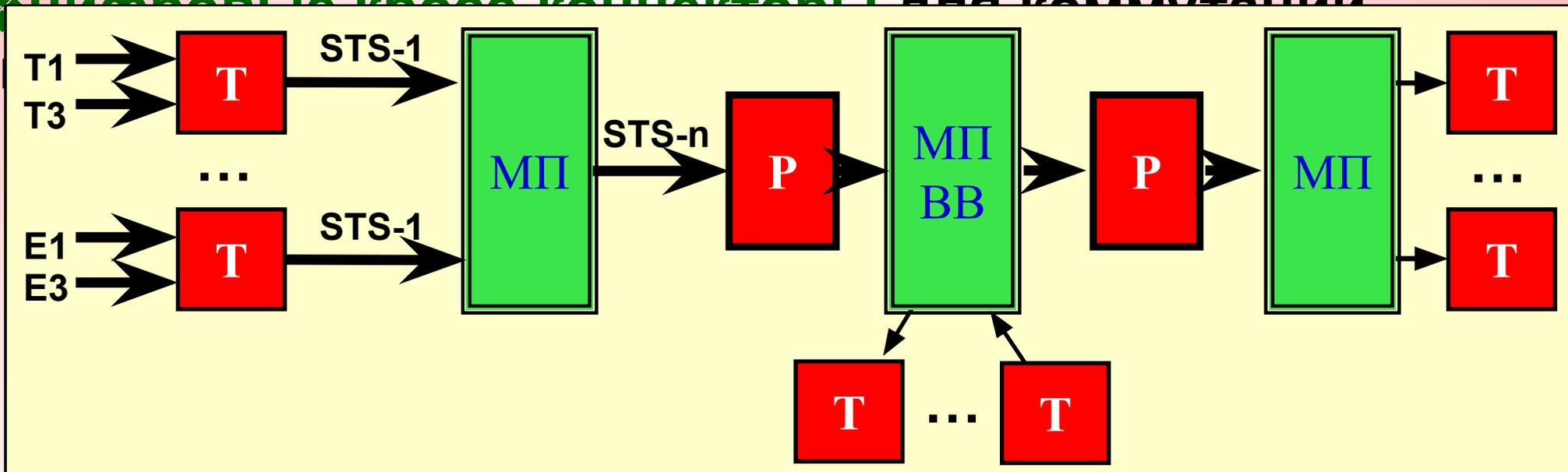
Иерархия скоростей технологий SDH и SONET представлена в таблице.

SDH	SONET		Скорость
	STS	OC	
-	STS-1	OC-1	51,840 Мбит/с
STM-1	STS-3	OC-3	155,520 Мбит/с
STM-3	STS-9	OC-9	466,560 Мбит/с
STM-4	STS-12	OC-12	622,080 Мбит/с
STM-6	STS-18	OC-18	933,120 Мбит/с
STM-8	STS-24	OC-24	1,244 Гбит/с
STM-12	STS-36	OC-36	1,866 Гбит/с
STM-16	STS-48	OS-48	2,488 Гбит/с
STM-64	STS-192	OS-64	9,953 Гбит/с
STM-256	STS-768	OS-256	39,81 Гбит/с

Состав сети SDH:

- ❖ терминальные устройства (Т)-сервисные адаптеры;
- ❖ мультиплексоры (МП);
- ❖ мультиплексоры ввода-вывода (МПВВ) - принимают и передают транзитом поток STS-n, вставляя или удаляя без полного демультиплексирования пользовательские данные;
- ❖ регенераторы (Р);

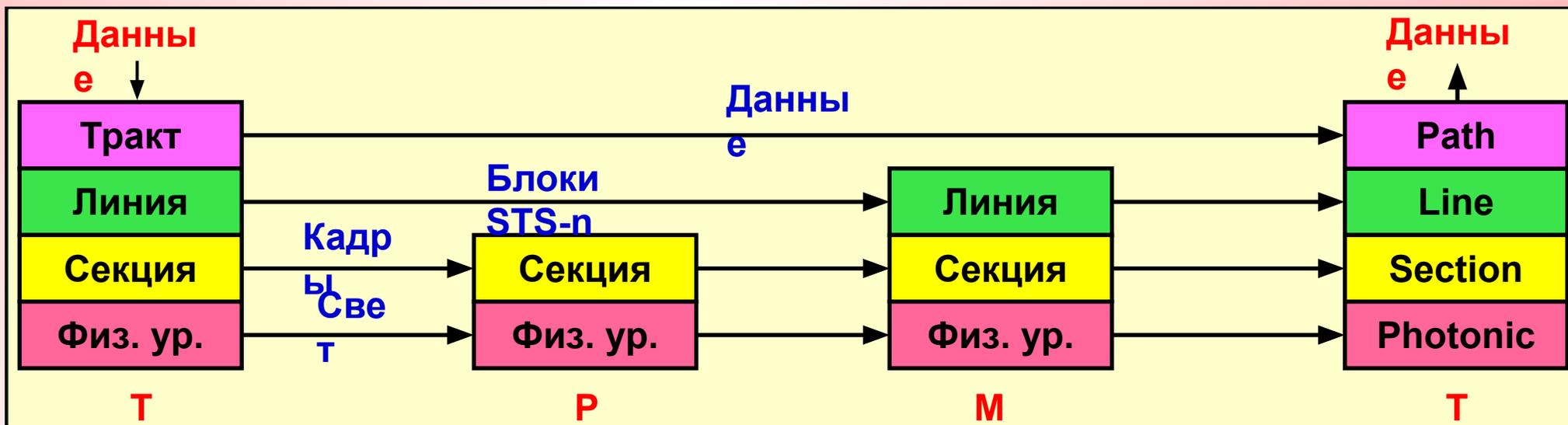
❖ цифровые кросс-коннекторы для коммутации



Стек протоколов SDH содержит 4 уровня.

Физический уровень (Photonic). Кодирование методом NRZ (модуляция света).

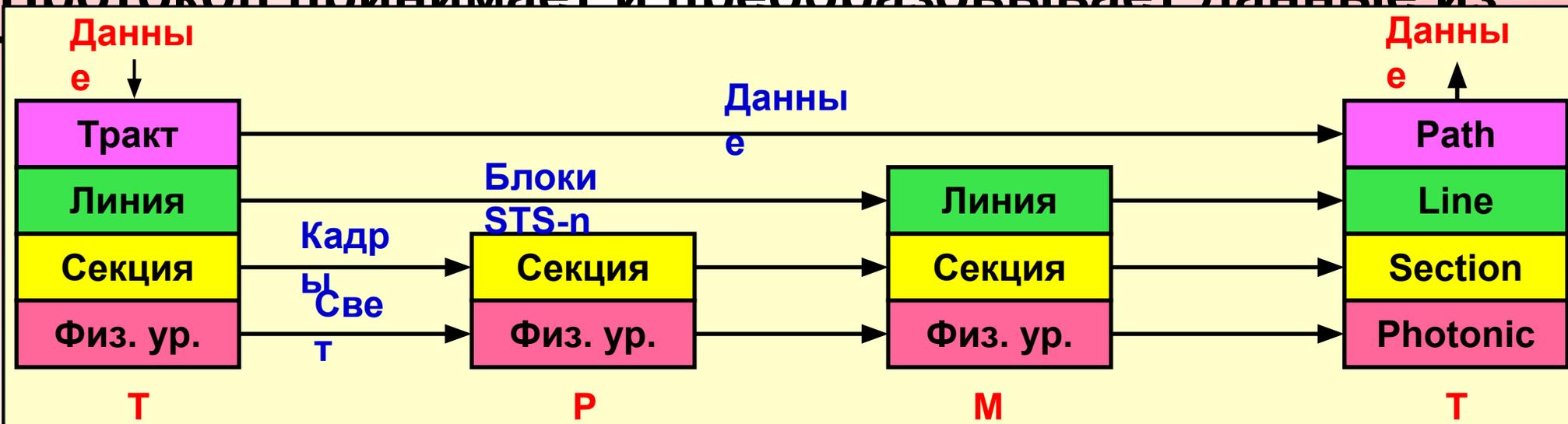
Уровень секции (Section). Секция - непрерывный отрезок ВОК между двумя устройствами. Проводит тестирование секции и поддерживает операции административного контроля.



Уровень линии (Line). Отвечает за передачу данных между МП. Протокол этого уровня выполняет операции мультиплексирования и демultipлексирования, а также вставки и удаления пользовательских данных.

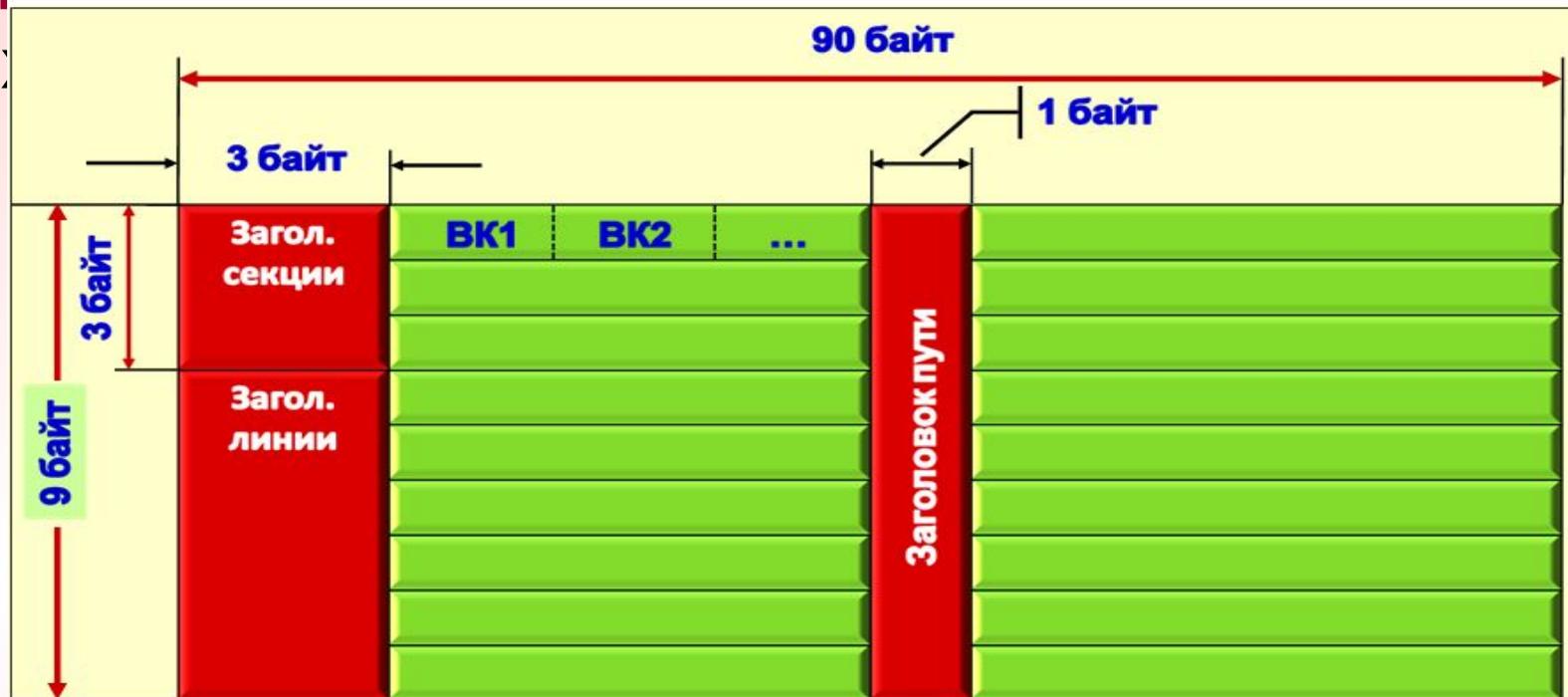
Уровень тракта (Path). Отвечает за доставку данных между конечными пользователями. Тракт - составное виртуальное соединение между пользователями.

Протокол принимает и преобразовывает данные из



Формат кадра STS-1 имеет вид матрицы размером 9 на 90 байт:

- ❖ заголовок секции - для контроля и реконфигурации секции;
- ❖ заголовок линии - для реконфигурации, контроля и управления линией;
- ❖ заголовок пути - указывает местоположение виртуальной



Таким образом, **SDH** - это основанная на волоконно-оптических каналах интегрированная сеть связи, **позволяющая передавать** все виды трафика и обеспечивающая:

- ❖ использование **синхронной передачи** с побайтовым чередованием при мультиплексировании;
- ❖ использование **стандартного периода повторения** кадров в 125 мкс;
- ❖ включение **в иерархию** большого числа уровней;
- ❖ использование **технологии компоновки (инкапсуляции) протоколов** в виде виртуальных контейнеров, их упаковки и транспортировки, позволяющие загружать и переносить в них кадры PDH.



Благодарю за внимание!