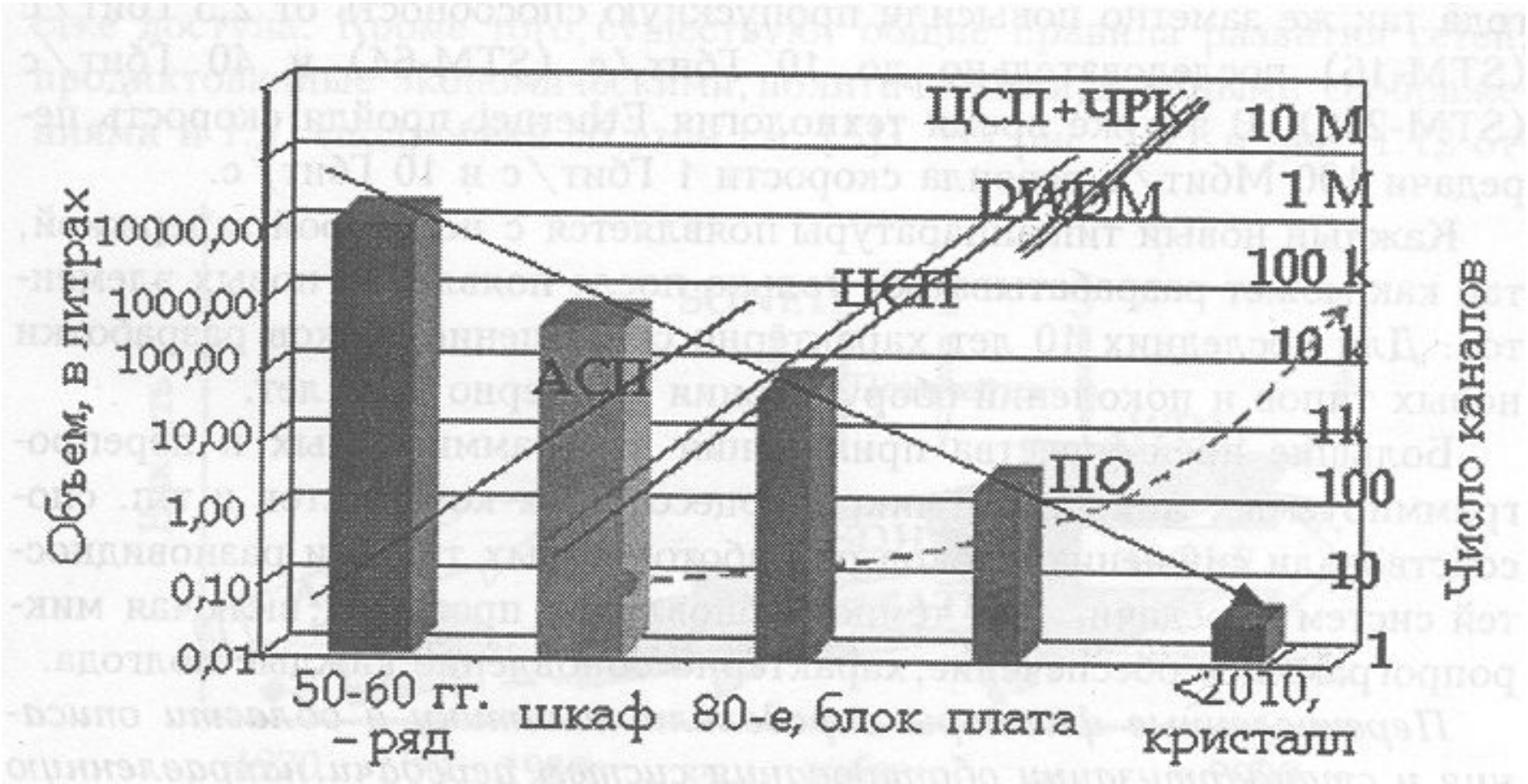
Основы инфокоммуникационных технологий
Часть 2 – Транспортные сети

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

Тенденции улучшения характеристик транспортных сетей



Транспортные сети

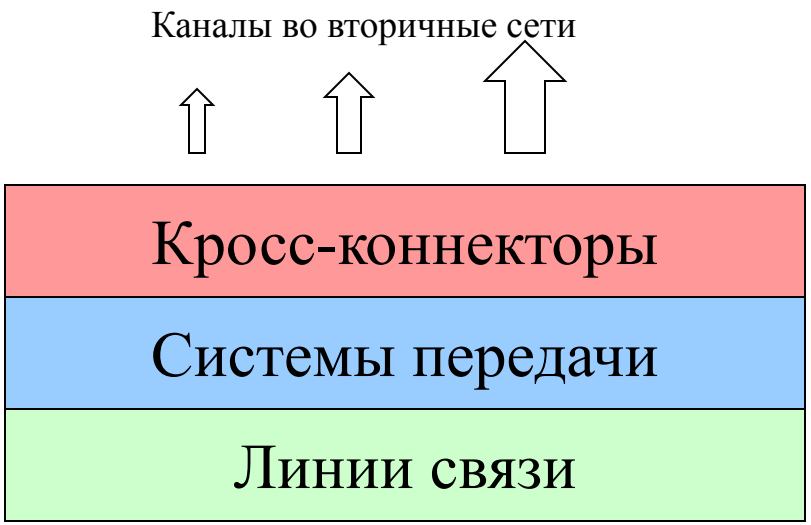
- сети, предоставляющие коммутируемым (вторичным) сетям типовые каналы передачи

(!есть и альтернативные трактовки: 1. НЕ сети доступа 2. НЕ системы предоставления услуг)

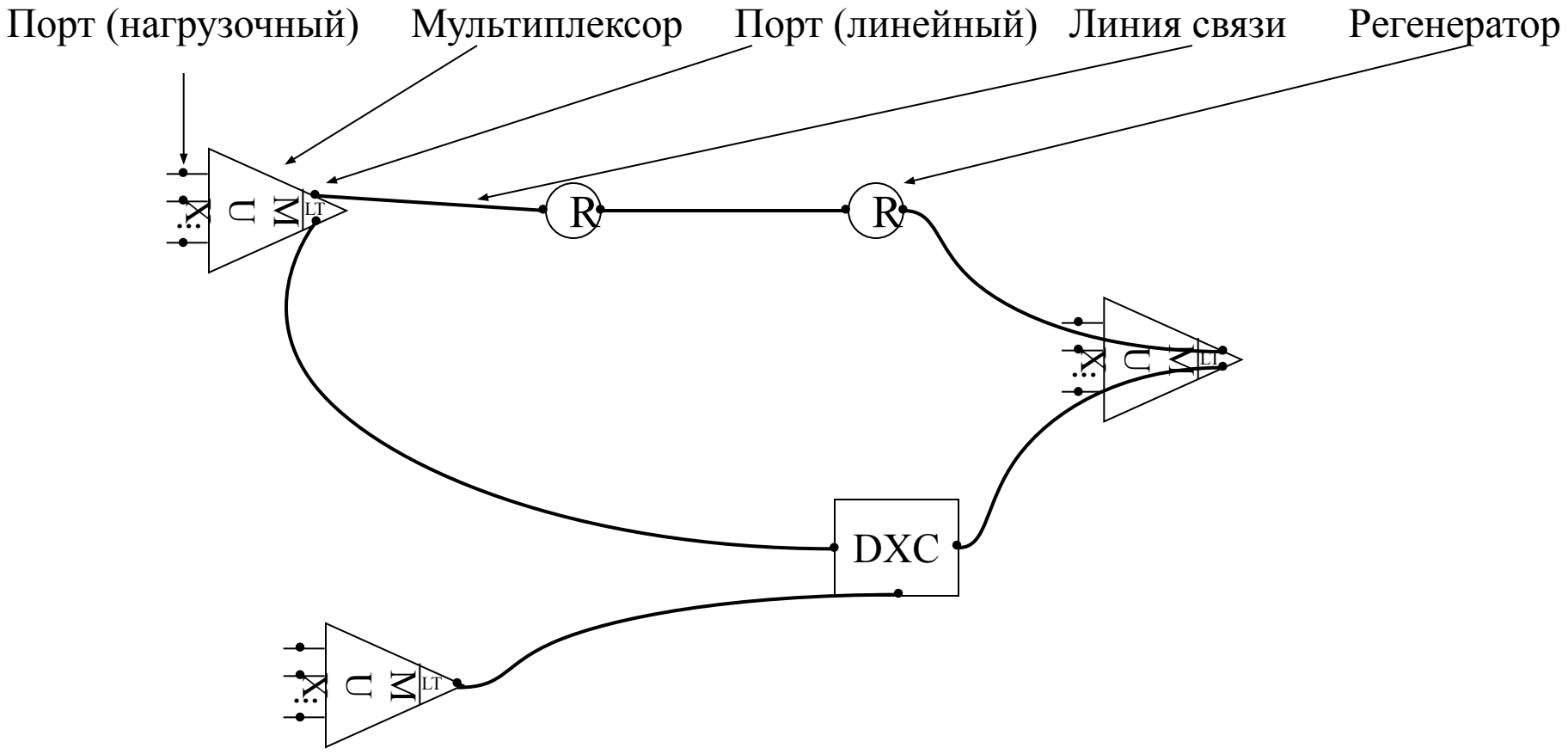
Требования к транспортным сетям:

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

(Кг ~ 0.99995-0.99999 для элемента сети)



Транспортные сети-
функциональные компоненты сетей

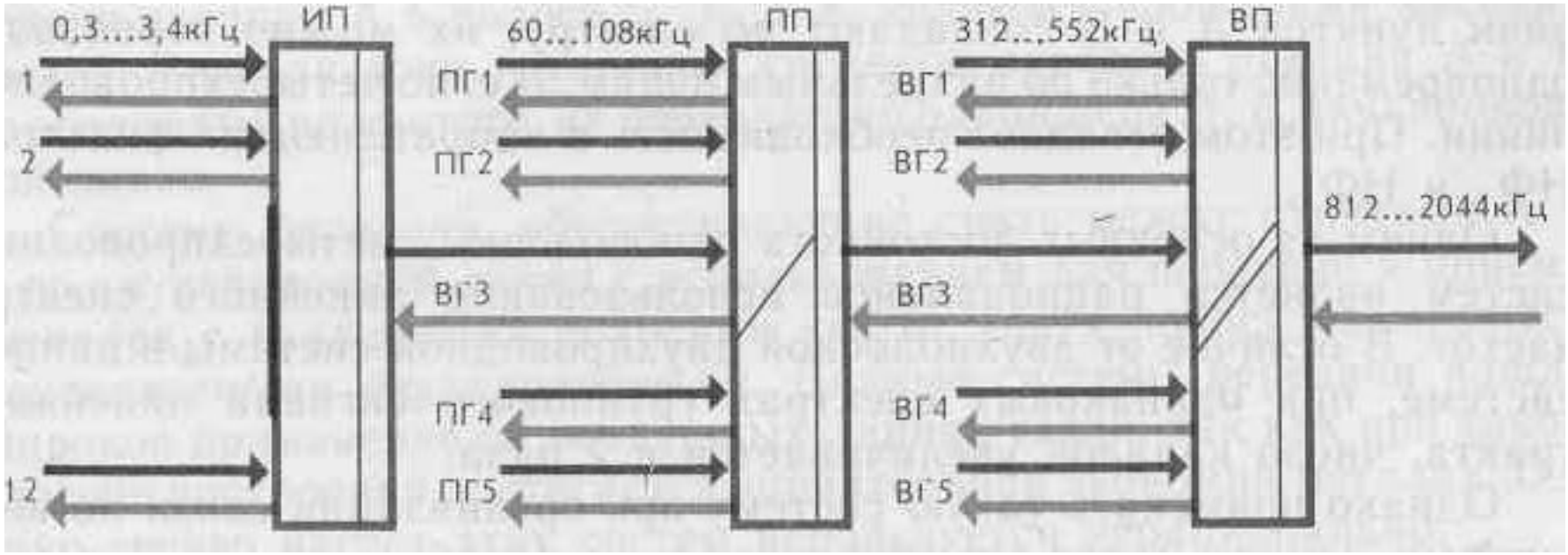


Группообразование в аналоговых системах передачи (ЧРК)

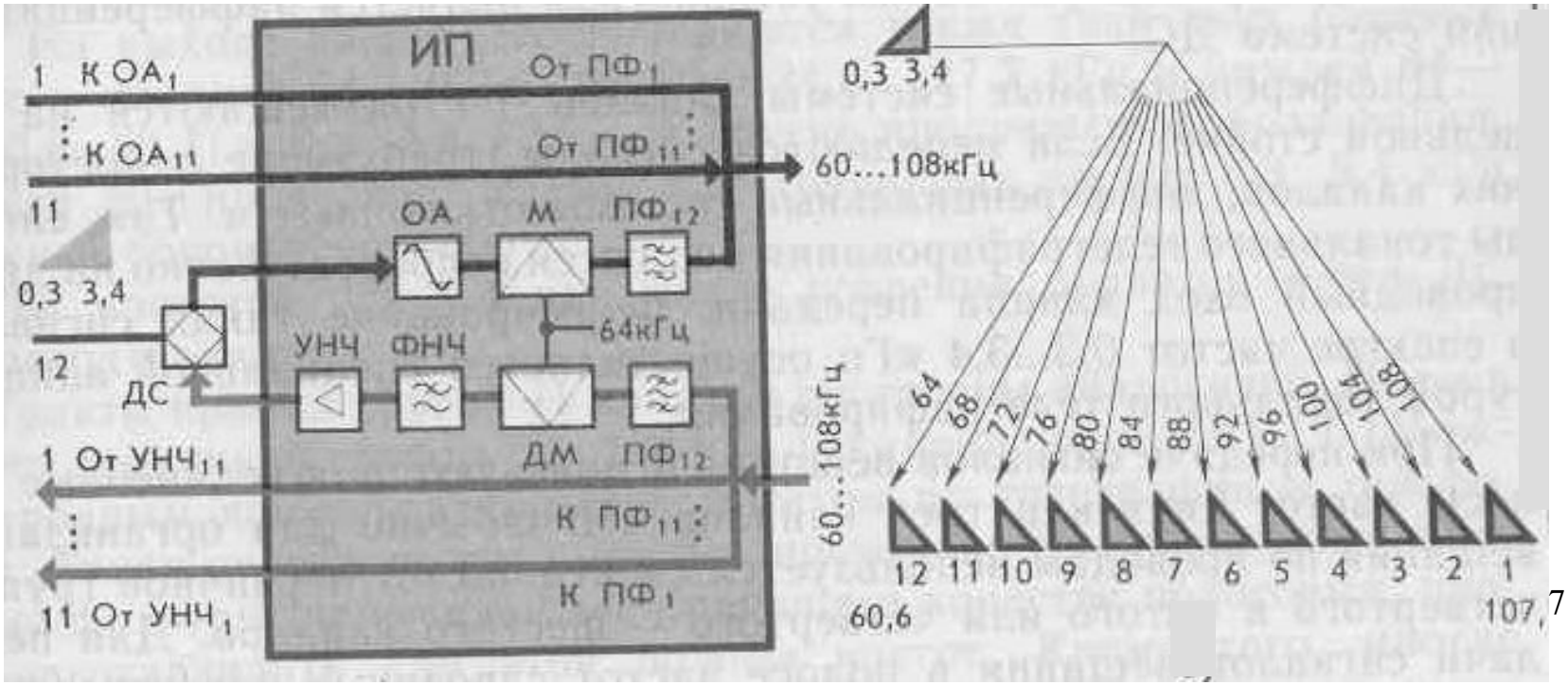
Индивидуальное преобразование

Первичное преобразование

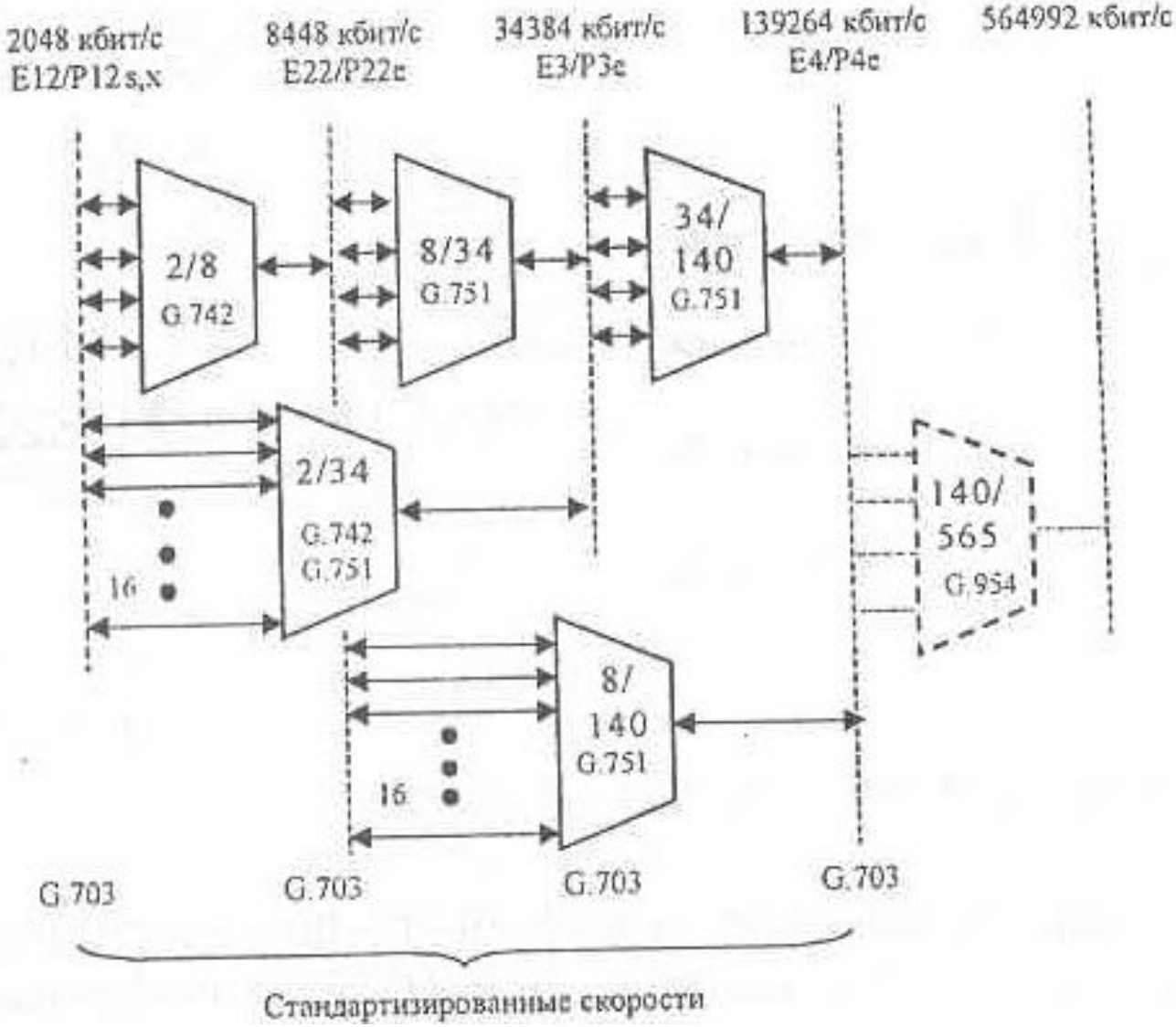
Вторичное преобразование



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, Eq	Обозначения сетевых трактов Pq	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 μs
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 μs

[a)]

Цифровые системы передачи ПЦИ:

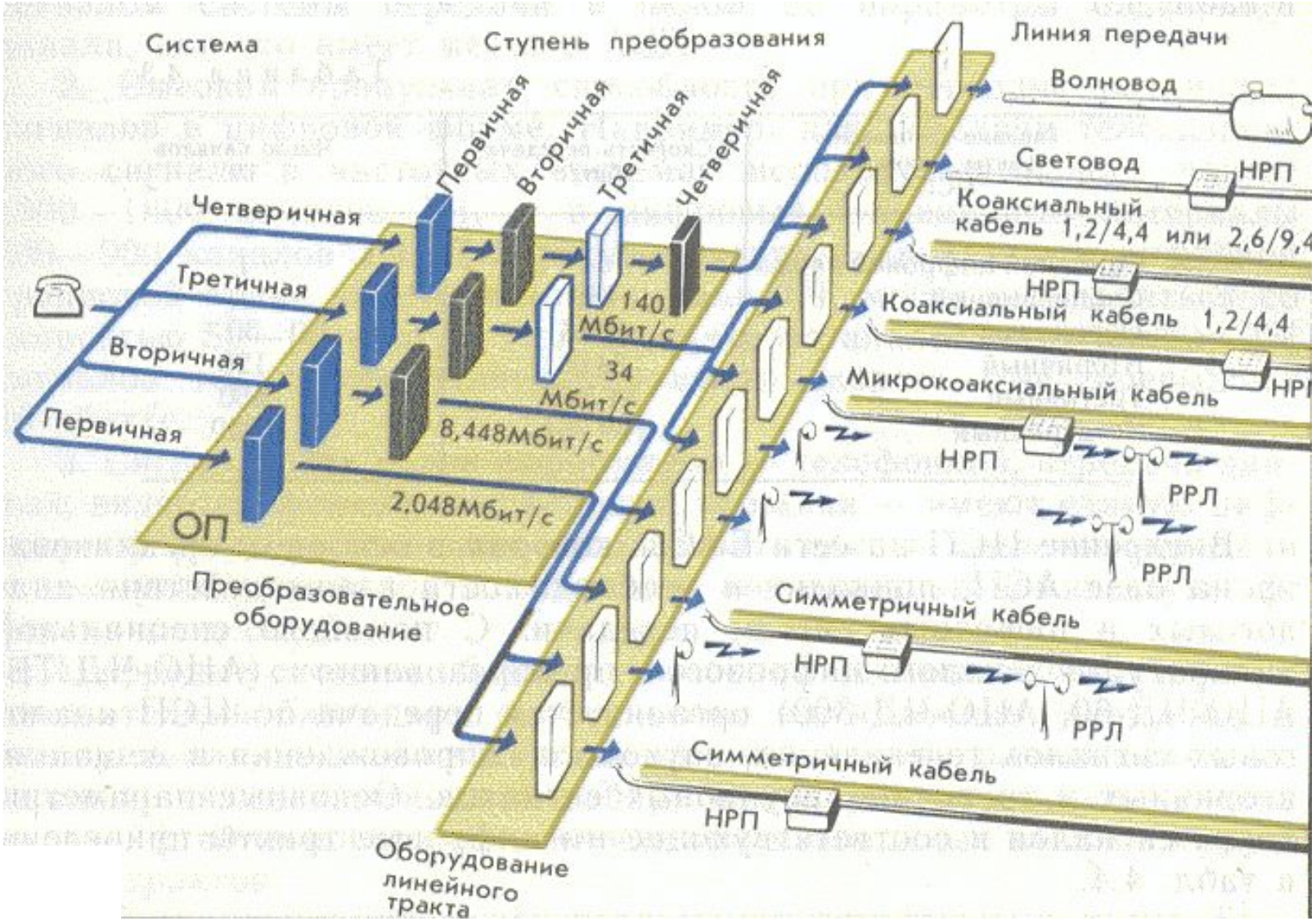
Североамериканская ПЦИ

Уровень иерархии	Обозна-чение	Скорость, Мбит/с	Количест-во 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	

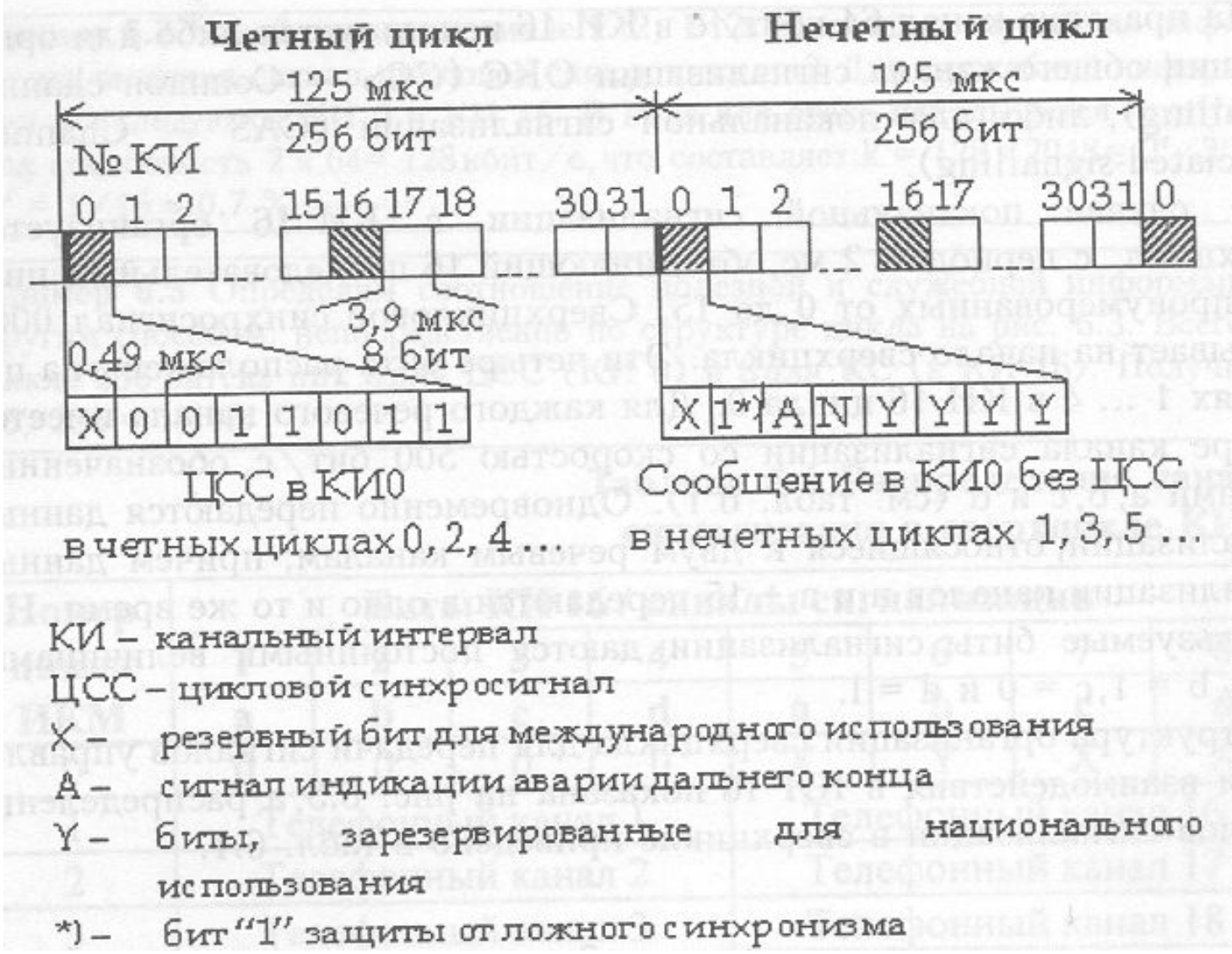
Европейская ПЦИ (CEPT)

Уровень иерархии	Обозна-чение	Скорость, Мбит/с	Количест-во 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, 3xT3	G.751
5	E5 (DS-5)	565,148	7800	4xE4	G.954

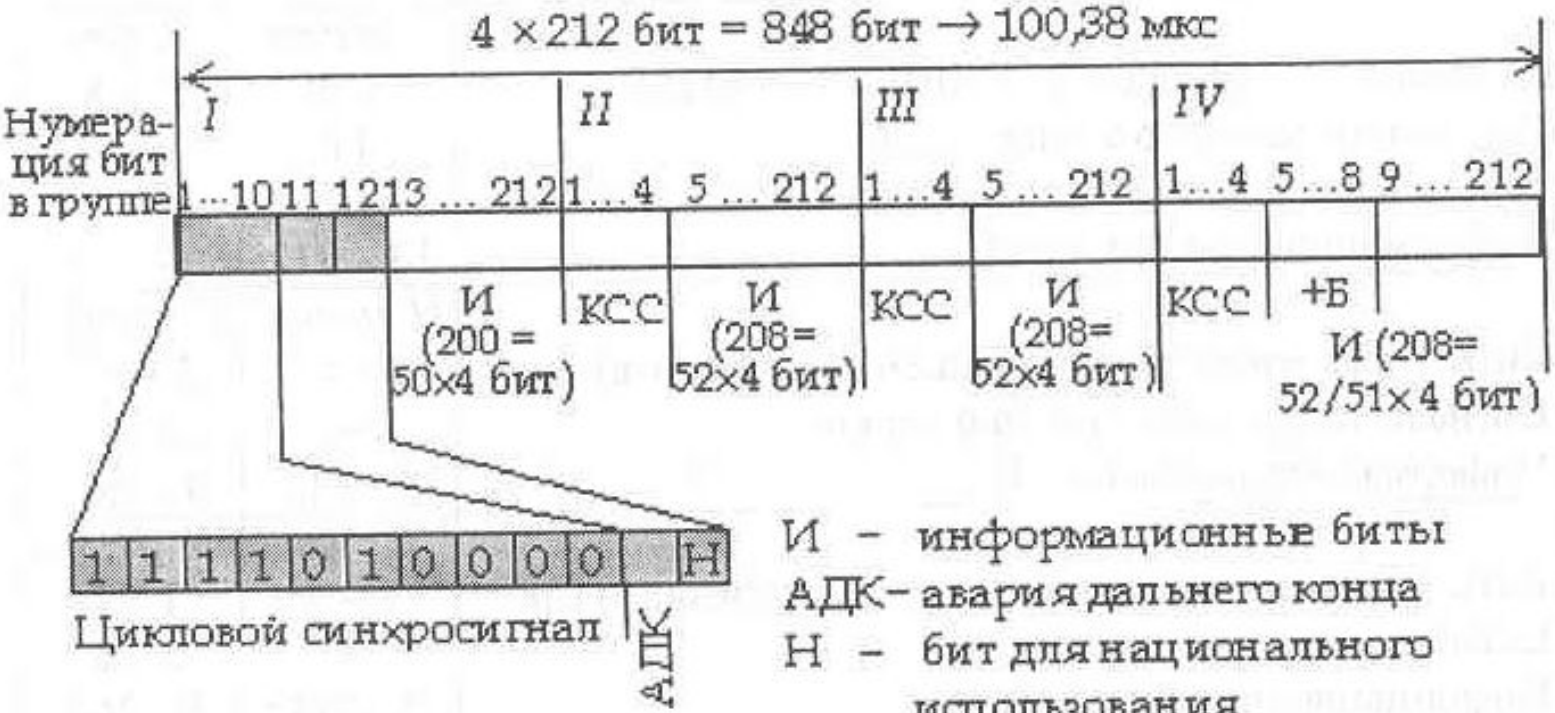
Цифровые системы передачи ПЦИ



Цикл системы передачи ИКМ-30 (Е1)



Цикл системы передачи Е2



И – информационные биты

АДК – авария дальнего конца

Н – бит для национального использования

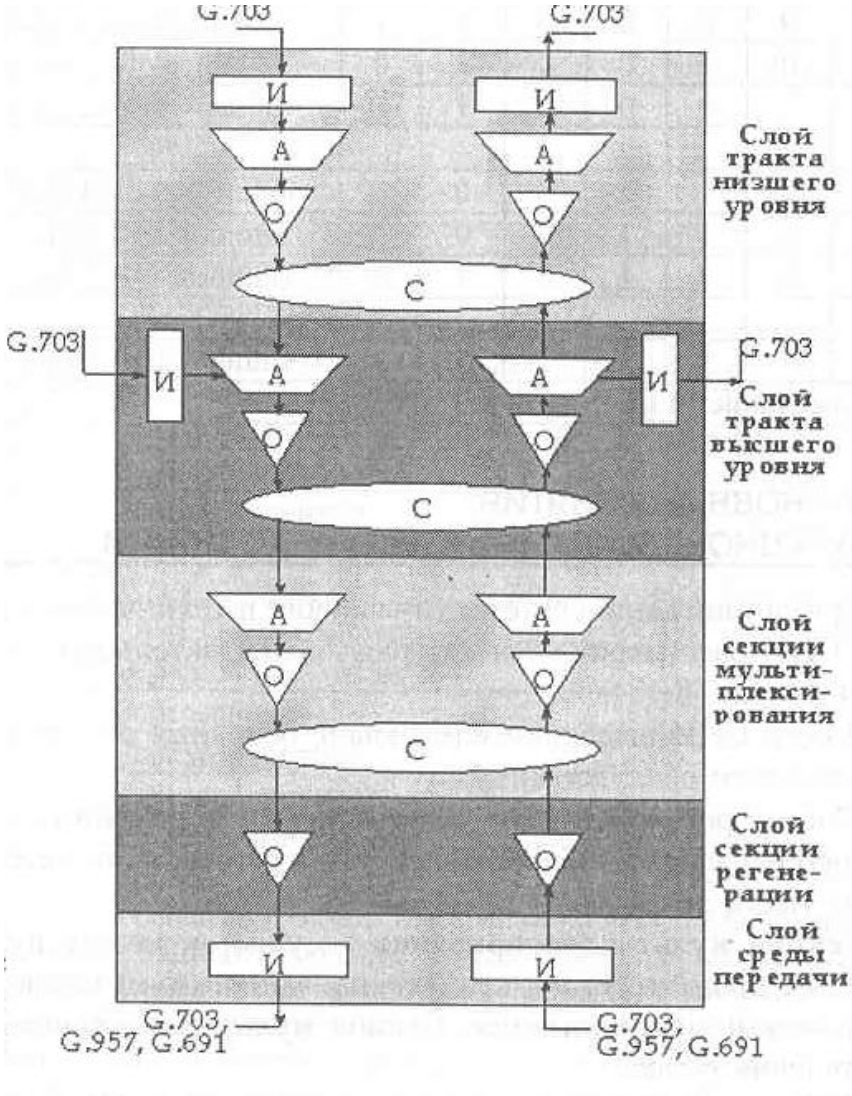
КСС – команды согласования скоростей

+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



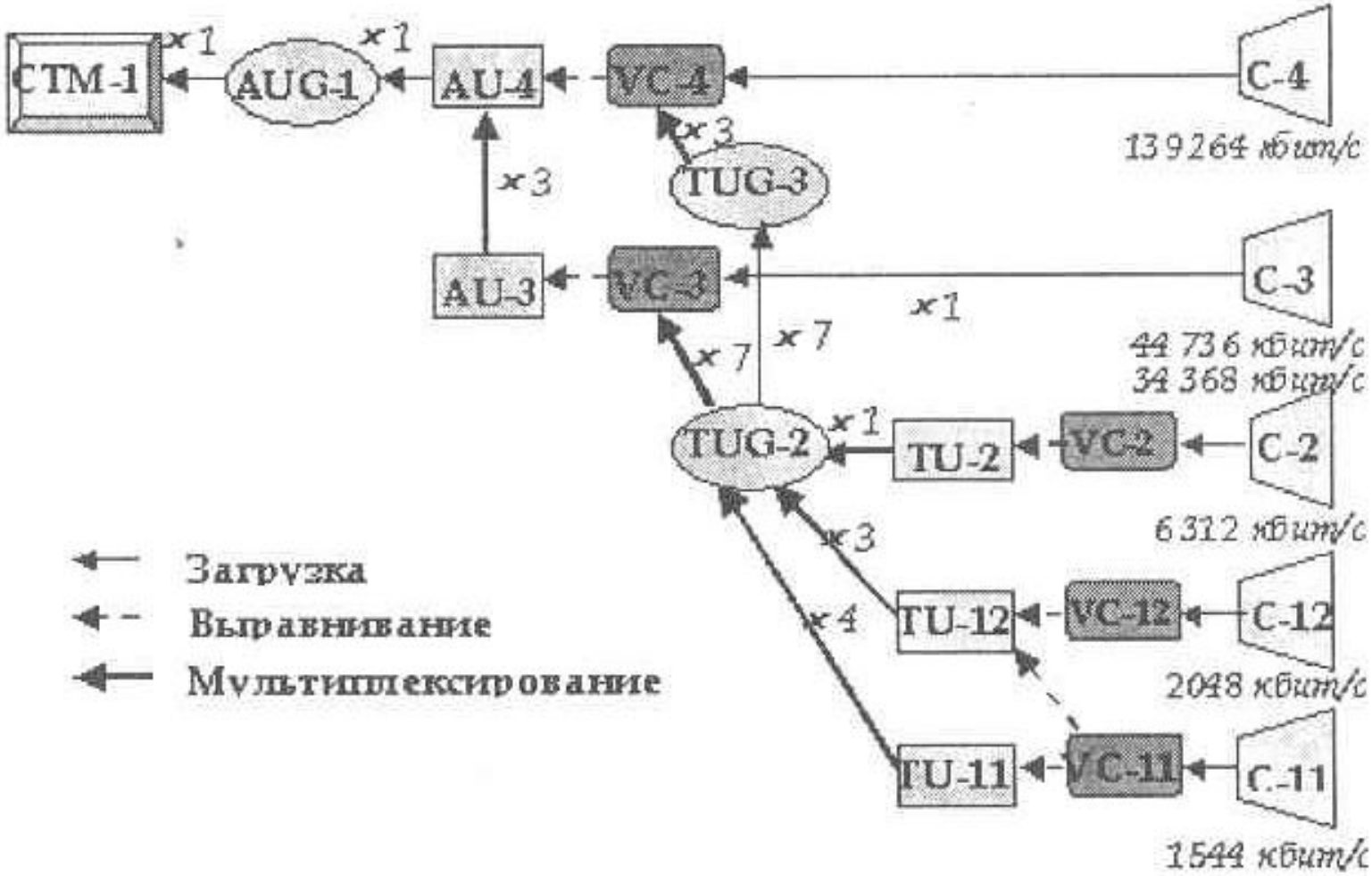
И – Интерфейс: взаимодействие с физической средой

А – Адапатация: загрузка пользовательского сигнала в контейнеры

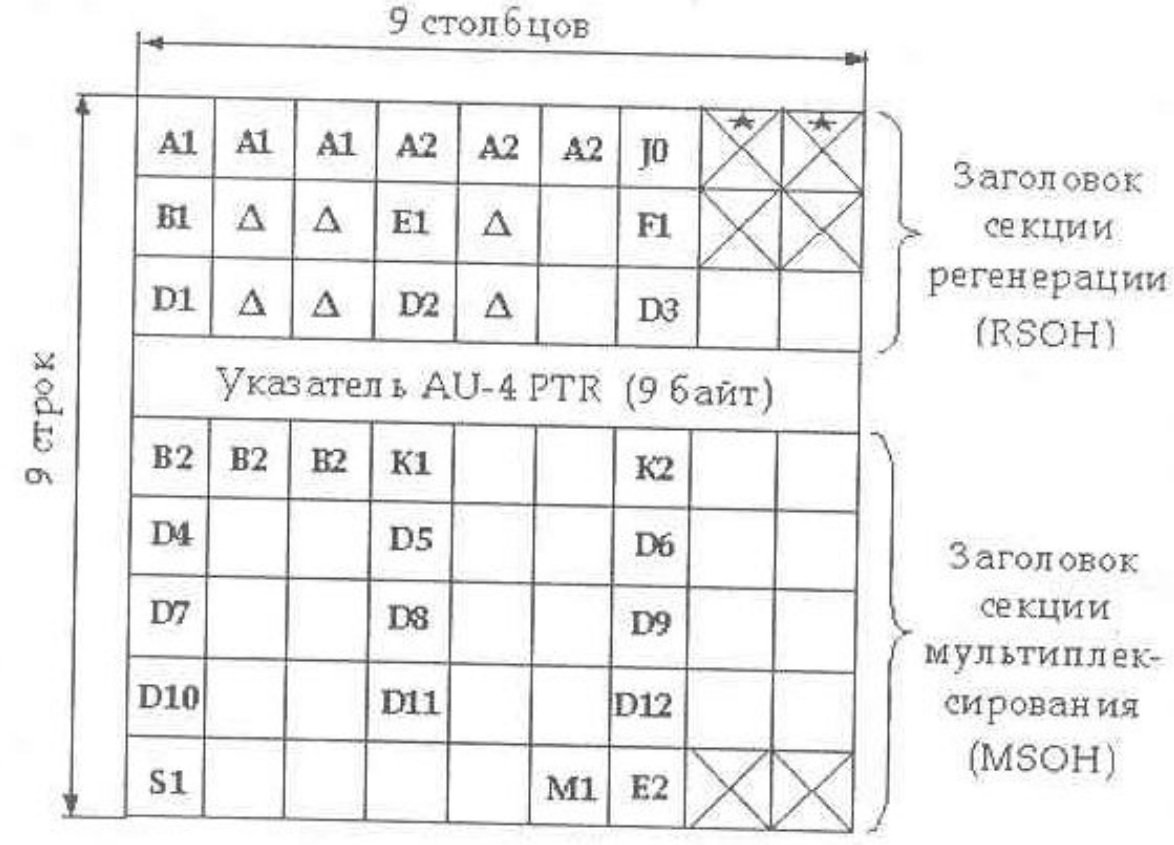
О – Окончание трактов : формирование, обработка заголовков трактов

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

СЦИ: обобщенная схема мультиплексирования



СЦИ: секционный заголовок STM-1



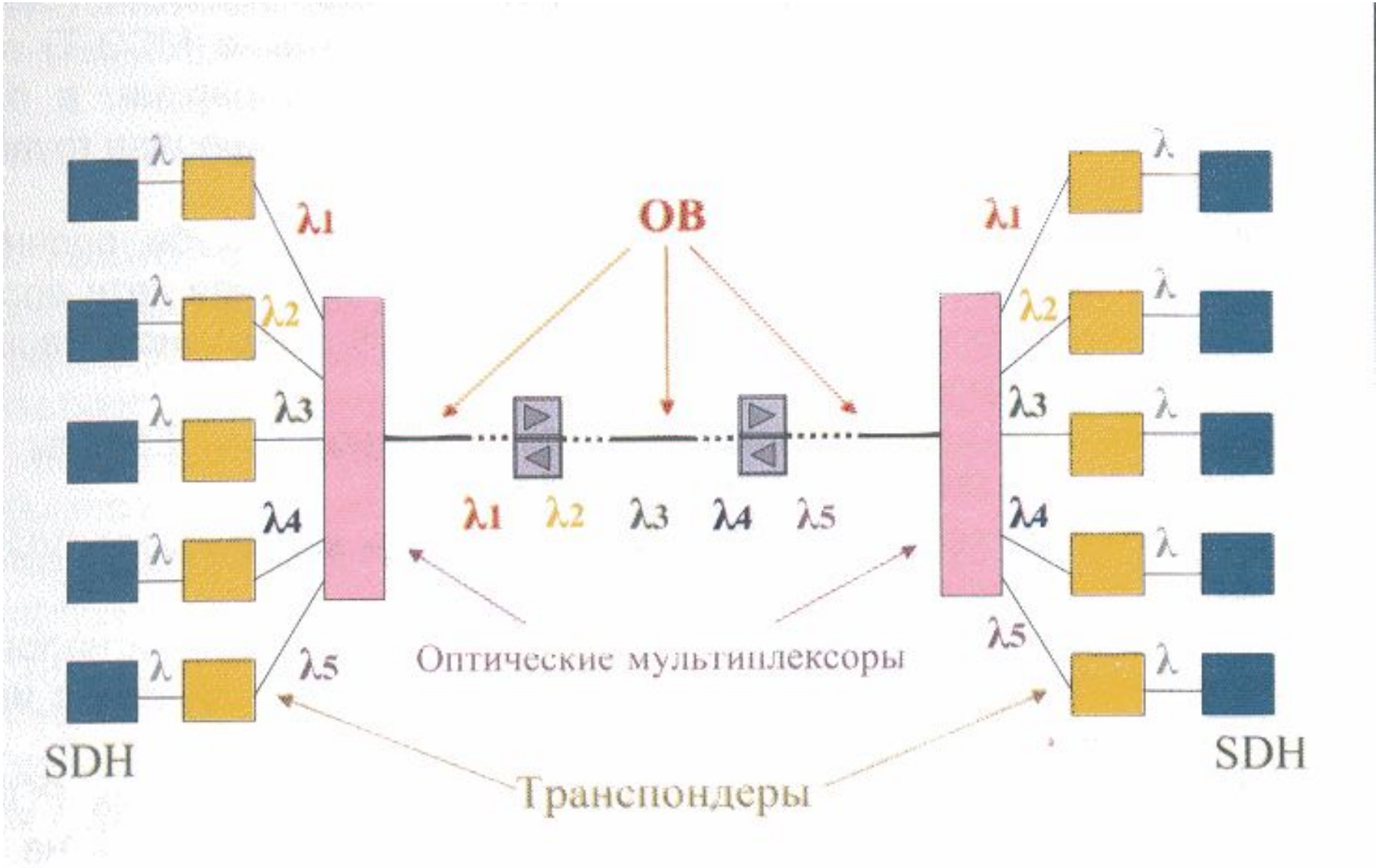
Байты, зарезервированные для национального использования

* Нескремблированные байты

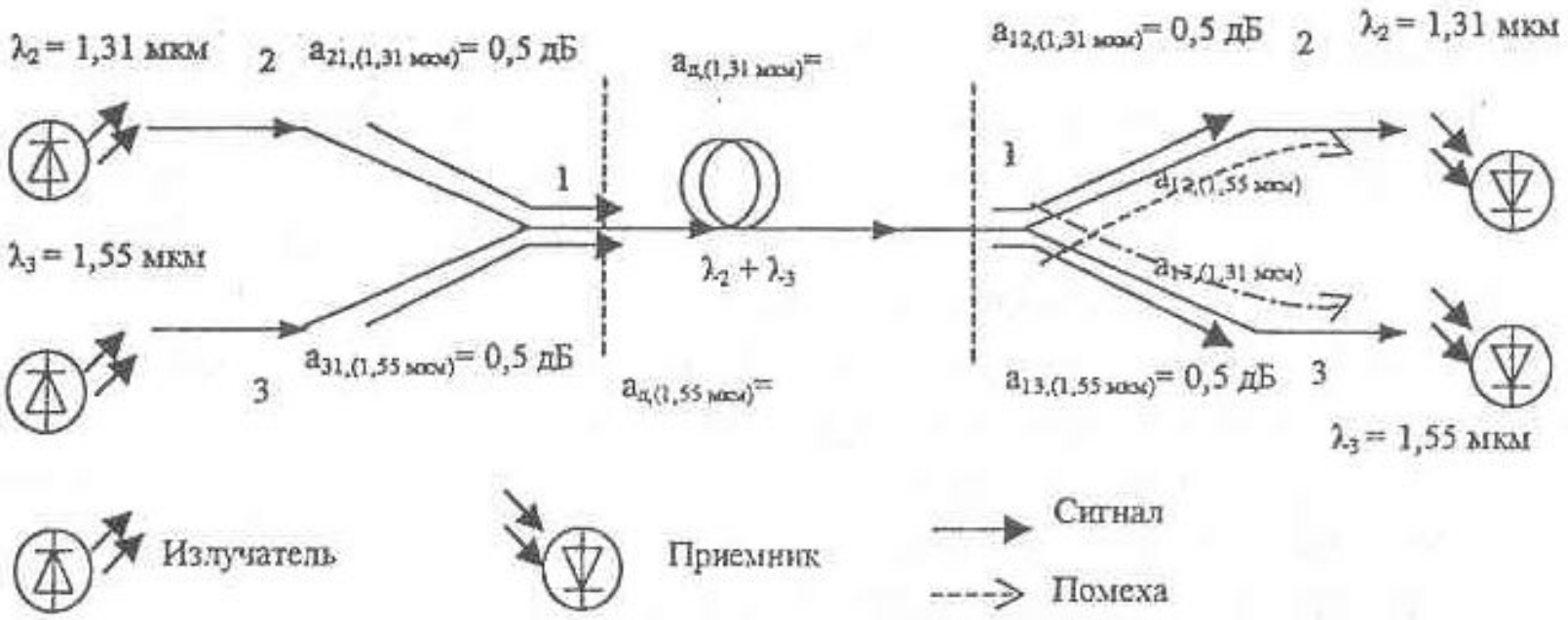
Δ Байты, зависящие от среды передачи

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

Система передачи DWDM (CWDM)

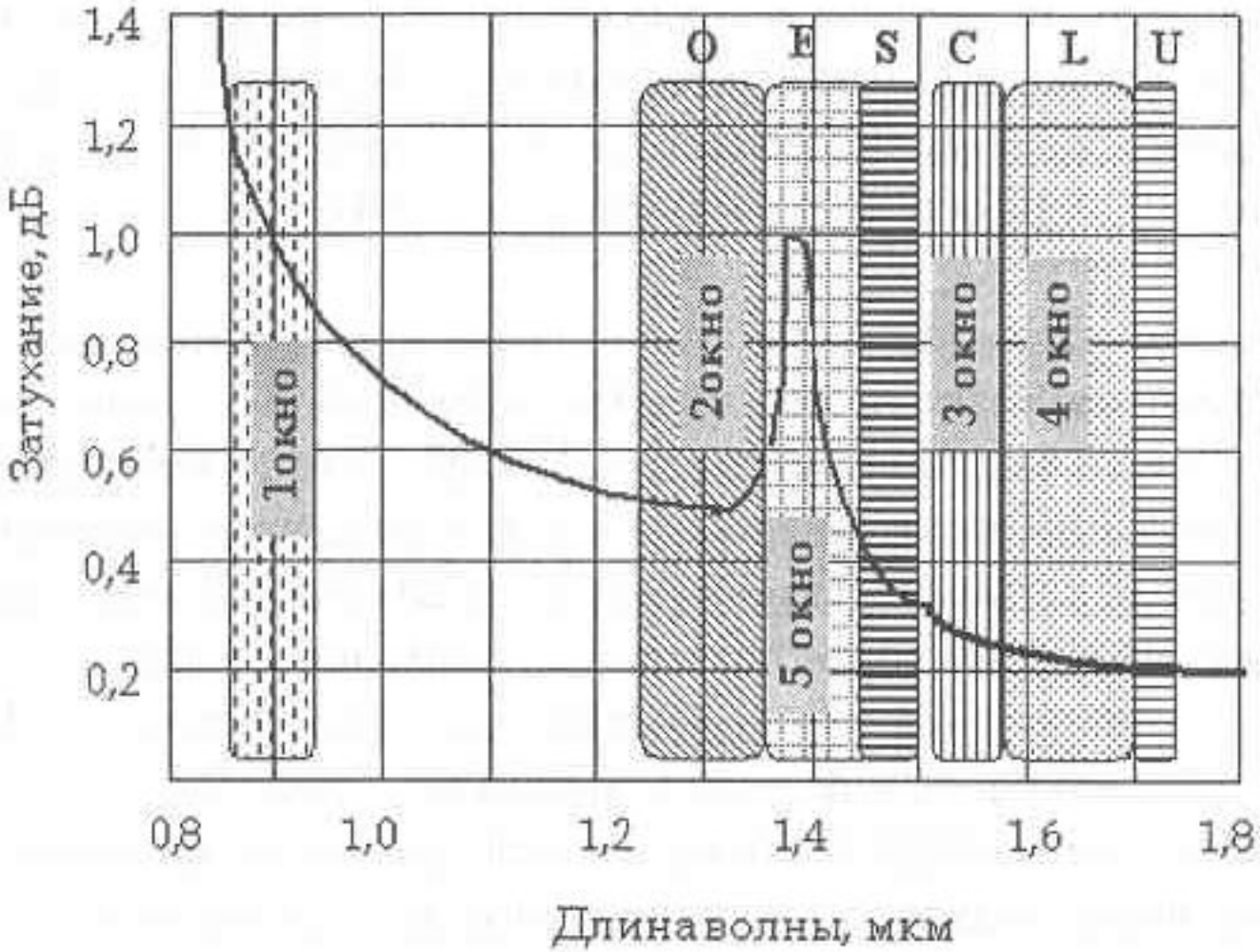


Система передачи DWDM (CWDM): мультиплексирование оптических каналов



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).