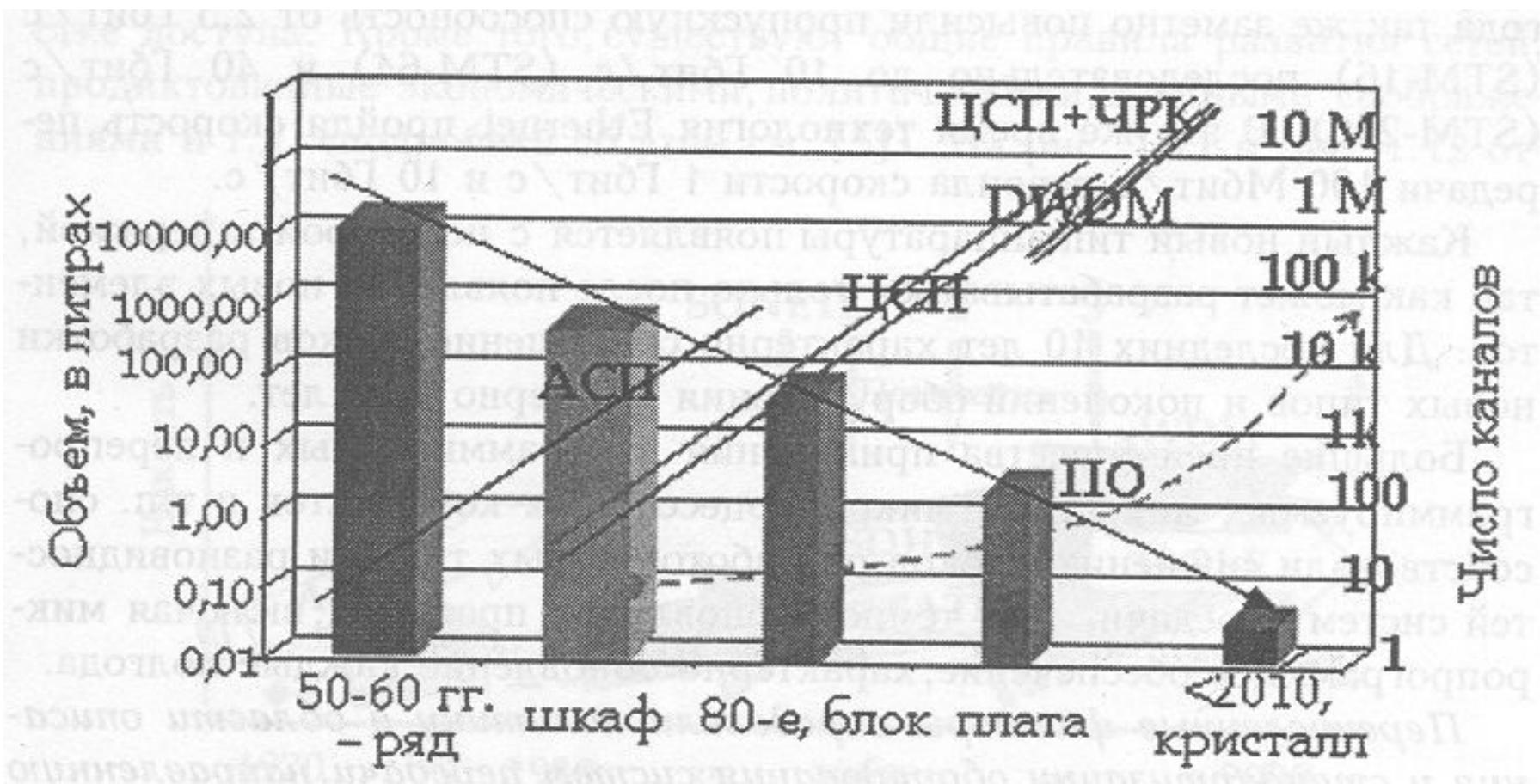


ОСНОВЫ
инфокоммуникационных
технологий

Часть 2 – Транспортные сети

Князев Кирилл Григорьевич
руководитель группы ОАО «МТС»
к.т.н., с.н.с.

Тенденции улучшения характеристик транспортных сетей



Транспортные сети

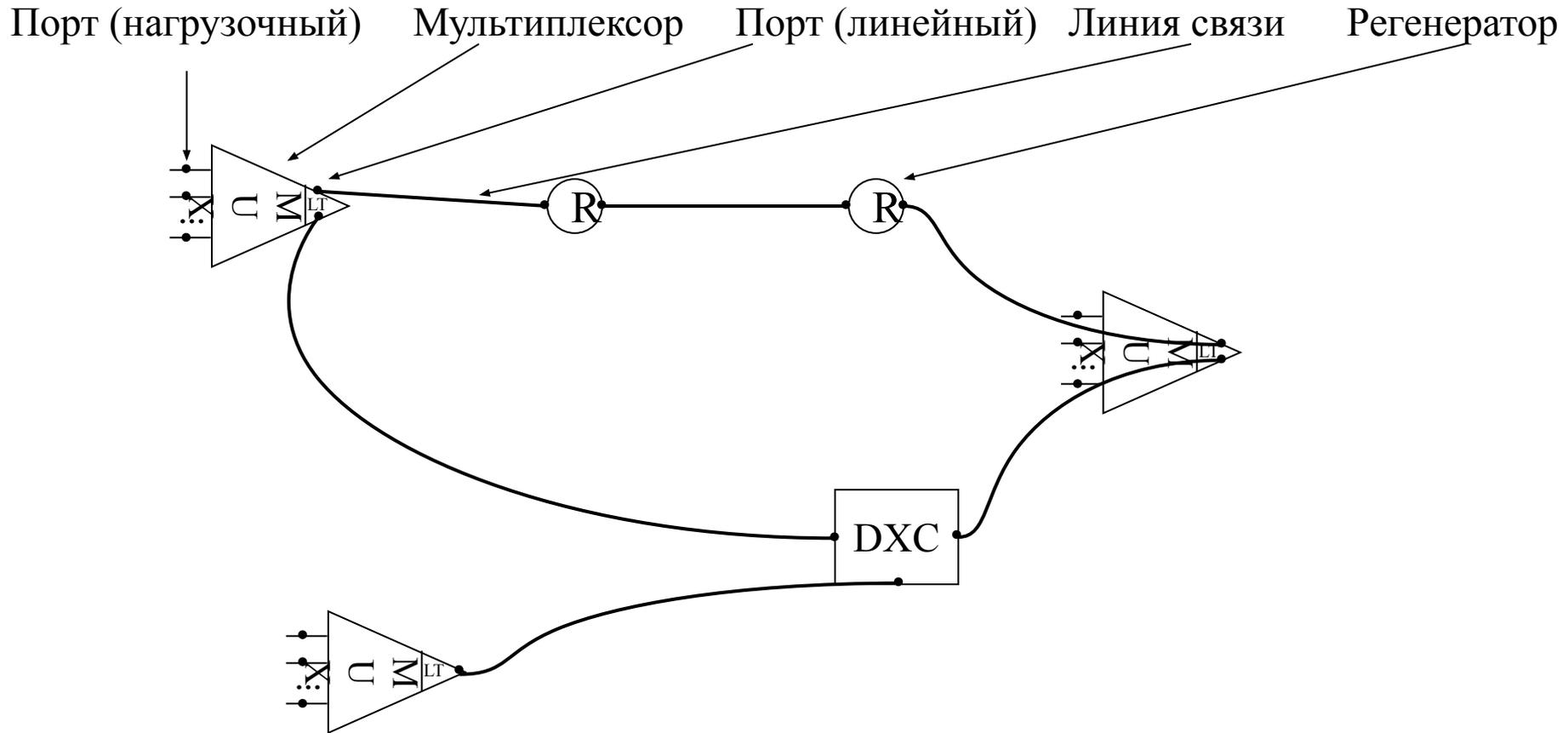
- сети, предоставляющие коммутируемым (вторичным) сетям типовые каналы передачи
- (!есть и альтернативные трактовки: 1. НЕ сети доступа 2. НЕ системы предоставления услуг)

Требования к транспортным сетям:

1. Максимальное использование полосы пропускания линий связи
2. Требуемая дальность передачи
3. Широкий спектр услуг (скоростей и параметров каналов)
4. Расширяемость *
5. Масштабируемость *
6. Гибкость при доступе к услугам (способность быстро и дешево предоставить/перестроить услуги)
7. Высокая надежность, живучесть ($K_{г} \sim 0.99995-0.99999$ для элемента сети)



Транспортные сети- функциональные компоненты сетей

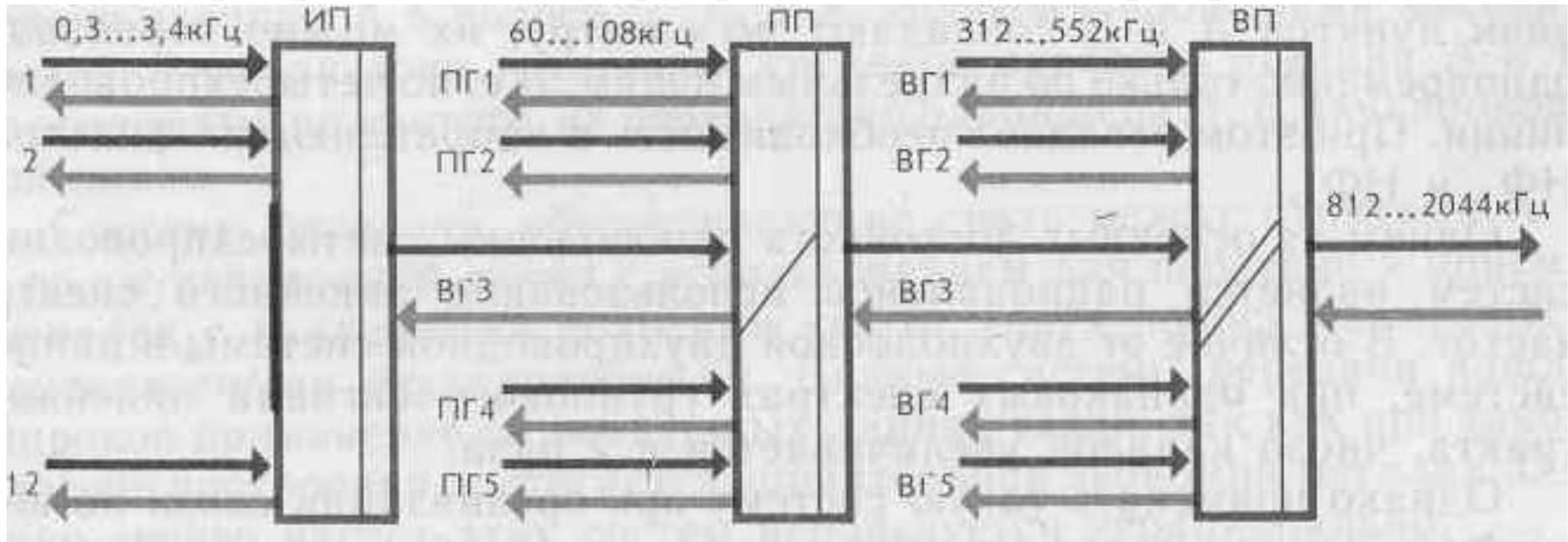


Группообразование в аналоговых системах передачи (ЧРК)

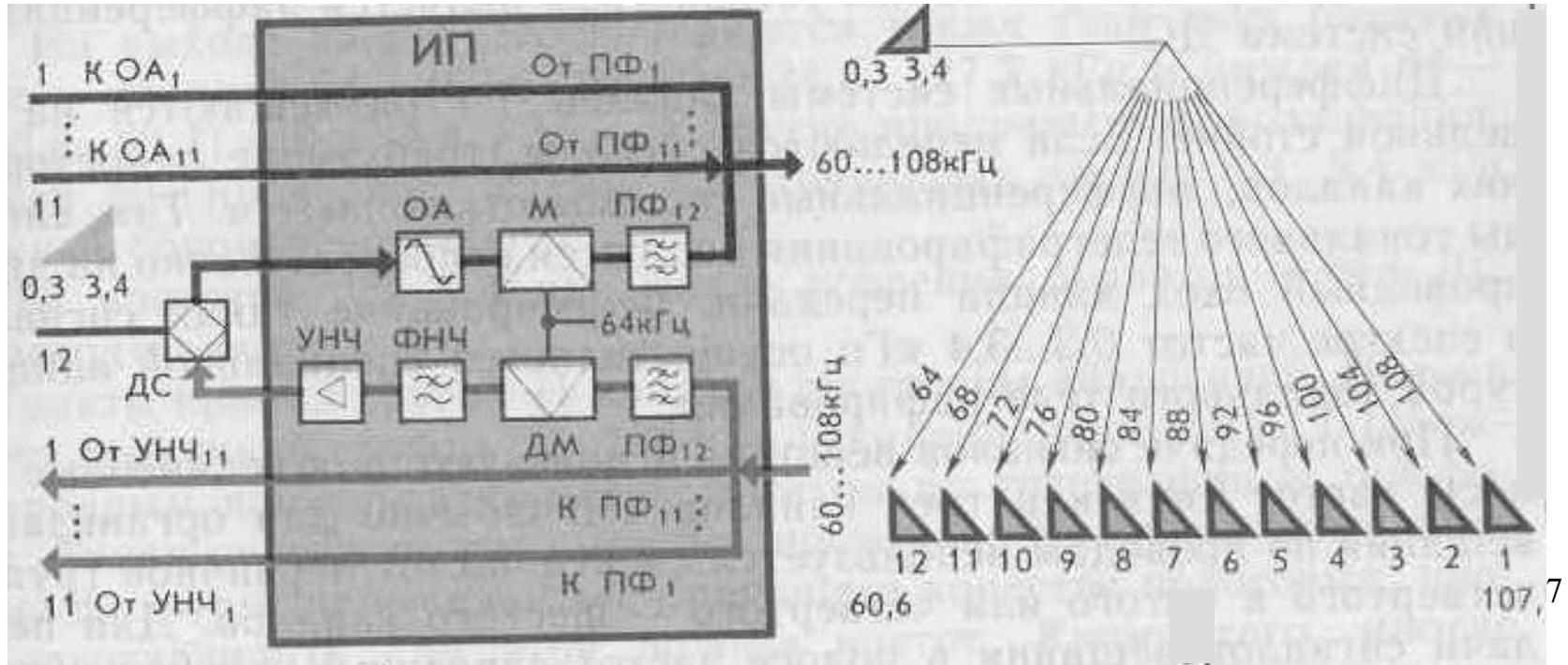
Индивидуальное преобразование

Первичное преобразование

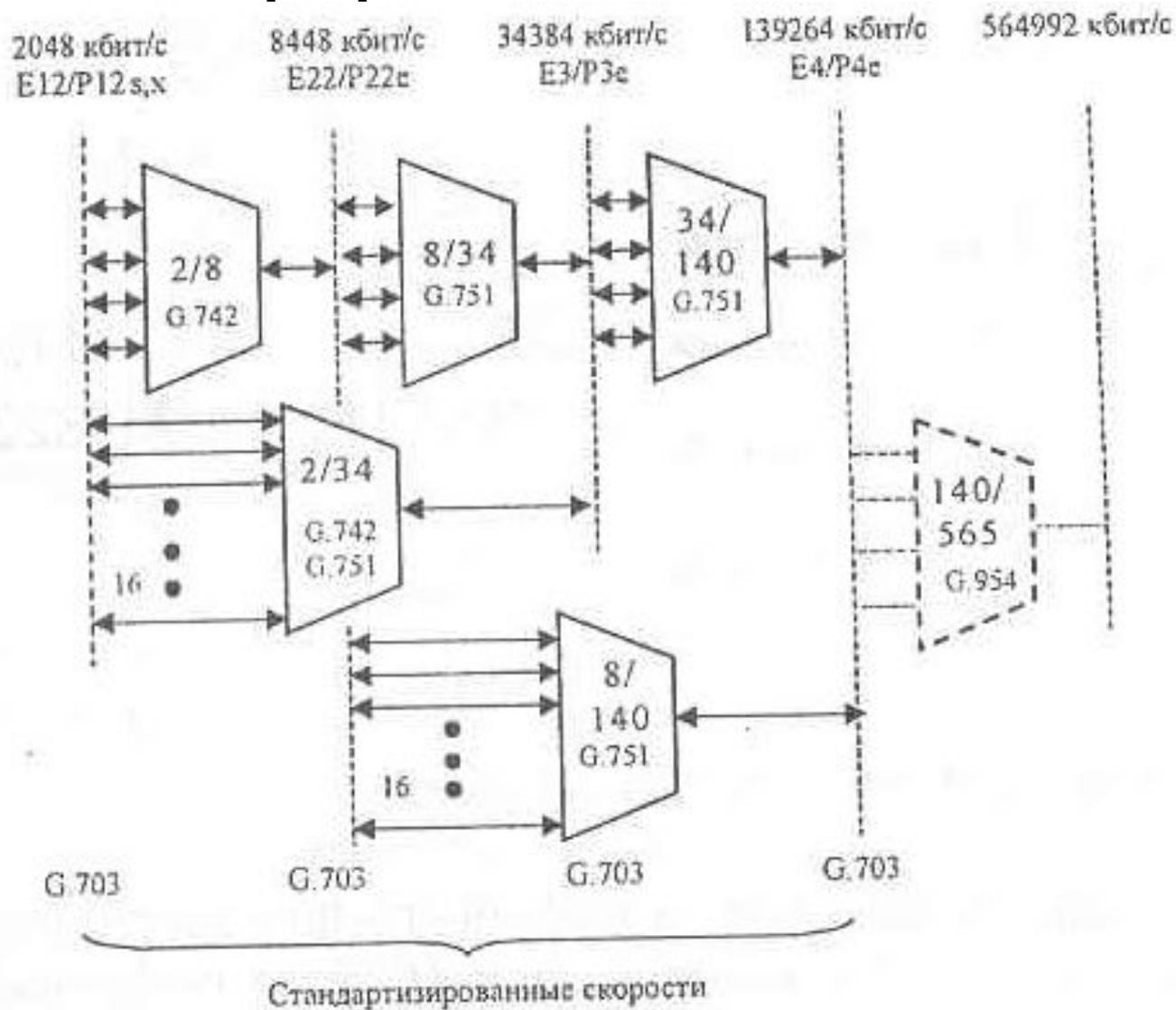
Вторичное преобразование



Группообразование в аналоговых системах передачи (ЧРК)



Цифровые системы передачи ПЦИ: иерархия сигналов



Цифровые системы передачи ПЦИ:

Обозначения трактов и стыков на иерархических уровнях ПЦИ

Уровень в иерар-хии	Ско-рость, Мбит/с	Обозначение электрического сигнала, E _q	Обозначения сетевых трактов P _q	Структура тракта
0	0,064	E0 E11	P0 _x P0 _s	Прозрачный
11	1,544		P11 _x	Прозрачный
12	2,048	E12	P12 _x P12 _s	Прозрачный G.704, T _{цикла} =125 мкс
21	6,312	E21	P21 _x	Прозрачный
22	8,448	E22	P22 _x P22 _e P22 _s ^{a)}	Прозрачный G.742 с 4 × E12 Синхронный, G.704
31	34,368	E31	P31 _x P31 _e P31 _s	Прозрачный G.751 с 4 × E21 Синхронный, G.832 T _{цикла} =125 мс
32	44,736	E32	P32 _x	Прозрачный
4	139,264	E4	E4 _x E4 _e E4 _a E4 _s	Прозрачный G.751 с 4 × E31 3 × E32 Синхронный, G.832, T _{цикла} =125 мс

Цифровые системы передачи ПЦИ:

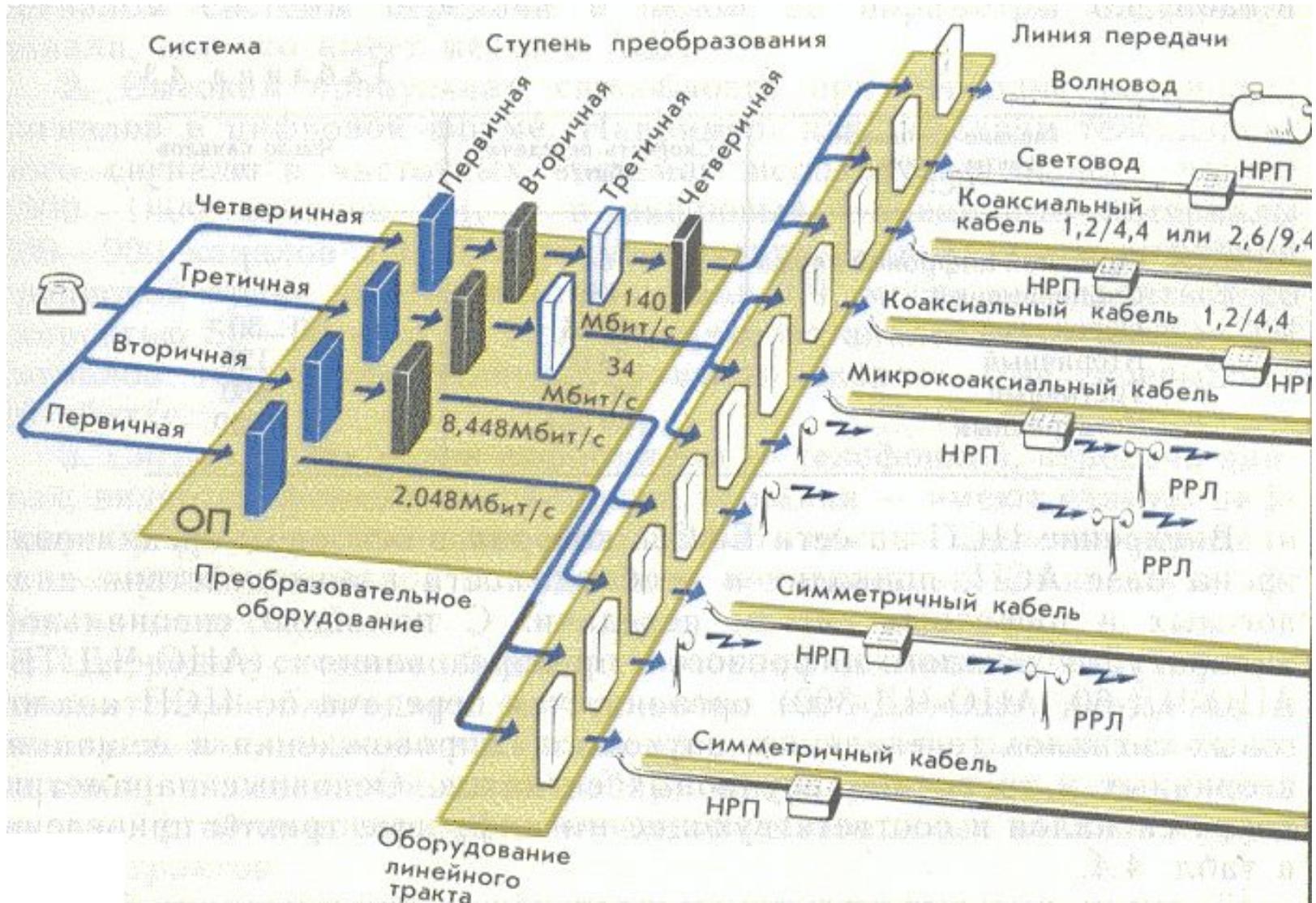
Североамериканская ПЦИ

Уровень иерархии	Обозначение	Скорость, Мбит/с	Количество каналов	Количество трактов	Правило
0	B (T0)	0,064	1		
1	DS-1 (T1)	1,544	24		G.704
2	DS-2 (T2)	6,312	96	4 × T1	G.743
3	DS-3 (T3)	44,736	672	28×T1, 7×T2	G.752
4	DS-3 (T3)	274,176	4032	168×T1, 6×T3	

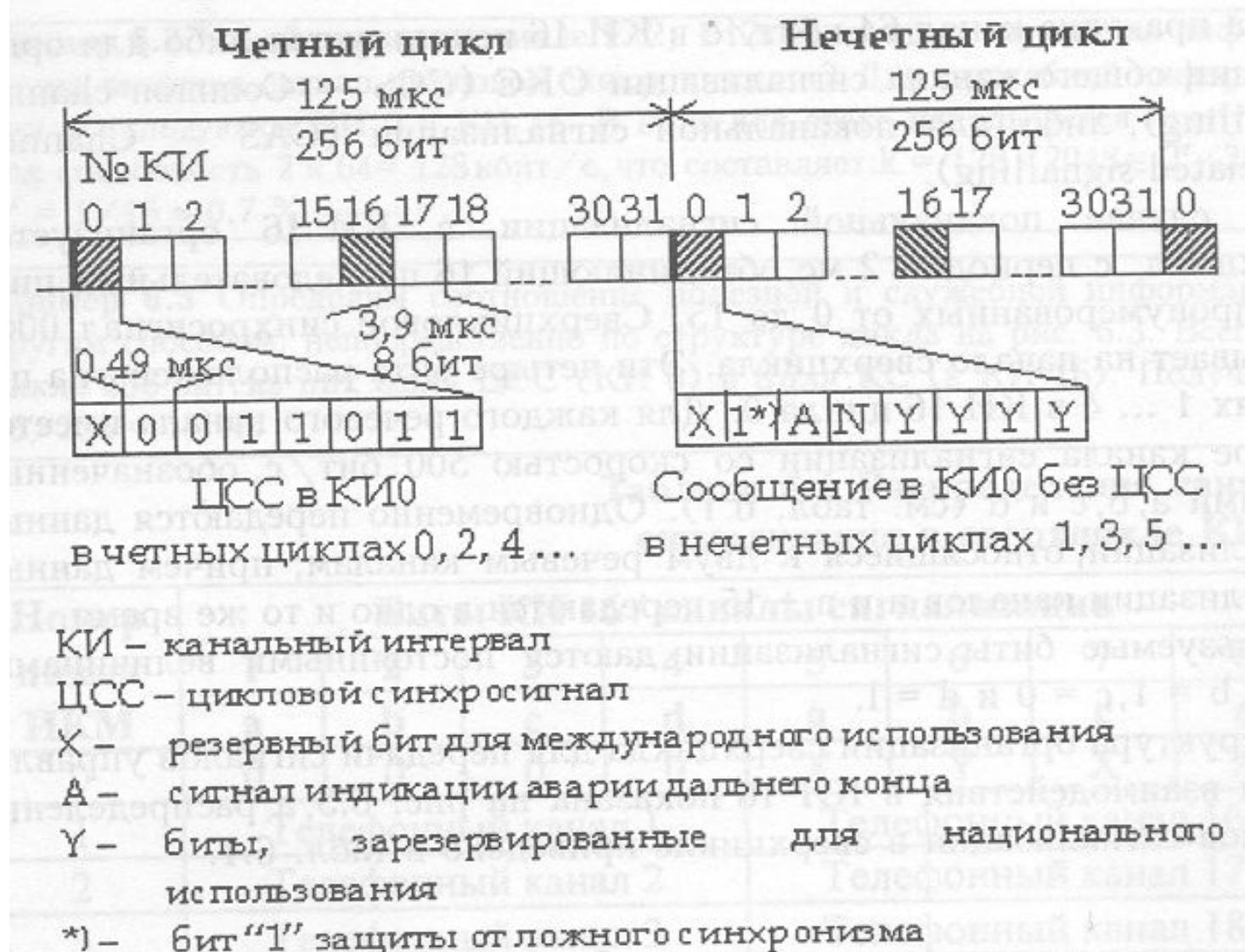
Европейская ПЦИ (СЕРТ)

Уровень иерархии	Обозначение	Скорость, Мбит/с	Количество каналов	Количество трактов	Правило
0	E0 (B)	0,064	1		
1	E1 (DS-1)	2,048	30-31		
2	E2 (DS-2)	8,448	120	4xE1	G.742
3	E3 (DS-3)	34,368	480	4xE1, 16xE1	G.751
4	E4 (DS-4)	139,264	1920	4xE3, 3×T3	G.751
5	E5 (DS-5)	565,148	7800	4xE4	G.954

Цифровые системы передачи ПЦИ



Цикл системы передачи ИКМ-30 (Е1)



Цикл системы передачи E2

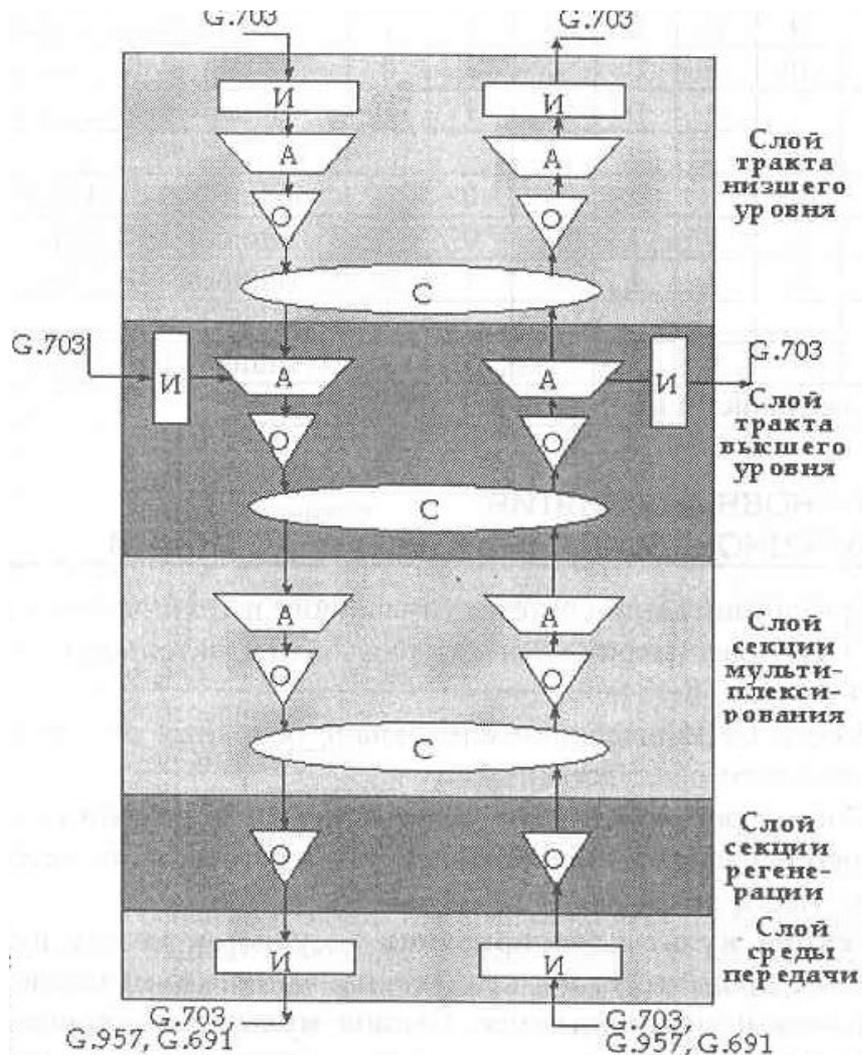


- И - информационные биты
- АДК - авария дальнего конца
- Н - бит для национального использования
- КСС - команды согласования скоростей
- +Б - согласующие или информационные биты

Недостатки технологии ПЦИ (PDH), проявившиеся к началу 1980-х

1. Скорости передачи (реально 140Мб/с) не покрывают возможности ВОЛП (~50 Гб/с)
2. Гибкость при выделении (коммутации) каналов недостаточна (из-за бистаффинга всегда необходима цепочка мультиплексоров)
3. Недостаточно служебных позиций в заголовках для контроля, управления, обслуживания трактов и оборудования
4. Несовместимость региональных стандартов
5. Не стандартизованы средства обеспечения надежности (резервирование: 1+1, 1:1, 1:N ...)
6. Не поддерживаются явно различные топологии связи (предполагается «линейная» структура)

Упрощенная функциональная структура СЦИ



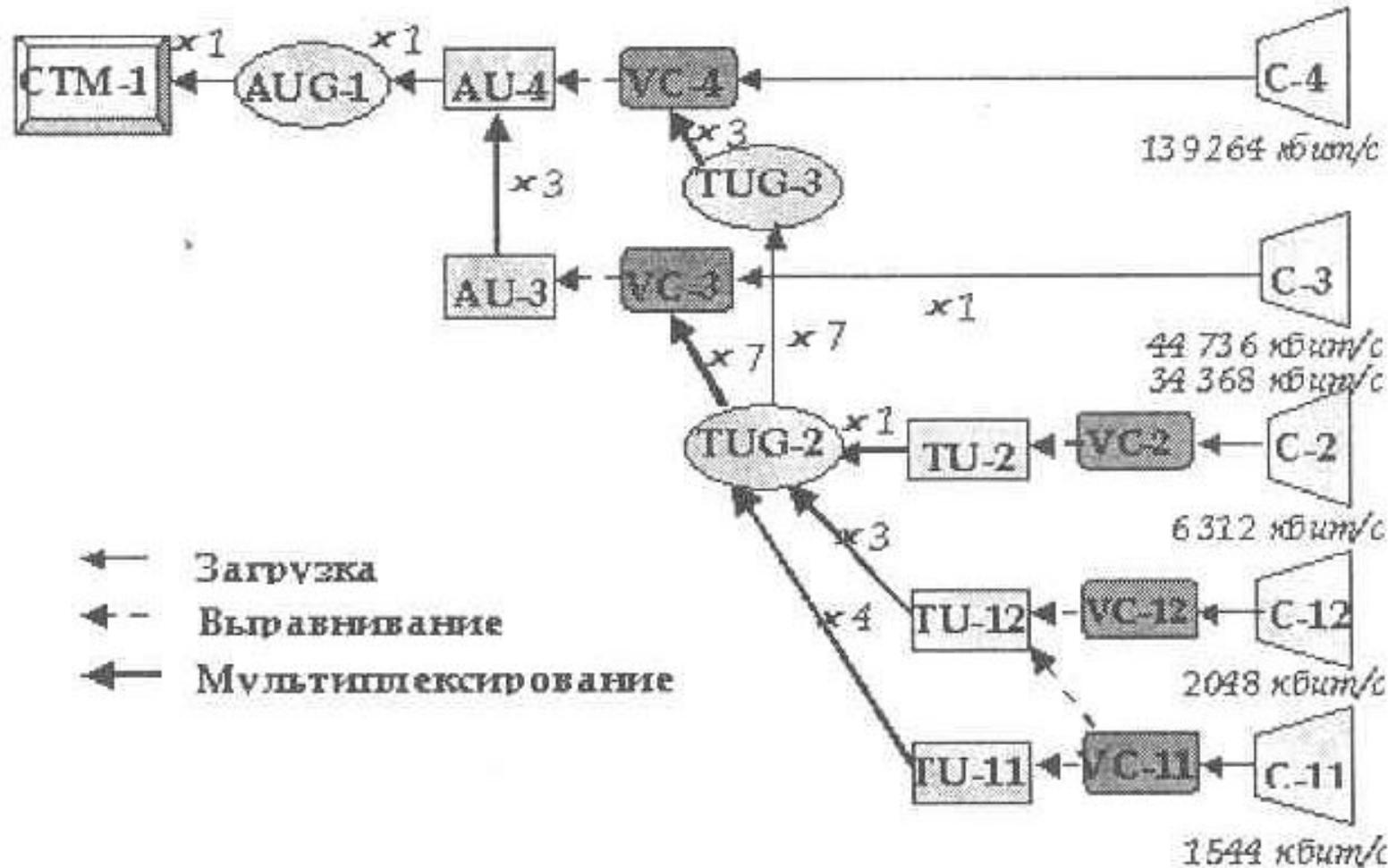
И – Интерфейс: взаимодействие с физической средой

А – Адаптация: загрузка пользовательского сигнала в контейнеры

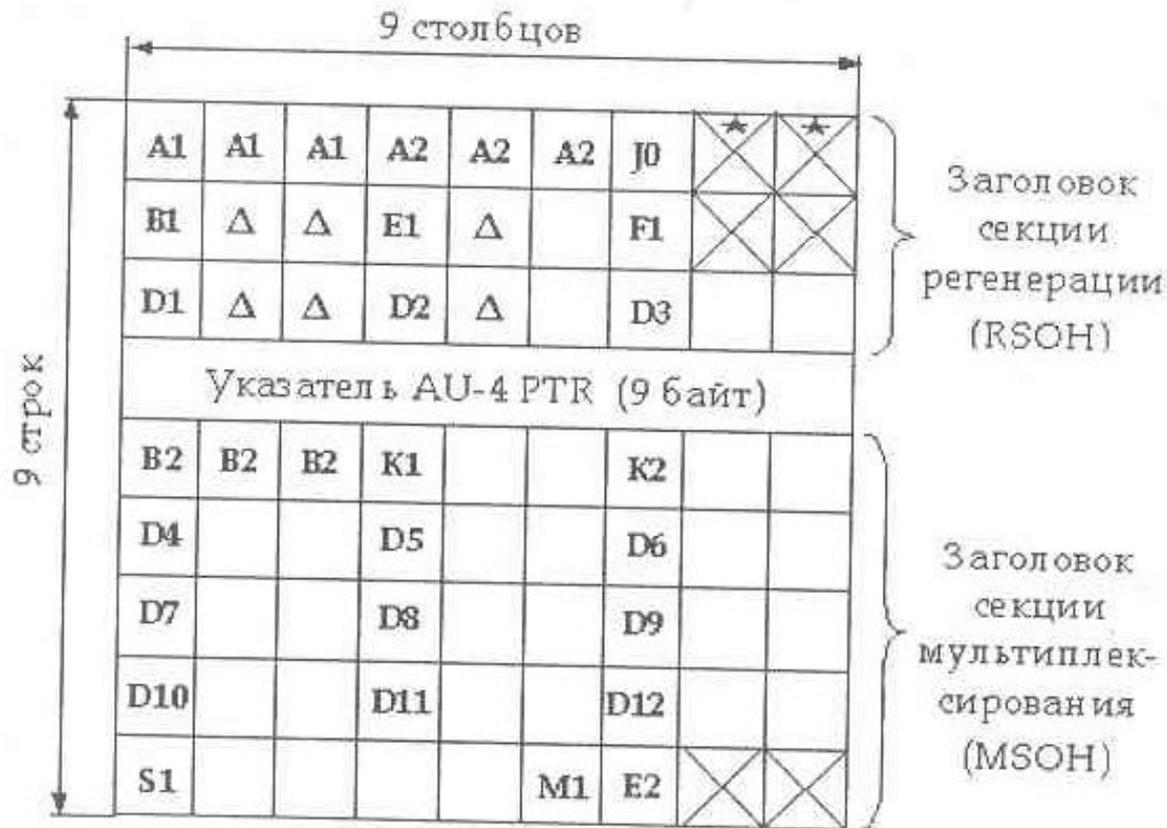
О – Окончание трактов : формирование, обработка заголовков трактов

С – Соединение: =кроссовая коммутация (cross-connect)

СЦИ: обобщенная схема мультиплексирования



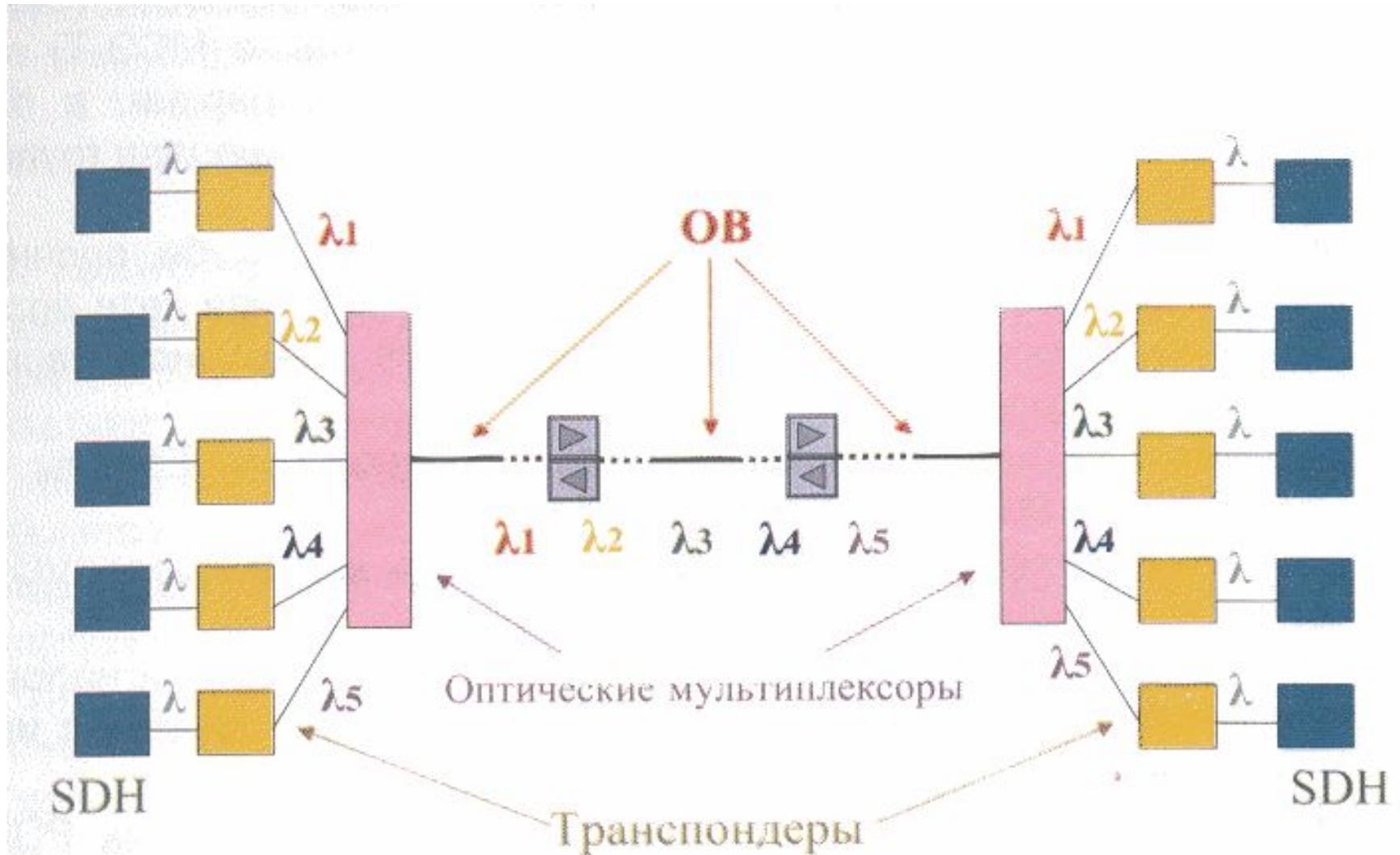
СЦИ: секционный заголовок STM-1



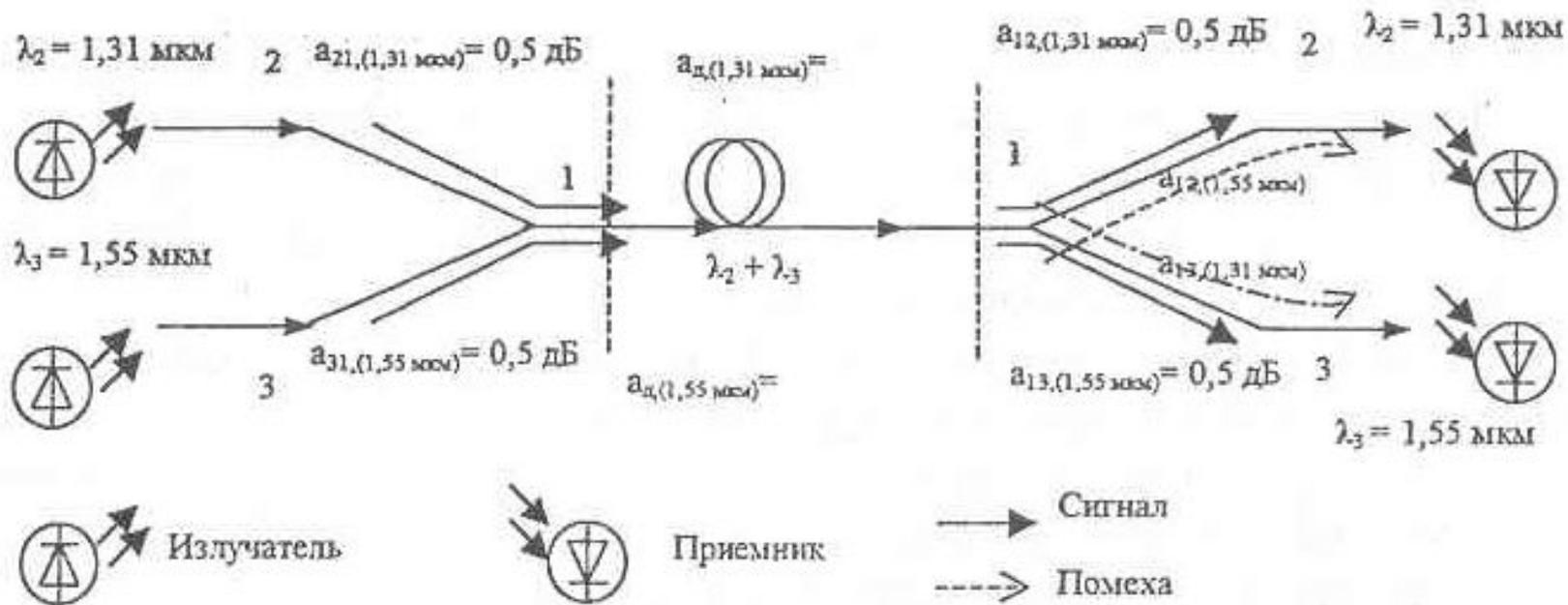
- × Байты, зарезервированные для национального использования
- ★ Нескремблированные байты
- Δ Байты, зависящие от среды передачи

Примечание Все байты, не обозначенные на рисунке, зарезервированы для будущей международной стандартизации.

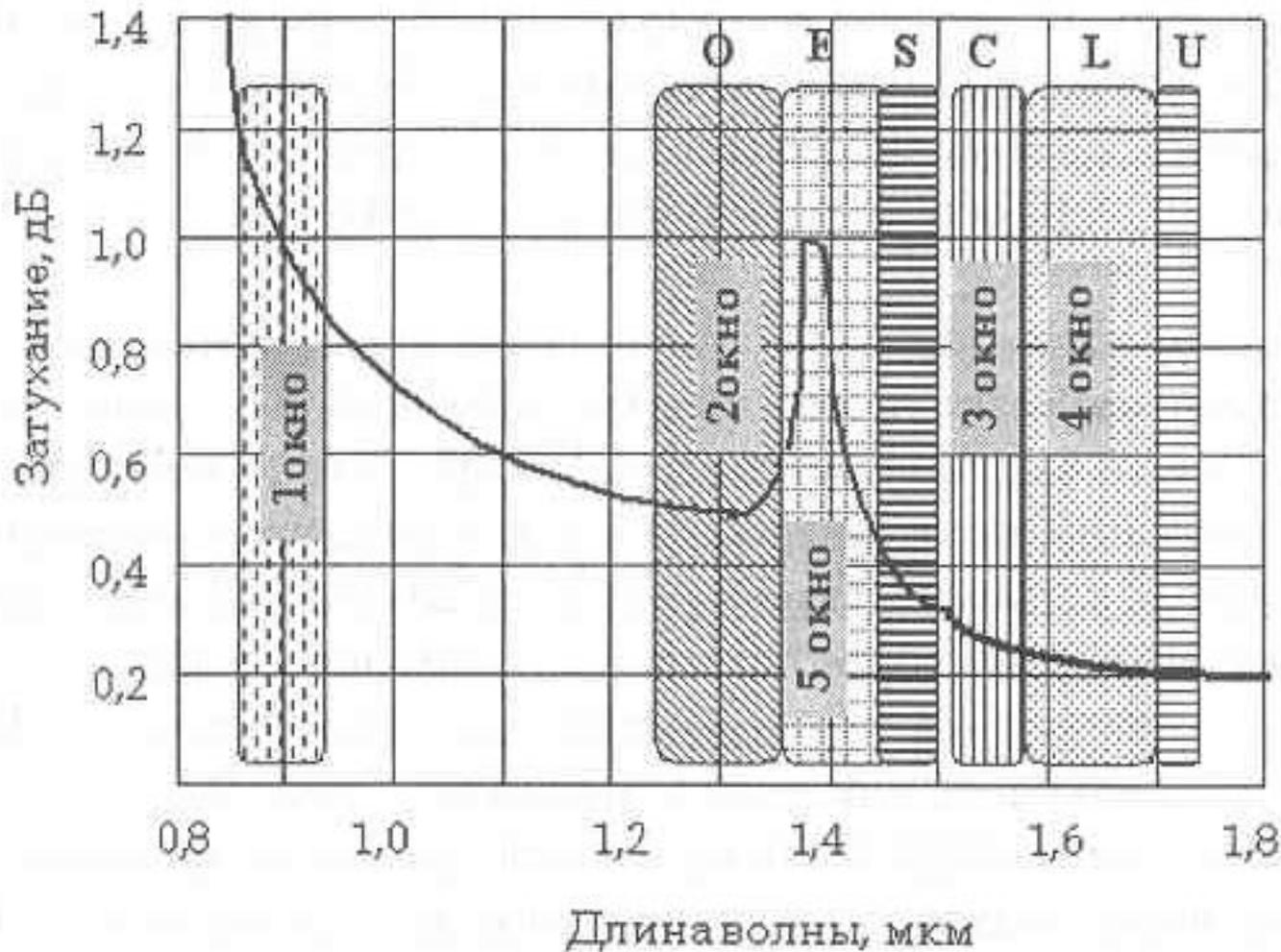
Система передачи DWDM (CWDM)



Система передачи DWDM (CWDM): мультиплексирование оптических каналов



Система передачи DWDM (CWDM): диапазоны частот



Система передачи DWDM (CWDM): прагматическая систематика

- WDM (Wavelength Division Multiplexing) — ОМ низкой плотности, в котором расстояние между каналами от нескольких десятков до сотен нм;
- CWDM (Coarse WDM) — "грубое" мультиплексирование с разносом частот около 2500 ГГц (20 нм);
- DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) — ОМ высокой плотности, разнос частот не менее 100 ГГц (0,8 нм);
- HDWDM (Height Dense Wavelength Division Multiplexing) — ОМ очень высокой плотности, разнос частот менее 50 ГГц (0,4 нм).