

Основы построения телекоммуникационных сетей

1. Крук, Б. И. Телекоммуникационные системы и сети. Т. 1. Современные технологии / Б.И.Крук, В.Н.Попантонопуло, В.П.Шувалов.— М: Горячая линия - Телеком, 2003.
2. Крухмалев, В.В. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: учебник для вузов/ В.В. Крухмалев, В.Н. Гордиенко, А.Д. Моченов и др.; под ред. В.Н. Гордиенко и В.В. Крухмалева. — М.: Горячая линия — Телеком, 2004.
3. Абилов, А. В. Сети связи и системы коммутации / А.В. Абилов. — Ижевск ИжГТУ, 2002.
4. Бакланов, И.Г. SDH - NGSDH: практический взгляд на развитие транспортных сетей / И.Г. Бакланов. — М.: Метротек, 2006.

История развития связи

октябрь 1832 г. - первая публичная демонстрация электромагнитного телеграфа Шиллинга, налажена связь между Зимним дворцом и Министерством путей сообщения.

1841 г. - Б.С. Якоби ввел в эксплуатацию линию, оборудованную пишущим телеграфом, соединявшую Зимний дворец с Главным штабом.

Июнь 1866г. - прокладка кабеля через Атлантический океан, Европа и Америка связаны телеграфом.

1876г. - американский изобретатель А.Г. Белл запатентовал устройство для передачи речи по проводам – телефон.

1878г. - русский ученый М. Махальский сконструировал первый чувствительный микрофон с угольным порошком.

История развития связи

1882-1883гг. - первые телефонные станции в России были построены в Москве, Петербурге, Одессе.

1886 г. - русский физик П.М. Голубицкий разработал новую схему телефонной связи. Эта система была внедрена во всем мире под названием системы ЦБ.

1895 г. - спроектирована специальная двухпроводная телефонная линия между Петербургом и Москвой профессором Петербургского электротехнического института П.Д. Войнаровским и построена в 1898г.

На 1 января 1916 г. в России насчитывалось 66 155 абонентов правительственной телефонной сети, а общая протяженность правительственных междугородных линий составляла 3667,5 версты.

История развития связи

7 мая 1895 г. - Первая публичная демонстрация устройства А.С. Попова для приема электромагнитных волн на заседании Русского физико-химического общества.

1922 г. - сотрудники созданной в 1918 г. Нижегородской лаборатории (глава М.А. Бонч-Бруевич) построили в Москве первую в мире радиовещательную станцию мощностью 12 кВт, а 17 сентября 1922 г. состоялась первая передача радиоцентра.

1924 г. - радиовещательные станции появились в Ленинграде, Горьком.

1935г. - между Нью-Йорком и Филадельфией вступила в строй радиолиния на ультракоротких волнах (протяженность 150 км). Через 50 и 100 км построены две промежуточные «релейные» станции, которые принимали ослабленные радиоволны, «заменяли» их новыми и посылали дальше. Сама радиолиния была названа «радиорелейной линией».

История развития связи

1947г. появилось первое упоминание о разработанной фирмой «Белл» системе ИКМ (громоздкая и неработоспособной).

1962 г. была внедрена в эксплуатацию первая коммерческая система передачи ИКМ-24.

23 апреля 1965г. - в СССР был запущен искусственный спутник Земли «Молния-1», на борту которого находилась приемопередающая ретрансляционная станция.

1960г. - в Америке был создан первый в мире лазер. Это стало возможным после появления работ советских ученых В.А. Фабриканта, Н.Г. Басова и А.М. Прохорова и американского ученого Ч. Таунса, получивших Нобелевскую премию.

История развития связи

начале 60-х годов – появляются первые лазерные линии.

1964 г. – лазерная линия связи была построена в Ленинграде.

1970г. - в американской фирме «Corning Glass Company» было получено сверхчистое стекло – приводит к созданию и внедрению оптических кабелей связи.

1990-е г. - на смену телеграфной связи пришли такие как факсимильная связь, передача данных, электронная почта и др.

1990- 2010 г. - развивается российский сегмент Интернет.

Быстрыми темпами идет развитие мобильной связи.

История развития связи

На современном этапе совершенствование средств электросвязи идет по трем направлениям:

- **цифровизация;**
- **оптиковизация;**
- **компьютеризация.**

История развития связи

Дальнейшая эволюция телекоммуникационных технологий будет идти в направлениях :

- увеличения скорости передачи информации;
- интеллектуализация сетей ;
- глобальное распространение мобильных оконечных устройств.

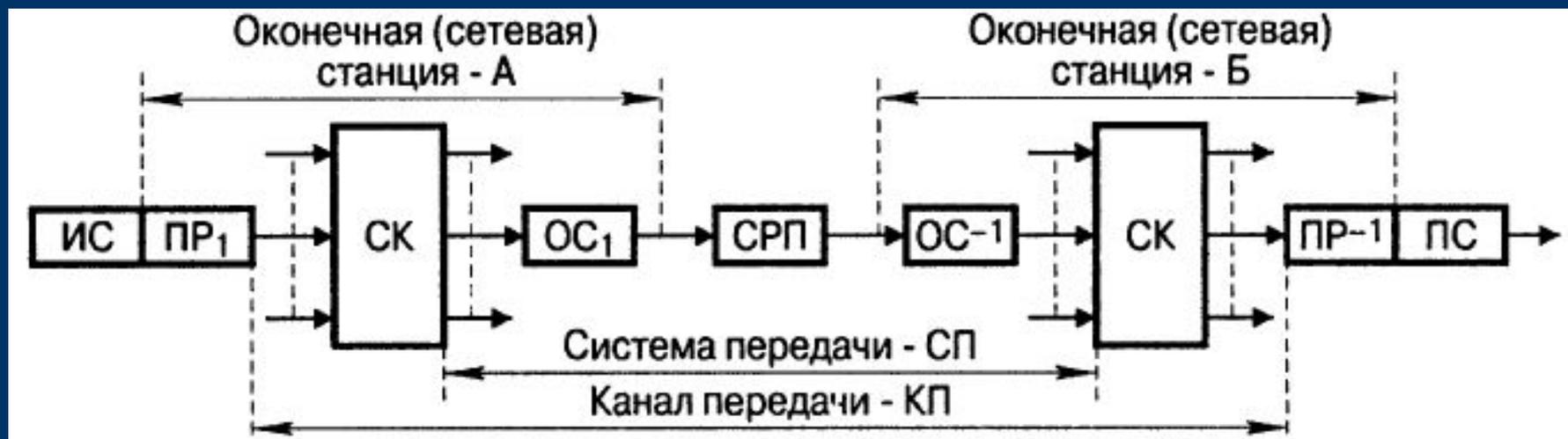
Основные понятия в телекоммуникациях

- Информация;
- Сообщение;
- Сигнал
- Сигнал электросвязи;
- Телекоммуникационные системы;
- Телекоммуникационные сети;
- Системы электросвязи;
- Инфокоммуникации.

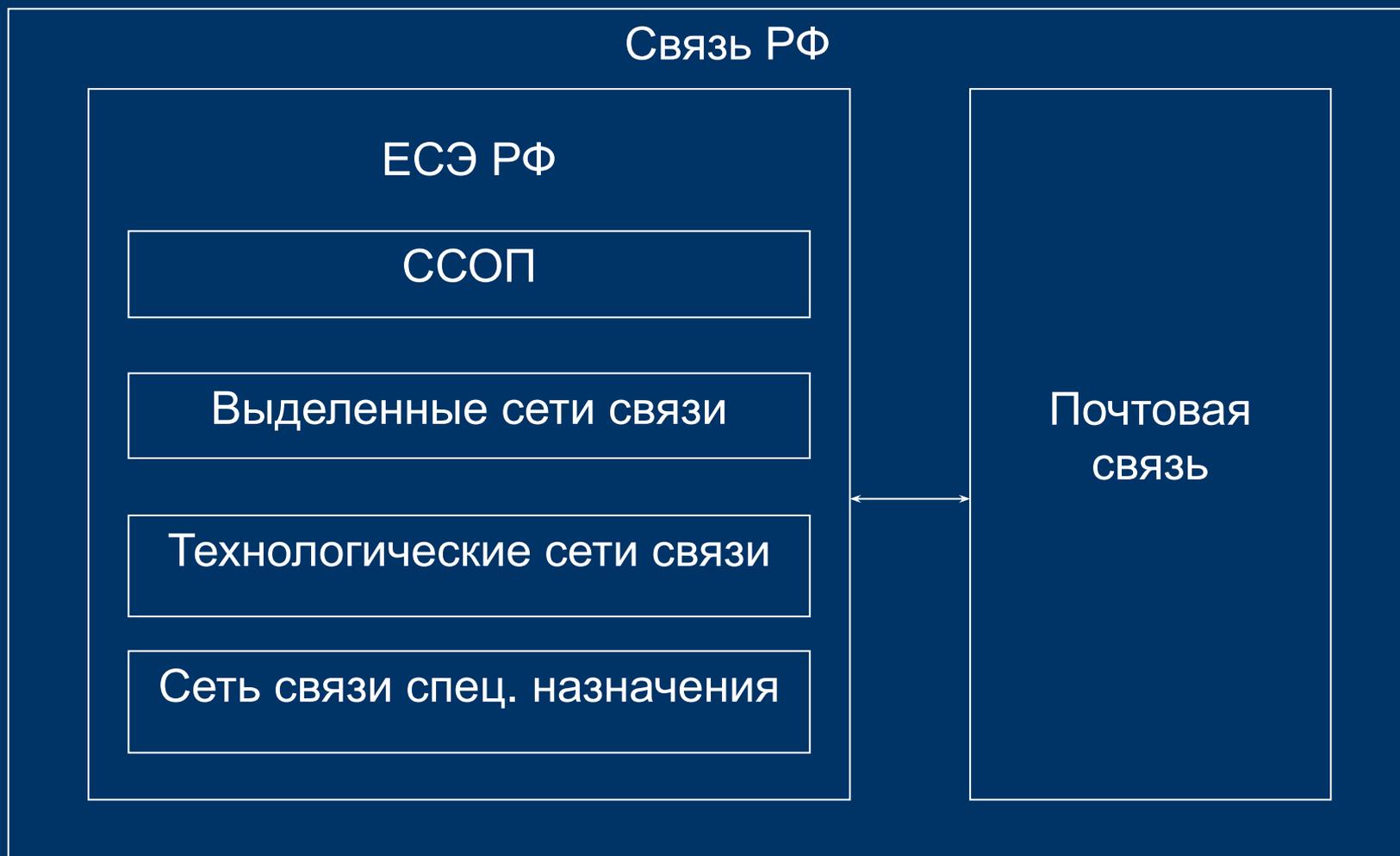
Классификация систем электросвязи по видам и среды передачи передаваемых сообщений



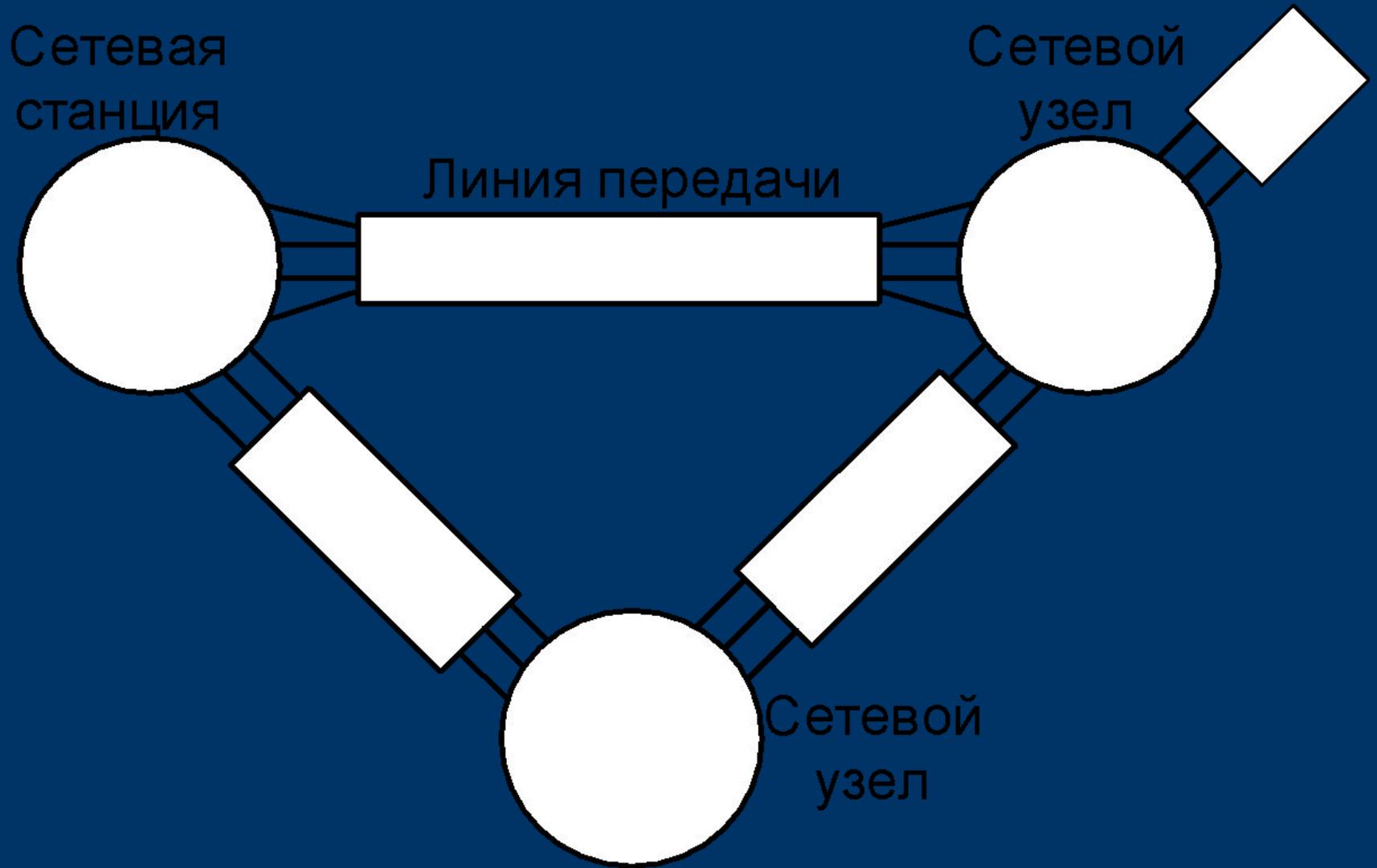
Взаимодействие телекоммуникационных систем



ЕДИНАЯ СЕТЬ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ РФ



ПЕРВИЧНАЯ СЕТЬ СВЯЗИ



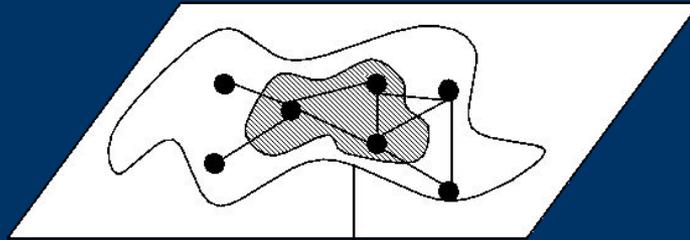
ПЕРВИЧНАЯ СЕТЬ СВЯЗИ

Первичная сеть по территориальному принципу делится на:

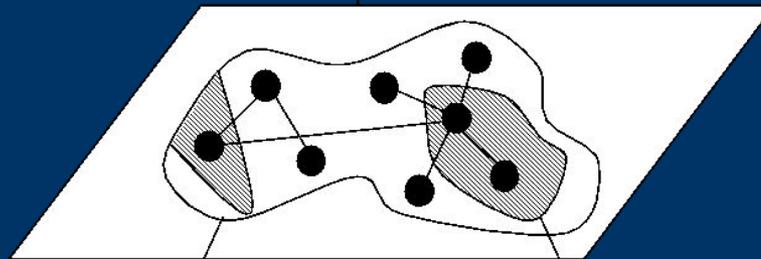
1. Магистральную;
2. Внутрizonовую;
3. Местную.

ПЕРВИЧНАЯ СЕТЬ СВЯЗИ

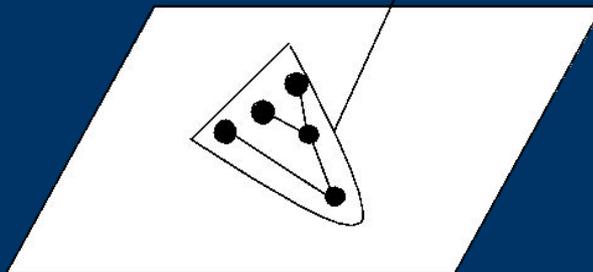
Магистральная



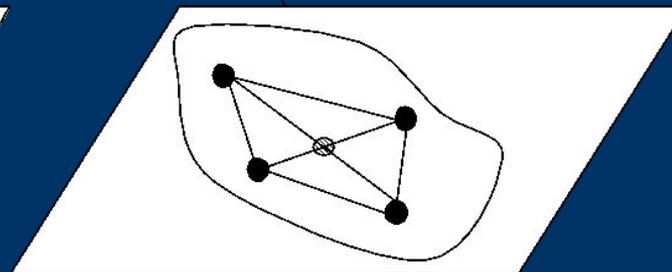
Внутризоновая



Местная



Местная



ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Каналы первичной сети служат базой для построения вторичных сетей, которые разделяются по типу передаваемой информации (телефонная сеть, сеть передачи данных и т.д.)

Назначением конкретной вторичной сети является доставка информации определенного вида от/к абоненту.

ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Узел коммутации - узел, в котором установлена аппаратура коммутации каналов и линий, обеспечивающая подключение абонентских линий к каналам.

ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Вторичные коммутируемые сети подразделяются по способу коммутации на сети с:

1. Коммутацией каналов,
2. Коммутацией сообщений,
3. Коммутацией пакетов.

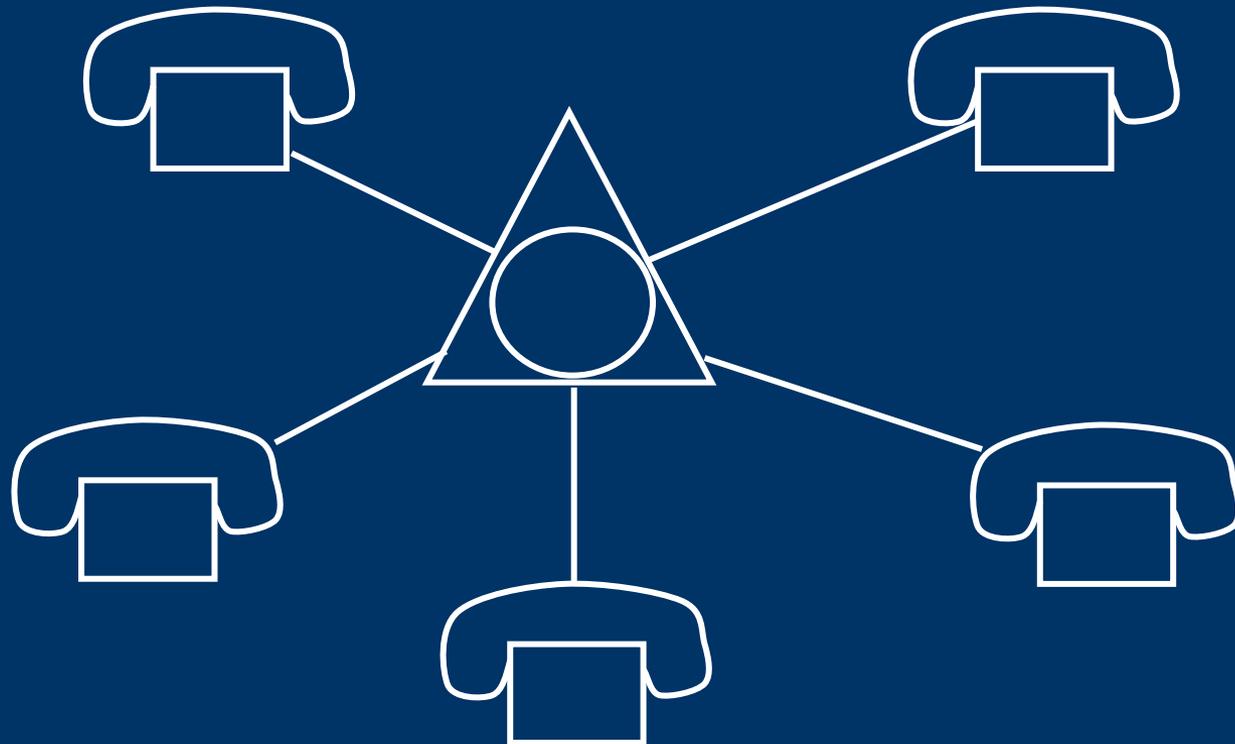
ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ



ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Структуры построения телефонных сетей

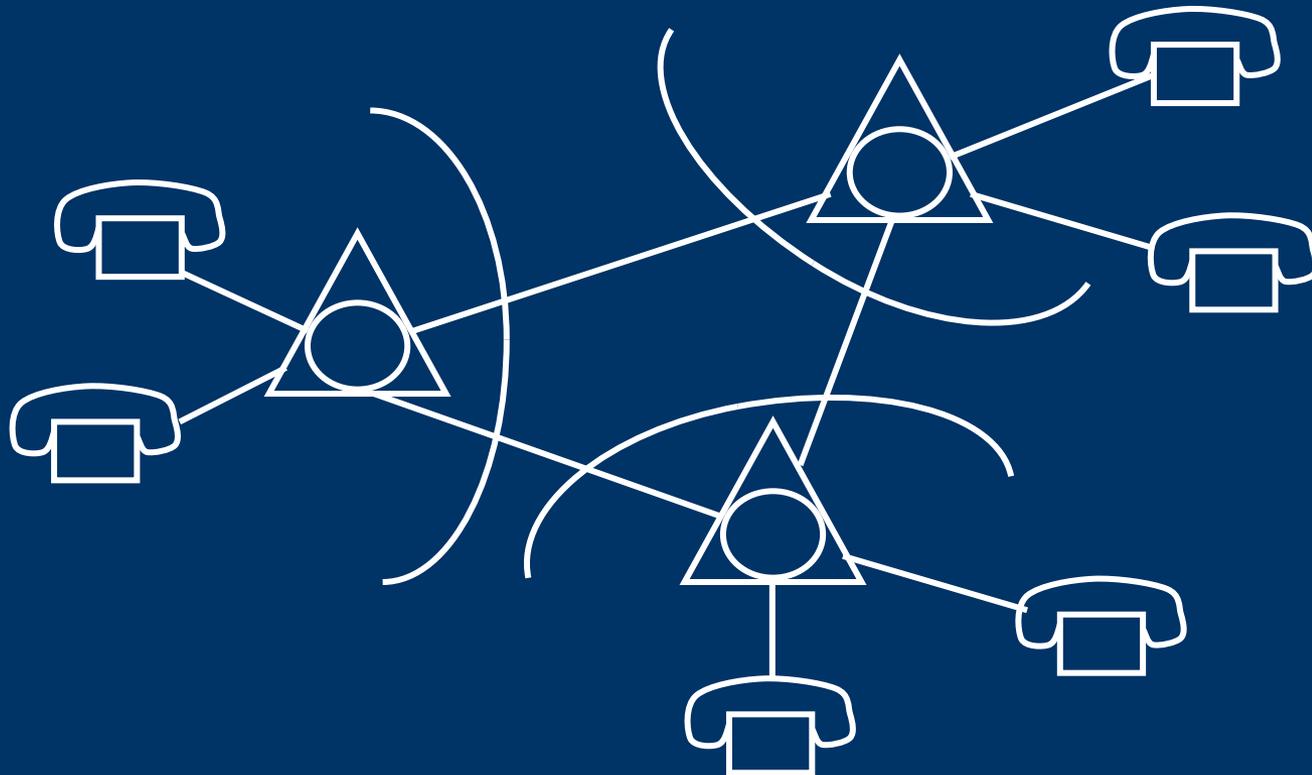
Нерайонированная ГТС



ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Структуры построения телефонных сетей

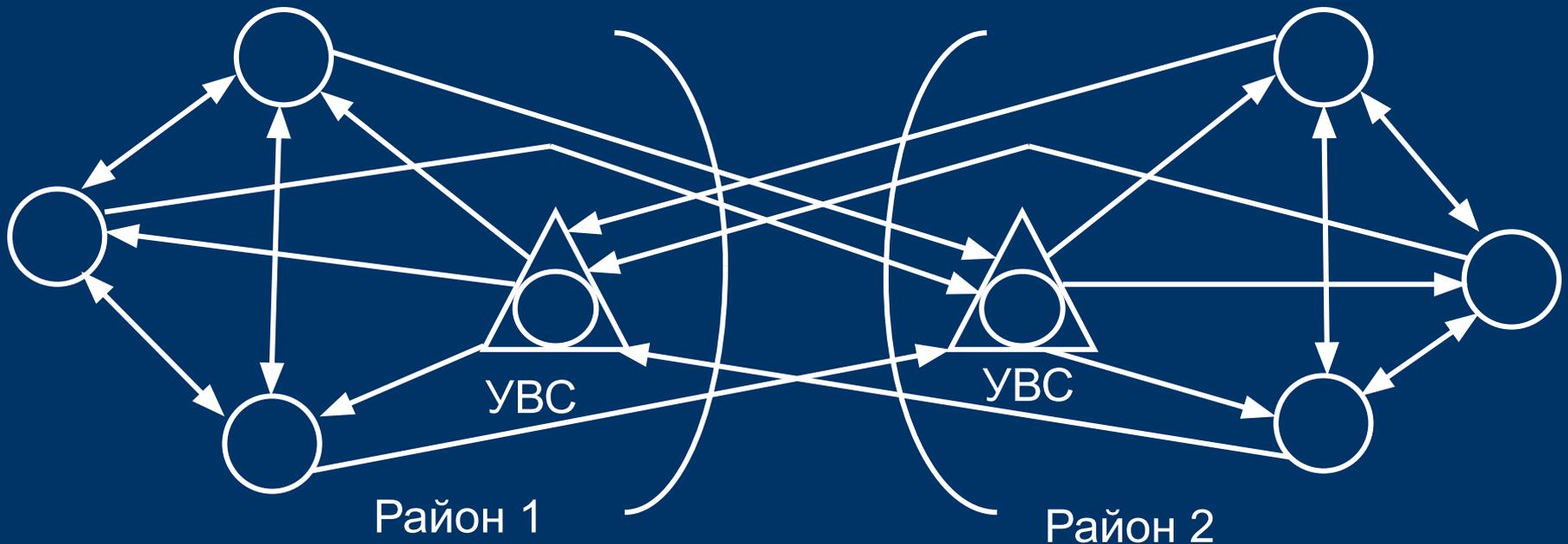
Районированная ГТС



ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Структуры построения телефонных сетей

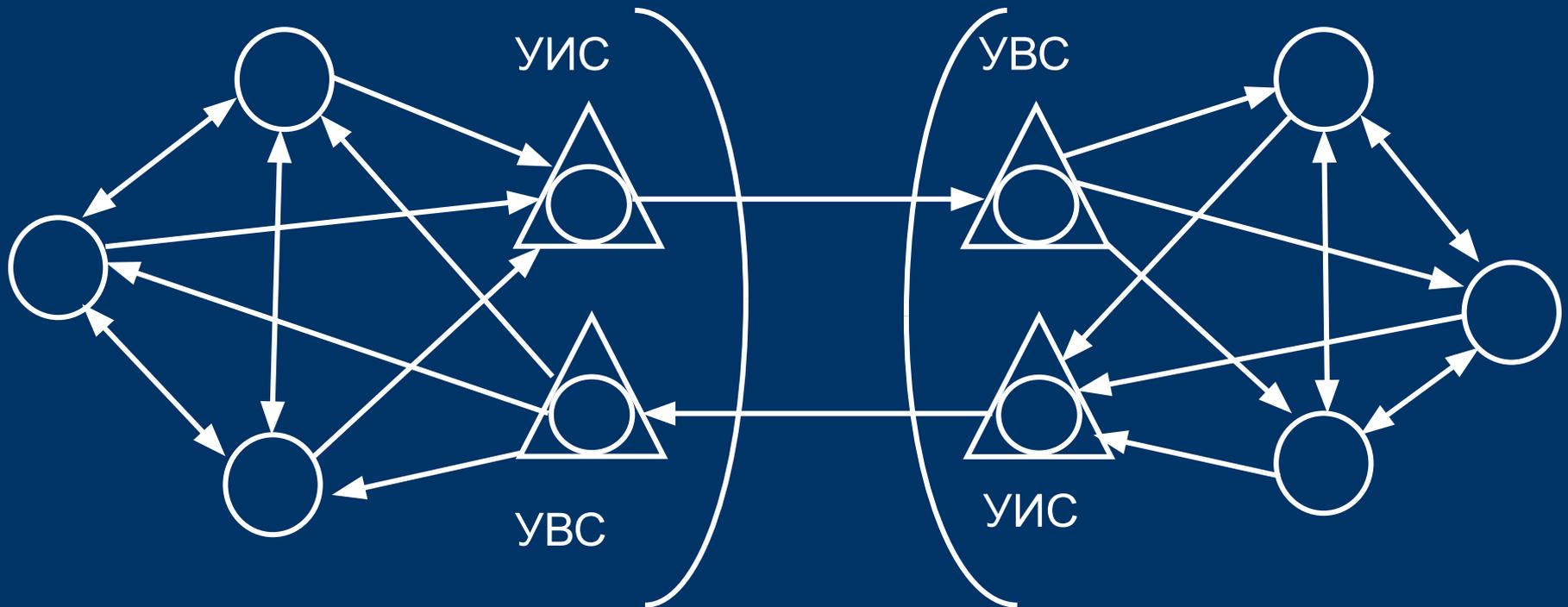
Районированная ГТС с УВС



ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Структуры построения телефонных сетей

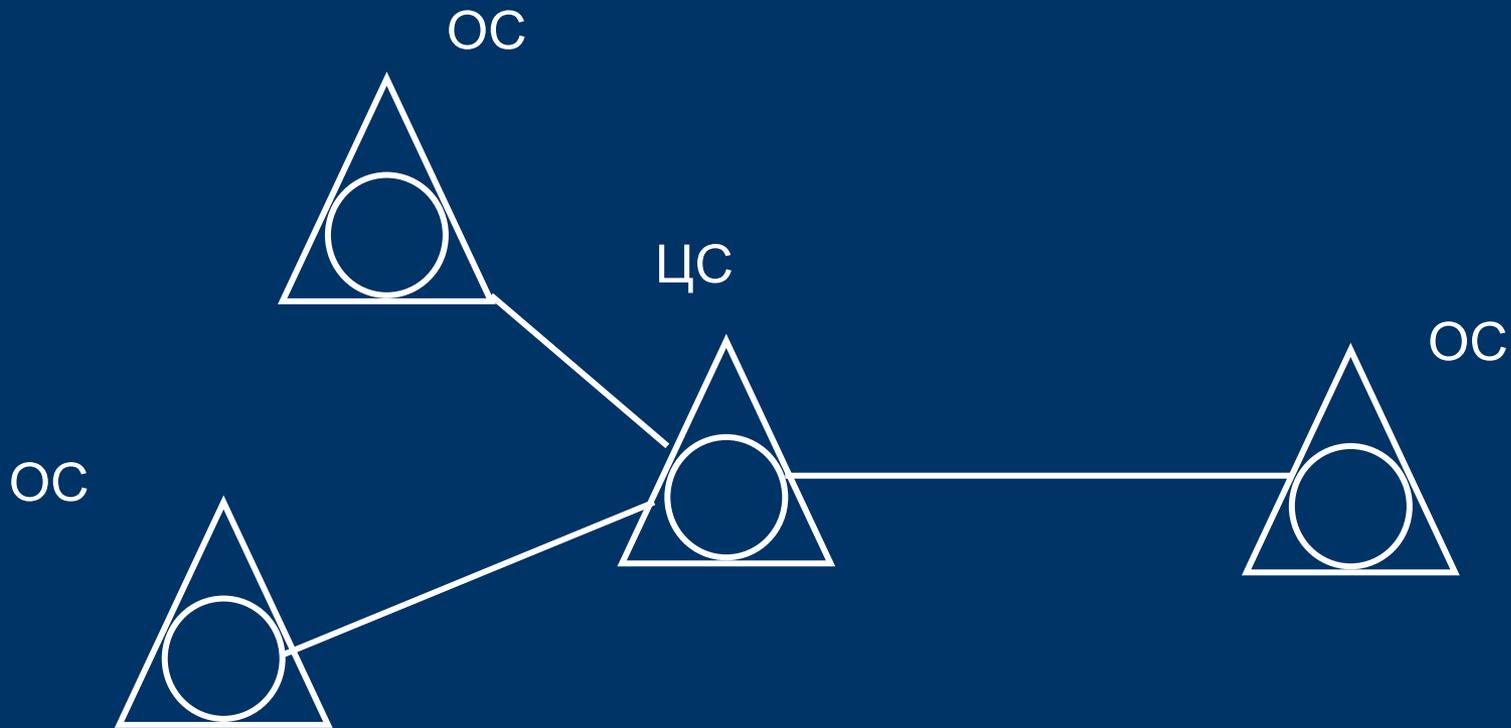
Районированная ГТС с УВС и УИС



ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Структуры построения телефонных сетей

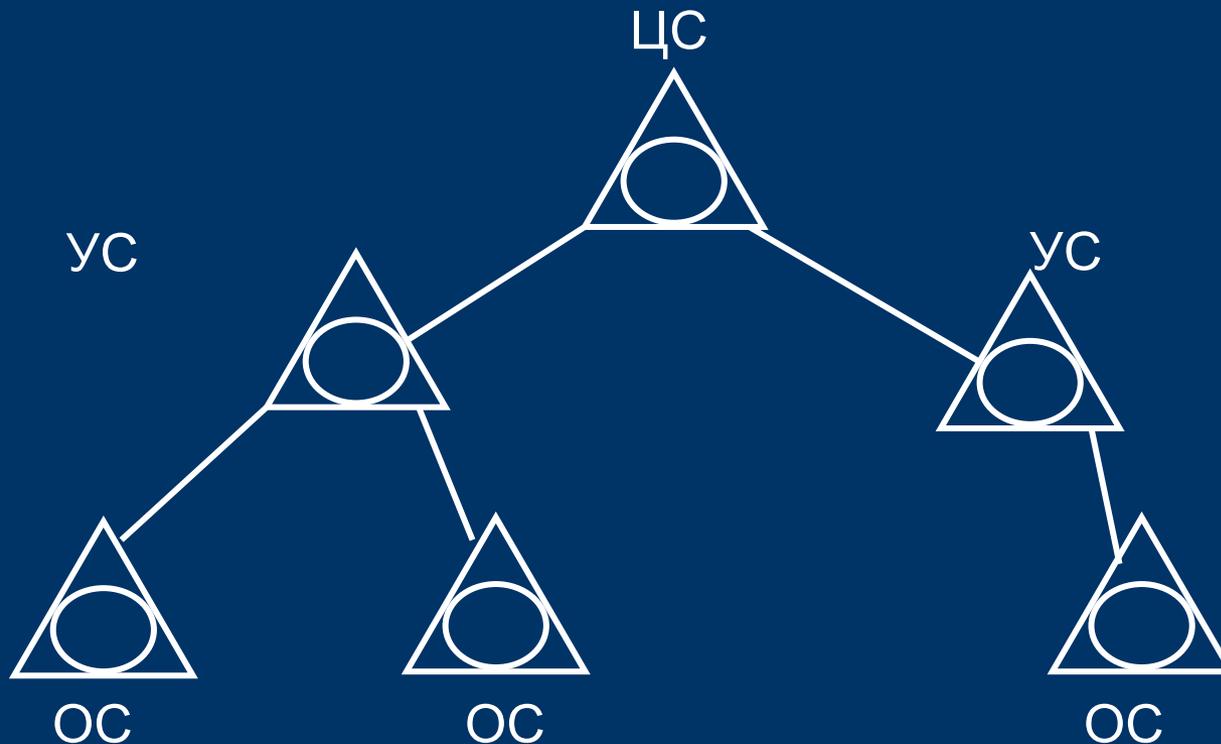
Радиальная СТС



ВТОРИЧНЫЕ СЕТИ СВЯЗИ

Структуры построения телефонных сетей

Радиально-узловая СТС



Организации стандартизации в области телекоммуникаций

1. ISO (International Standard Organization) – Международная организация стандартизации (МОС).
2. ITU-T (Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union) - телекоммуникационный сектор стандартизации Международного союза электросвязи (МСЭ-Т). До 1993 года Международного Консультативного Комитета по Телеграфии и Телефонии (МККТТ) (Comite Consultatif International Telegraphique et Telephonique - CCITT)
3. IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) - Институт Инженеров по Электротехнике и Электронике.
4. ETSI (European Telecommunications Standards Institute) - Европейский институт стандартизации электросвязи.

Организации стандартизации в области телекоммуникаций

5. CEPT (Conference of European Posts and Telegraphs) - Европейская конференция администраций почт и электросвязи.
6. ECMA (European Computer Manufacturers Association) - Европейская ассоциация производителей ЭВМ.
7. ANSI (American National Standard Institute) - Американский Национальный Институт Стандартизации.
8. FCC (Federal Communication Commission) – федеральная комиссия по связи США.
9. IAB (Internet Activities Board) - Совет по Регуляции Работы Internet.
10. Различные альянсы и форумы (Форум ATM, Форум Frame Relay, Альянс Gigabit Ethernet, консорциум FSAN).

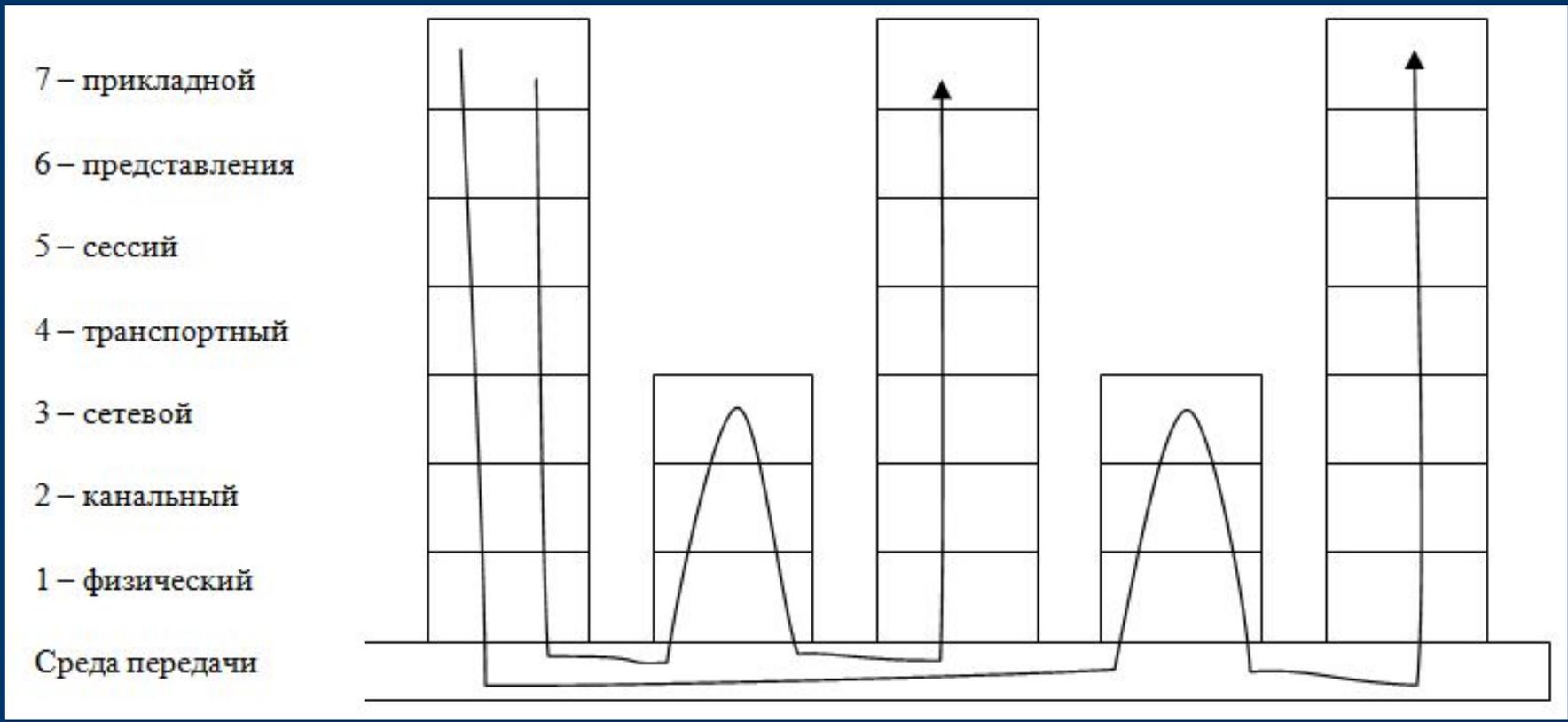
Организации стандартизации в области телекоммуникаций

11. 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project) – проект партнерства третьего поколения – это партнерство самых известных организаций по стандартизации (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TTA, TTC).

Организации стандартизации в области телекоммуникаций

1. Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации.
2. Федеральное агентство связи (Россвязь)
3. Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям (Роспечать) .
4. Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) .
5. **Государственная комиссия по радиочастотам (ГКРЧ) .**
6. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии.

МОДЕЛЬ ВОС



МОДЕЛЬ ВОС

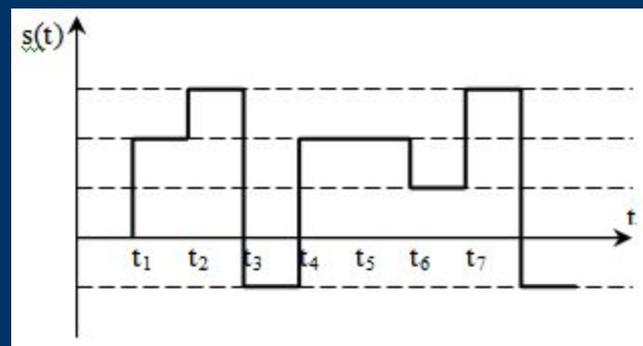
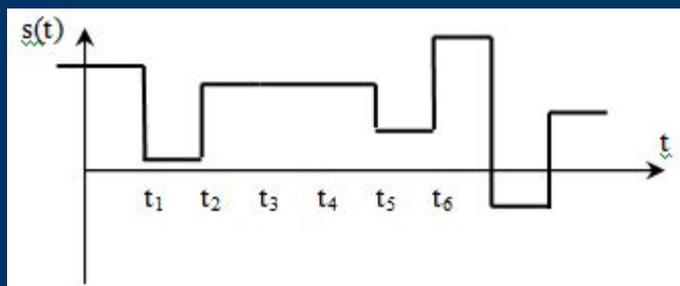
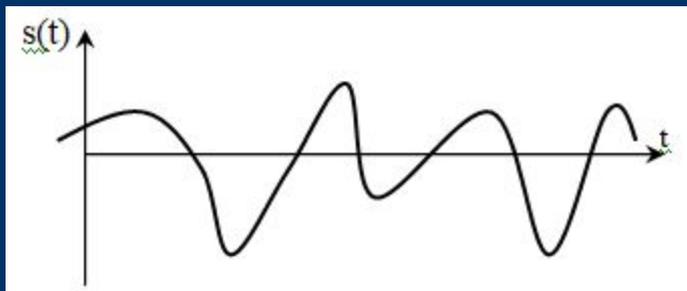
№ уровня	Уровни	Функции, реализуемые уровнем
7	Прикладной	Представление или потребление информационных ресурсов. Управление прикладными программами
6	Представительный	Представление (интерпретация) смысла (значения) содержащейся в прикладных процессах информации
5	Сеансовый	Организация и проведение сеансов взаимодействия между прикладными процессами
4	Транспортный	Передача массивов информации, кодированных любым способом
3	Сетевой	Маршрутизация и коммутация информации, управление потоками данных
2	Канальный	Установление, поддержание и разъединение соединения
1	Физический	Физические, механические и функциональные характеристики каналов

ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Различают четыре вида сигналов:

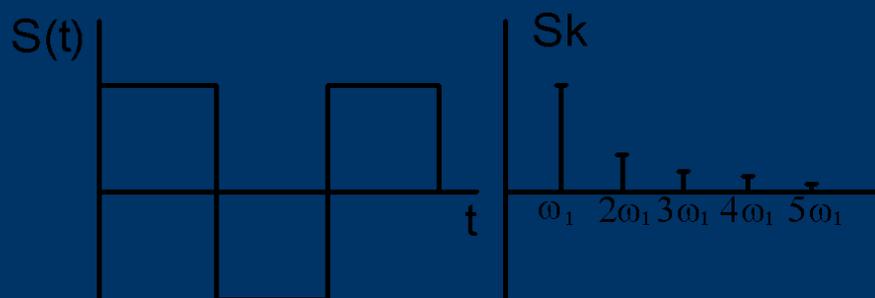
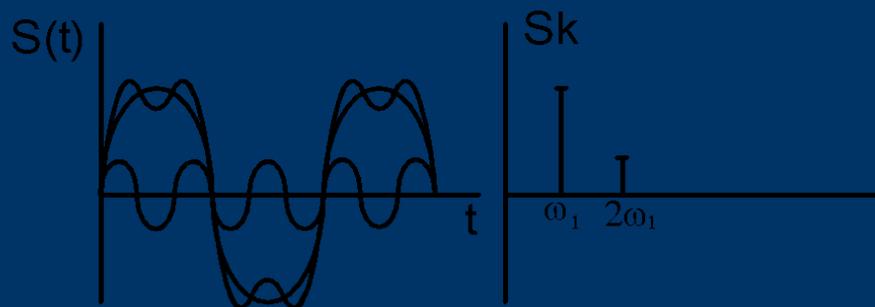
1. Непрерывный непрерывного времени;
2. Непрерывный дискретного времени;
3. Дискретный непрерывного времени;
4. Дискретный дискретного времени.

ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ



ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Спектральное представление сигналов.



ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Спектральное представление сигналов.

$$s(t) = S \cos(\omega_1 t - \pi/2).$$

$$s(t) = S \cdot \cos(\omega_1 t - \frac{\pi}{2}) + \frac{S}{3} \cdot \cos(3\omega_1 t - \frac{\pi}{2});$$

$$s(t) = \sum_{k=1,3,5,\dots}^{\infty} S_k \cdot \cos(k\omega_1 t + \varphi);$$

ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Спектральное представление сигналов.

$$s(t) = \frac{S_0}{2} \sum_{k=1}^{\infty} S_k \cdot \cos(k\omega_1 t + \varphi).$$

$$S_k e^{i\varphi_k} = \frac{2}{T} \int_0^T s(t) \cdot e^{-jk\omega_1 t} dt,$$

ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Характеристики первичных сигналов.

Динамический диапазон

$$D=10 \lg(P_{max} / P_{min})$$

Пик-фактор

$$Q=10 \lg(P_{max} / P_{cp})$$

ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Характеристики первичных сигналов.

Информационная емкость

$$I = \Delta F_c \log_2(1 + P_{cp} / P_n)$$

– для аналогового сигнала.

$$J = f_m \cdot \sum_{i=1}^{l_k} p_i \cdot \log_2(p_i)$$

– для цифрового сигнала.

ПЕРВИЧНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ

Характеристики первичных сигналов.

Уровни передачи

$\rho_m = 10 \lg(P / P_0)$ — по мощности.

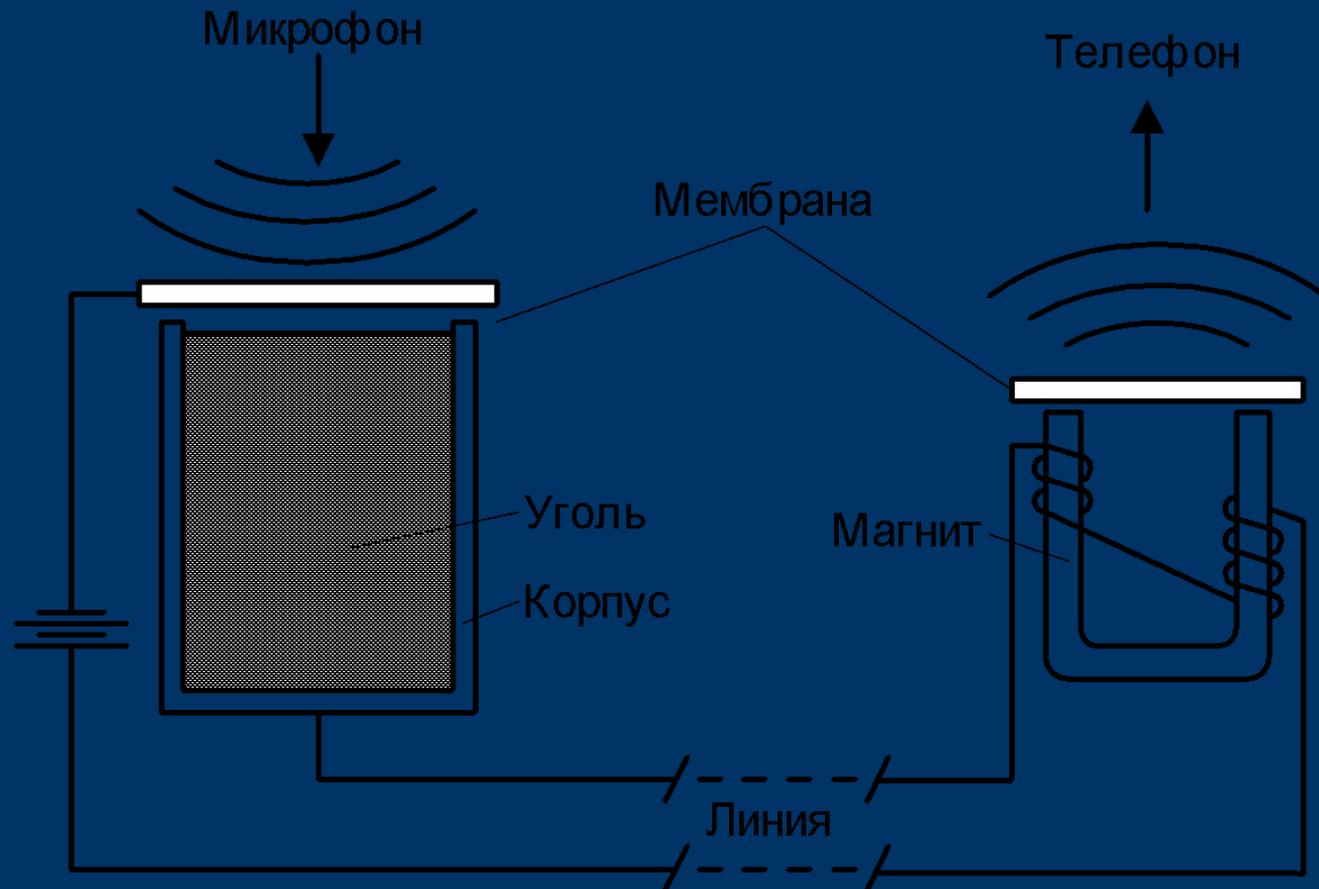
$\rho_m = 20 \lg(I / I_0)$ — по току.

$\rho_H = 20 \lg(U / U_0)$ — по напряжению.

$P_0 = 1$ мВт, $R_0 = 600$ Ом, $U_0 = 0.775$ В

СИГНАЛЫ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

Устройство преобразования речи.



СИГНАЛЫ ТЕЛЕФОННОЙ СЕТИ

1. Спектр телефонного сигнала 300 - 3400 Гц.
2. Средняя мощность телефонного сигнала на интервалах активности - 88 мкВт.
3. Максимальная мощность - 2220 мкВт.
4. Минимальная мощность - 220 нВт.
5. Динамический диапазон - $D = 40$ дБ.
6. Пик-фактор - $Q = 18,5$ дБ.
7. Количество информации - $I = 8000$ бит/с.

СИГНАЛЫ ЗВУКОВОГО ВЕЩАНИЯ

1. Спектр звукового сигнала:

- для каналов вещания первого класса 50 - 10 000 Гц,
- для каналов высшего класса 30 - 15000 Гц.

2. Средняя мощность:

- 923 мкВт при усреднении за час,
- 2230 мкВт – за минуту,
- 4500 мкВт – за секунду.

3. Максимальная мощность - 8000 мкВт.

4. Минимальная мощность - 0.8 мкВт.

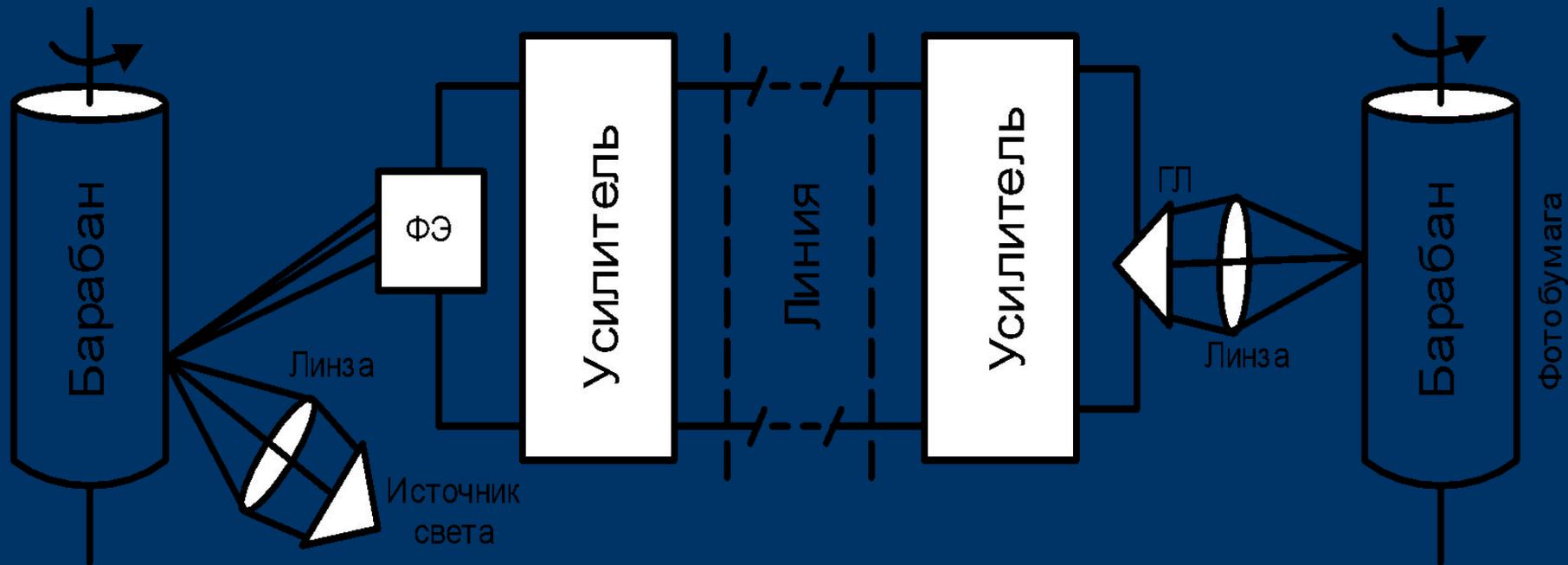
5. Динамический диапазон D:

- для речи диктора 25 - 35 дБ,
- для инструментального ансамбля 40 - 50 дБ,
- для симфонического оркестра до 65 дБ.

6. Количество информации: $I=180000$ бит/с.

ФАКСИМИЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ

Схема устройства передачи и приема факсимильных сигналов



ФАКСИМИЛЬНЫЕ СИГНАЛЫ

1. Ширина спектра первичного факсимильного сигнала зависит от

- передаваемого изображения,
- скорости развертки изображения,
- размеров светового пятна.

2. Динамический диапазон $D \approx 25$ дБ (для полутоновых изображений).

3. Пик-фактор $Q = 4,5$ дБ (для изображения с 16 градациями яркости).

4. Информационная емкость при скорости вращения барабана 120 мин^{-1} составляет

- для штриховых изображений (две градации яркости) $I = 2930$ бит/с
- для полутоновых изображений (16 градаций яркости) $I = 11700$ бит/с.

ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИГНАЛЫ

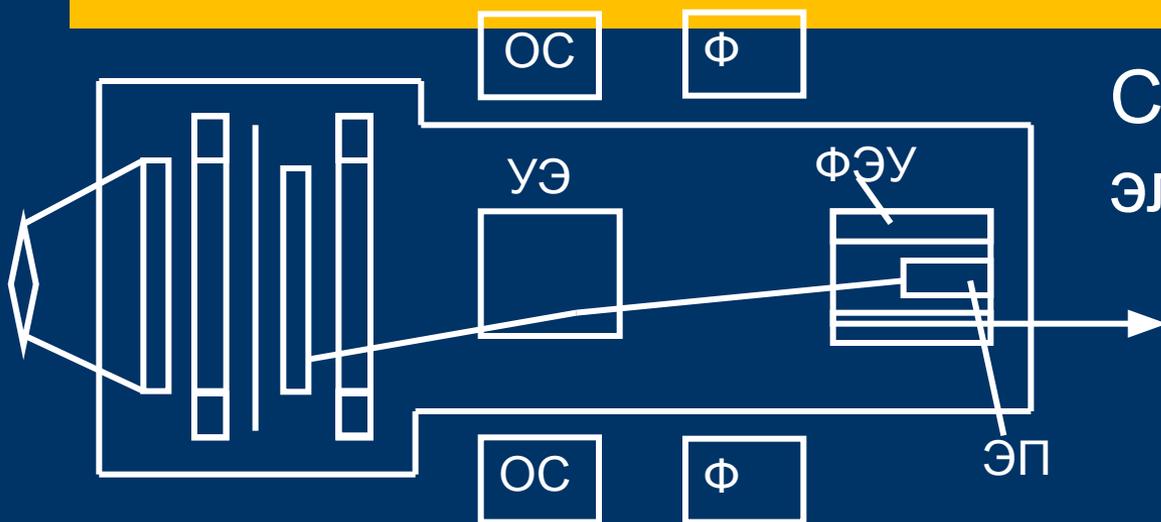
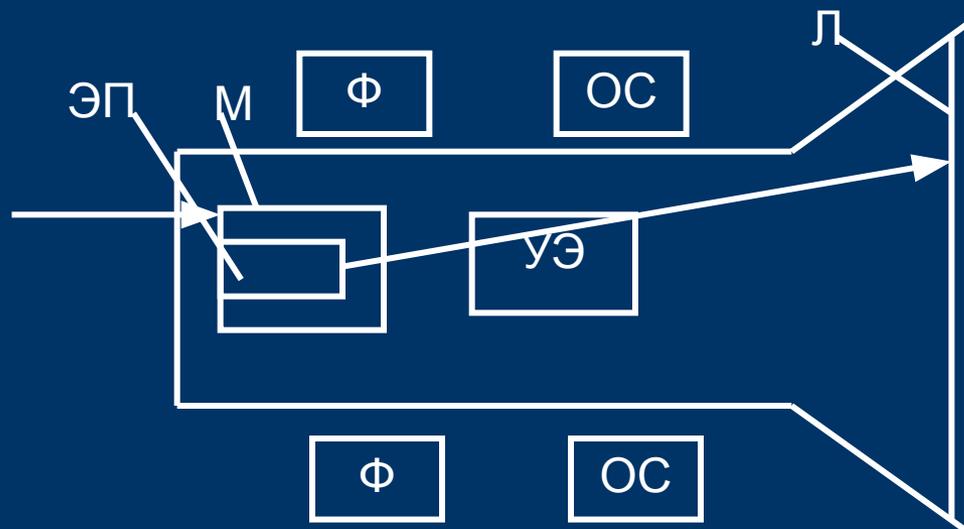


Схема передающей электронной трубки.

Схема приемной телевизионной трубки.



МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Амплитудная модуляция

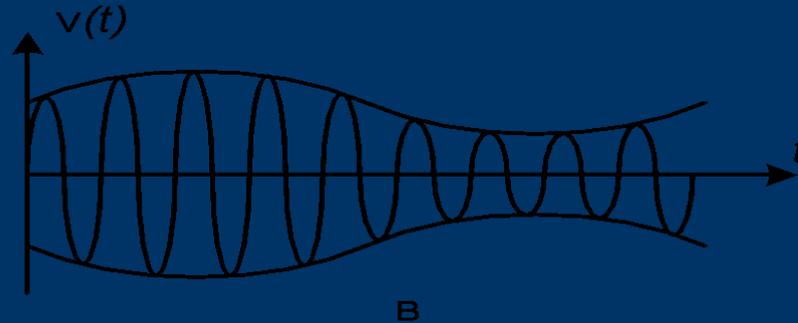
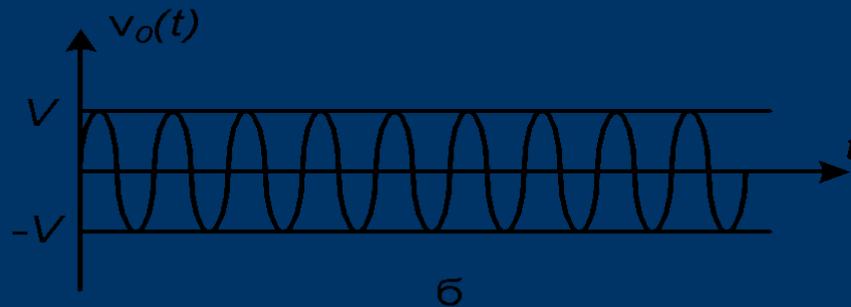
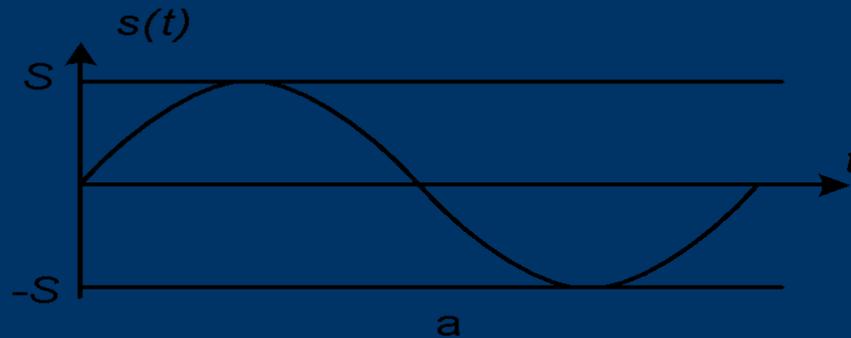
$$v(t) = V(1 + M_{am} \cos(\Omega t)) \cos(\omega t)$$

$$M_{am} = \Delta V / V$$

- глубина амплитудной модуляции

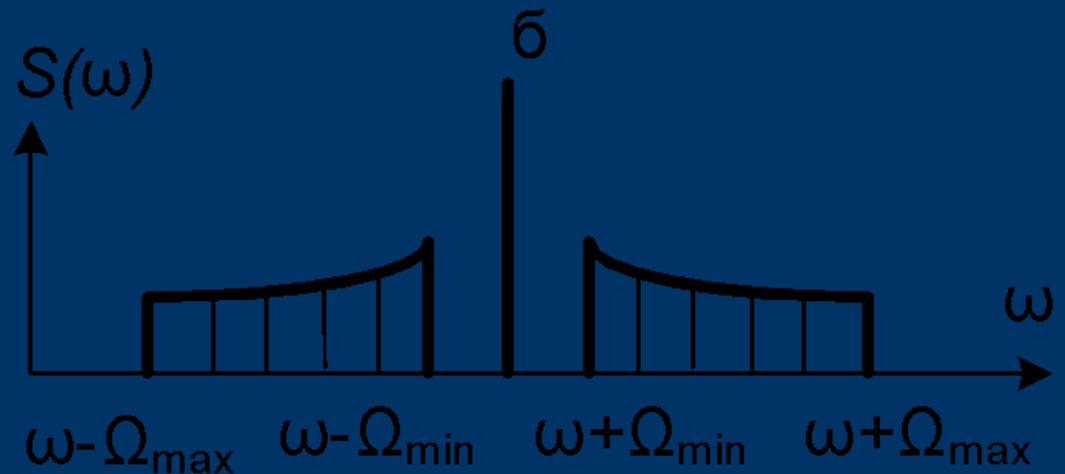
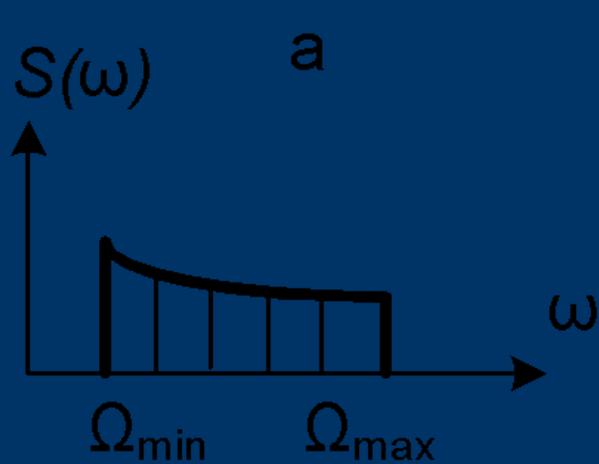
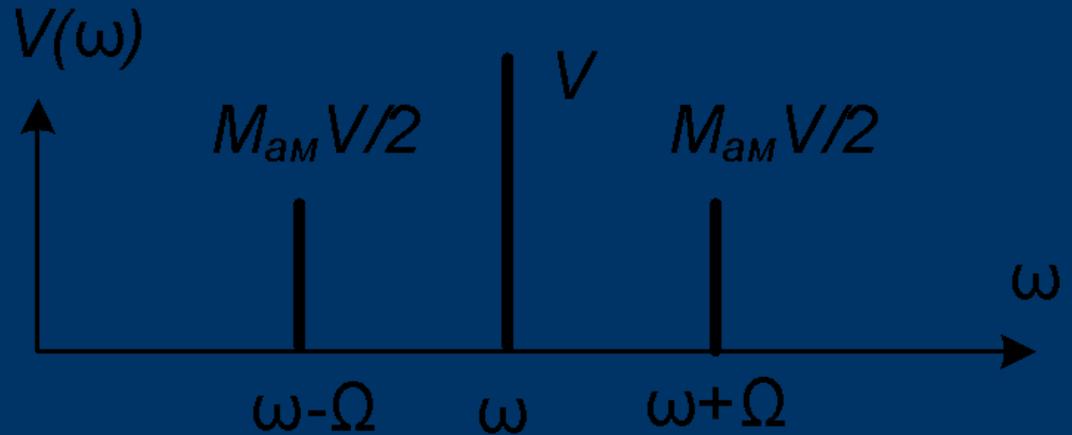
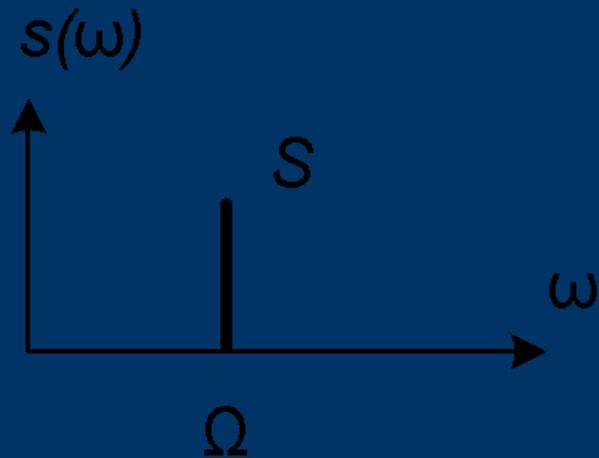
МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Амплитудная модуляция



МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Спектры АМ сигналов



В

Г

МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Угловая модуляция

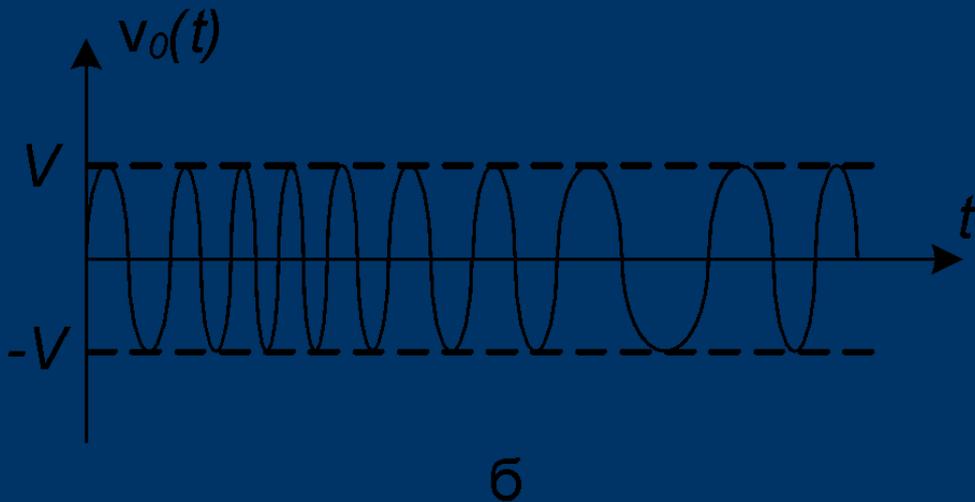
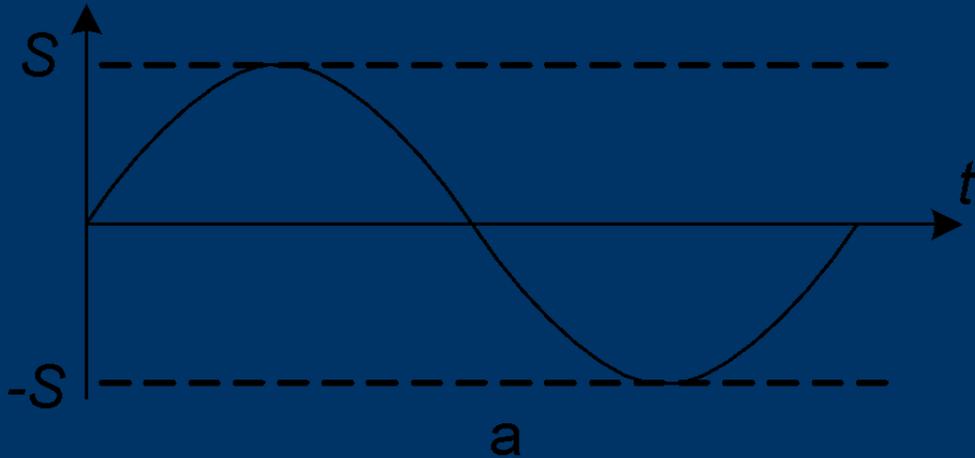
$v(t) = V \cos (\omega t + M_{\text{чм}} \sin \Omega t + \varphi)$ –
частотно модулированный
сигнал.

$v(t) = V \cos (\omega t + M_{\text{фм}} \sin \Omega t + \varphi)$ –
фаза модулированный сигнал.

МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Угловая модуляция

Формирование
ЧМ-сигнала



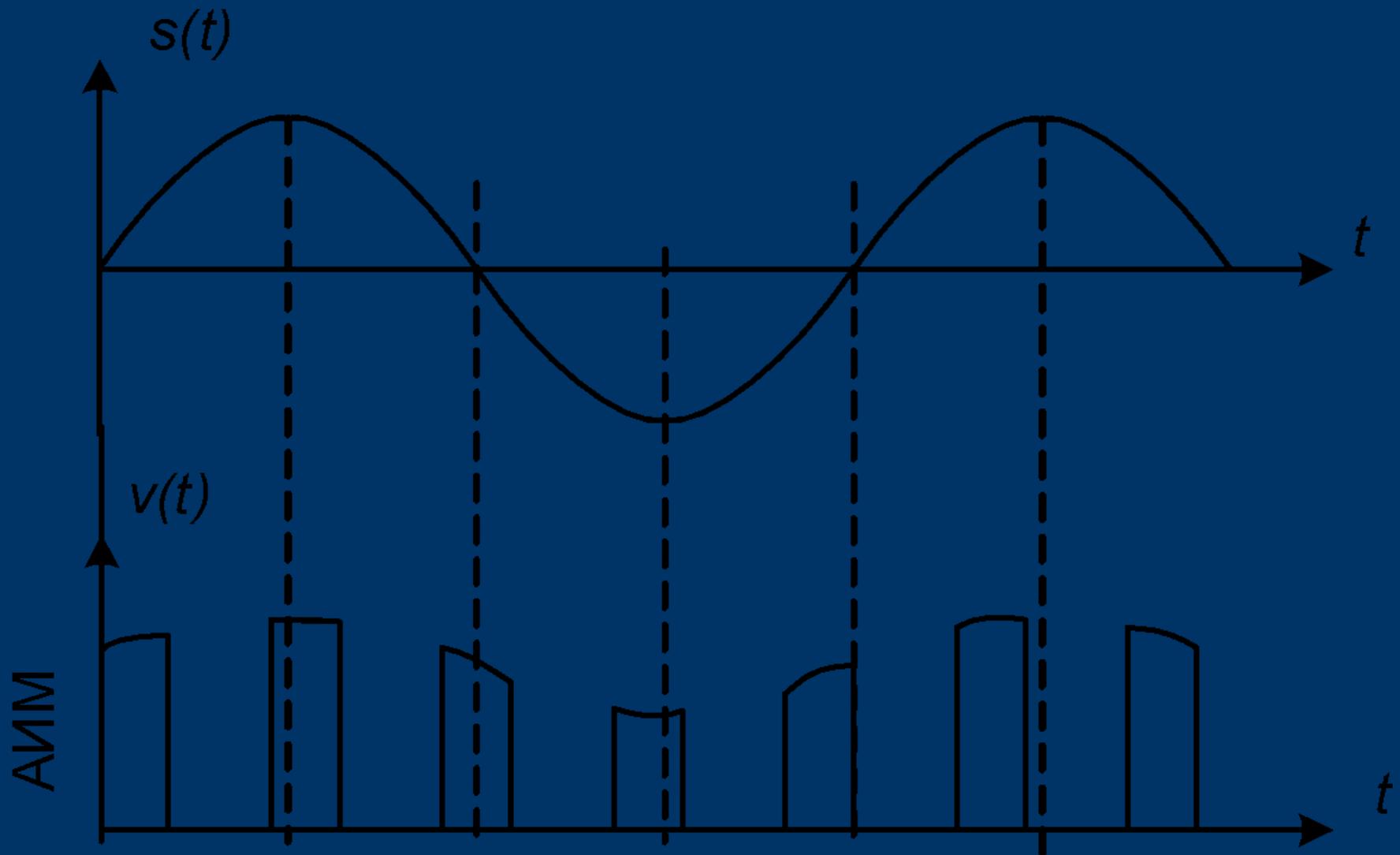
МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Спектр УМ сигнала



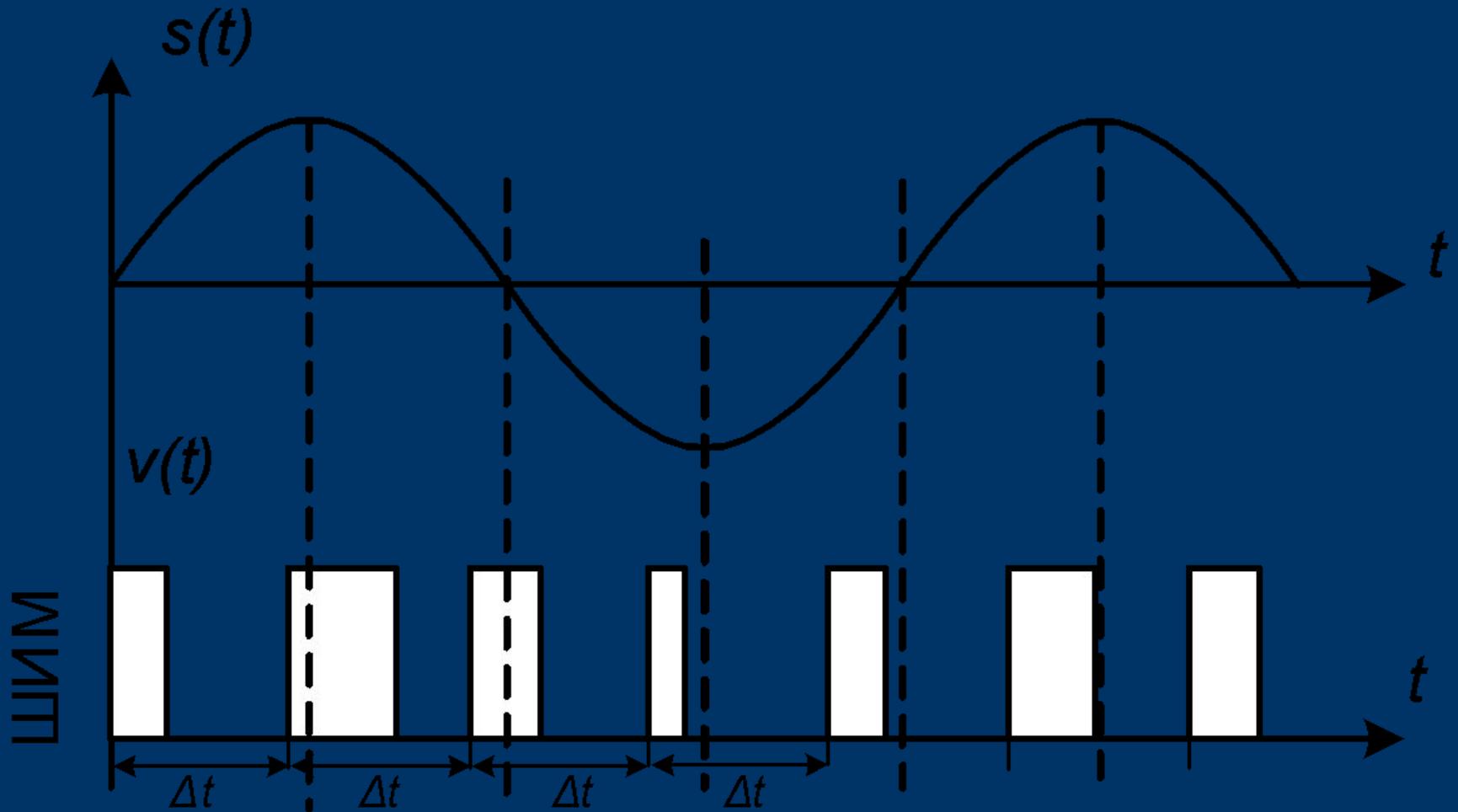
МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Импульсная модуляция



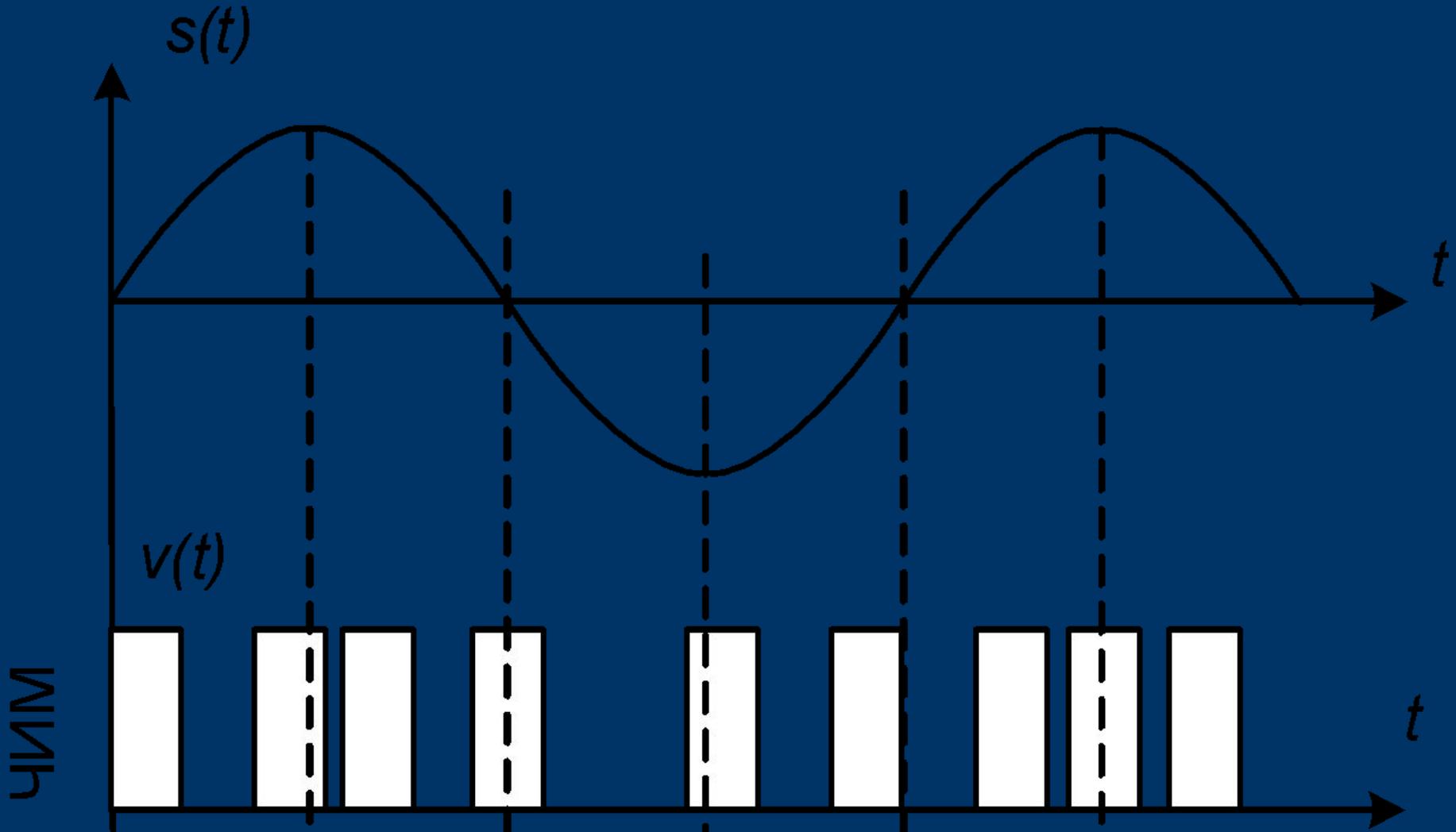
МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Импульсная модуляция



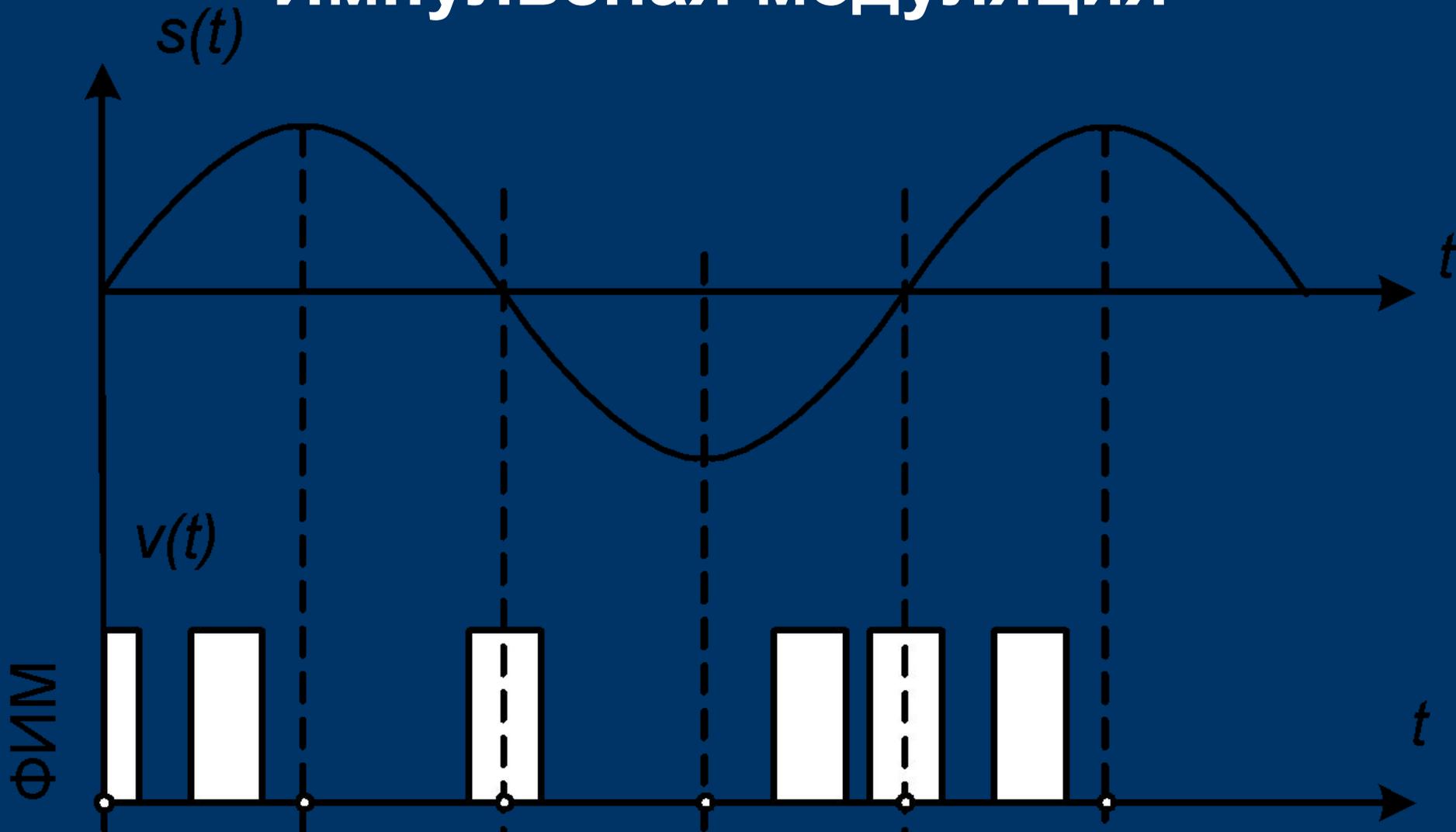
МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Импульсная модуляция



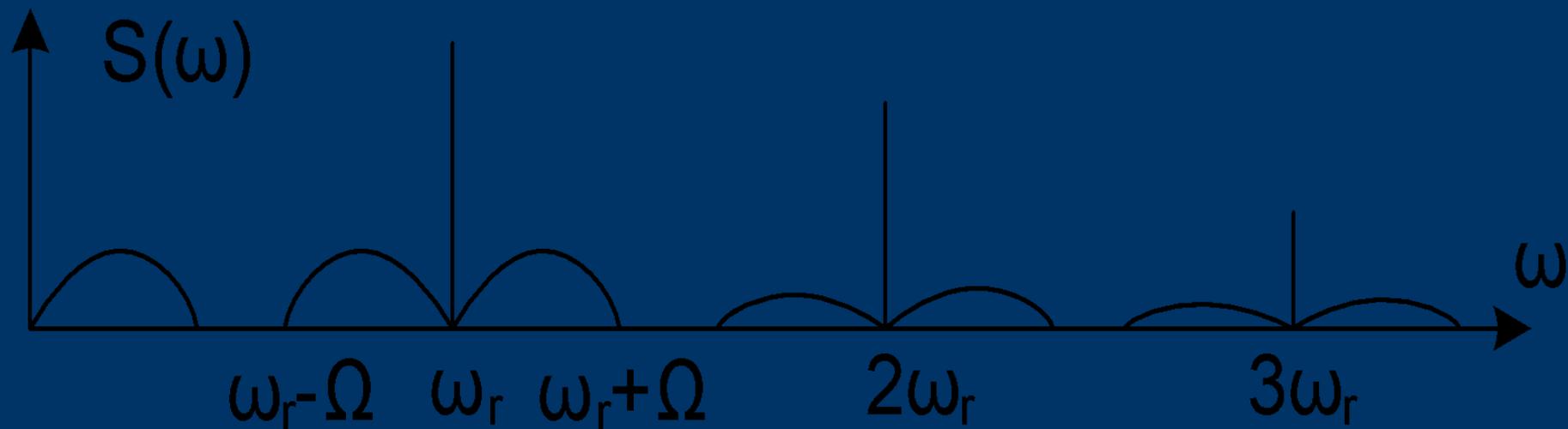
МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Импульсная модуляция



МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Спектр АИМ сигнала



МОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Импульсно-кодовая модуляция

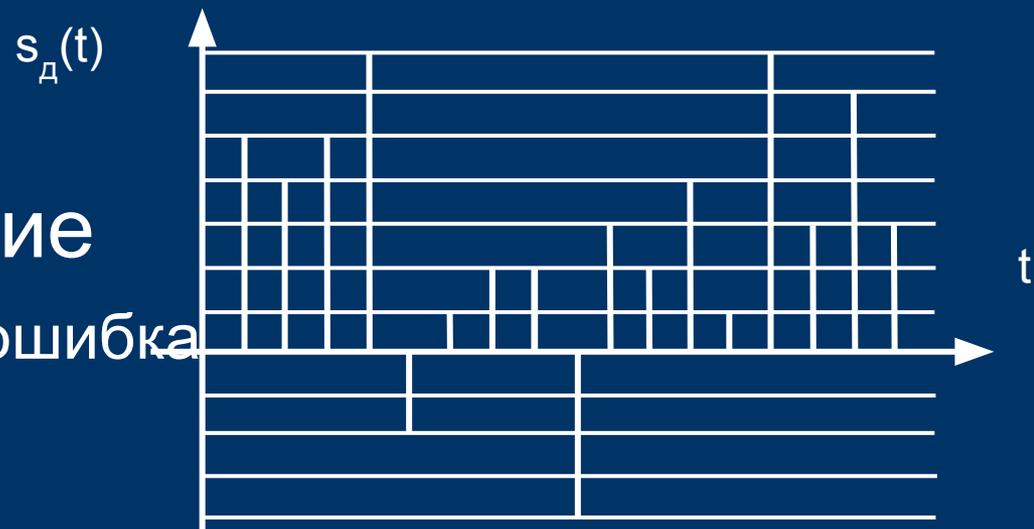
Этапы преобразования сигнала к ИКМ-модулированному сигналу:

1. Дискретизация
(т. Котельникова).



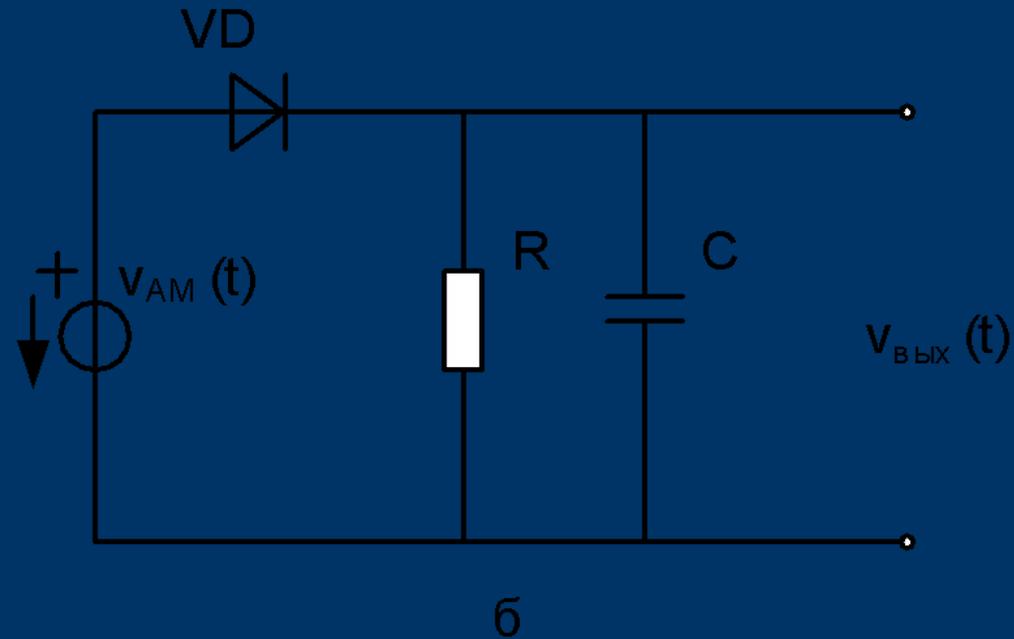
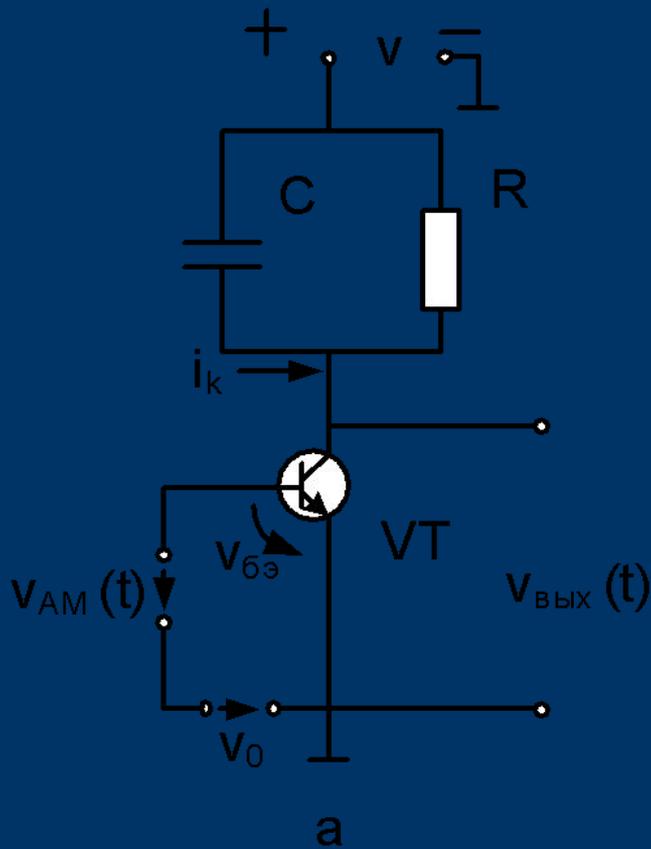
2. Квантование

$\Delta\delta = \pm 0,5$ / - ошибка
квантования.



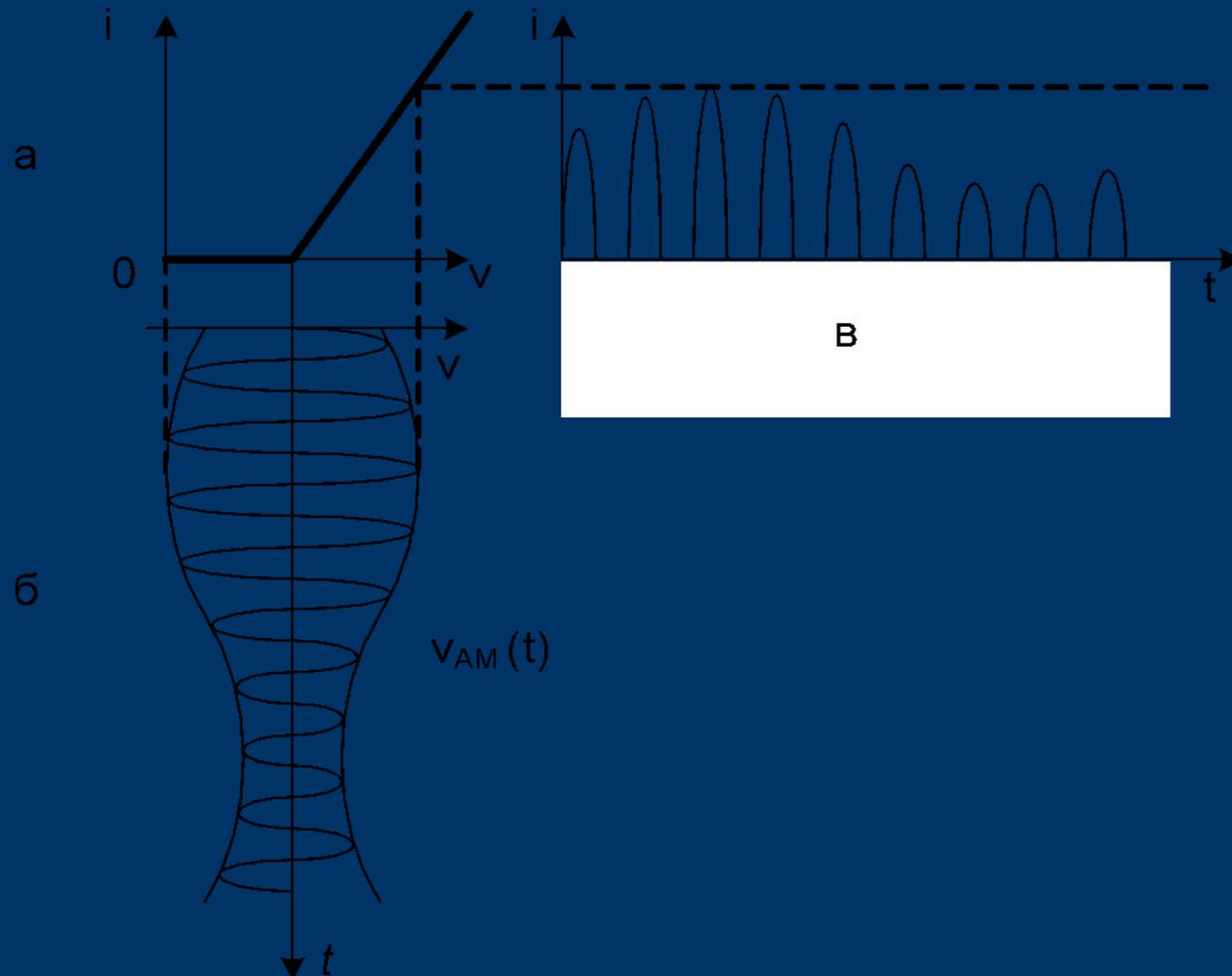
ДЕМОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Схемы амплитудных детекторов



ДЕМОДУЛЯЦИЯ СИГНАЛОВ

Прохождение АМ сигнала через НЭ

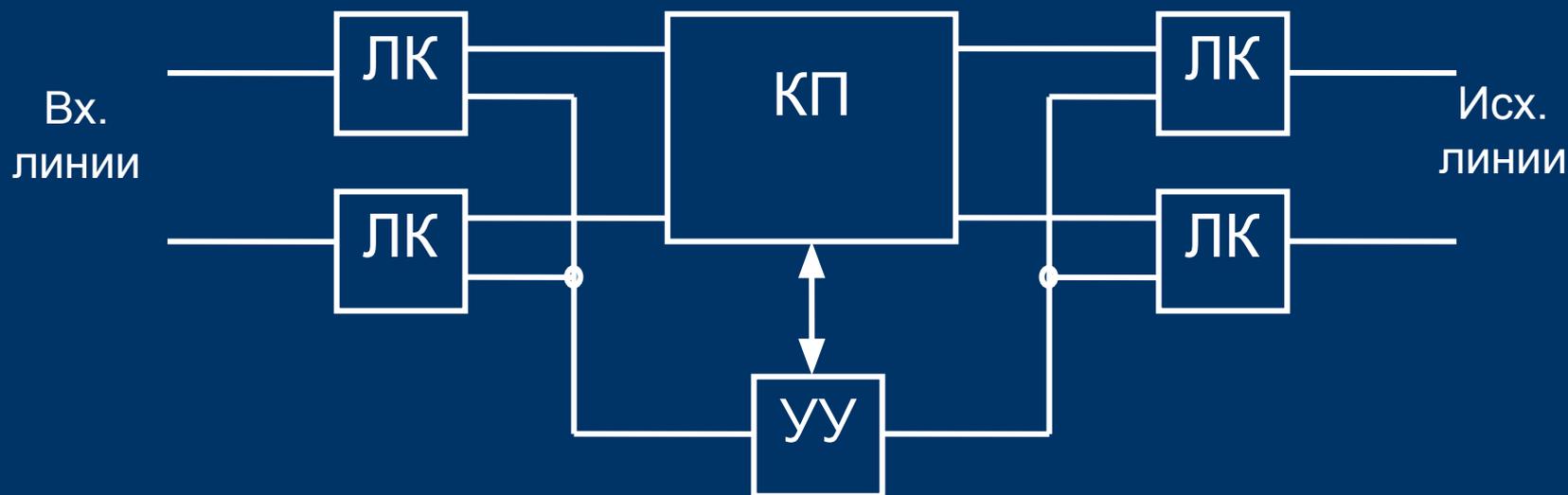


ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

Коммутация на сети

– это комплекс технических операций, в результате которых между любыми абонентами по определенной адресной информации устанавливается соединение.

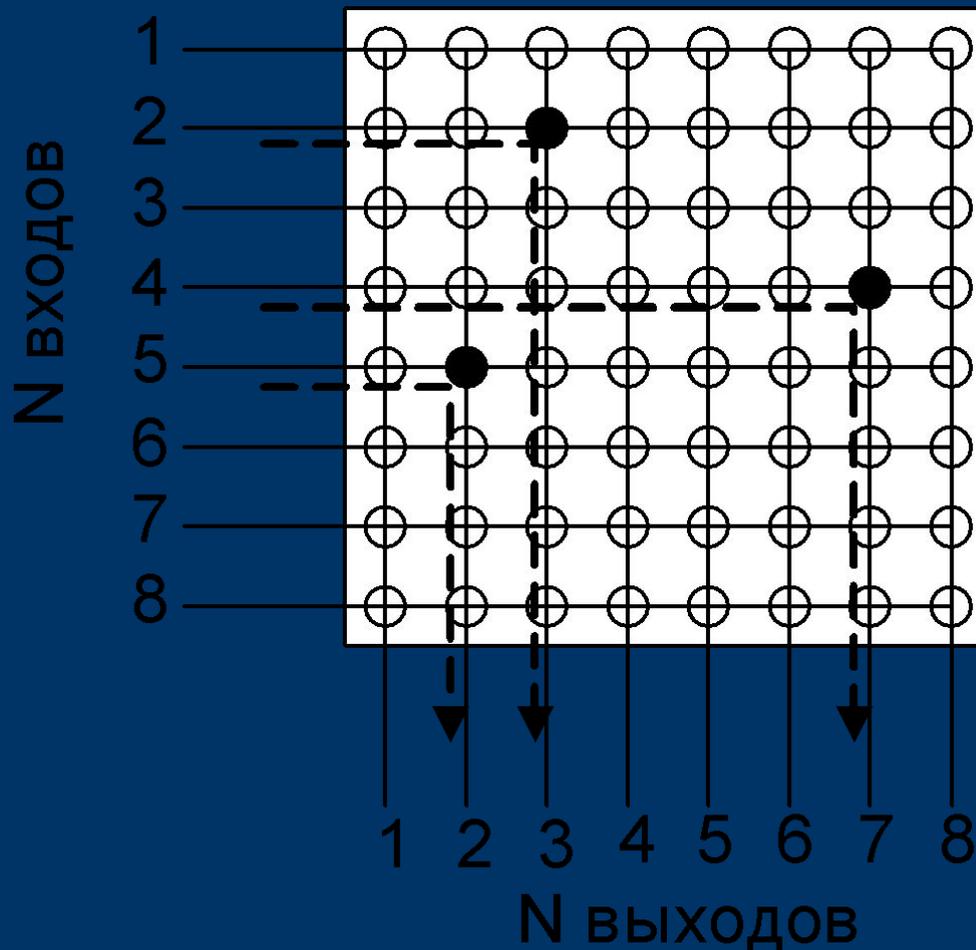
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ



УУ – управляющее устройство;
ЛК – линейный комплект;
КП – коммутационное поле.

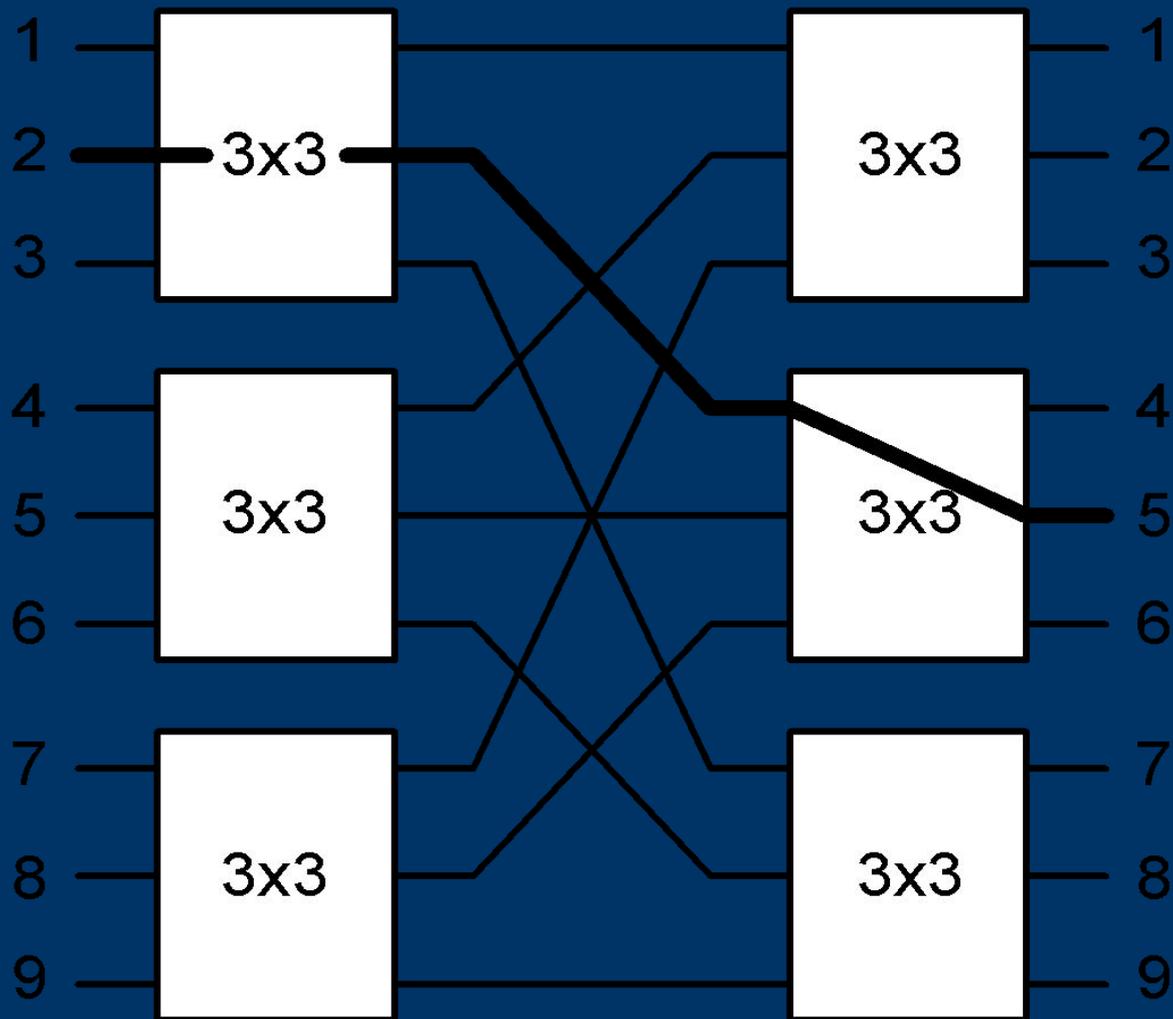
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

Полносвязная коммутационная матрица



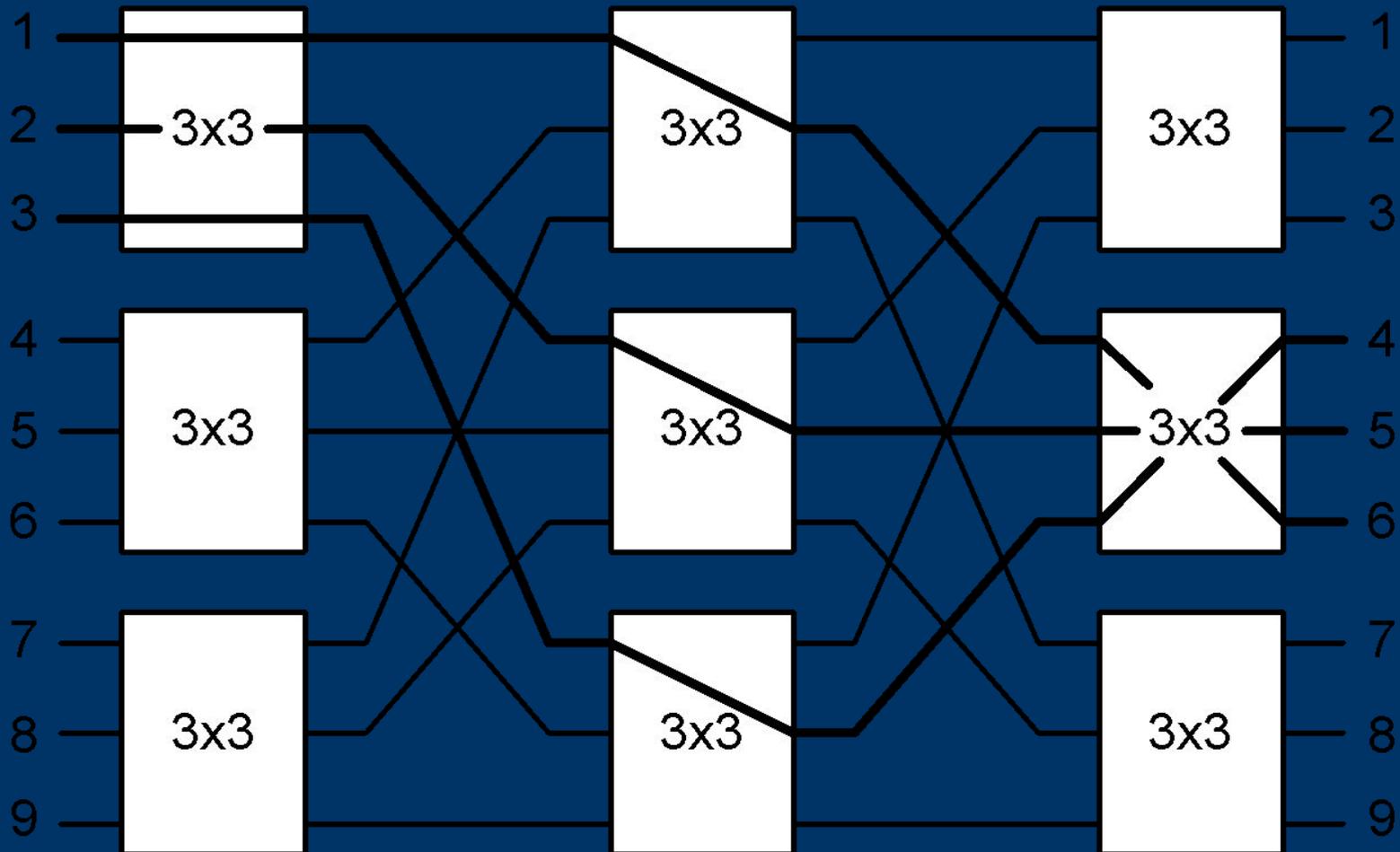
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

Двухзвеньевая коммутационная матрица



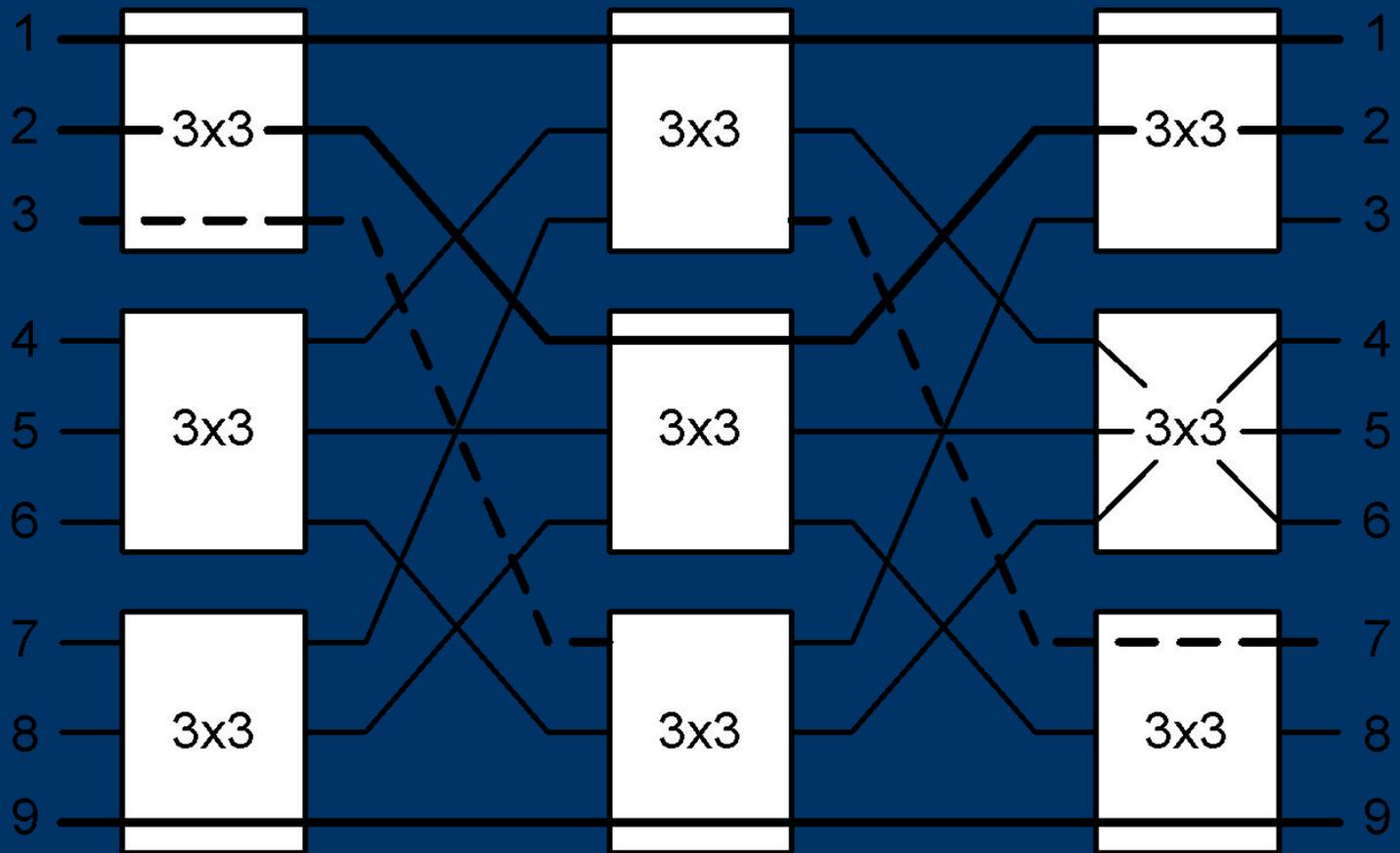
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

Трехзвеньевая коммутационная матрица



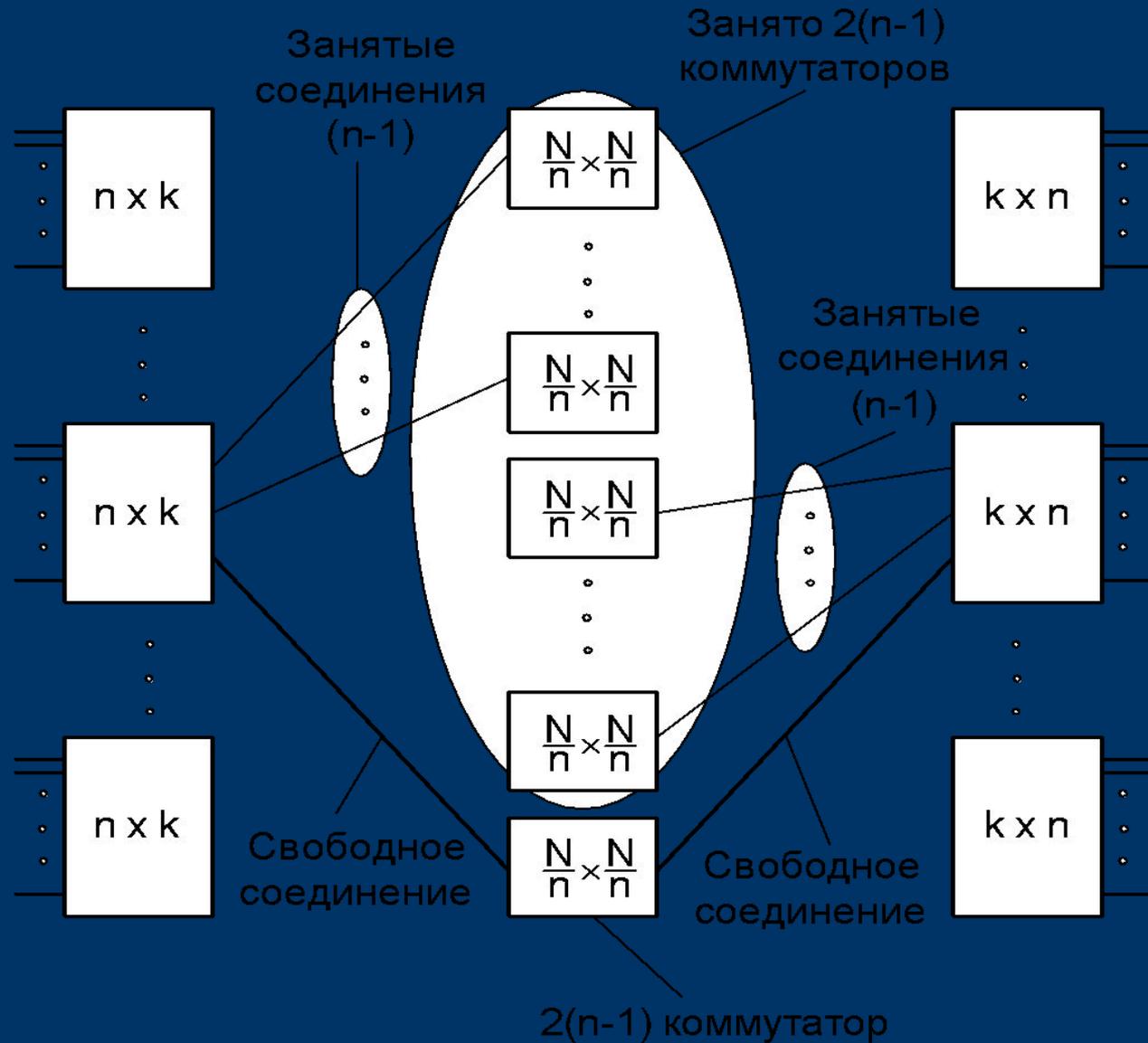
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

Трехзвеньевая коммутационная матрица
(пример блокировки, 3-7 пунктиром)



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

Условие
неблокируемости
трехзвеньевой
матрицы



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОММУТАЦИИ

Принцип временной коммутации



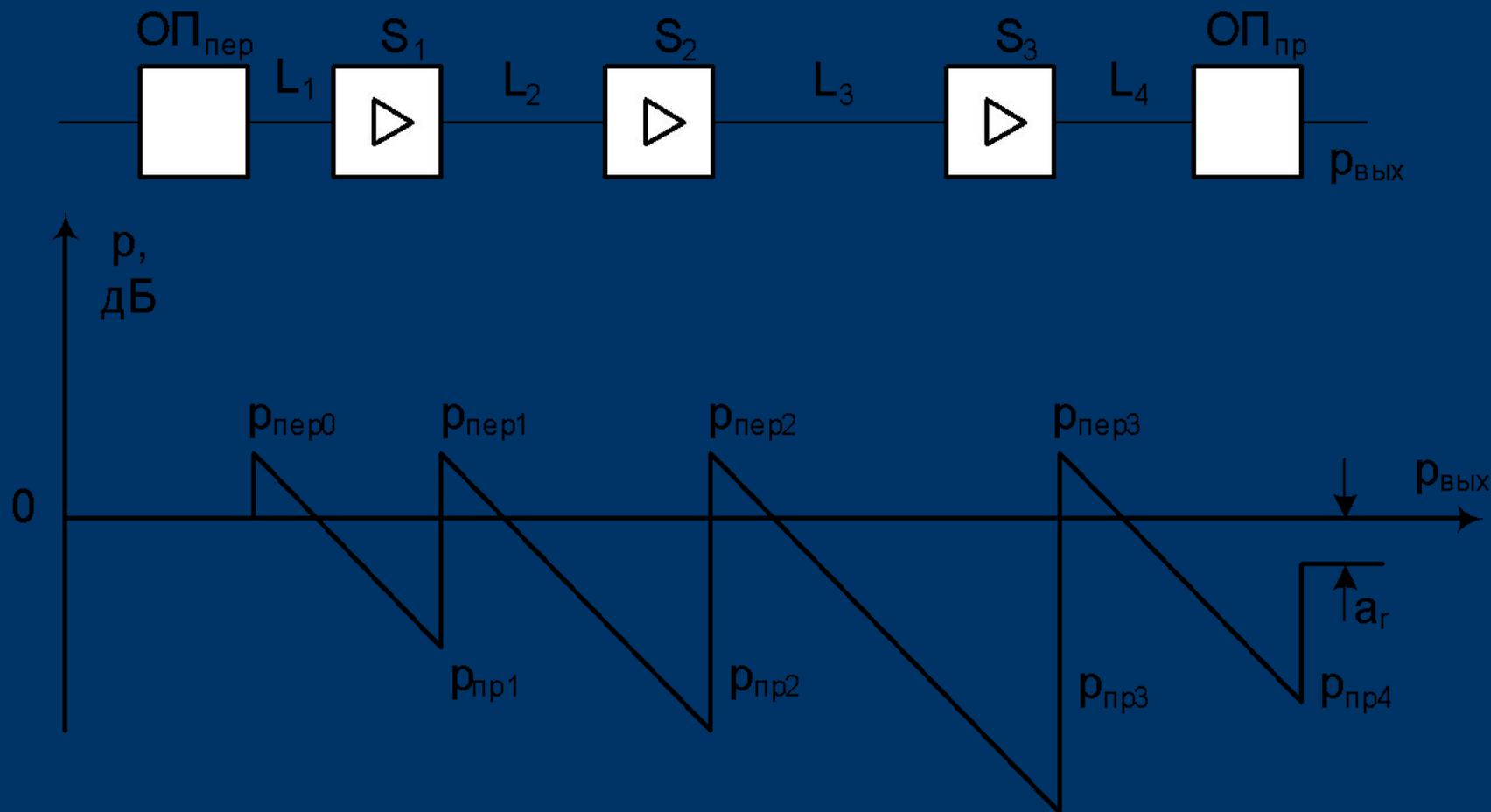
ТИПОВЫЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

1. Предгрупповой широкополосный канал с полосой частот 12 - 24 кГц на основе трех каналов ТЧ;
2. Первичный широкополосный канал (ПШК) с полосой частот 60 - 108 кГц на основе 12 каналов ТЧ;
3. Вторичный широкополосный канал (ВШК) с полосой частот 312 - 552 кГц на основе 60 каналов ТЧ;
4. Третичный широкополосный канал (ТШК) с полосой частот 812 - 2044 кГц на основе 300 каналов ТЧ.

ТИПОВЫЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

Характеристики

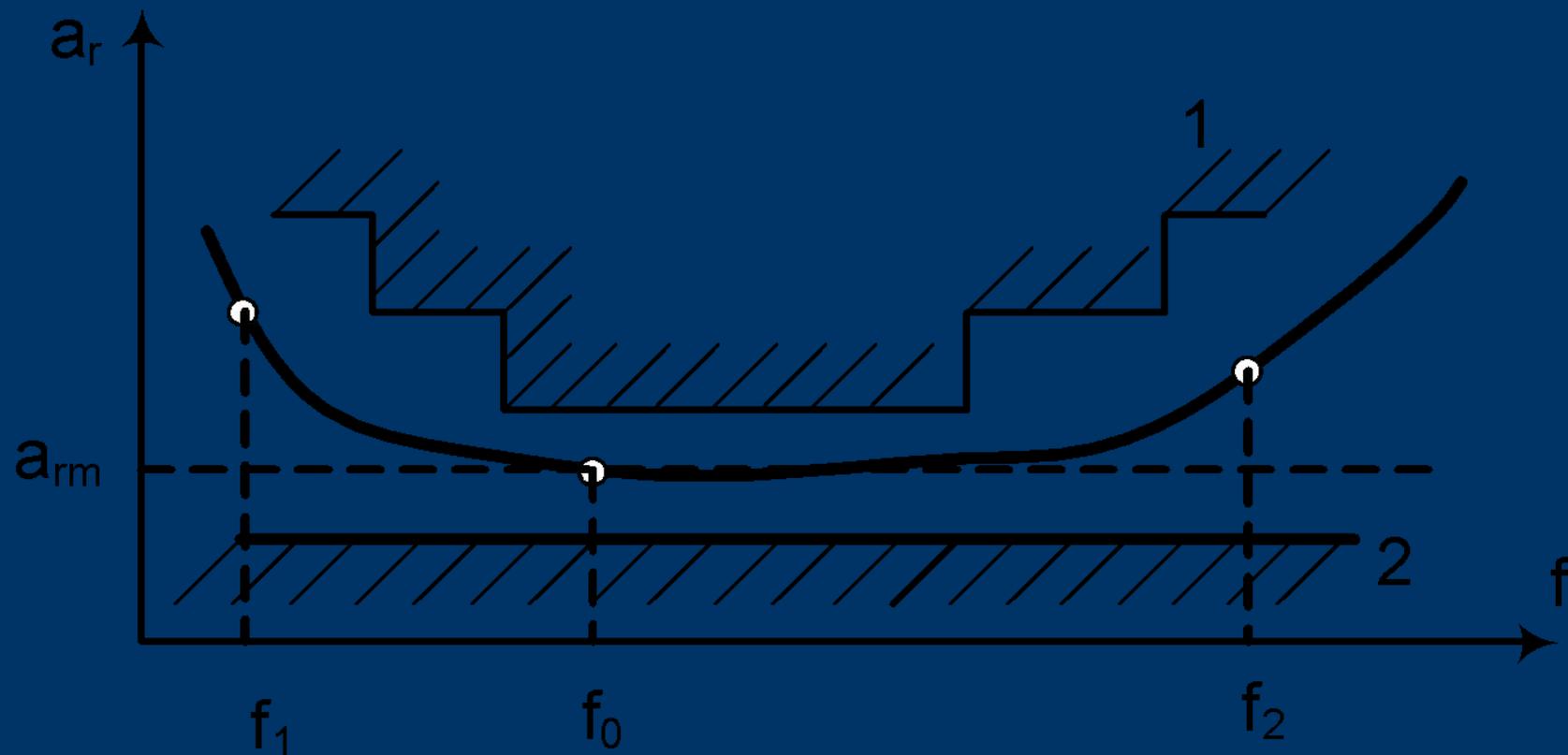
Диаграмма уровней канала



ТИПОВЫЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

Характеристики

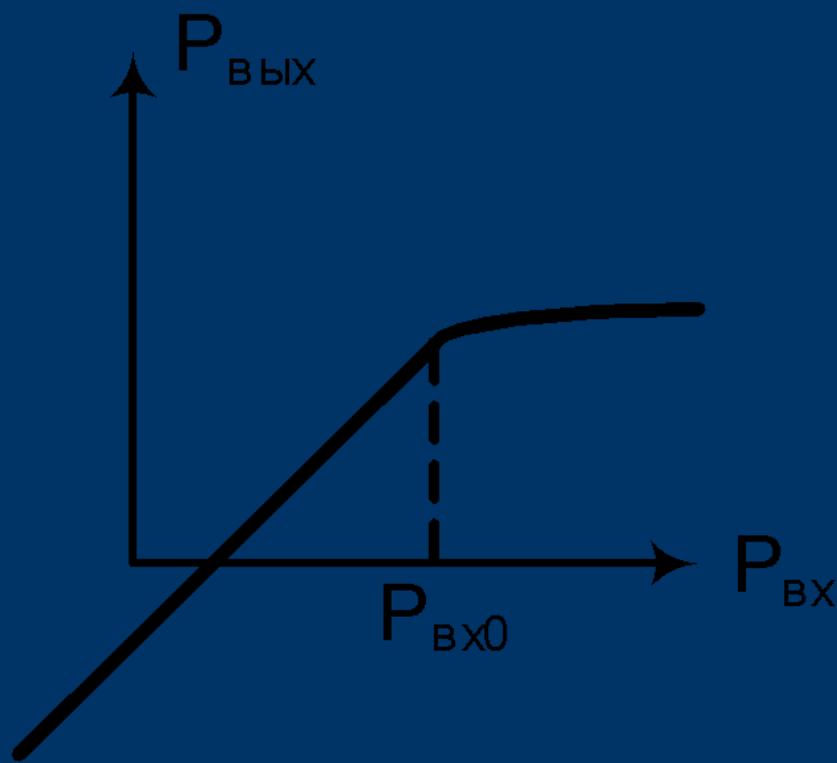
Частотная характеристика



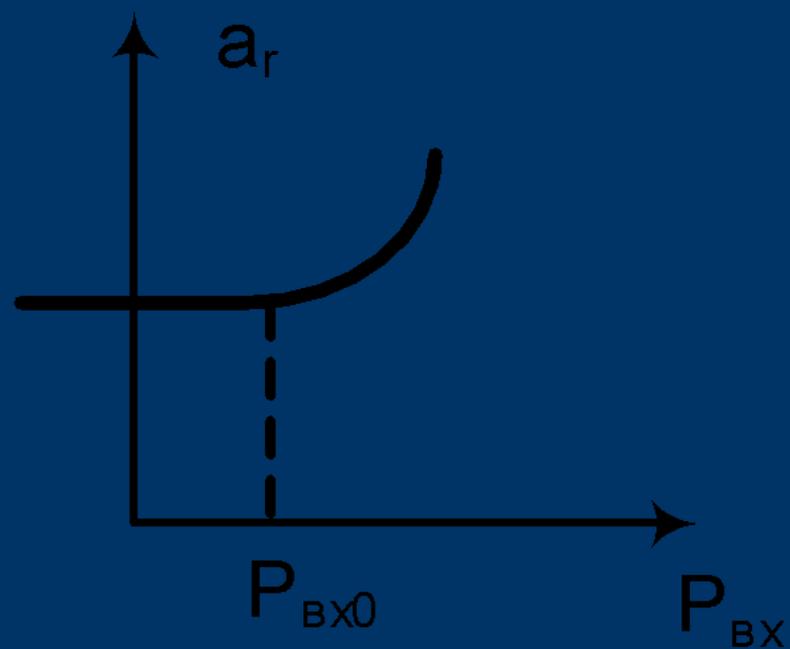
ТИПОВЫЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

Характеристики

Амплитудная характеристика

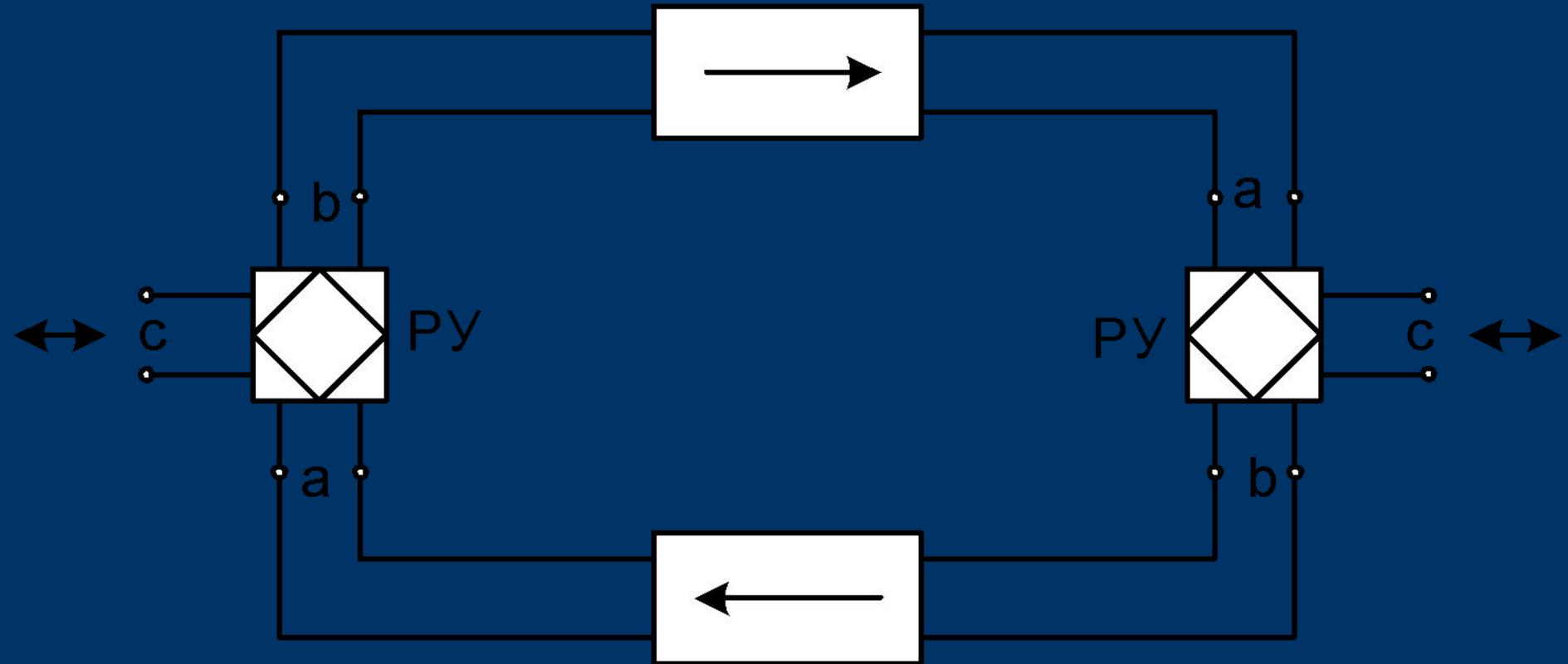


а)



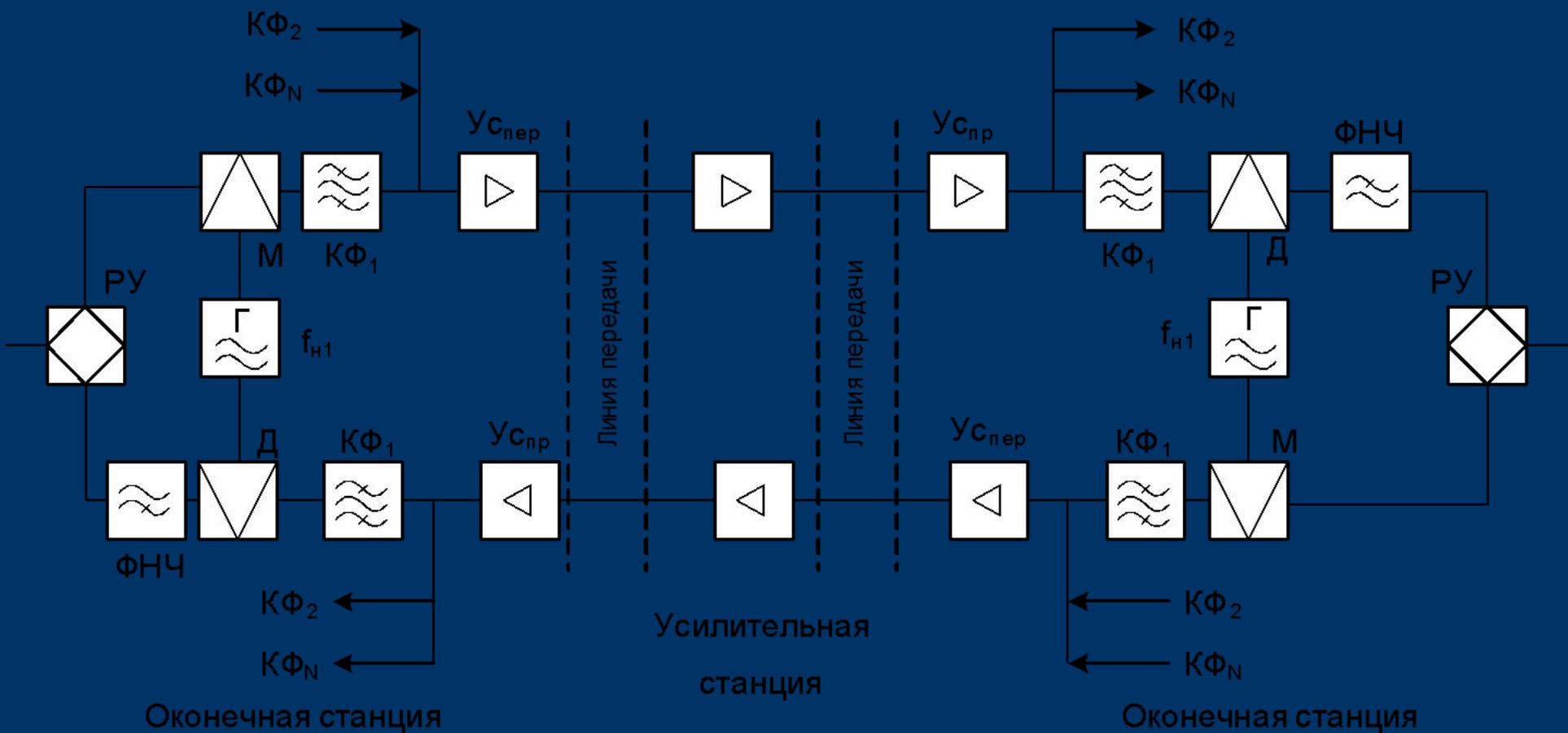
б)

ДВУСТОРОННИЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ



ДВУСТОРОННИЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

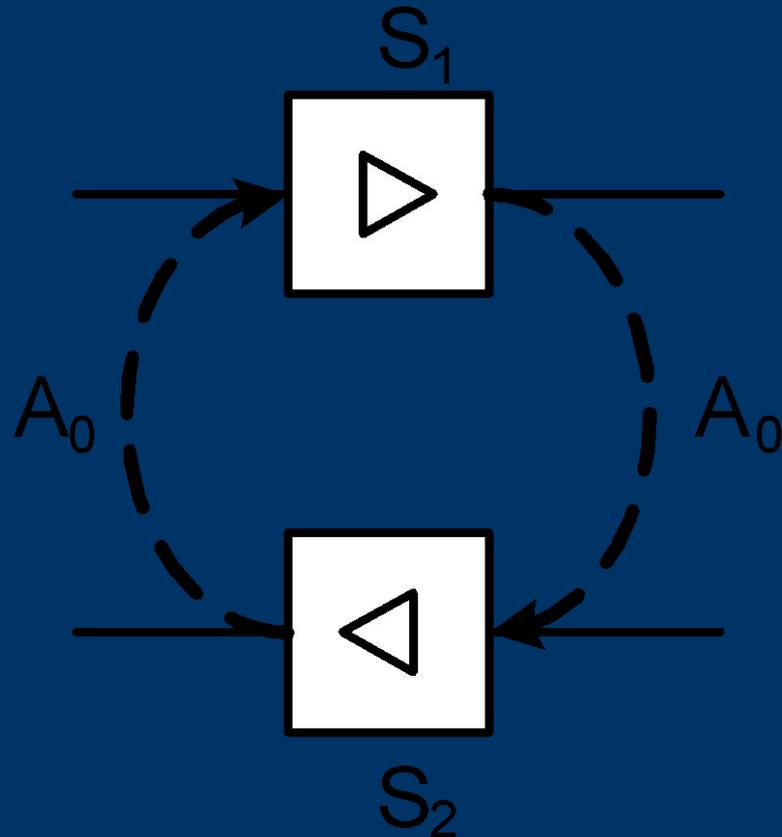
Четырехпроводная однополосная система двусторонней связи



ДВУСТОРОННИЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

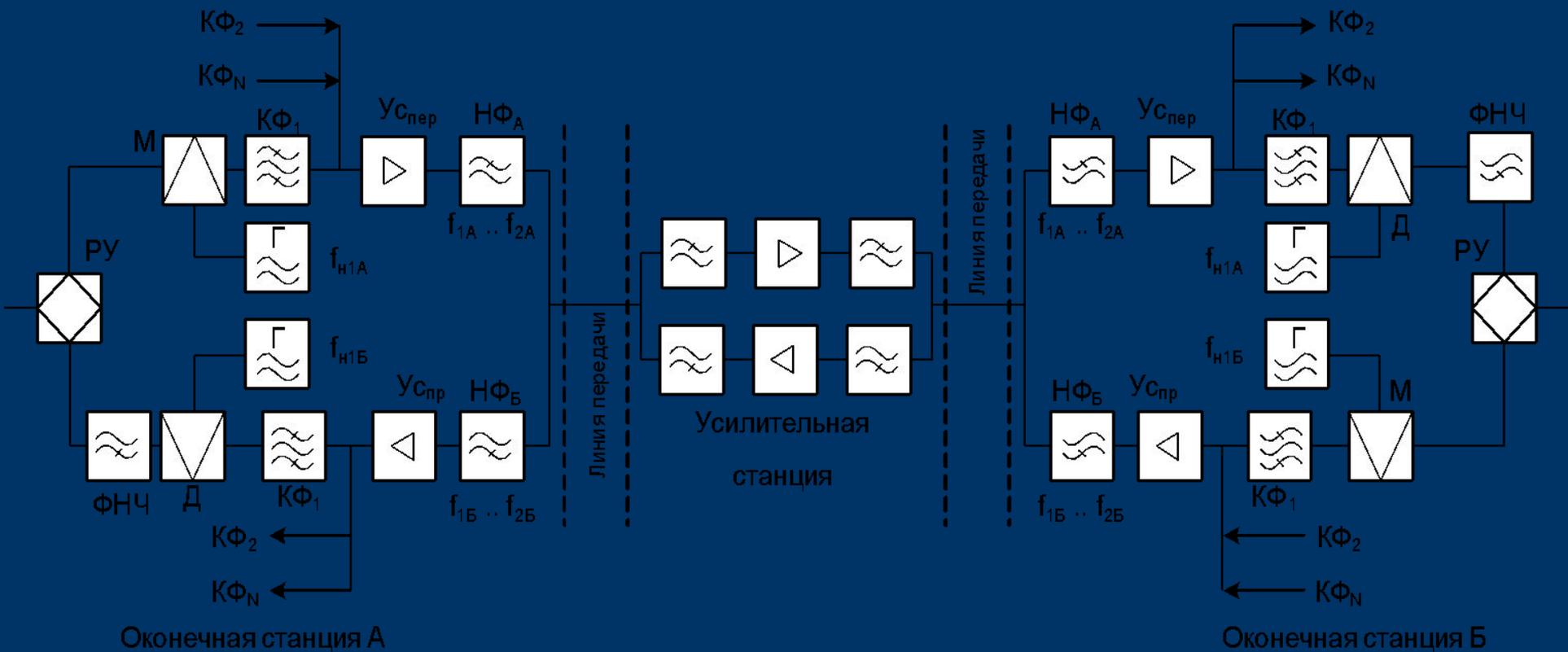
Взаимное влияние между цепями

$$S_1 + S_2 \geq 2A_0$$



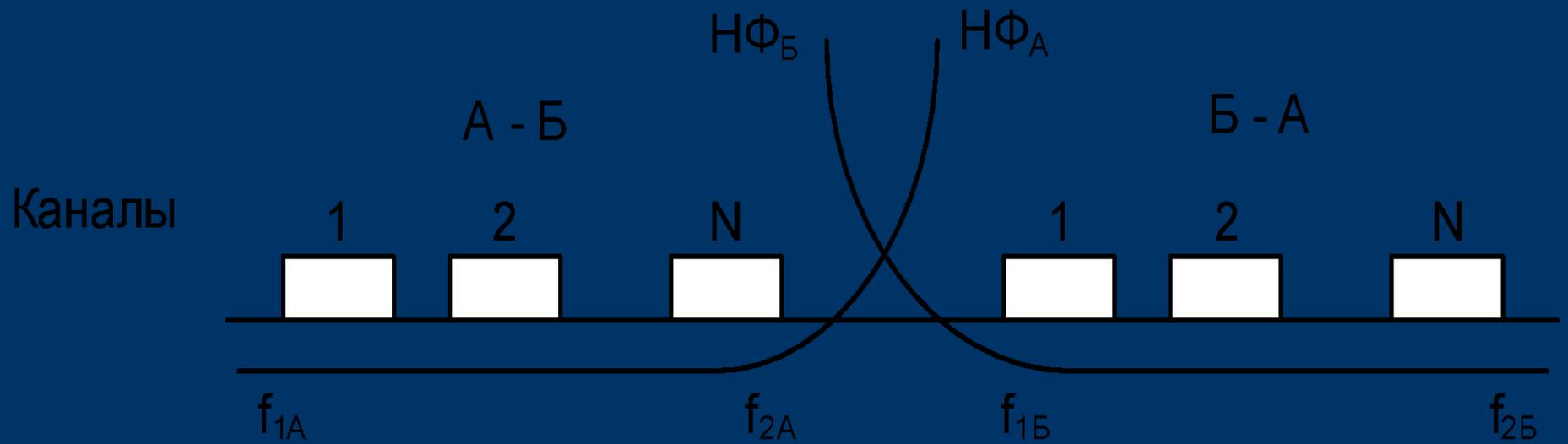
ДВУСТОРОННИЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

Двухпроводная двухполосная
система двусторонней связи



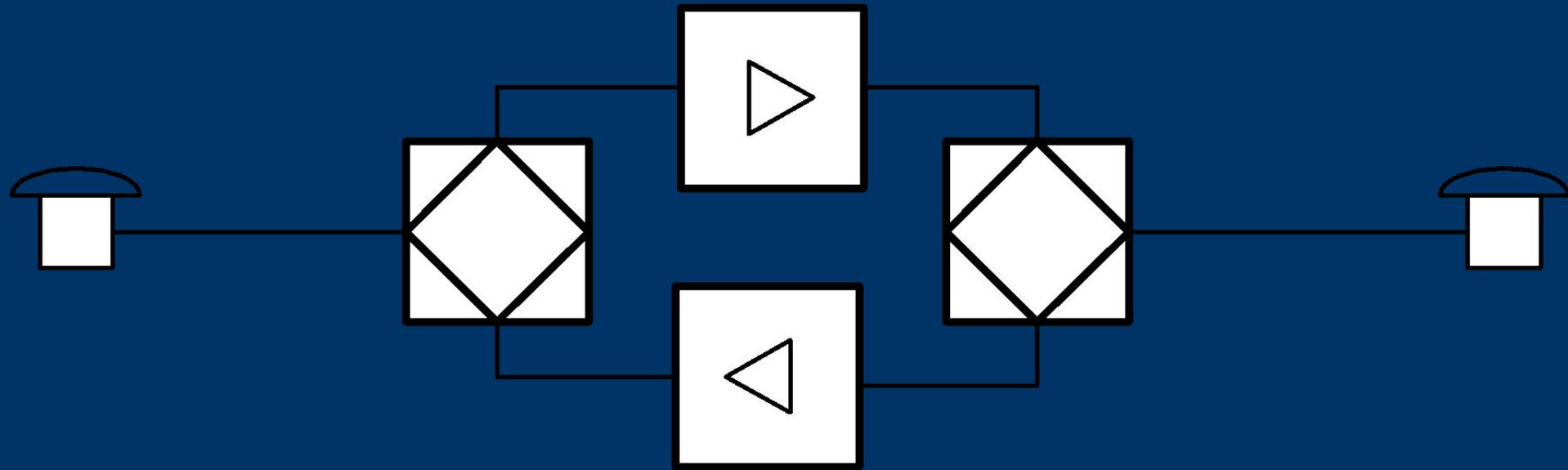
ДВУСТОРОННИЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

Двухпроводная двухполосная
система двусторонней связи



ДВУСТОРОННИЕ КАНАЛЫ ПЕРЕДАЧИ

Двухпроводная однополосная
система двусторонней связи



РАЗВЯЗЫВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

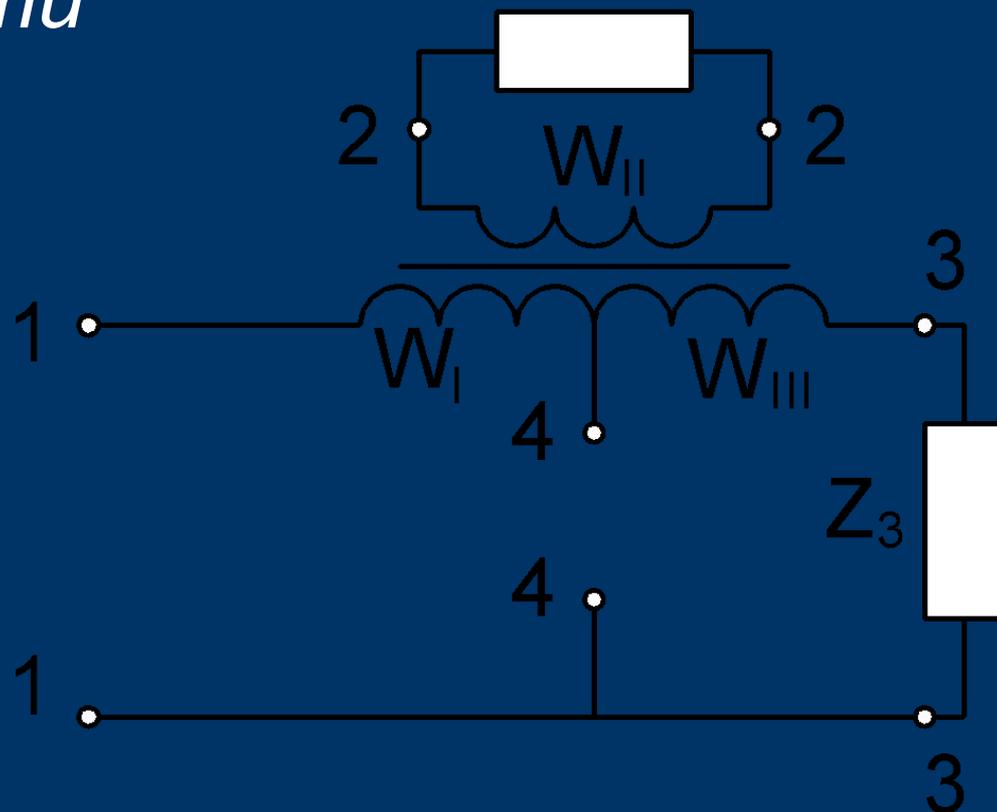
*Условие
сбалансированности*

$$Z_{1-1} = Z_3$$

$$A_{2-1} = A_{1-2} = 3\text{дБ.}$$

$$A_{4-1} = A_{4-3} = 3\text{дБ.}$$

$$A_{4-2} = A_{2-4} = \infty.$$



ПОМЕХИ В ЛИНЕЙНЫХ ТРАКТАХ И КАНАЛАХ

Внутренние:

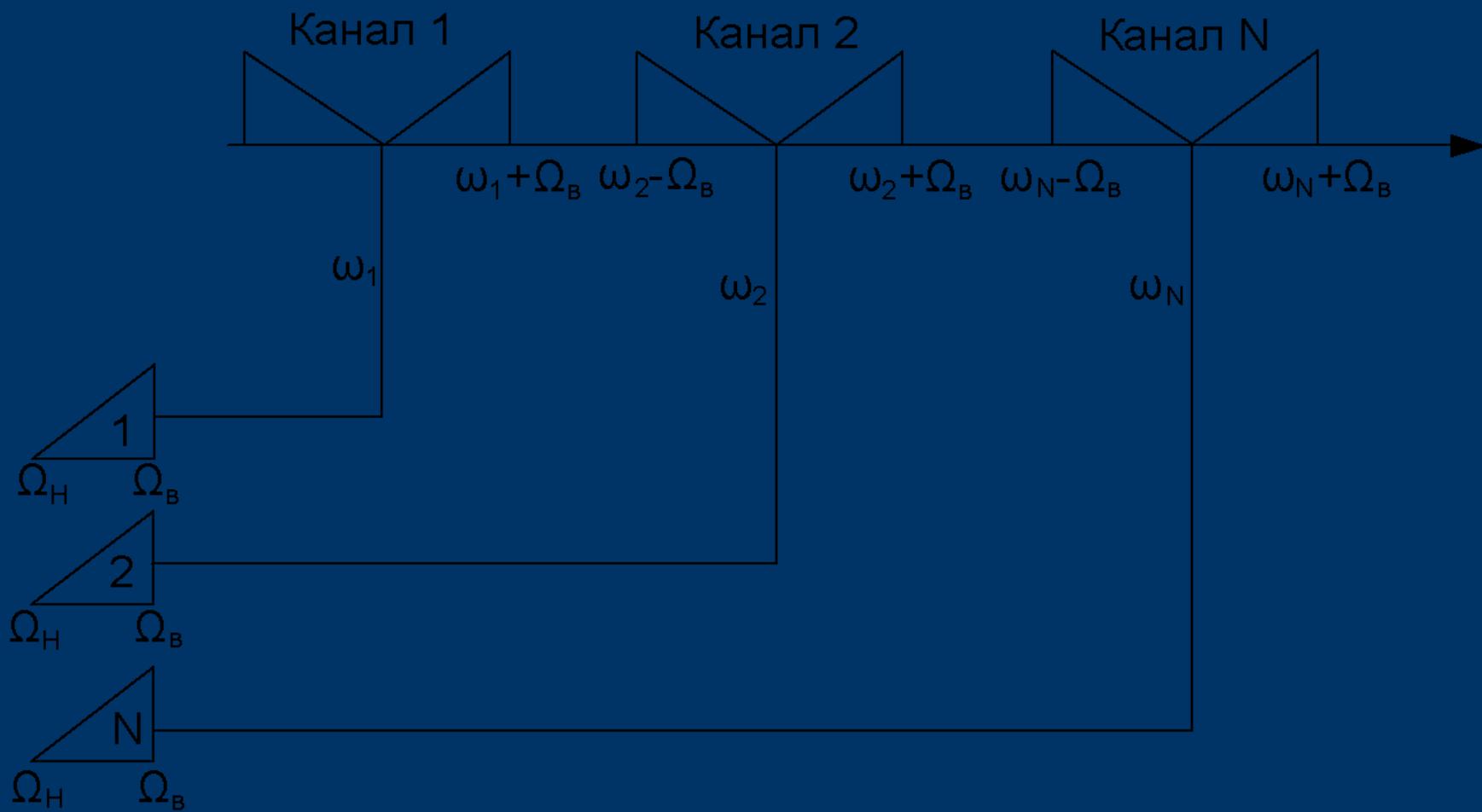
- помехи линейного тракта и каналообразующей аппаратуры;
- помехи нелинейного происхождения;
- помехи плохих контактов и переключений.

ПОМЕХИ В ЛИНЕЙНЫХ ТРАКТАХ И КАНАЛАХ

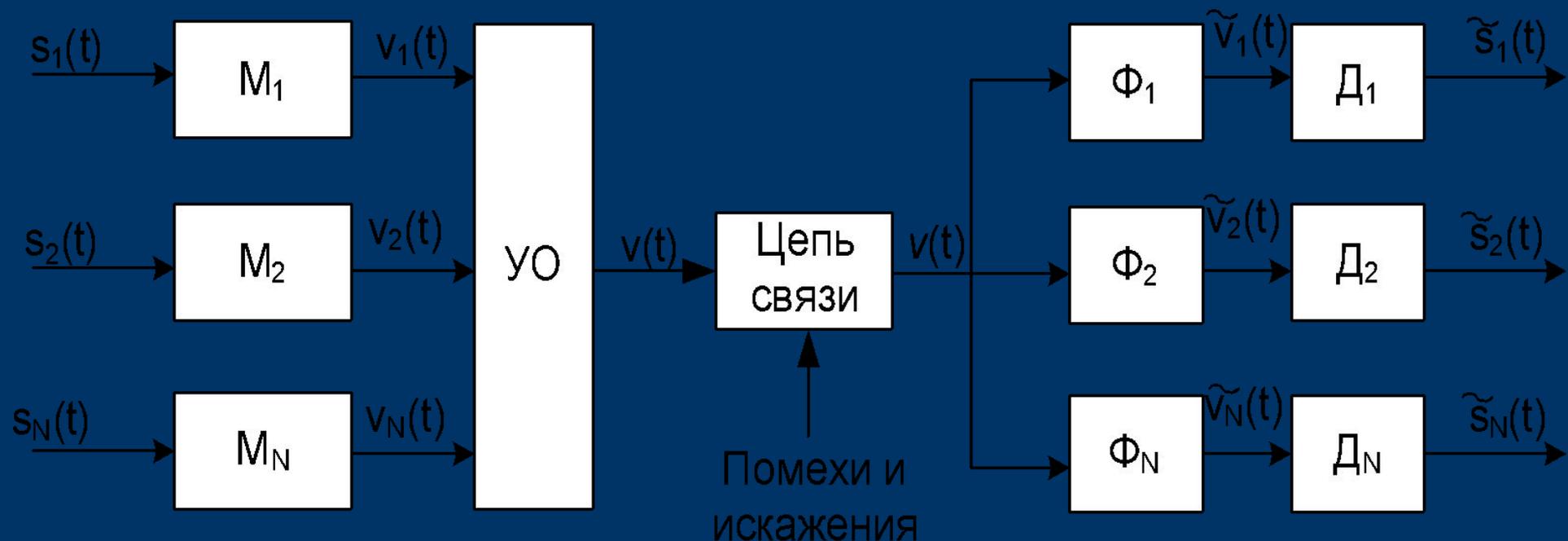
Внешние:

- помехи за счет переходных влияний между параллельными цепями;
- атмосферные помехи;
- помехи от радиостанций;
- промышленные помехи (ЛЭП, ж/д).

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧ С ЧРК

АМ с двумя боковыми и несущей



АМ с одной боковой и несущей



АМ с одной боковой

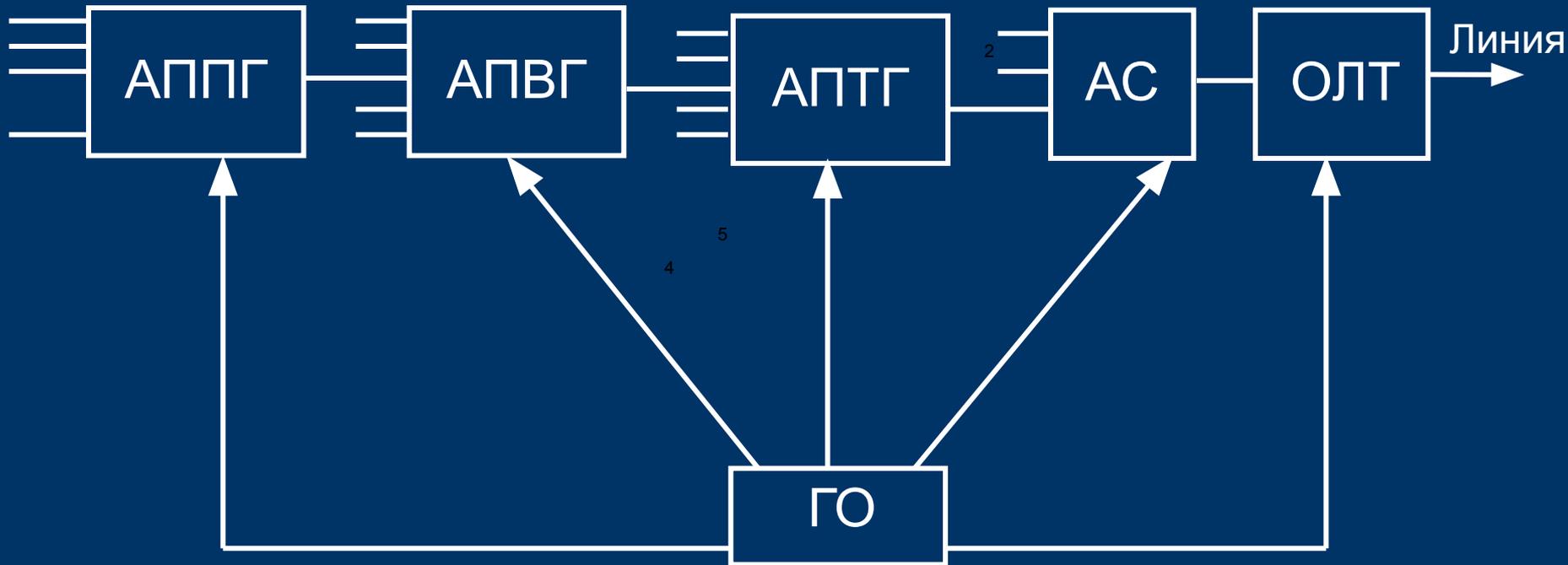


АМ с двумя боковыми

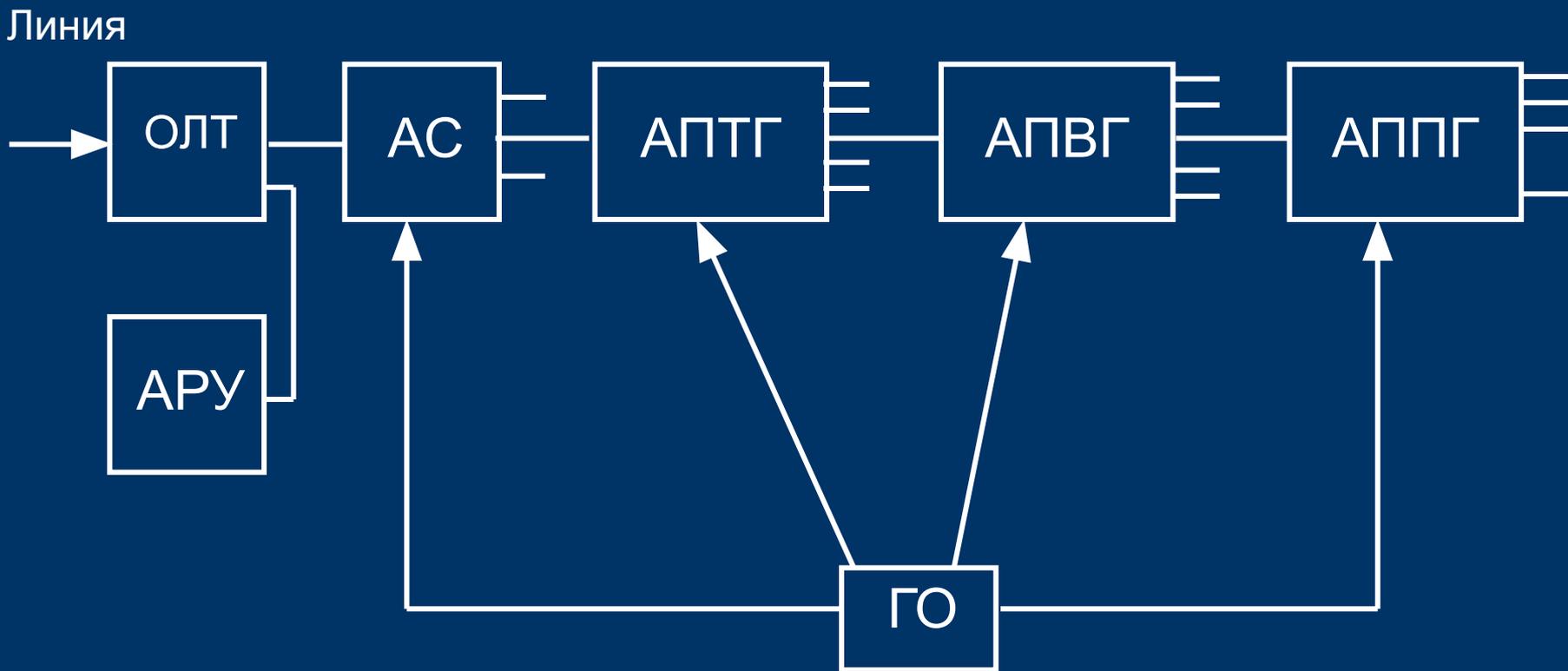


АМ с несущей, одной боковой и частично погашенной второй

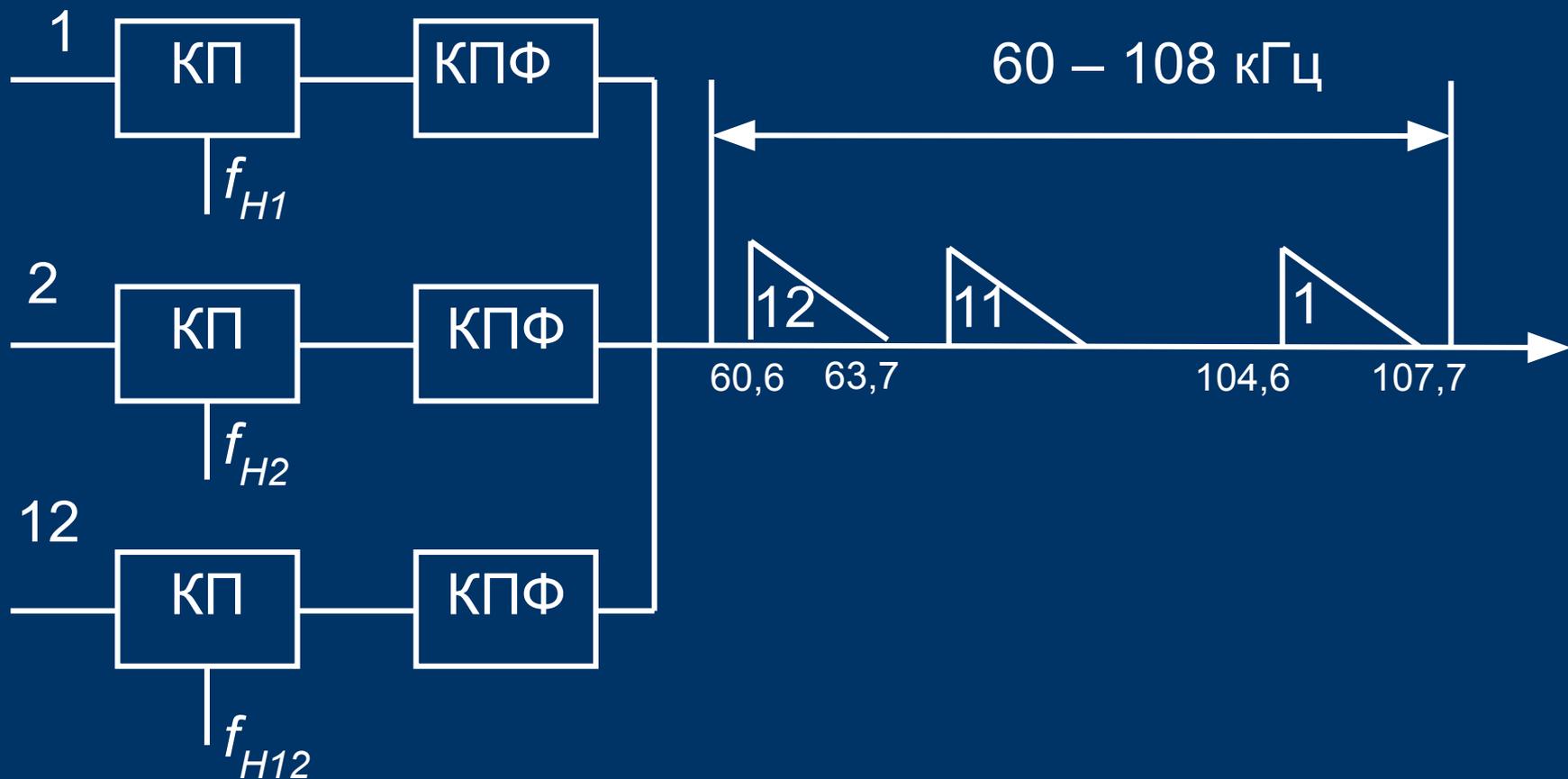
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С ЧРК (передающая часть)



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С ЧРК (приемная часть)

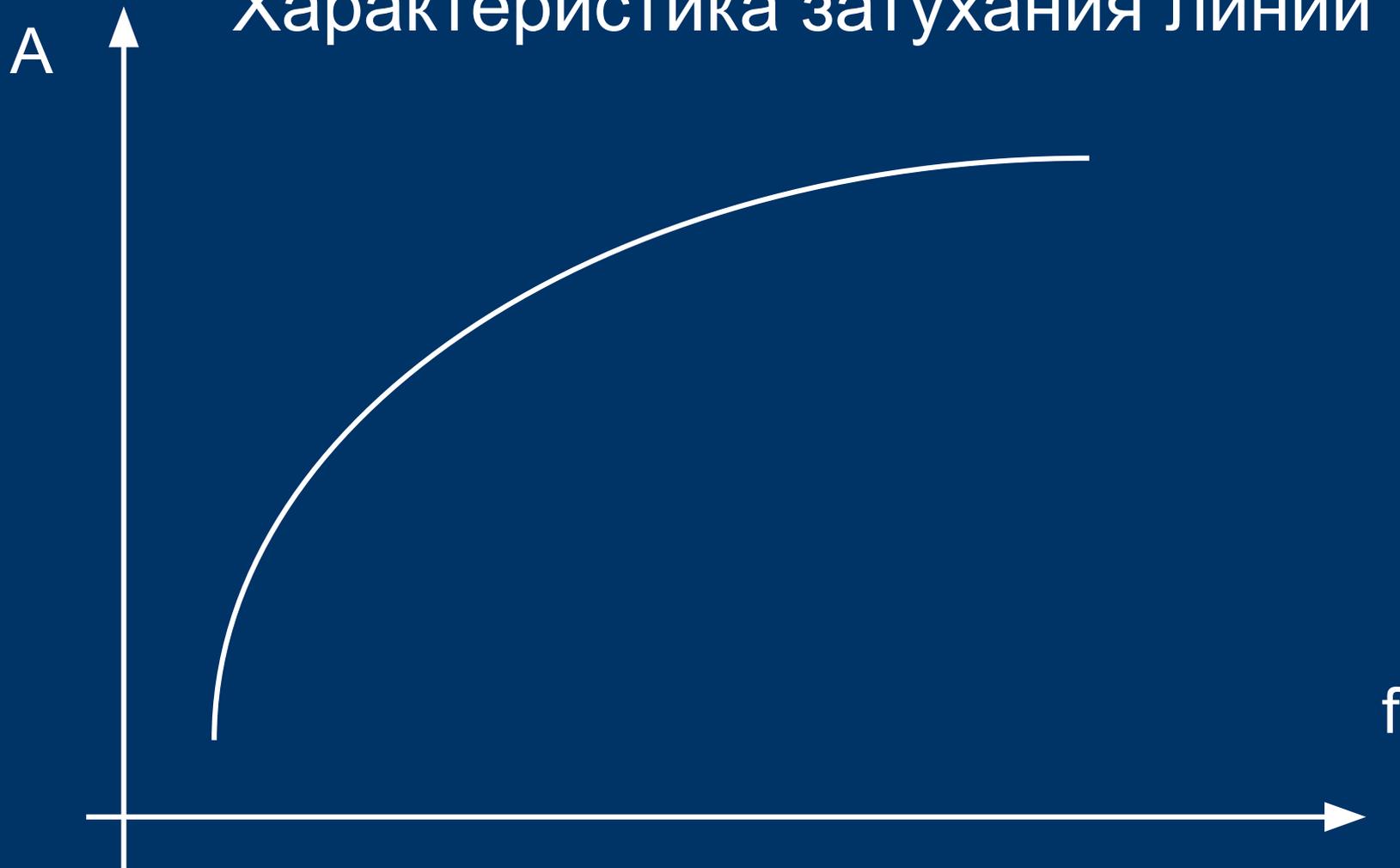


ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВНОЙ ПЕРВИЧНОЙ ГРУППЫ КАНАЛОВ ТЧ



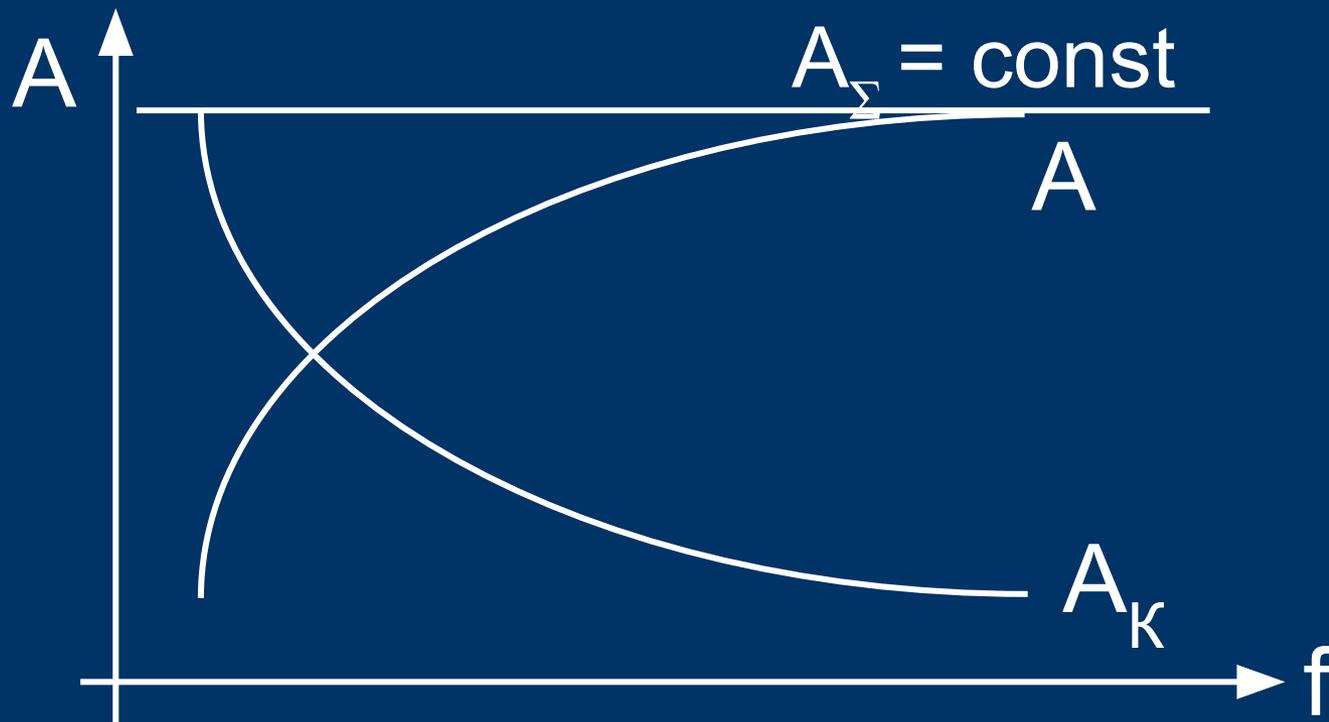
ЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ИХ КОРРЕКЦИЯ

Характеристика затухания линии



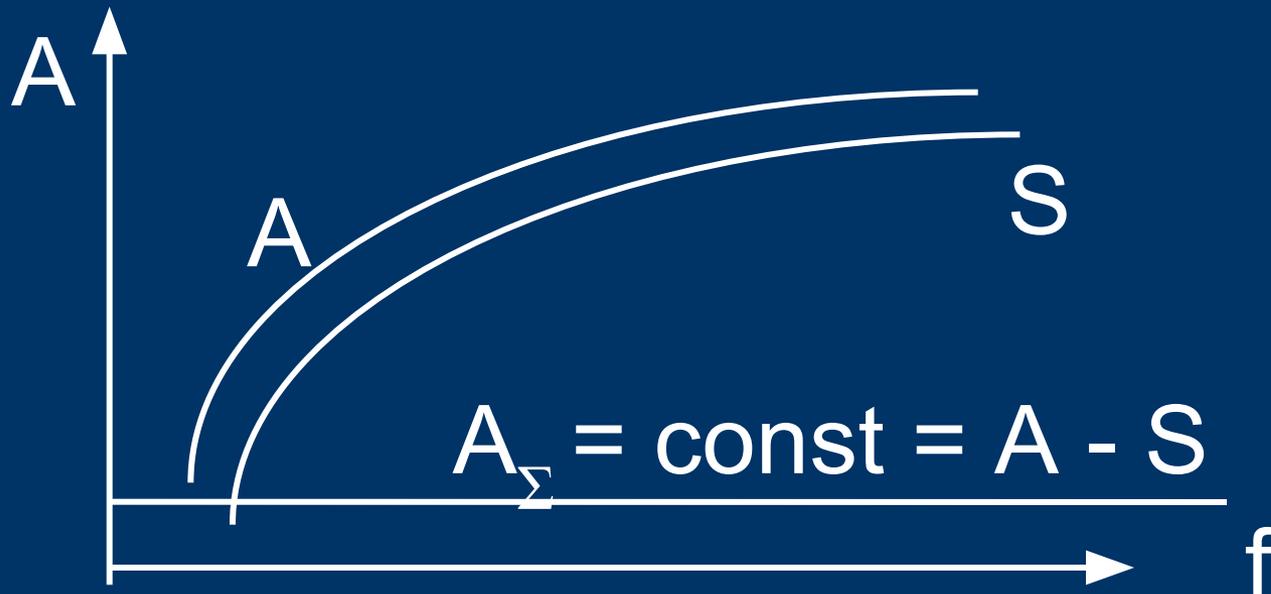
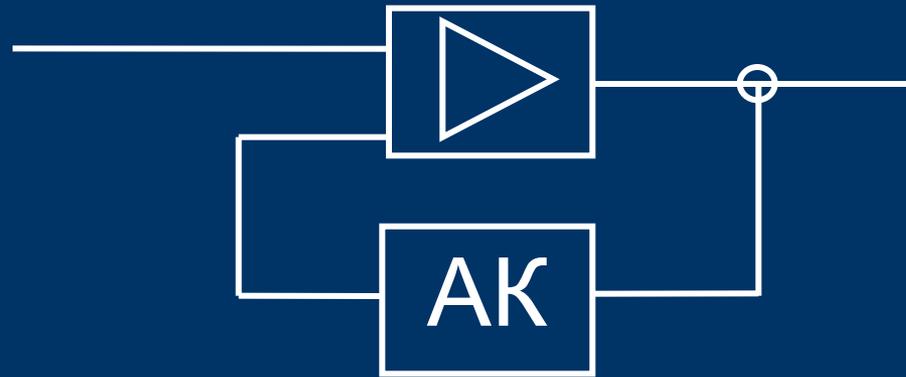
ЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ИХ КОРРЕКЦИЯ

Амплитудный корректор (на входе усилителя)



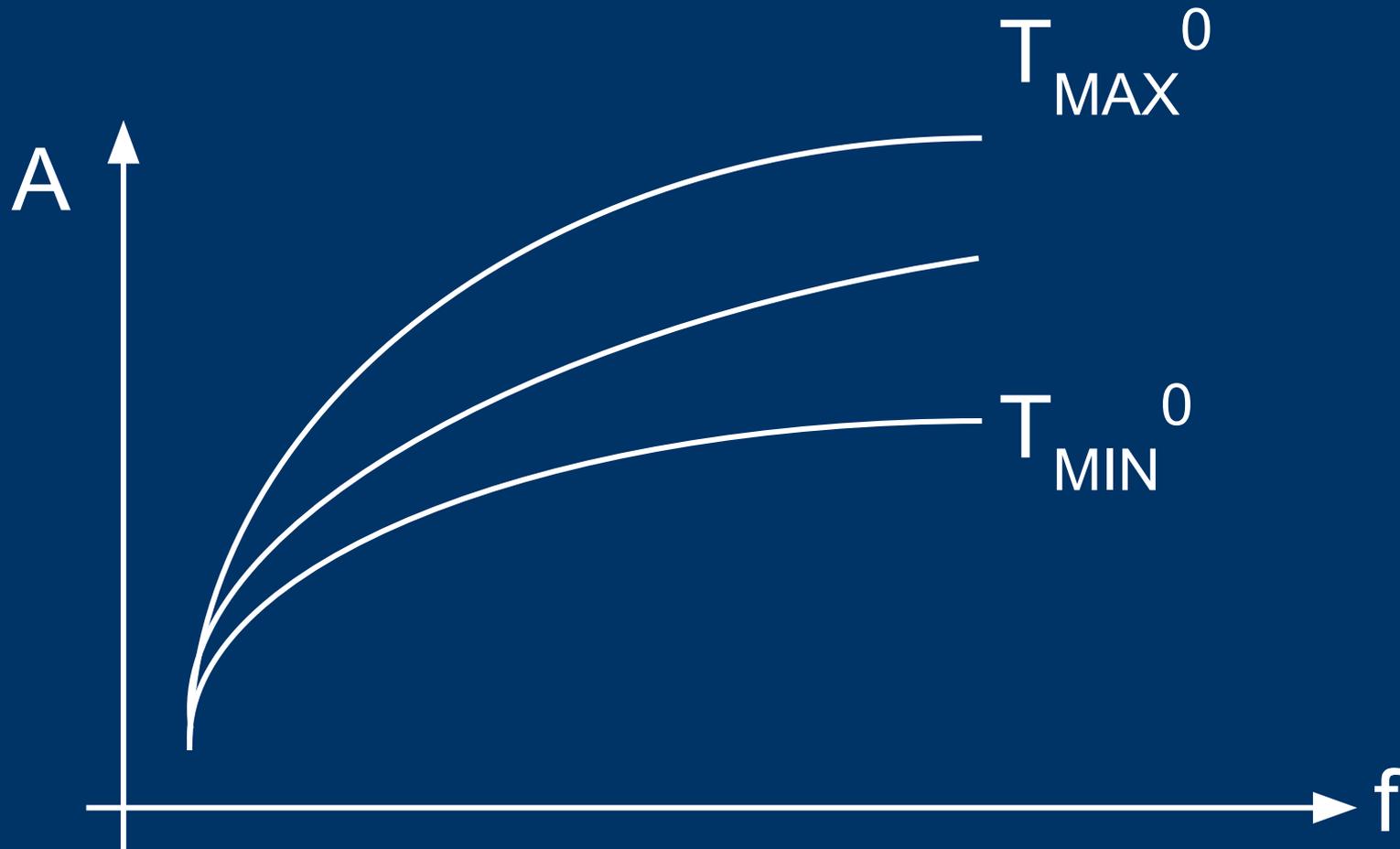
ЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ИХ КОРРЕКЦИЯ

Амплитудный корректор (ООС к усилителю)



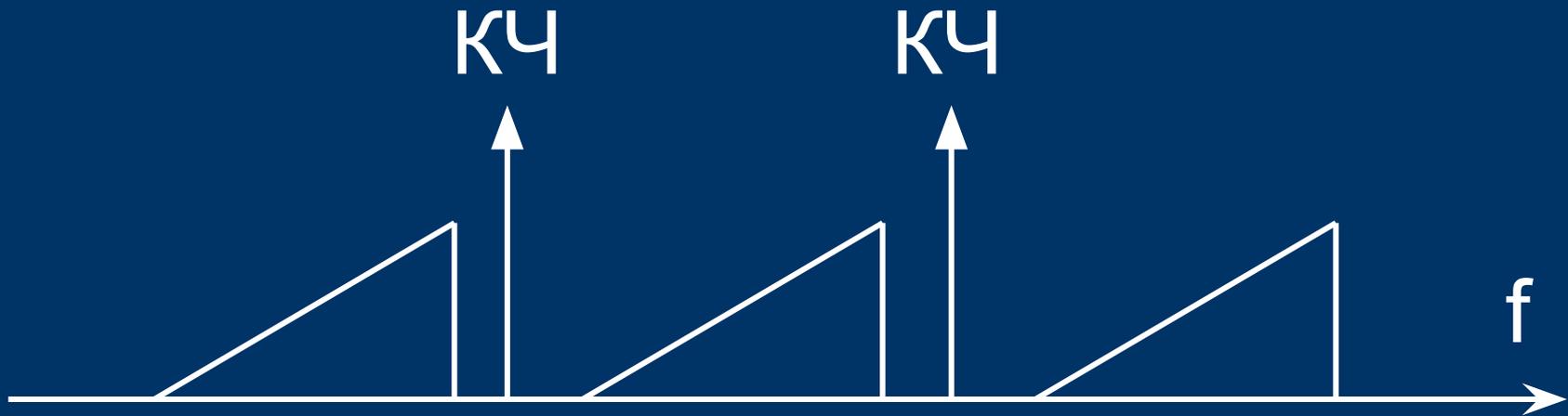
ЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ИХ КОРРЕКЦИЯ

Зависимость затухания в линии от окружающей температуры



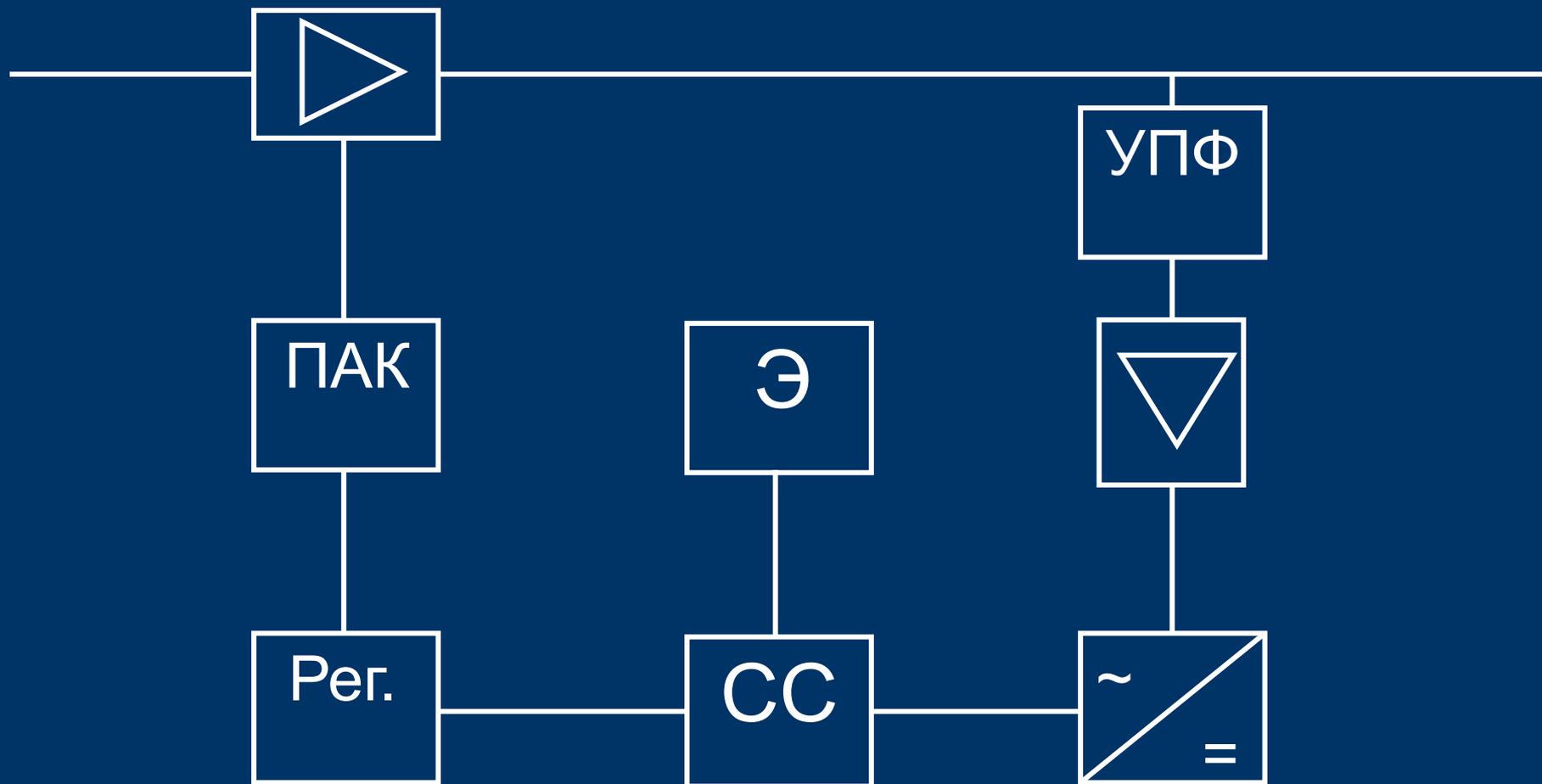
ЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ИХ КОРРЕКЦИЯ

Размещение контрольных частот в групповом спектре



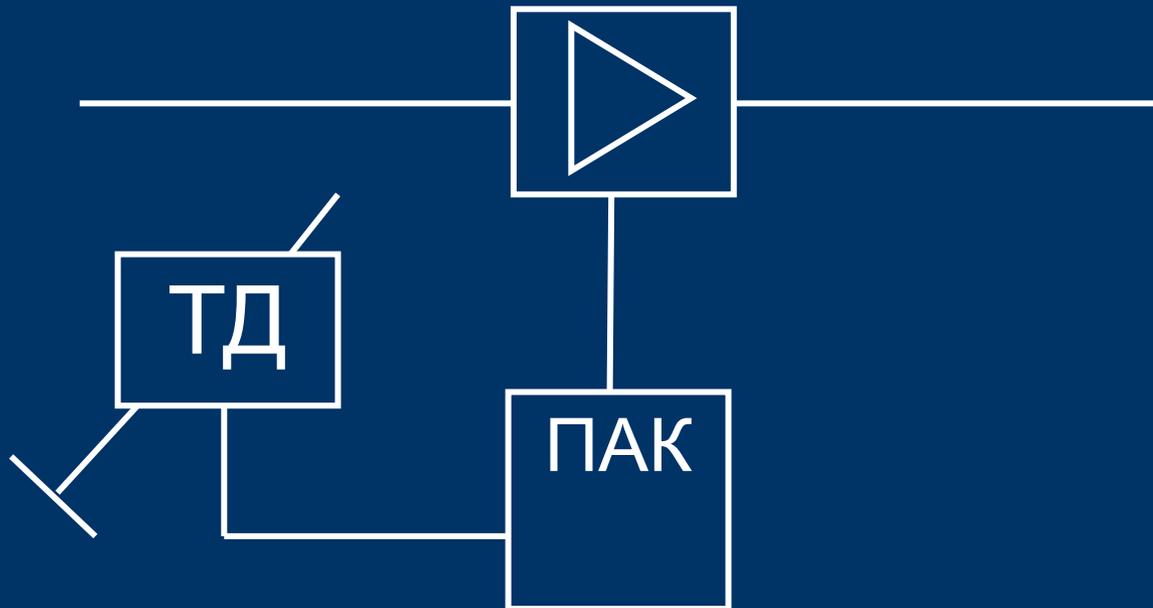
ЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ИХ КОРРЕКЦИЯ

Пилот-сигнальный АРУ



ЛИНЕЙНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ И ИХ КОРРЕКЦИЯ

Температурный АРУ



ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧ С ВРК



1 2 3 1 2 3 1

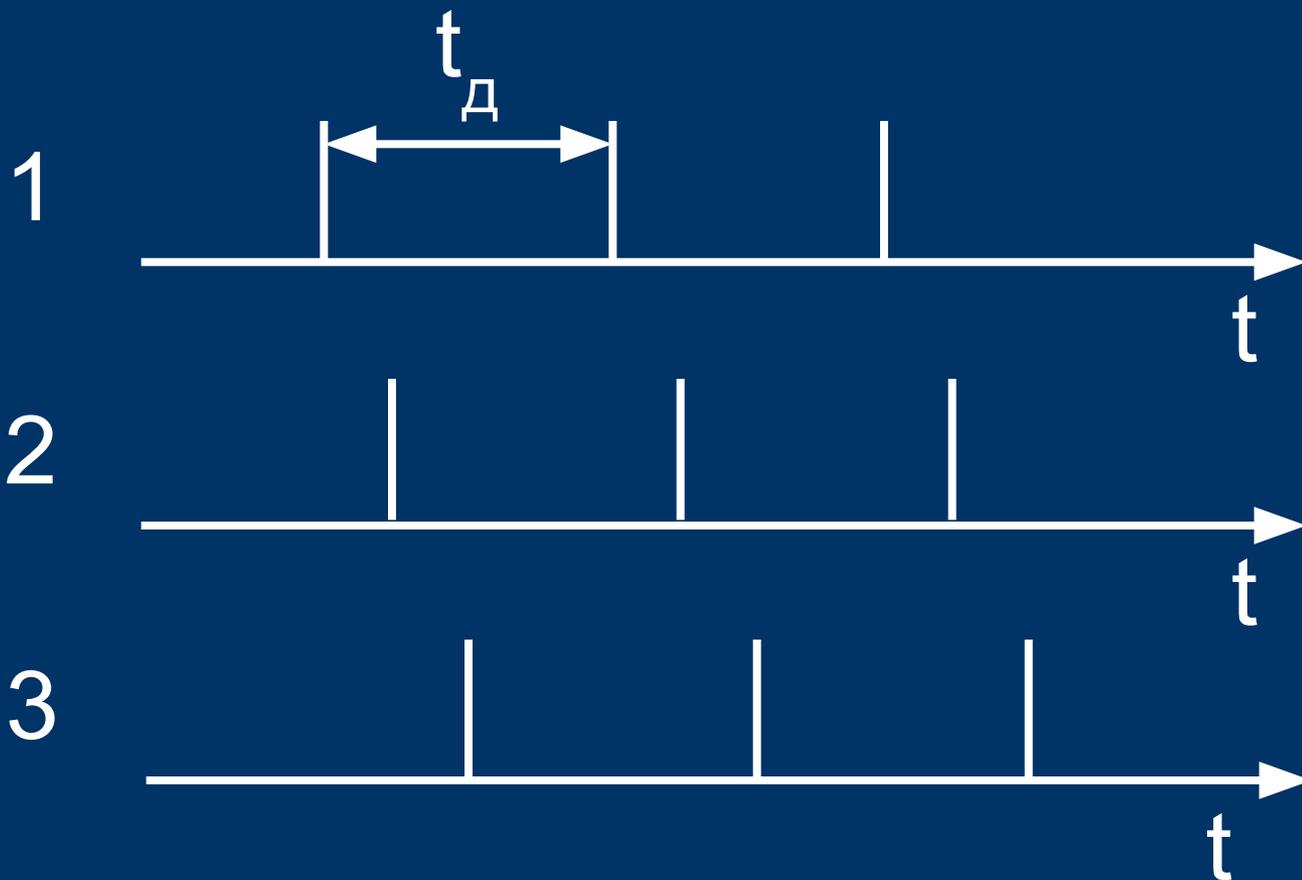
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧ С ВРК

Схема устройства временного разделения каналов



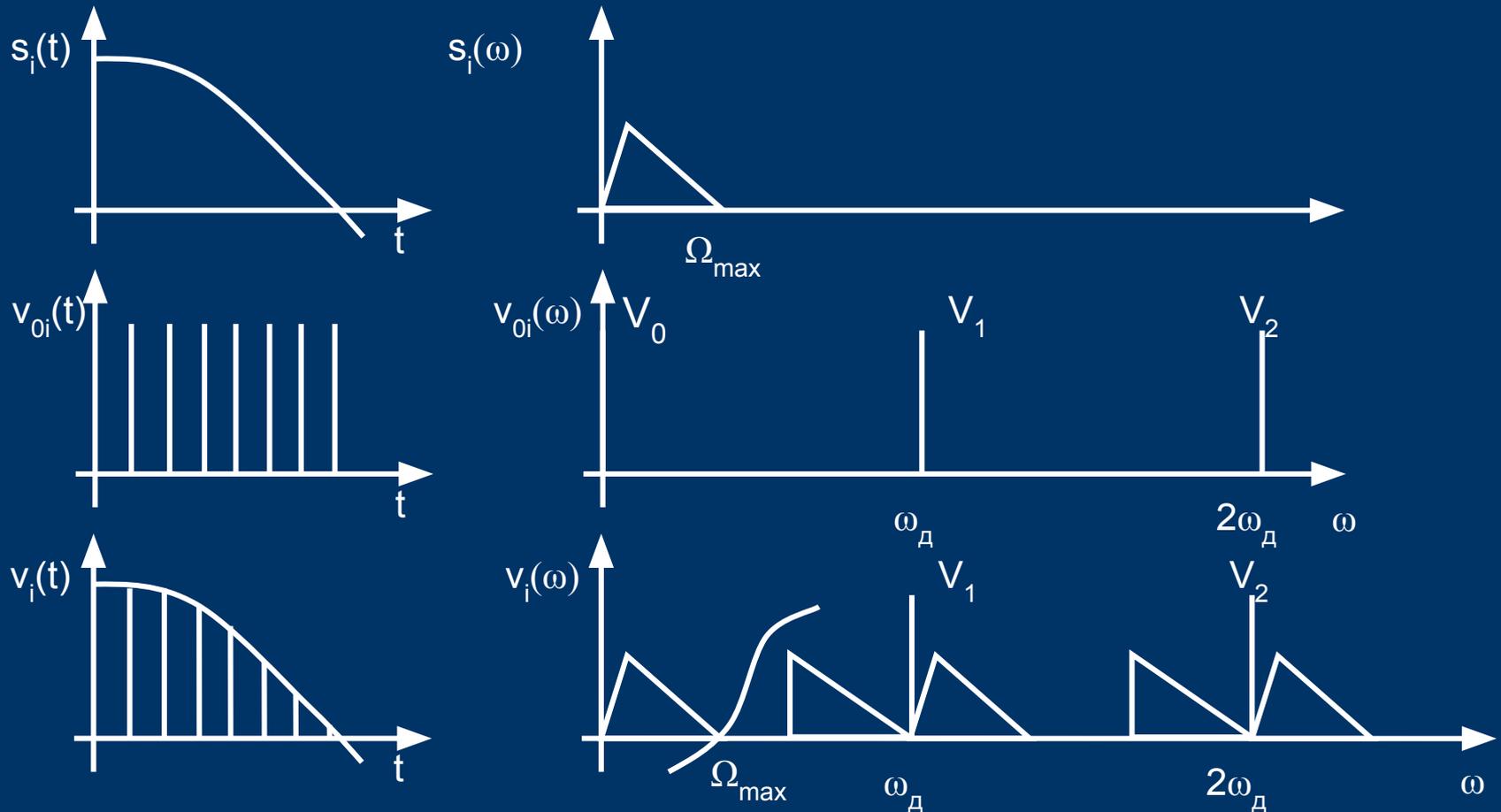
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧ С ВРК

Последовательности импульсов посылаемые РИК

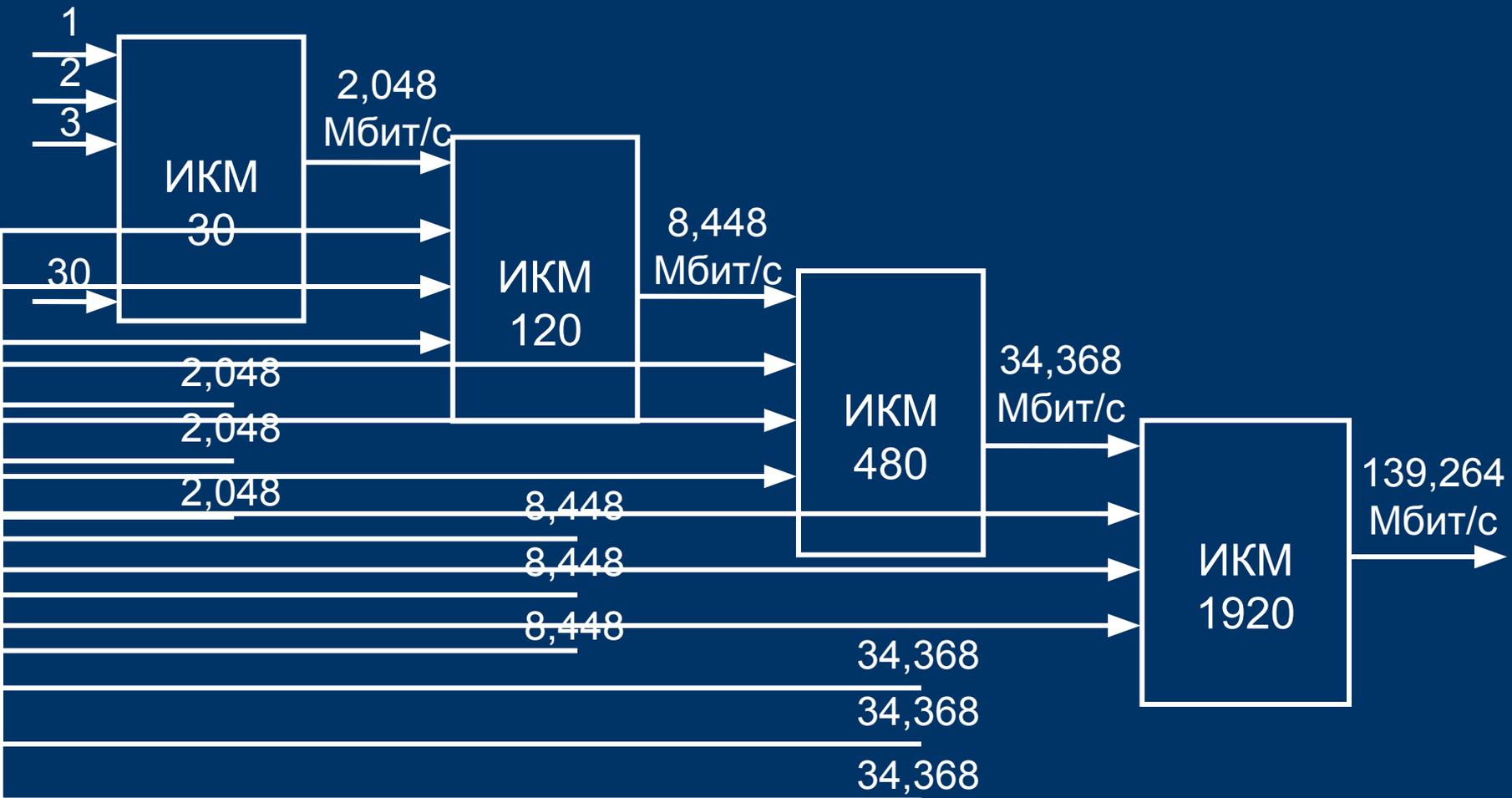


ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧ С ВРК

Сигналы i -го канала слева и их спектры справа



ИЕРАРХИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ С ИКМ

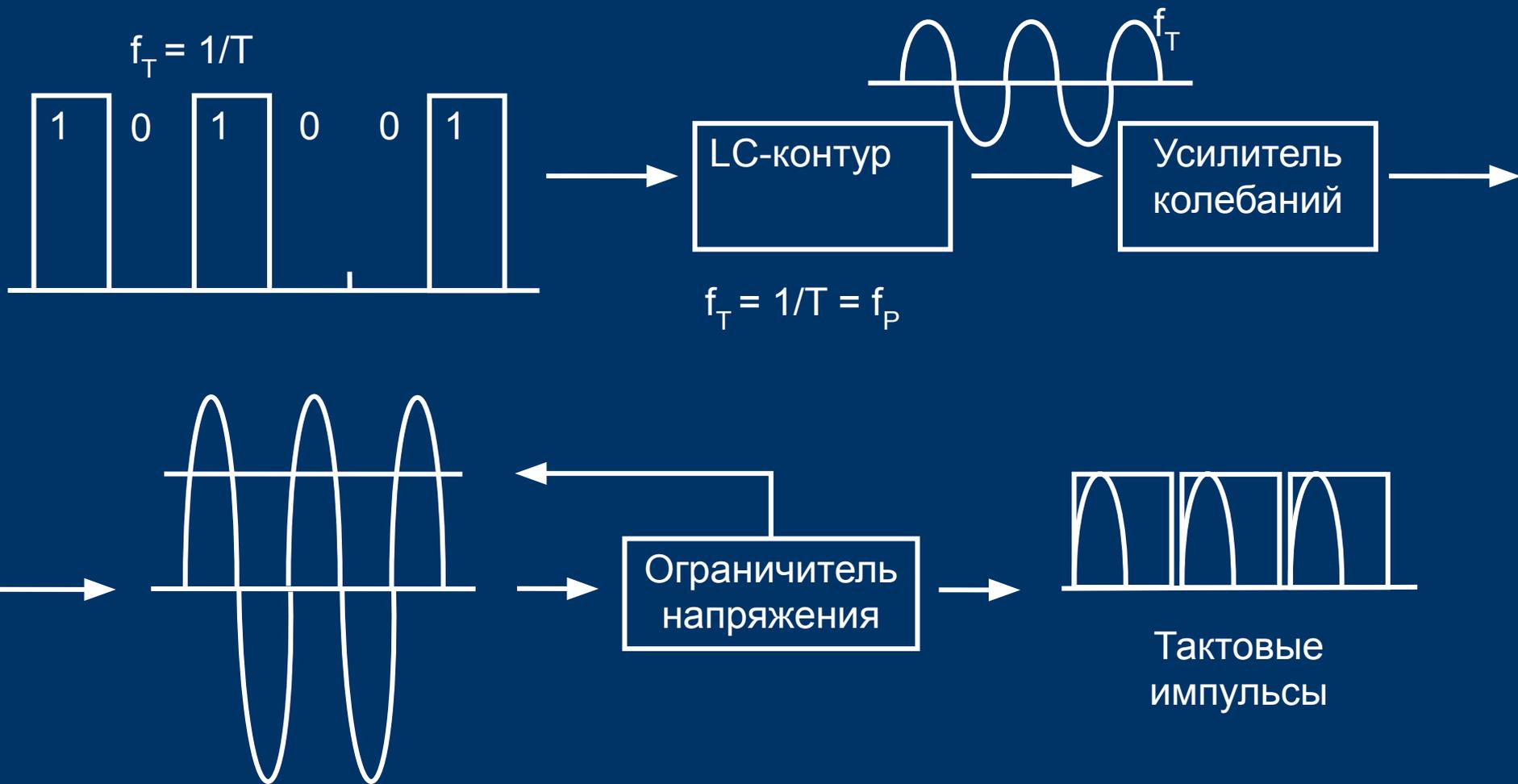


СИНХРОНИЗАЦИЯ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧ С ИКМ

В системах передач с ИКМ выделяют три типа синхронизации.

1. Тактовая;
2. Цикловая;
3. Сверхцикловая.

ТАКТОВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧ С ИКМ



ПРОЦЕДУРА СКРЭМБЛИРОВАНИЯ СИГНАЛА

Цифровой поток: *0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1*

Скрэмбл: *0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0*

Сигнал в линии: *0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 0 1 1*

ЦИКЛОВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧ С ИКМ

Цикловая синхронизация (ЦС) необходима для указания приемному оборудованию начала цикла ИКМ.

ЦС имеет определенную кодовую комбинацию 0011011 (ИКМ-30).

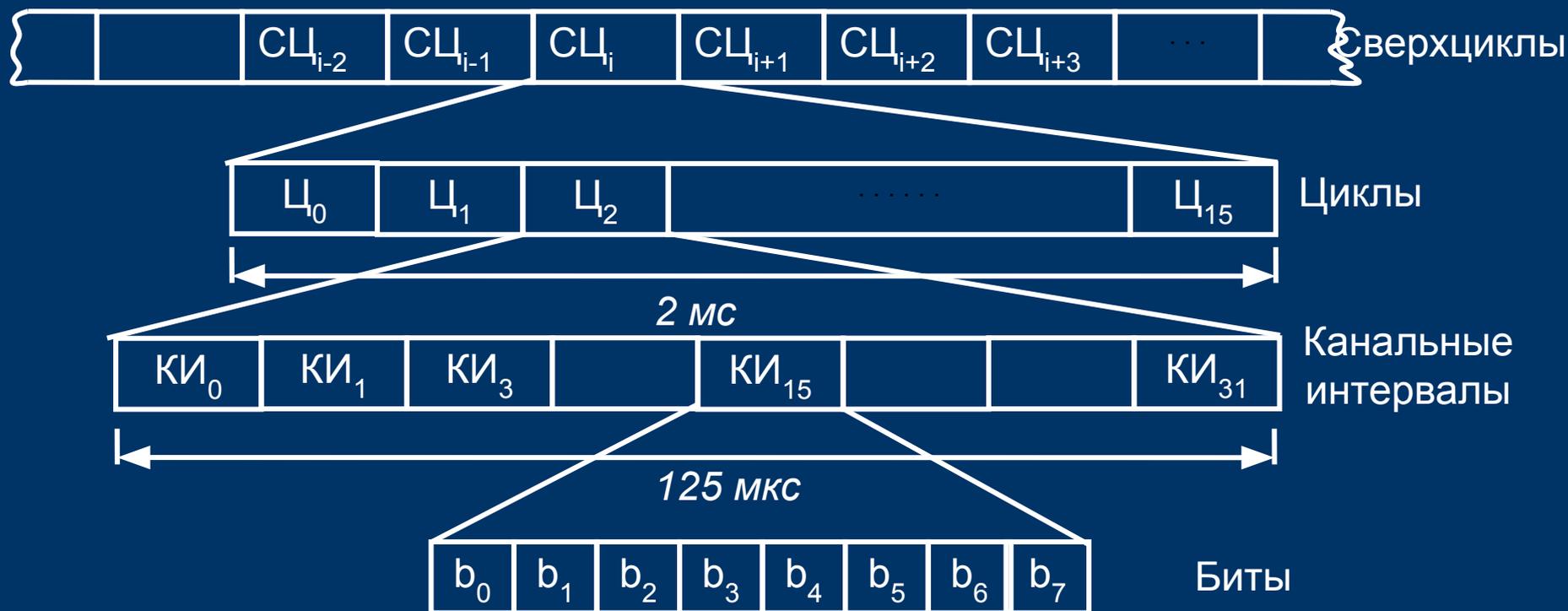
ЦС повторяется каждые 250 мкс.

СВЕРХЦИКЛОВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧ С ИКМ

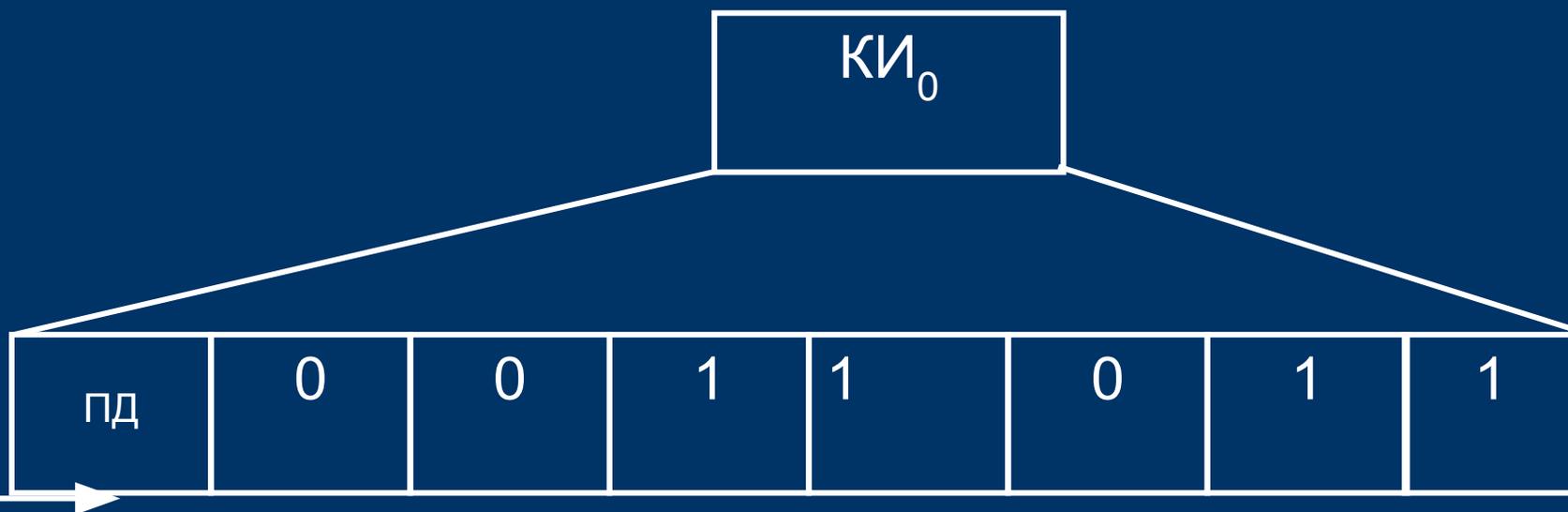
Сверхцикловая синхронизация (СЦС) указывает на начало сверхцикла и повторяется каждые 2 мс (125х16).

Кодовая комбинация СЦС - 0000.

ЦИКЛОВАЯ СТРУКТУРА ИКМ-30

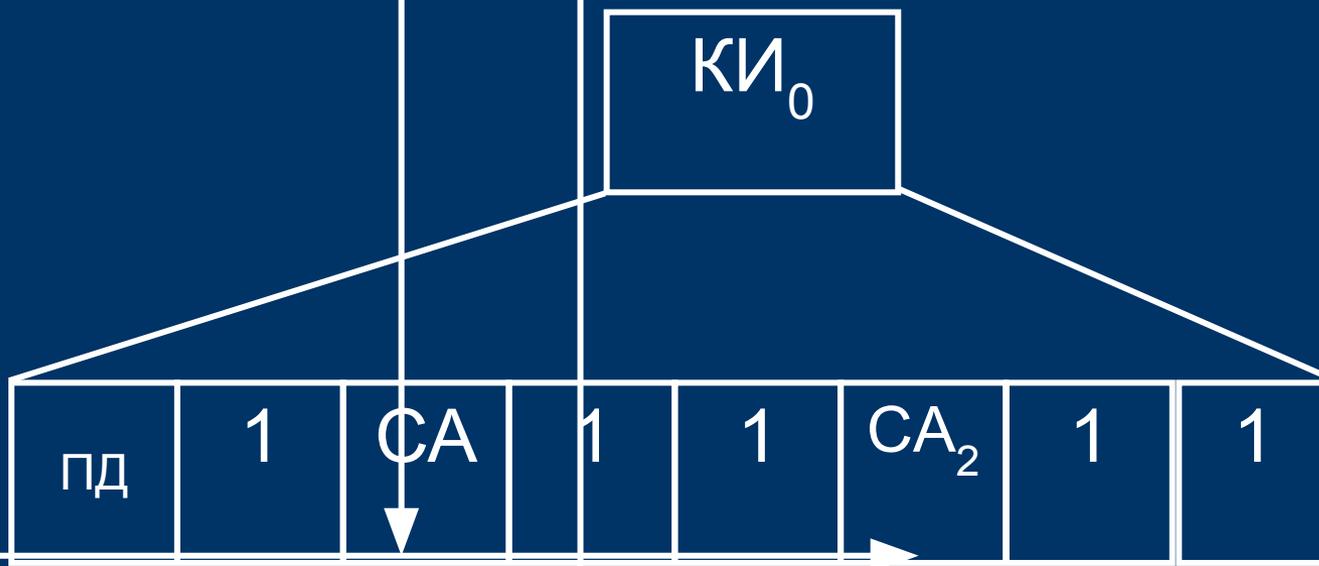


СОСТАВ СИГНАЛОВ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ В КИ₀ ЧЕТНОГО ЦИКЛА



Канал передачи данных (8 кбит/с)

СОСТАВ СИГНАЛОВ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ В $КИ_0$ НЕЧЕТНОГО ЦИКЛА



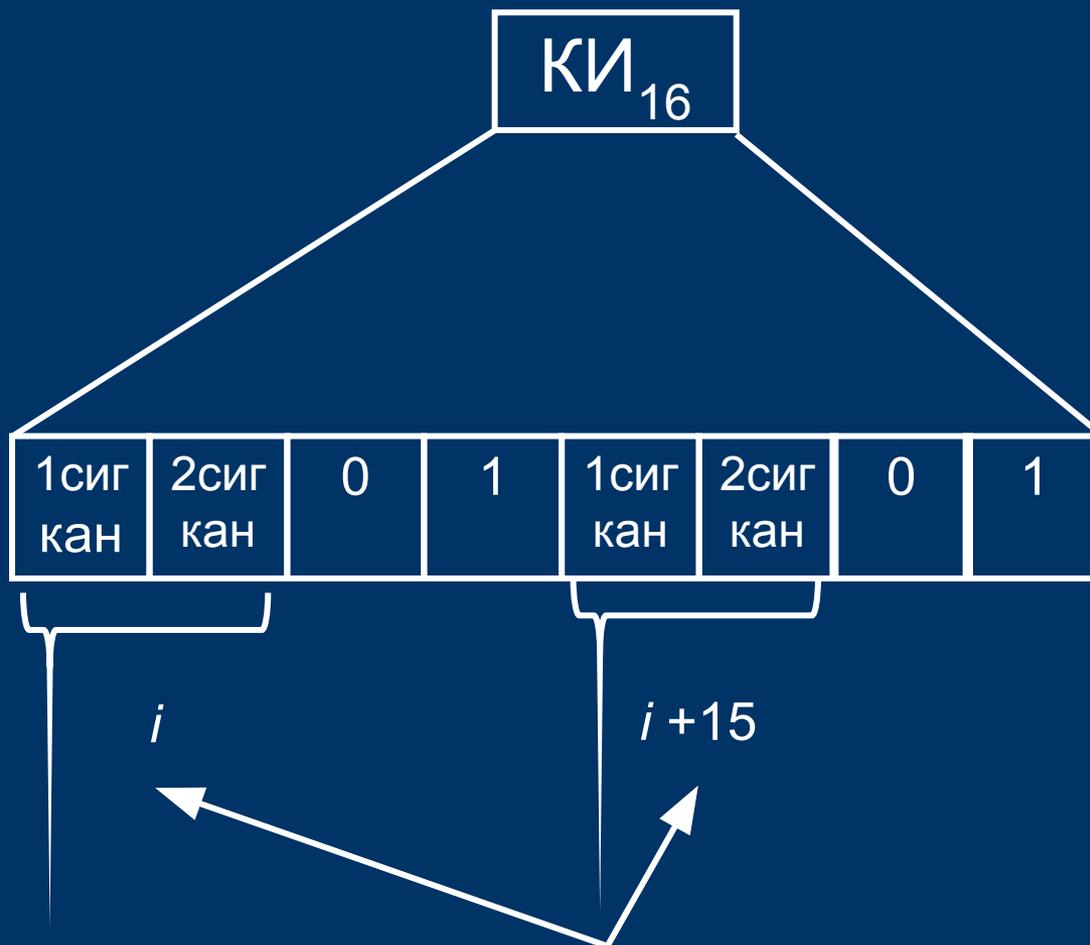
Авария остаточного затухания

Авария цикловой СС

СОСТАВ СИГНАЛОВ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ В КИ₁₆ НУЛЕВОГО ЦИКЛА



СОСТАВ СИГНАЛОВ, ПЕРЕДАВАЕМЫХ В КИ₁₆ НЕНУЛЕВОГО ЦИКЛА



Каналы сигнализации 2ВСК

РАЗМЕЩЕНИЕ СИГНАЛОВ 2ВСК В КИ₁₆ НЕНУЛЕВОГО ЦИКЛА

1 абонент	0	1	16 абонент	0	1	Ц ₁
2 абонент	0	1	17 абонент	0	1	Ц ₂
...			...			
14 абонент	0	1	29 абонент	0	1	Ц ₁₄
15 абонент	0	1	30 абонент	0	1	Ц ₁₅

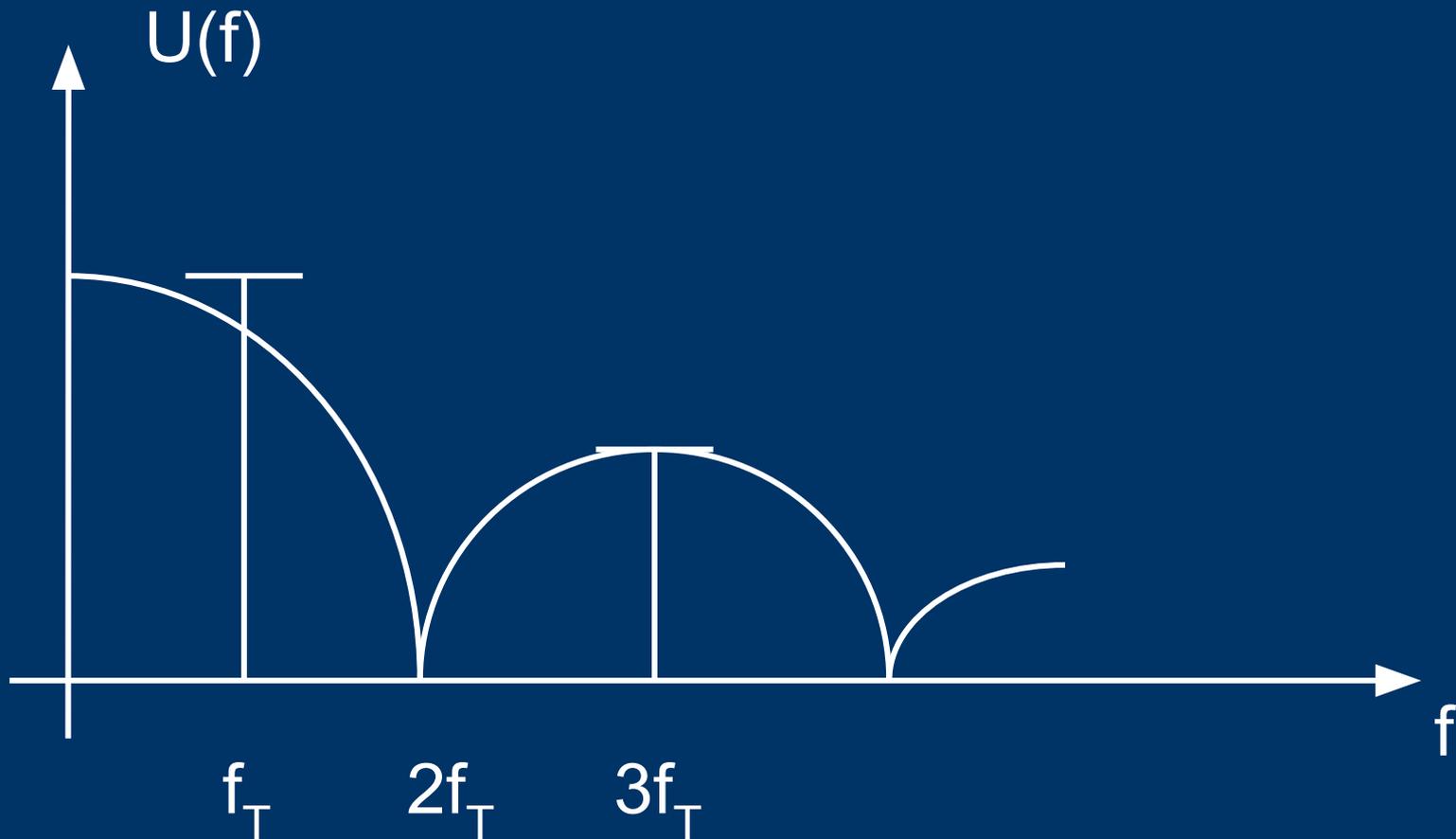


8 бит

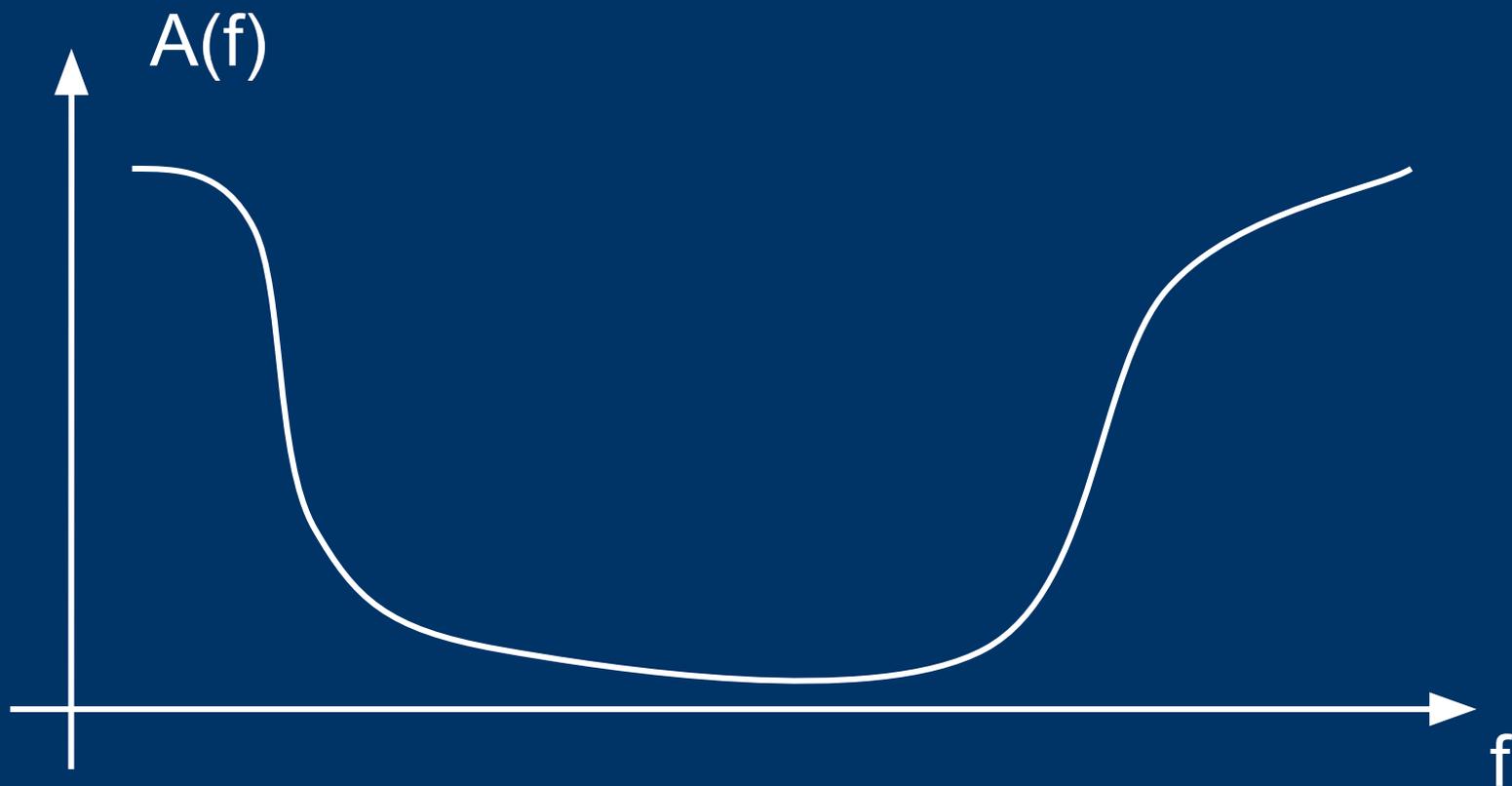
ЛИНЕЙНЫЙ ТРАКТ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ С ИКМ



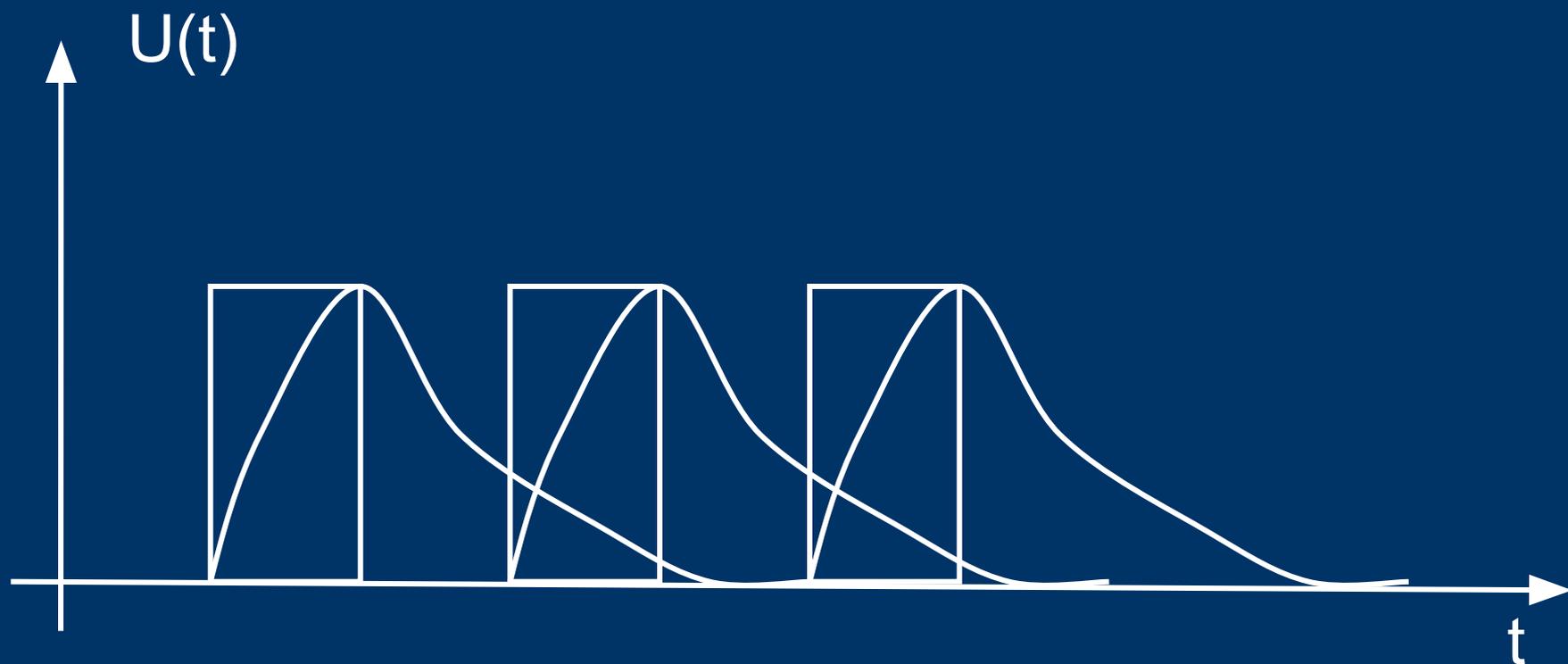
СПЕКТР ИКМ-СИГНАЛА



ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ ЛИНИИ СВЯЗИ



МЕЖИМПУЛЬСНЫЕ ПОМЕХИ 1 РОДА



МЕЖИМПУЛЬСНЫЕ ПОМЕХИ 2 РОДА



ТРЕБОВАНИЯ К ЛИНЕЙНОМУ ЦИФРОВОМУ СИГНАЛУ

1. Иметь как можно более узкий энергетический спектр. В нем должна отсутствовать постоянная составляющая и ослаблены высоко- и низкочастотные составляющие;
2. Иметь высокую и почти постоянную плотность импульсов (количество импульсов на единицу времени);
3. Обеспечивать возможность выделения тактовой частоты.

КОД С ЧЕРЕДОВАНИЕМ ПОЛЯРНОСТИ ИМПУЛЬСОВ

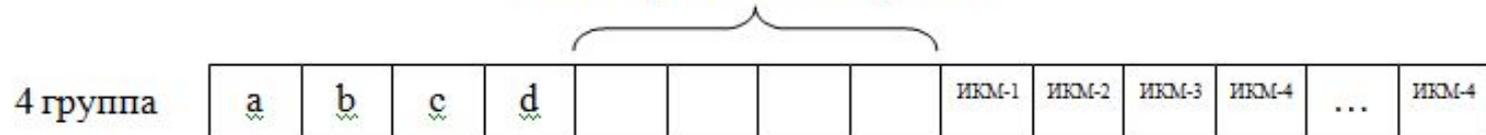
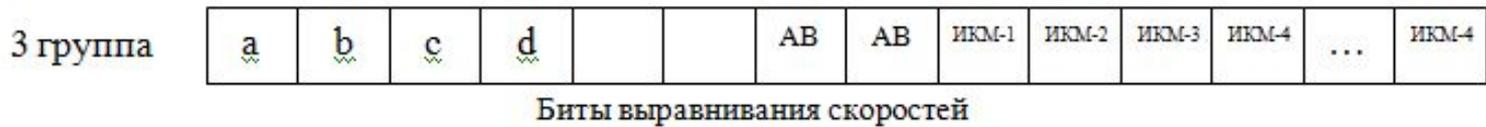
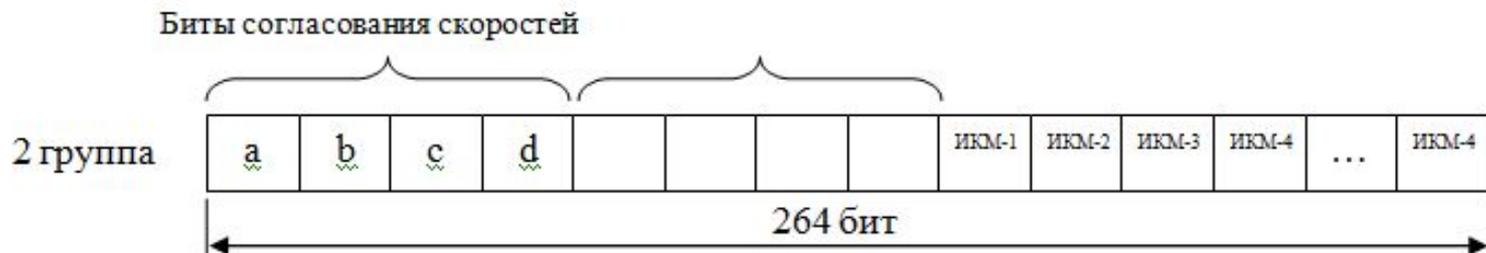
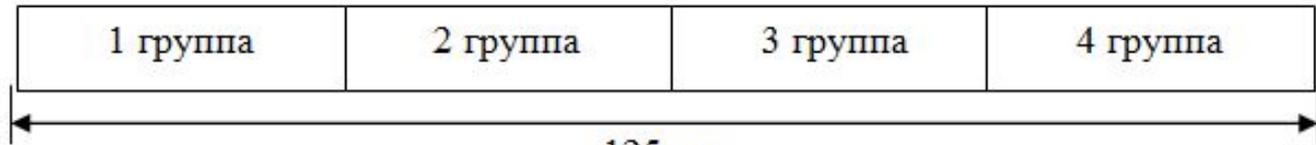
Исходный двоичный код



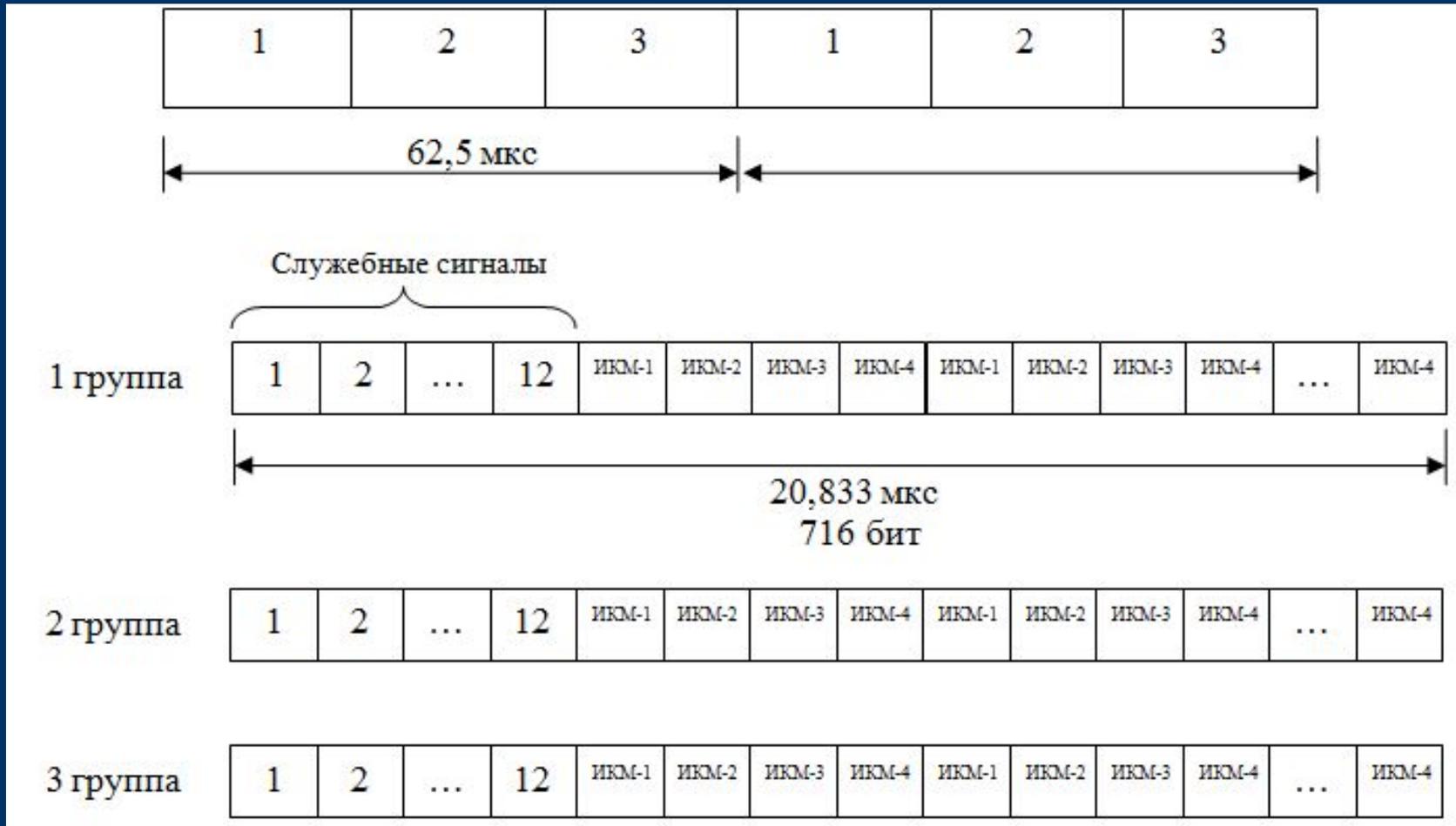
Код с чередованием полярности импульсов



СТРУКТУРА ИКМ-120



СТРУКТУРА ИКМ-480



ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧ С ИКМ

Параметр	ИКМ-30	ИКМ-120	ИКМ-480	ИКМ-1920
Число каналов	30	120	480	1920
Скорость передачи входных потоков, кбит/с	-	2048 ($1 \pm 3 \cdot 10^{-5}$)	8448 ($1 \pm 2 \cdot 10^{-5}$)	34368 ($1 \pm 1,5 \cdot 10^{-5}$)
Скорость передачи выходных потоков, кбит/с	2048 ($1 \pm 3 \cdot 10^{-5}$)	8448 ($1 \pm 2 \cdot 10^{-5}$)	34368 ($1 \pm 1,5 \cdot 10^{-5}$)	139264 (1 ± 10^{-5})
Тип кода линейного сигнала	СМІ	СМІ или HDB-3	HDB-3	HDB-3
Среднее время восстановления циклового синхронизма, мс	2+2 (СЦС)	0,75	0,5	0,15
Коэффициент ошибок на линейном тракте постоянной длины	10^{-7}	10^{-7}	10^{-7}	10^{-7}
Тип кабеля	Т, ТПП (КСПП)	МКС, ЗКЛ	МКТ-4	КМБ-4
Длина участка регенерации, км	До 2,7 (3,8)	$5 \pm 0,5$	2,3...3,2	2,75...3,15
Максимальная длина секции ДП, км	43 (110)	200	200	240
Максимальная дальность связи, км	85 (440)	600	2500	2500
Максимальное число НРП между обслуживаемыми станциями	20 (28)	40	80	80

НЕДОСТАТКИ СП ПЛЕЗИОХРОННОЙ ИЕРАРХИИ

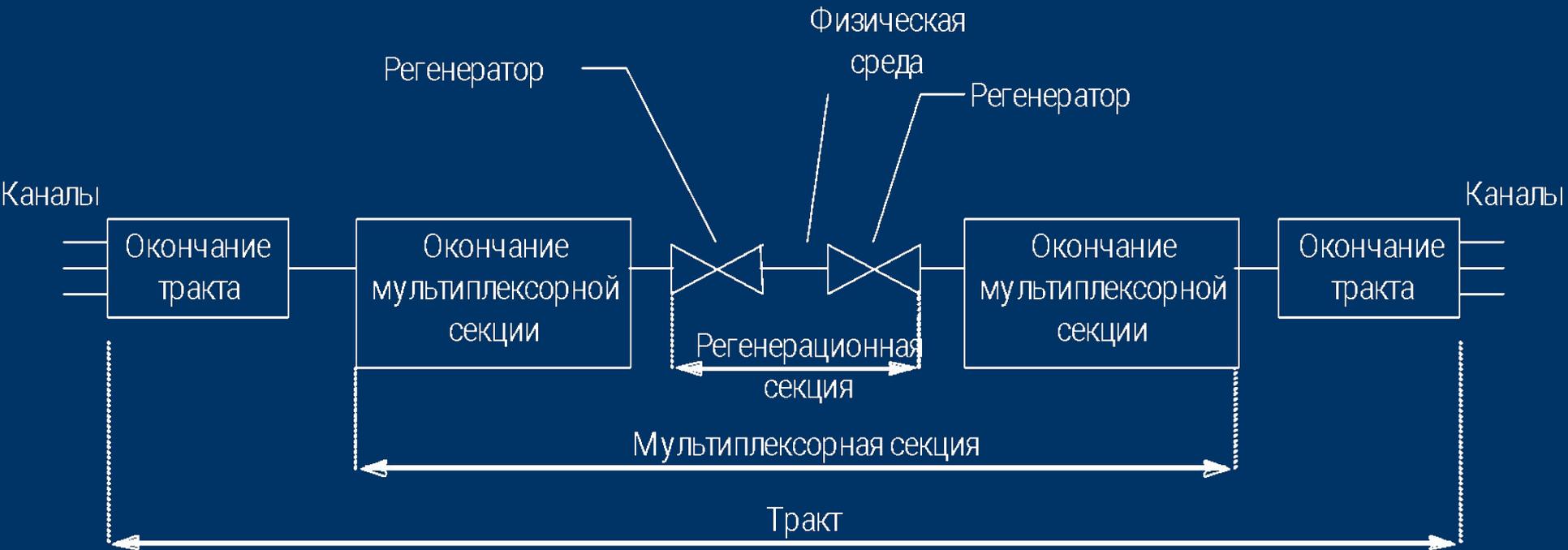
1. Наличие трех различных иерархий европейской, американской, японской сильно затрудняет организацию международной связи.
2. Затруднен ввод/вывод цифровых потоков в промежуточных пунктах. Требуется большое количество сложного оборудования.
3. Отсутствие средств сетевого автоматизированного контроля и управления, без которых невозможно создать сеть связи, удовлетворяющую современным требованиям к качеству обслуживания и надежности.
4. Длительное время вхождения в синхронизм при его потере.

СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ СИНХРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ИЕРАРХИИ (СЦИ)

Существует две иерархии СЦИ:

1. Американская SONET
(synchronous optical network).
2. Европейская SDH (synchronous
digital hierarchy).

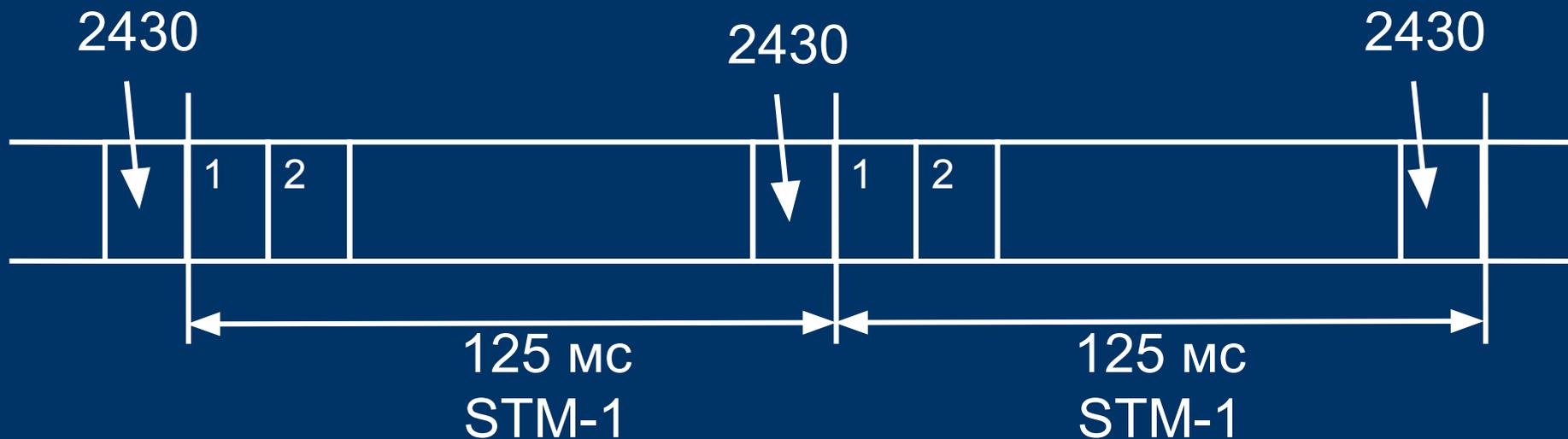
ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ СЦИ



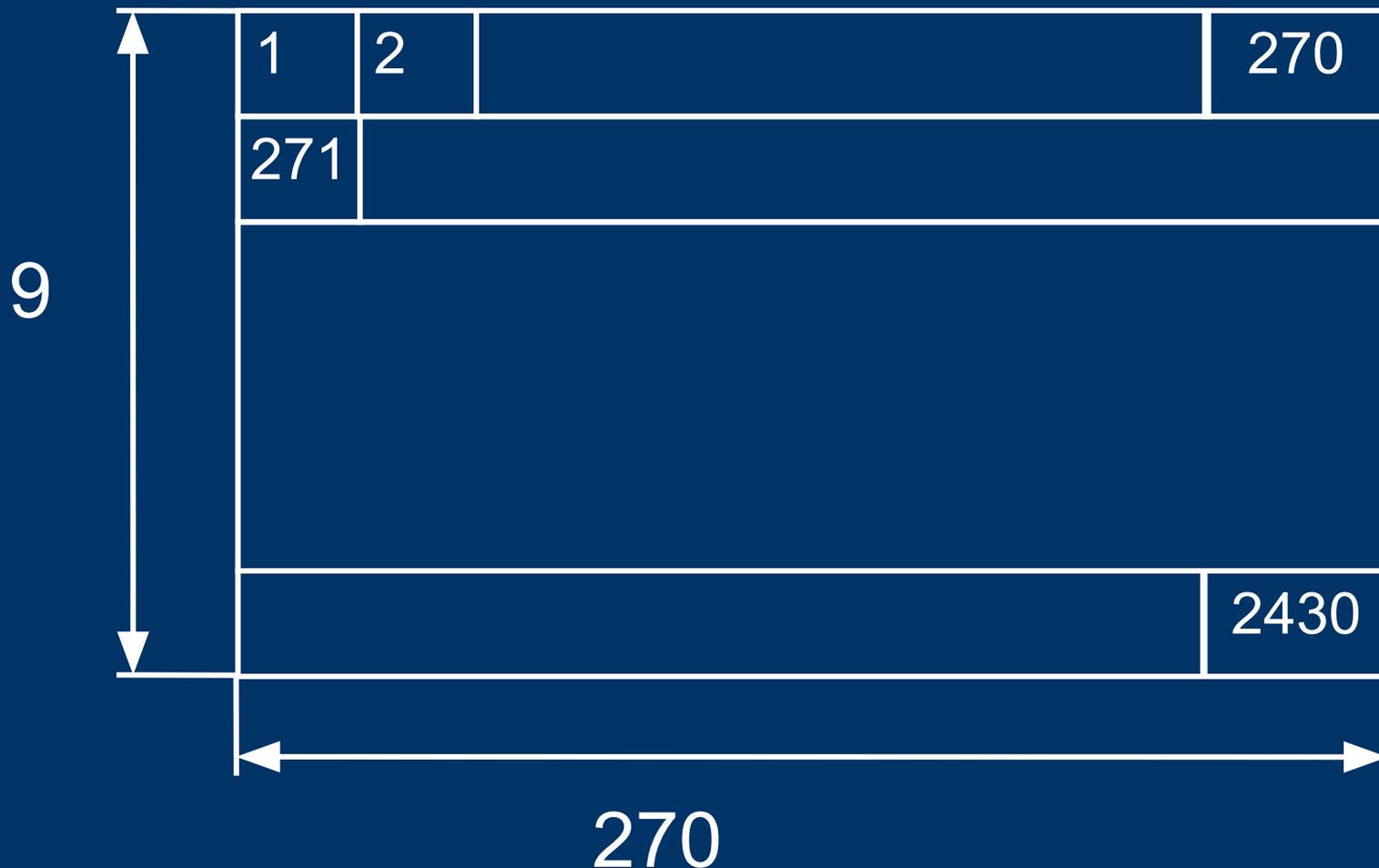
УРОВНИ СЦИ

Уровень	Модуль	Скорость передачи
1	STM-1	155 Мбит/с
4	STM-4	622 Мбит/с
16	STM-16	2,5 Гбит/с
64	STM-64	10 Гбит/с

СТРУКТУРА КАДРА STM-1



ДВУХМЕРНАЯ СТРУКТУРА КАДРА STM-1



СОСТАВ КАДРА STM-1



МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕ КАДРОВ СЦИ

STM-1 #1



STM-1 #2



STM-2



ПРИМЕР МУЛЬТИПЛЕКСРОВАННОГО КАДРА STM

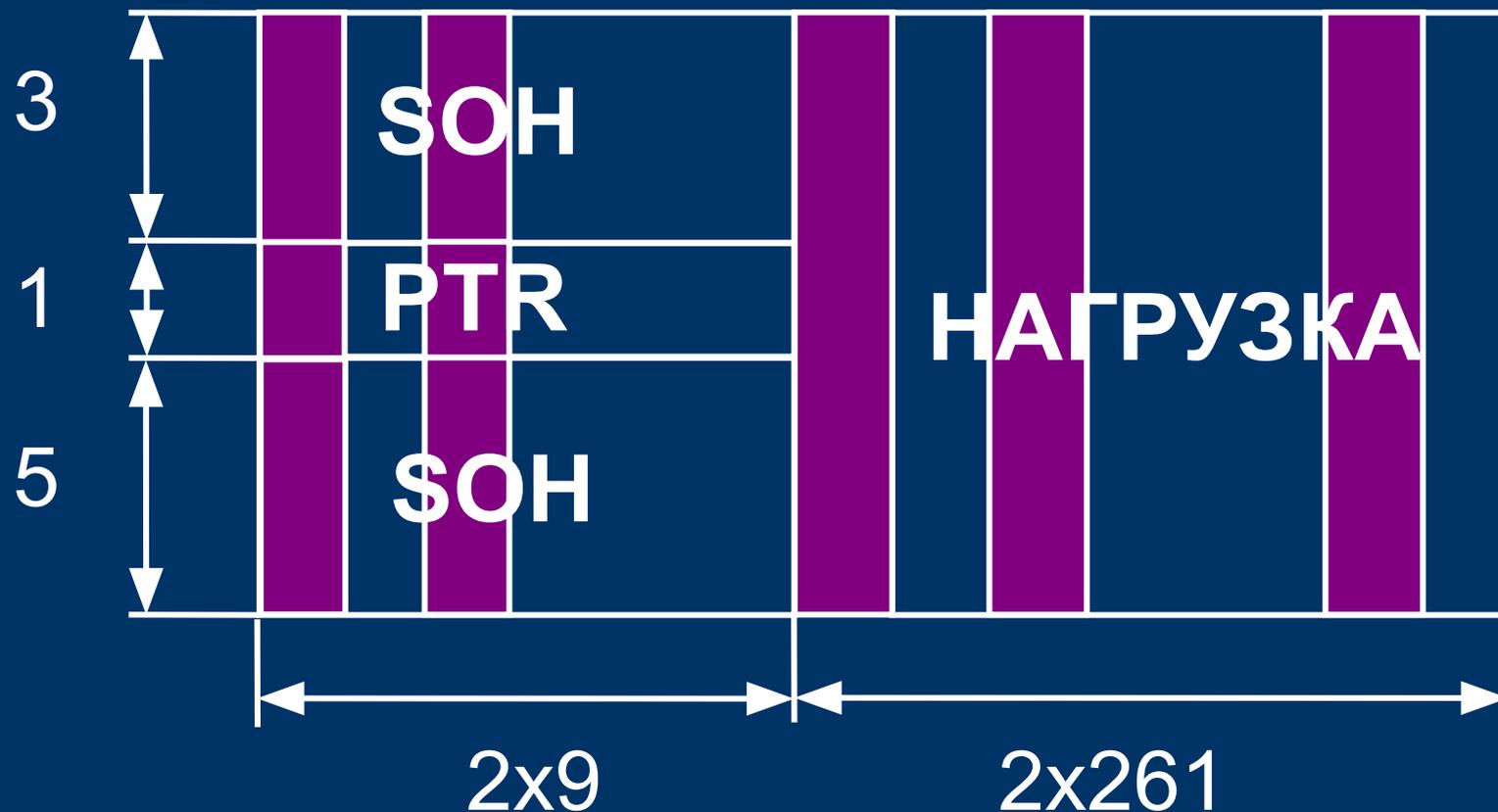
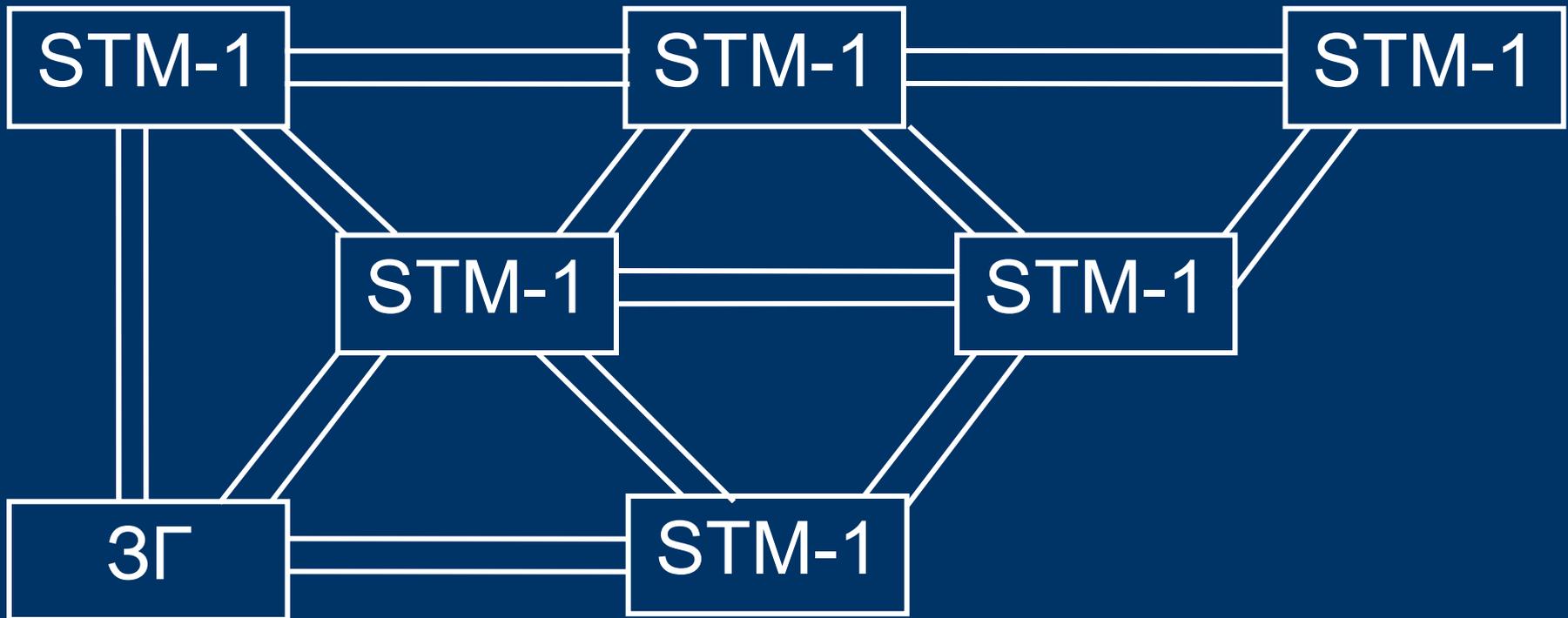
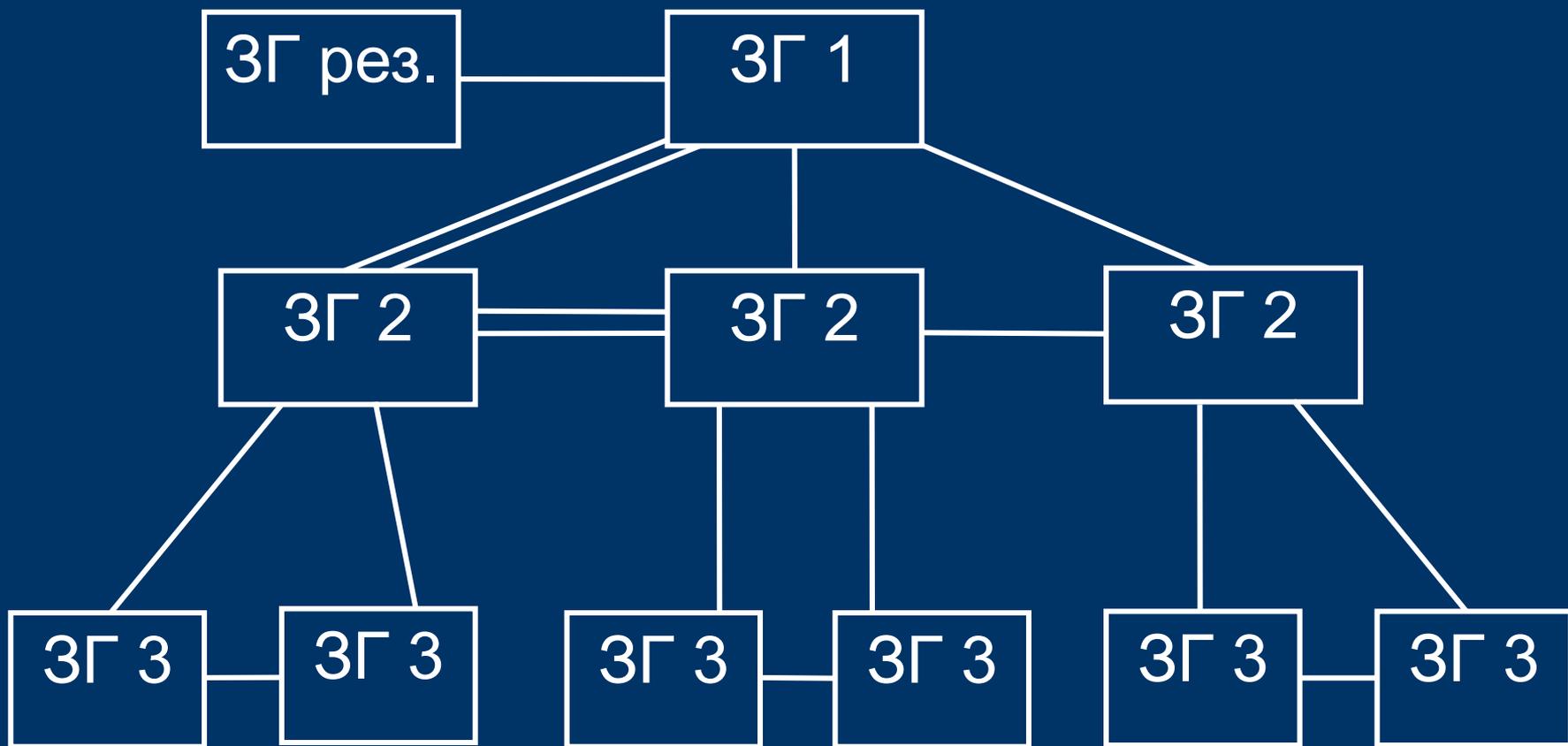


СХЕМА ПЕРЕДАЧИ СИНХРОСИГНАЛА В СЦИ

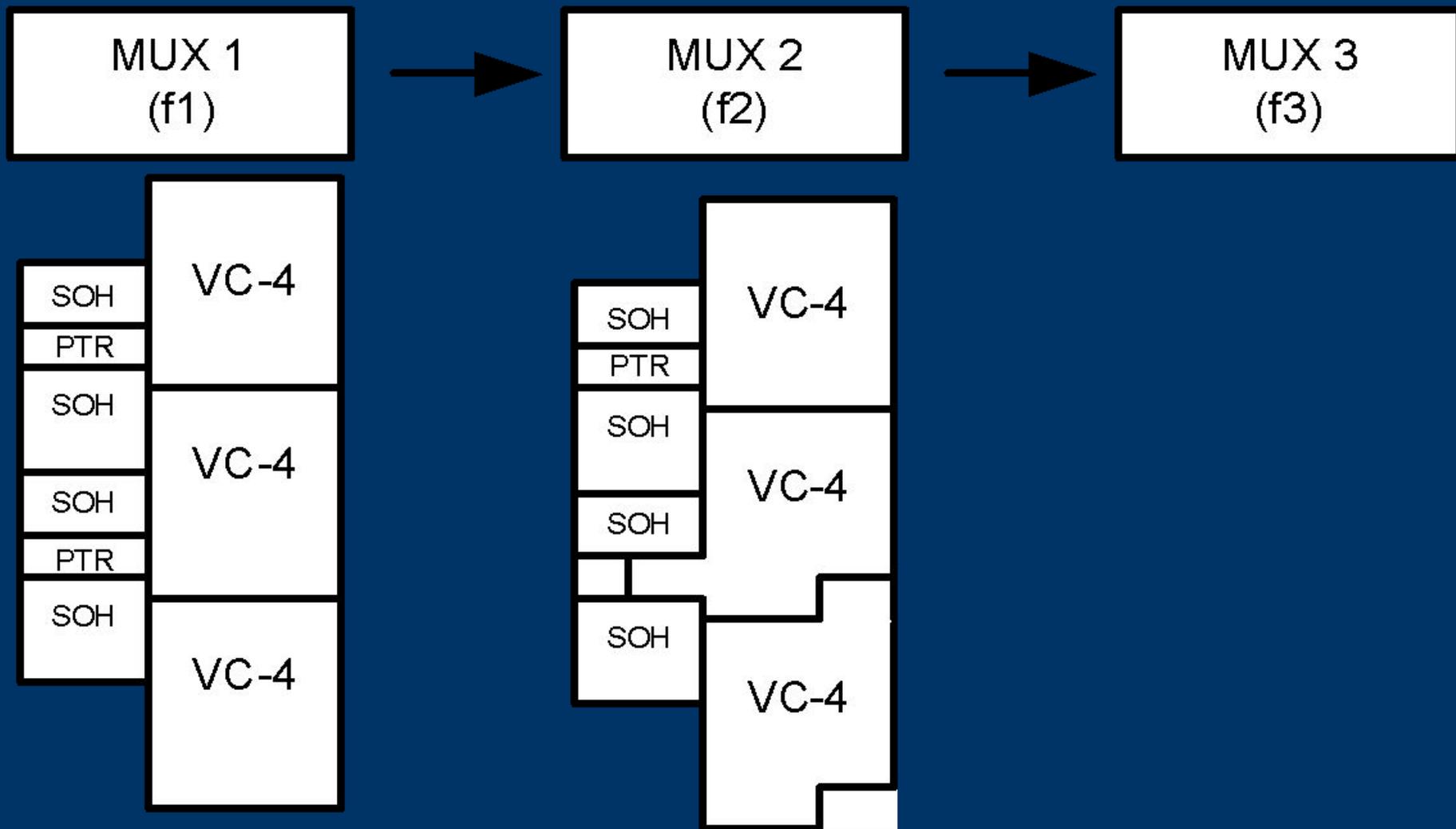


ИЕРАРХИЯ ГЕНЕРАТОРОВ В СЦИ



ВЫРАВНИВАНИЕ В СЦИ

$f1 > f2$



ОПТИЧЕСКИЙ ЛИНЕЙНЫЙ КОД СЦИ



В СЦИ используется $\lambda_1 = 1310$ нм, $\lambda_2 = 1550$ нм

ОПТИЧЕСКИЙ ЛИНЕЙНЫЙ КОД СЦИ процедура скрэмлирования

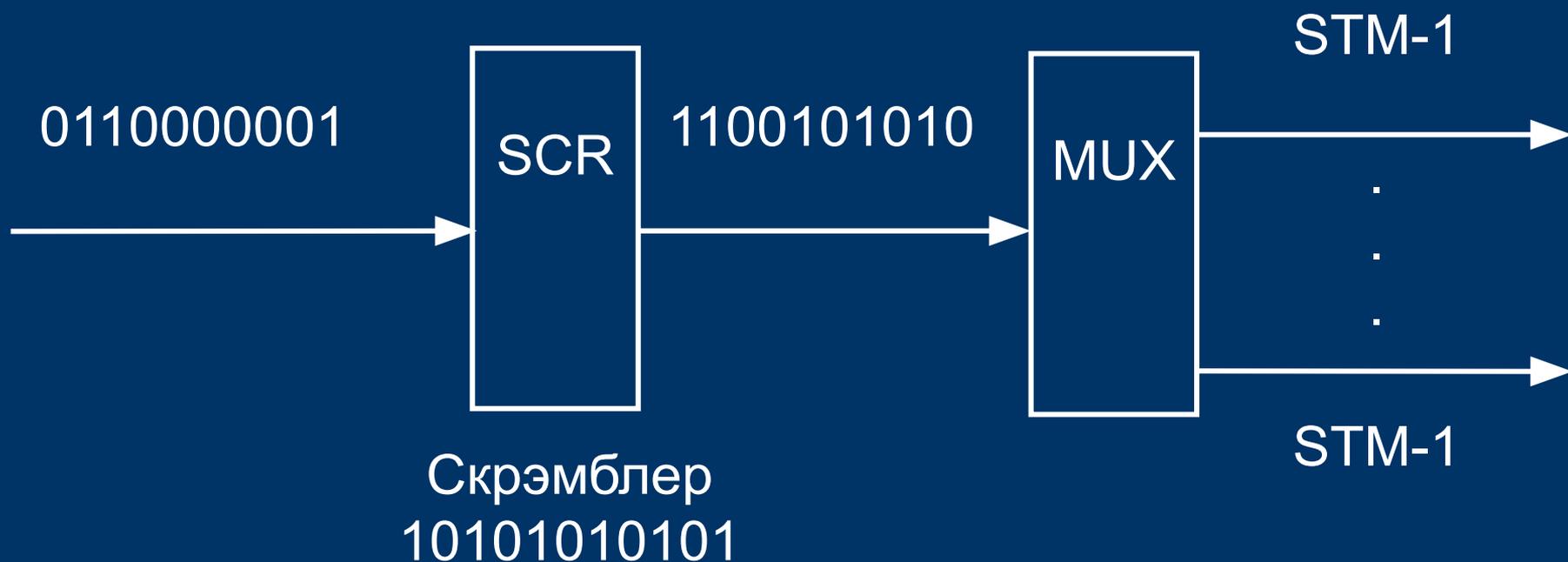
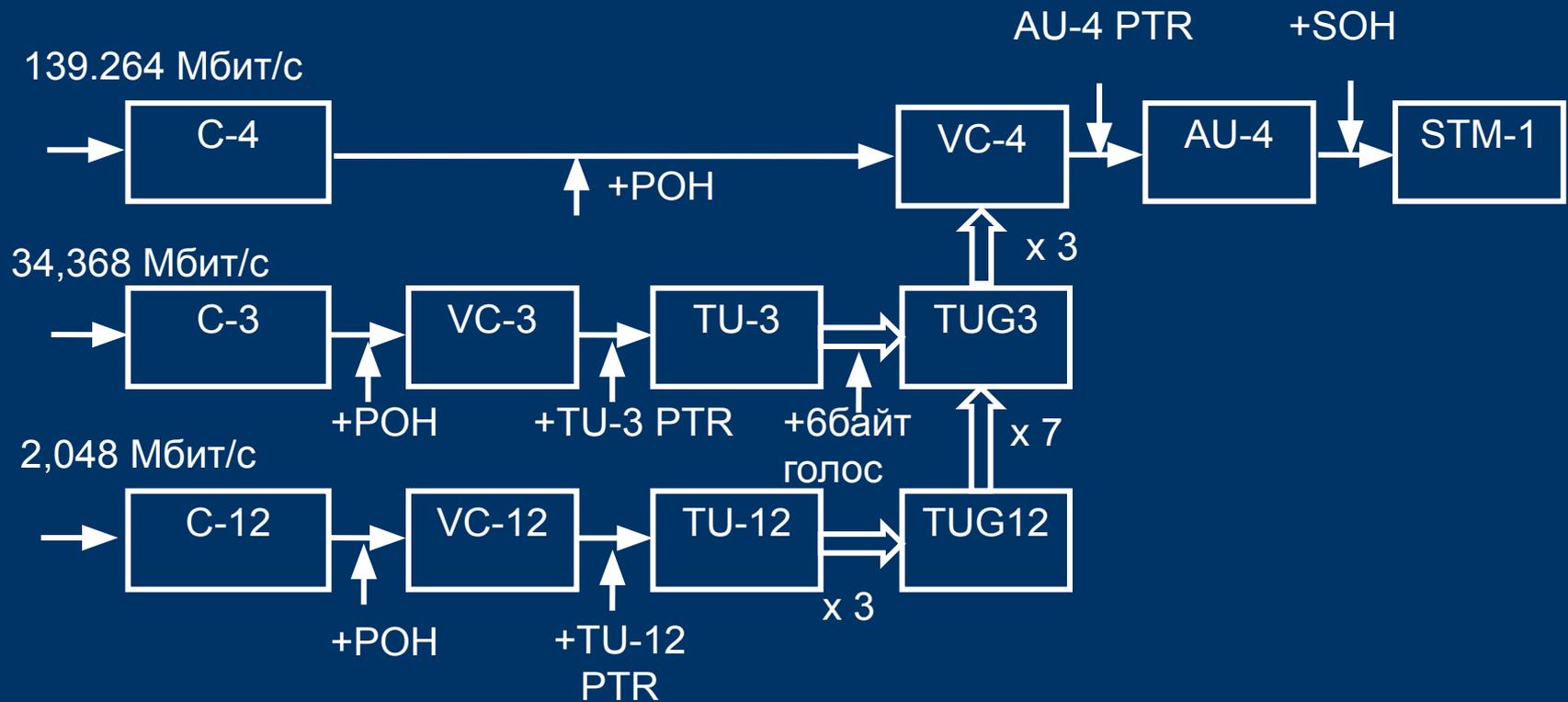
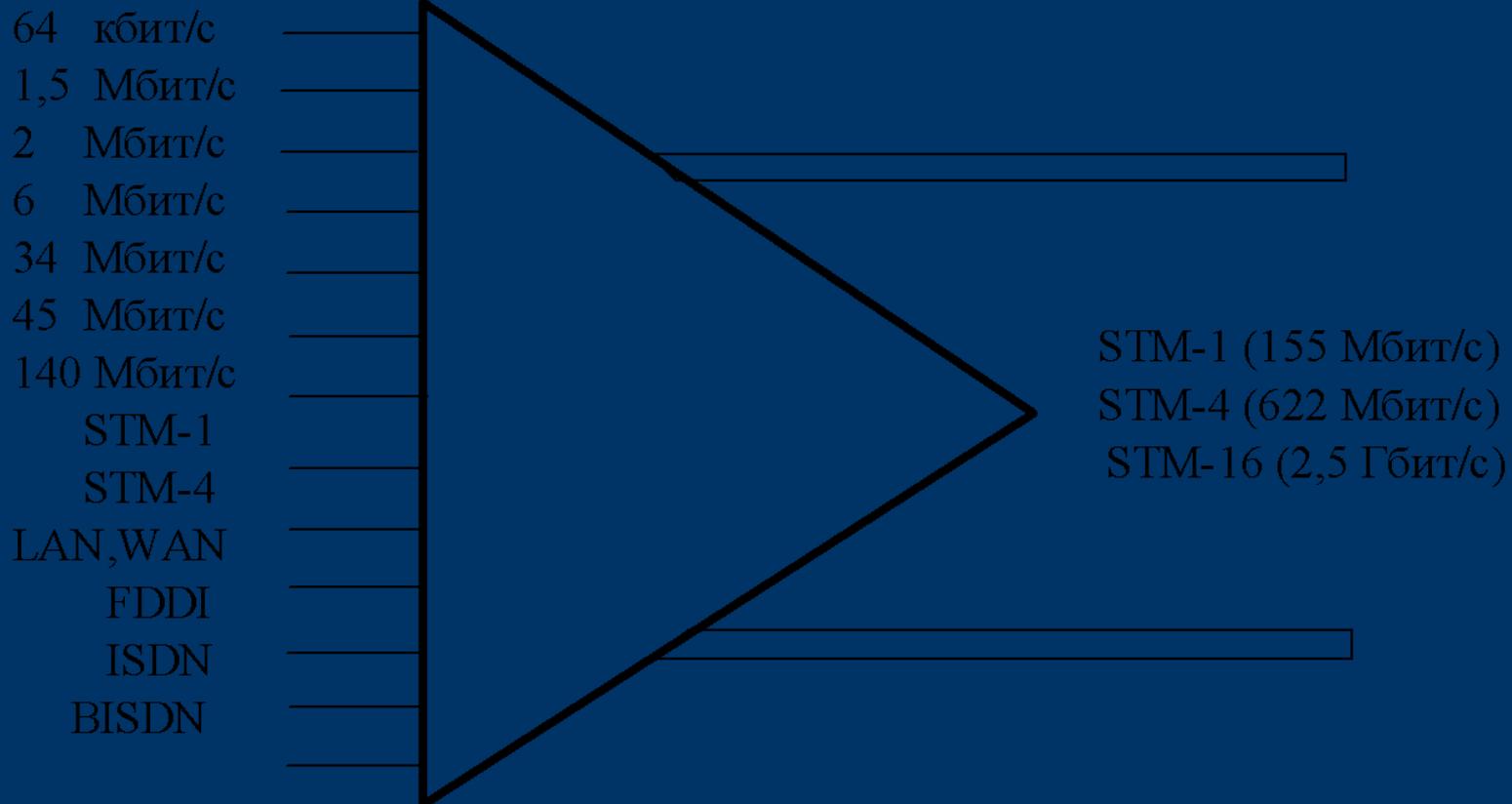


СХЕМА ФОРМИРОВАНИЯ КАДРА STM-1



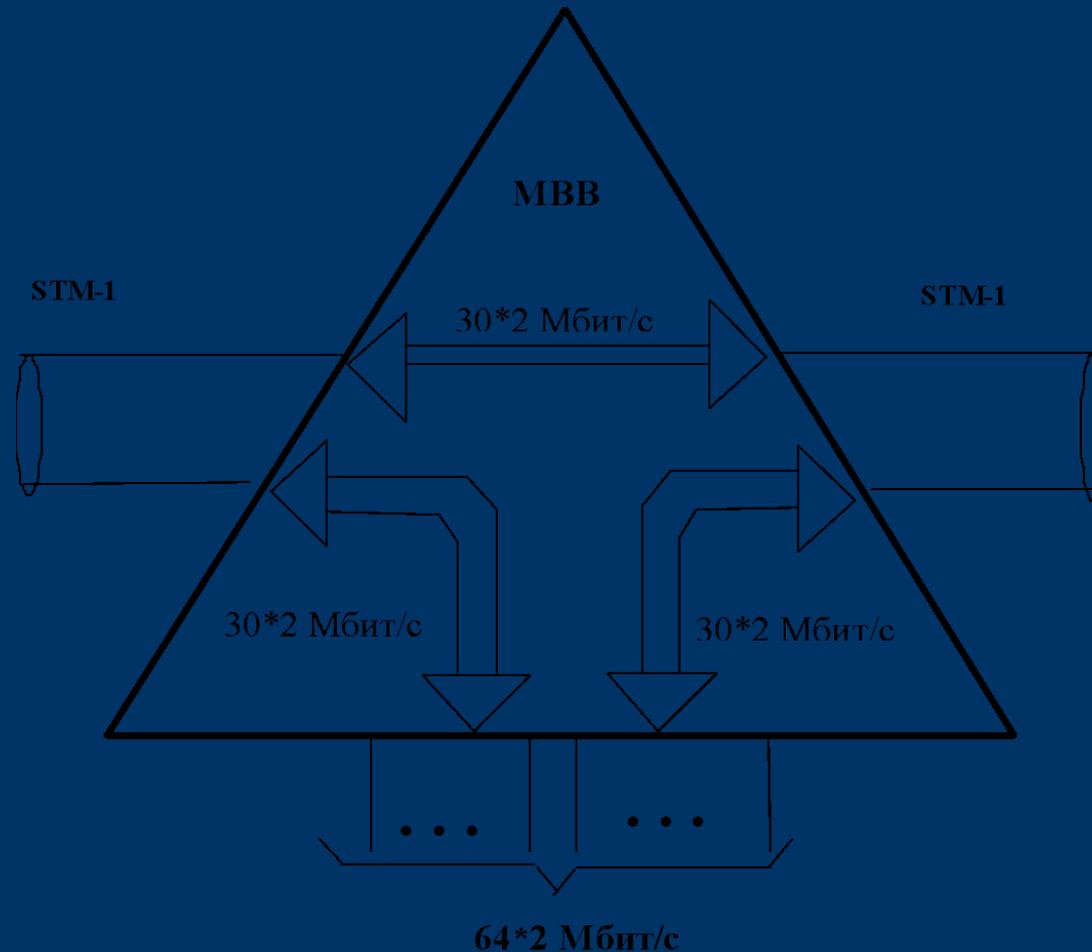
АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ СЦИ

Синхронные мультиплексоры



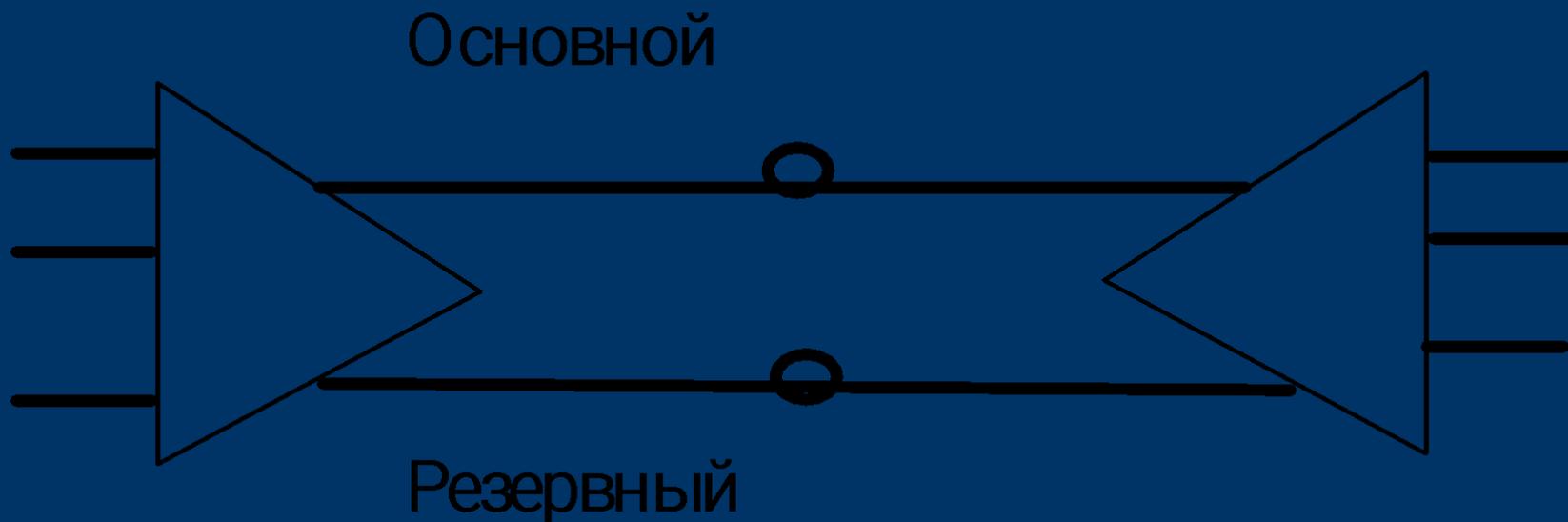
АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ СЦИ

Мультиплексор ввода-вывода



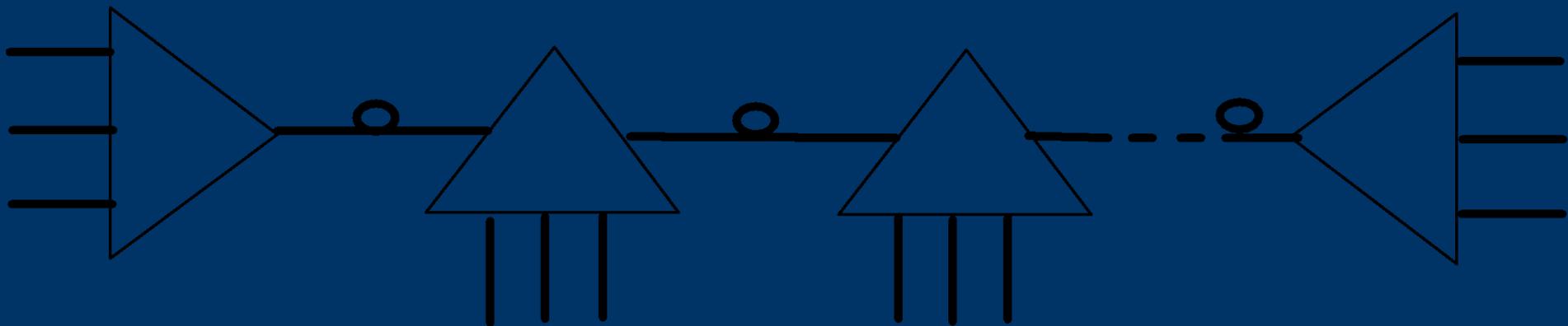
АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ СЦИ

Топология СЦИ: точка – точка



АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ СЦИ

Топология СЦИ: цепочка



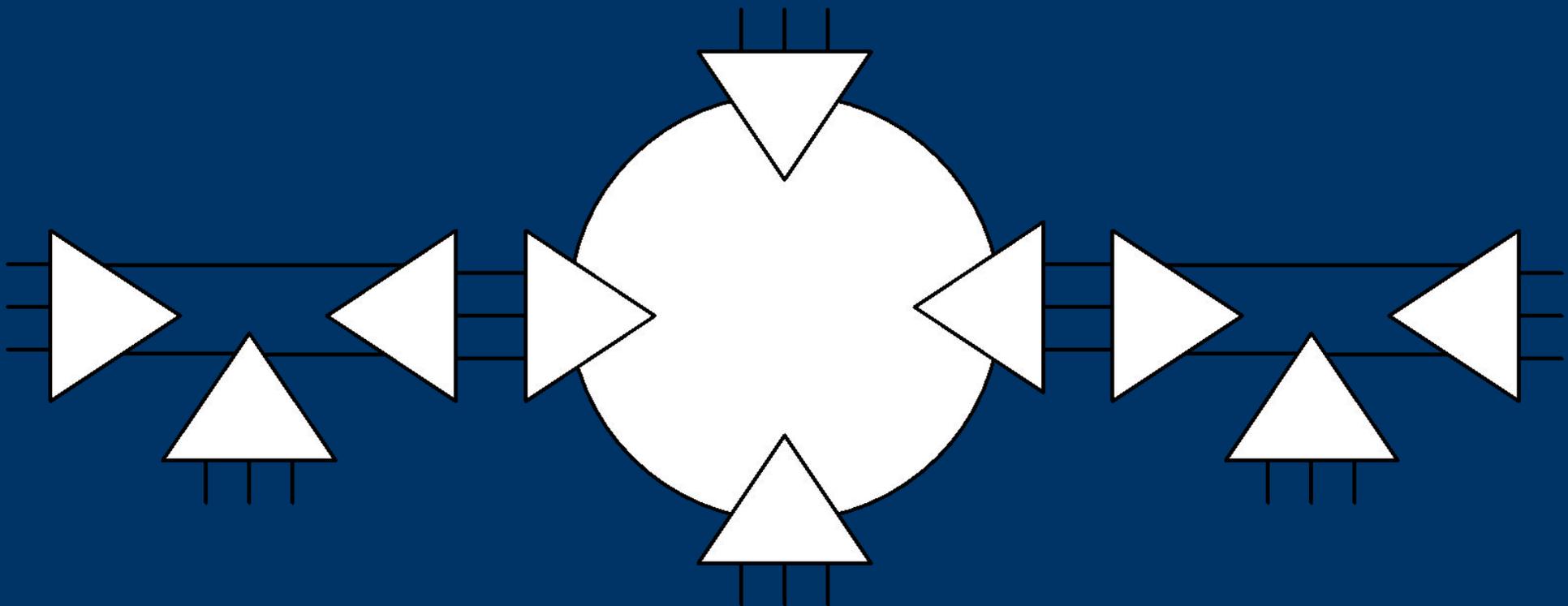
АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ СЦИ

Топология СЦИ: кольцо



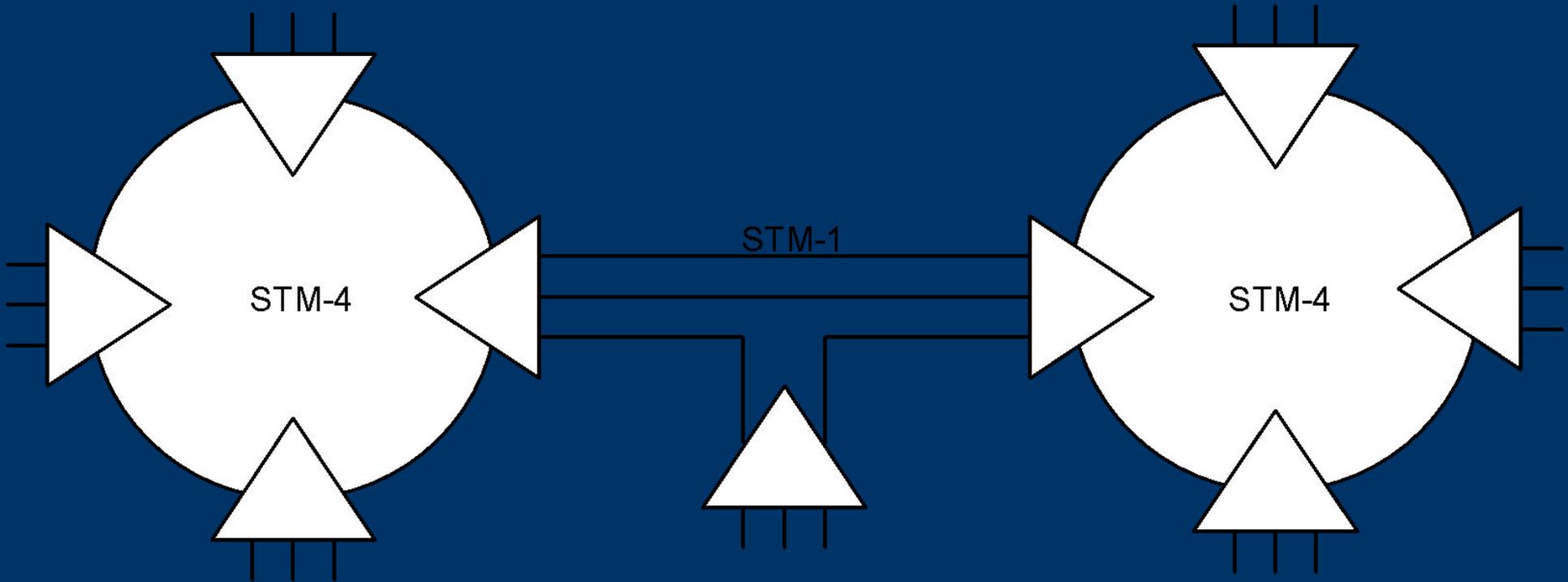
АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ СЦИ

Радиально-кольцевая архитектура



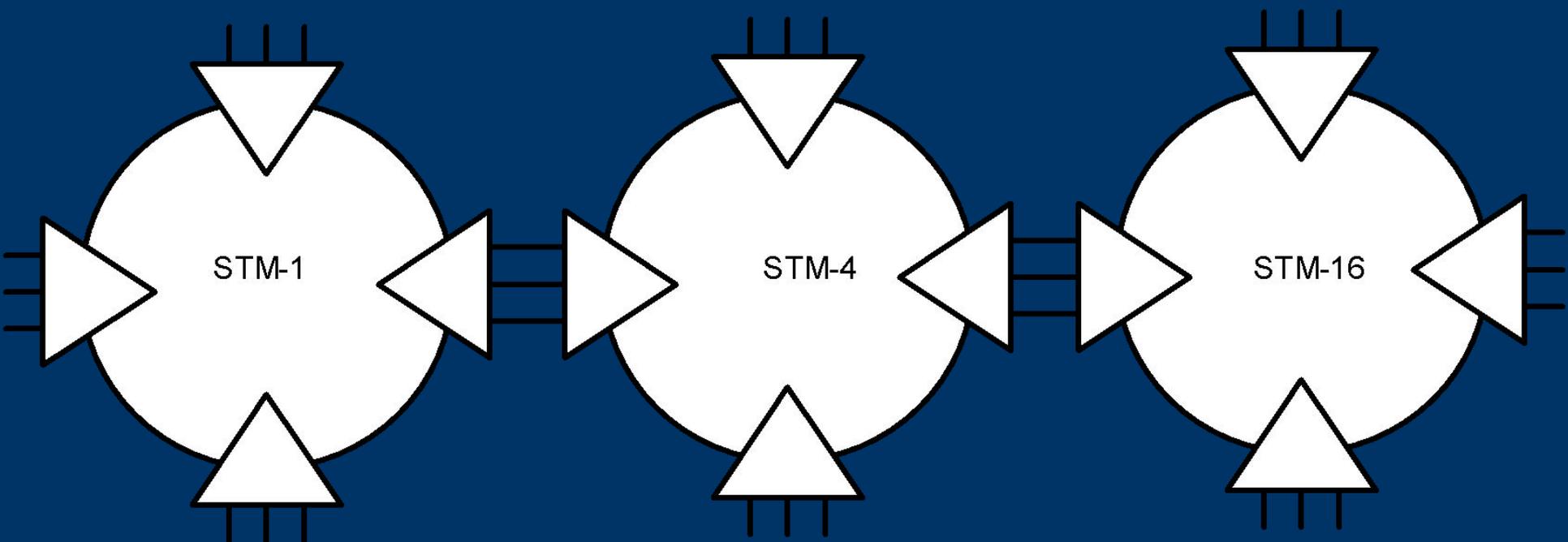
АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ СЦИ

Архитектура кольцо-кольцо

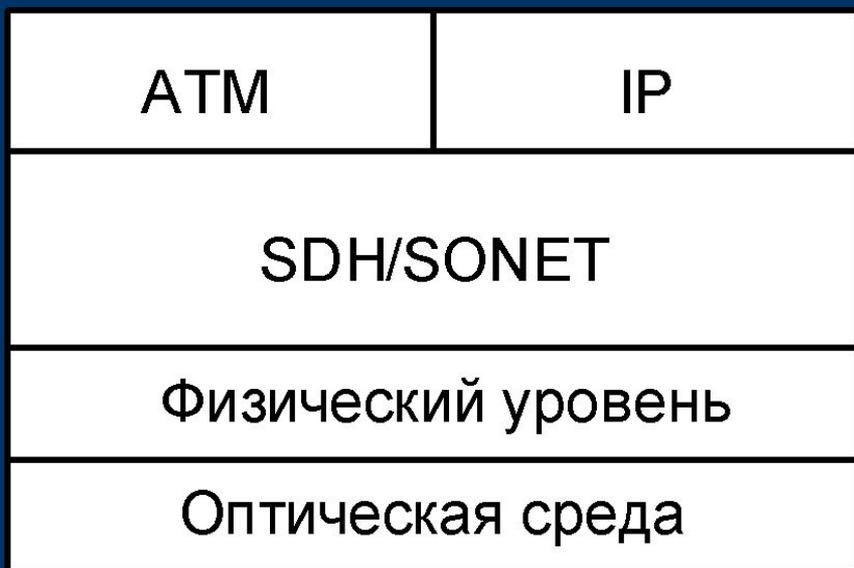


АРХИТЕКТУРА ПОСТРОЕНИЯ СЦИ

Архитектура каскадного соединения колец



СП С ВОЛНОВЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ



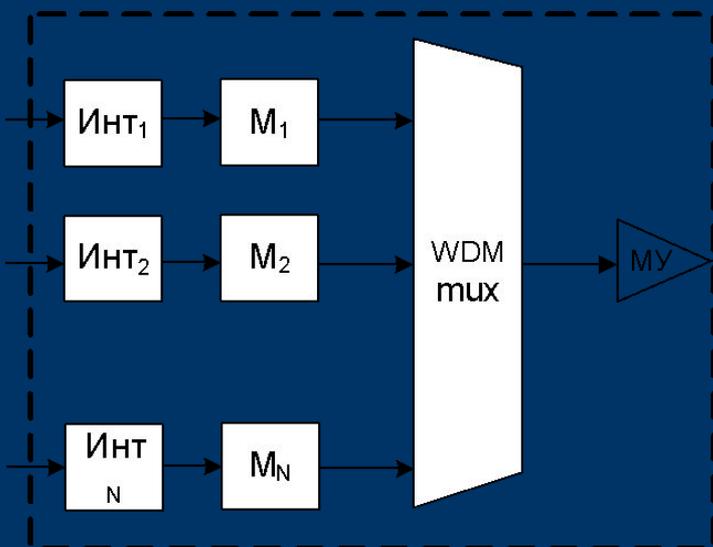
*До внедрения
технологии WDM.*



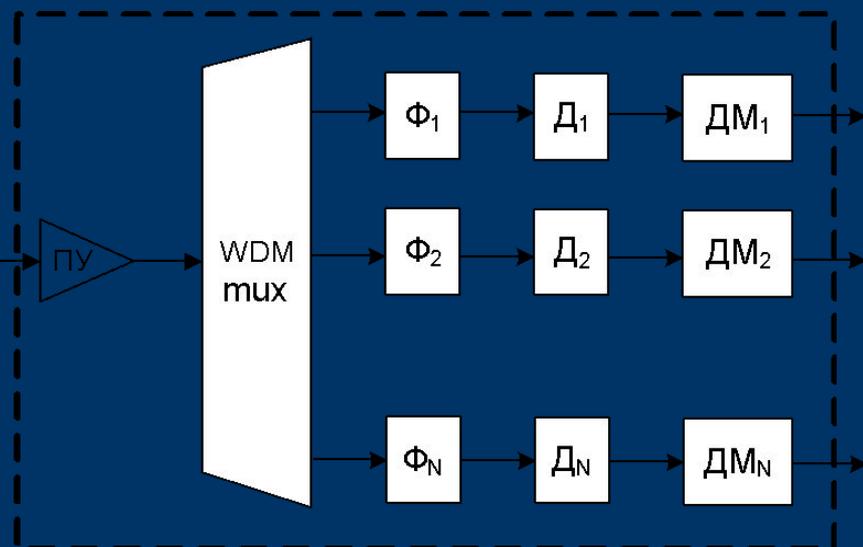
*После внедрения
технологии WDM.*

СП С ВОЛНОВЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ

Передающая часть



Приемная часть



Оптический
кабель

СП С ВОЛНОВЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ

Стандартный частотный план с разносом частот 100 ГГц

f, ТГц	196,1	196,0	195,9	195,8	195,7	...	191,4	191,3	191,2	191,1	191,0
λ , нм	1528,77	1529,55	1530,33	1531,12	1531,90	...	1566,31	1567,13	1567,95	1569,59	1568,77

Стандартный частотный план с разносом частот 200 ГГц

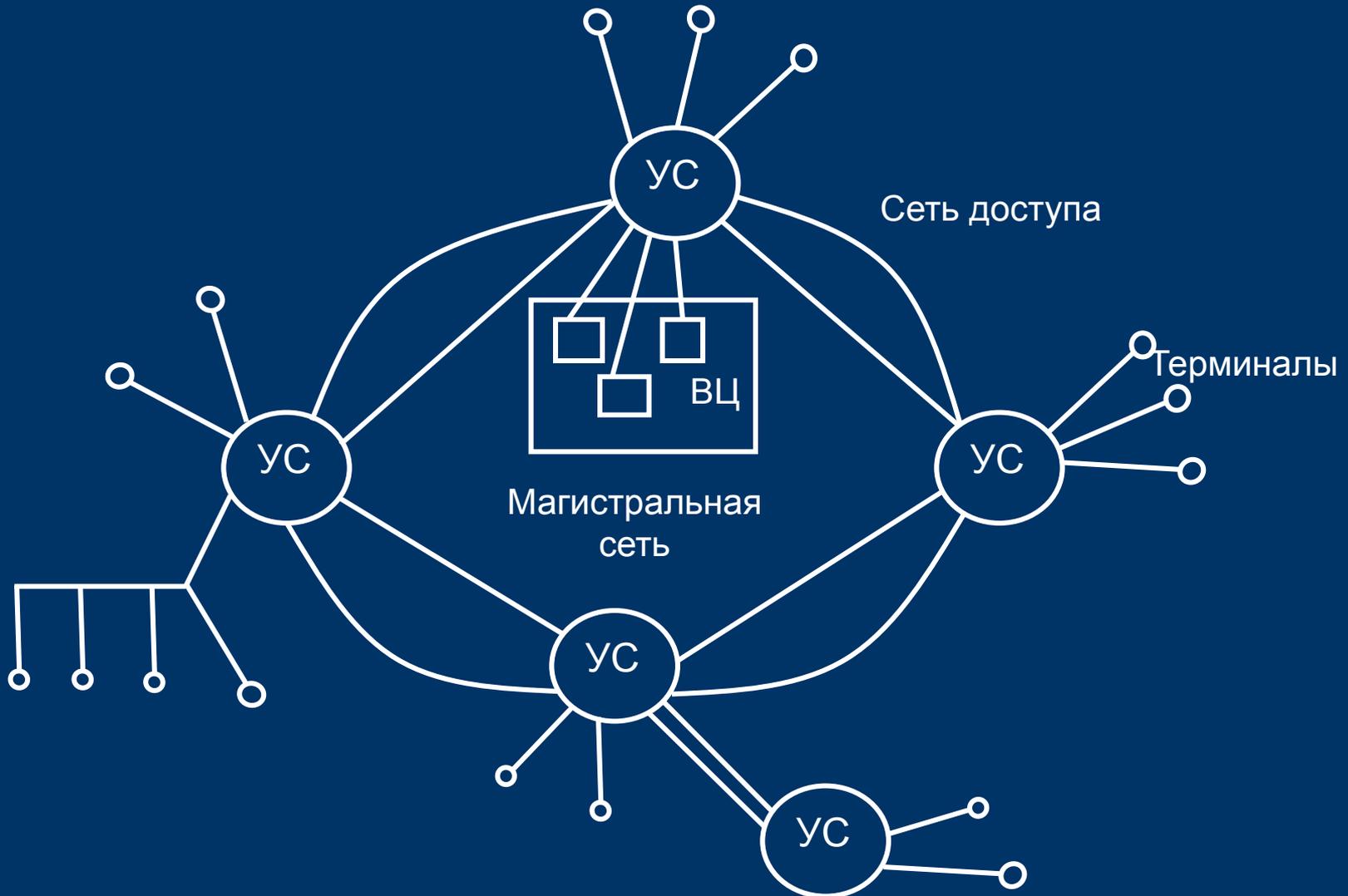
f, ТГц	196,1	195,9	195,7	195,5	195,3	...	191,9	191,7	191,5	191,3	191,1
λ , нм	1528,77	1530,33	1531,90	1533,47	1535,04	...	1562,23	1563,86	1565,50	1567,13	1568,77

СП С ВОЛНОВЫМ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ

Классификация:

1. Системы WDM – системы с частотным разносом каналов не менее 200 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 16 каналов.
2. Системы DWDM – системы с разносом каналов не менее 100 ГГц, позволяющие мультиплексировать не более 64 каналов.
3. Системы HDWDM – системы с разносом каналов 50 ГГц и менее, позволяющие мультиплексировать не менее 64 каналов.

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ



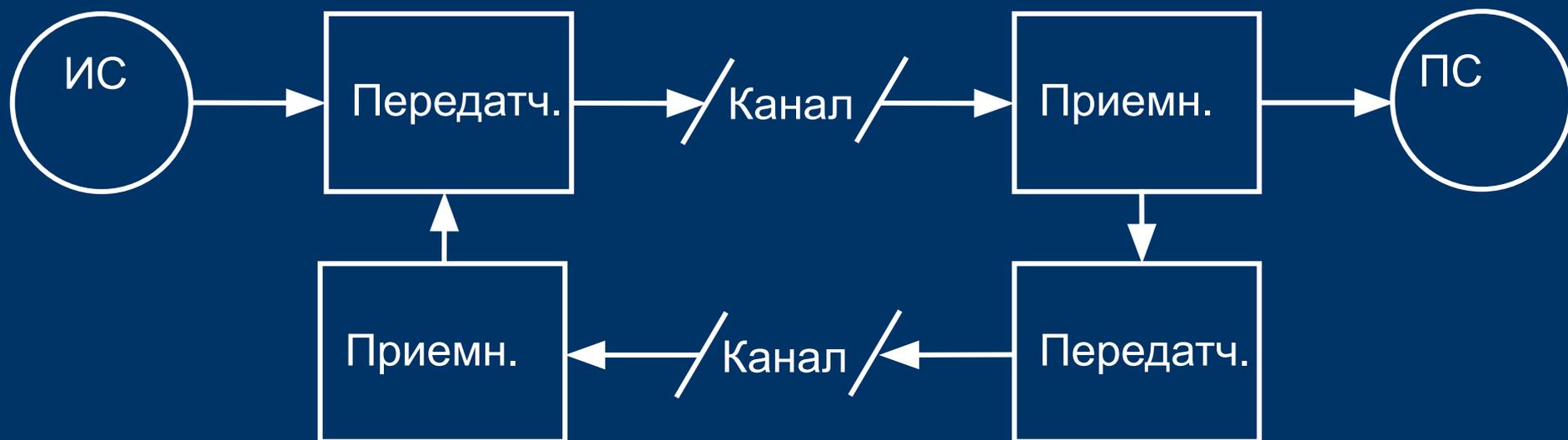
СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

СПД без обратной связи



СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

СПД с обратной связью



ПРИМЕР МНОГОКРАТНОЙ ПЕРЕДАЧИ



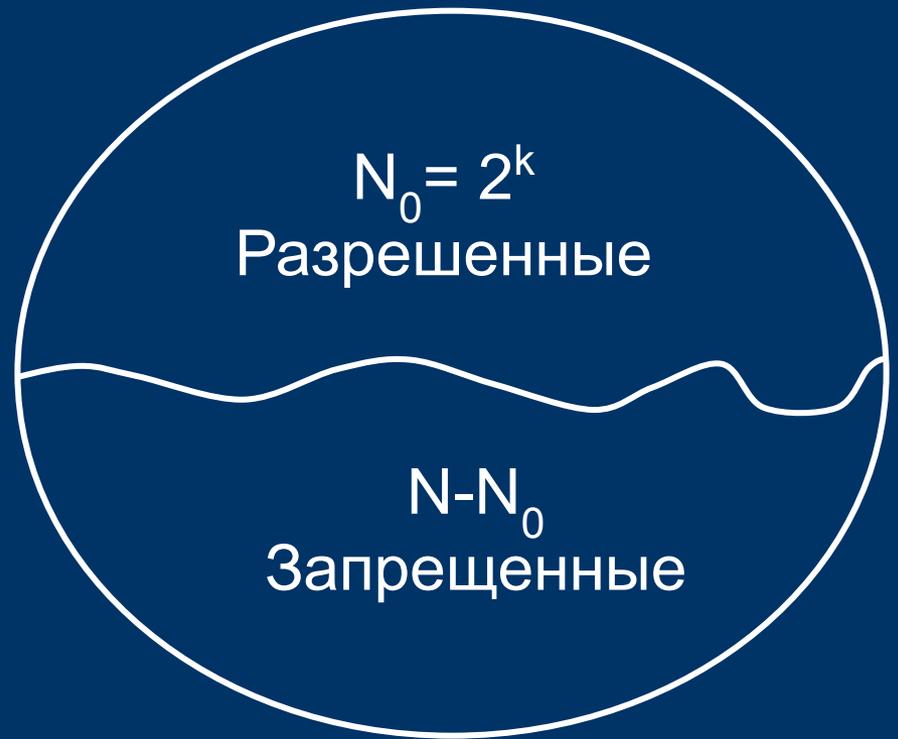
ПРИМЕР ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ



ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЕ КОДИРОВАНИЕ

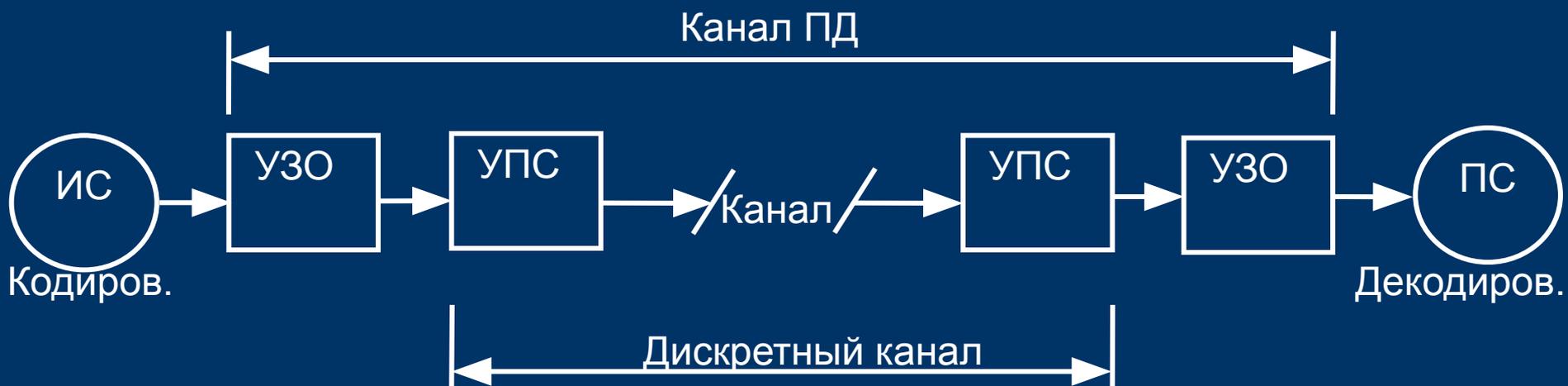
$$t_{\text{обн}} = d - 1$$

$$t_{\text{испр}} = \left\lfloor \frac{d - 1}{2} \right\rfloor$$

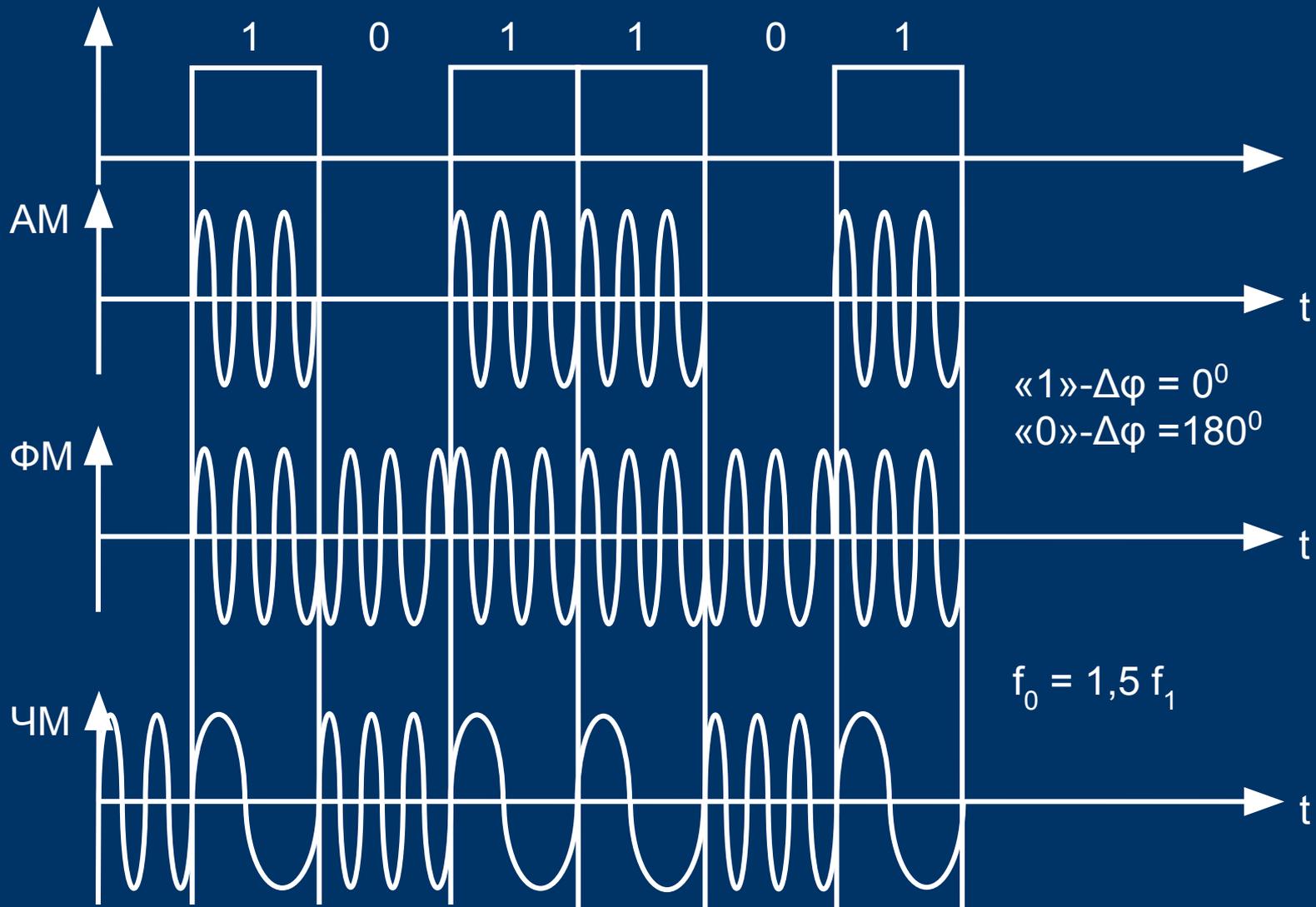


$N = 2n$ - исходное множество

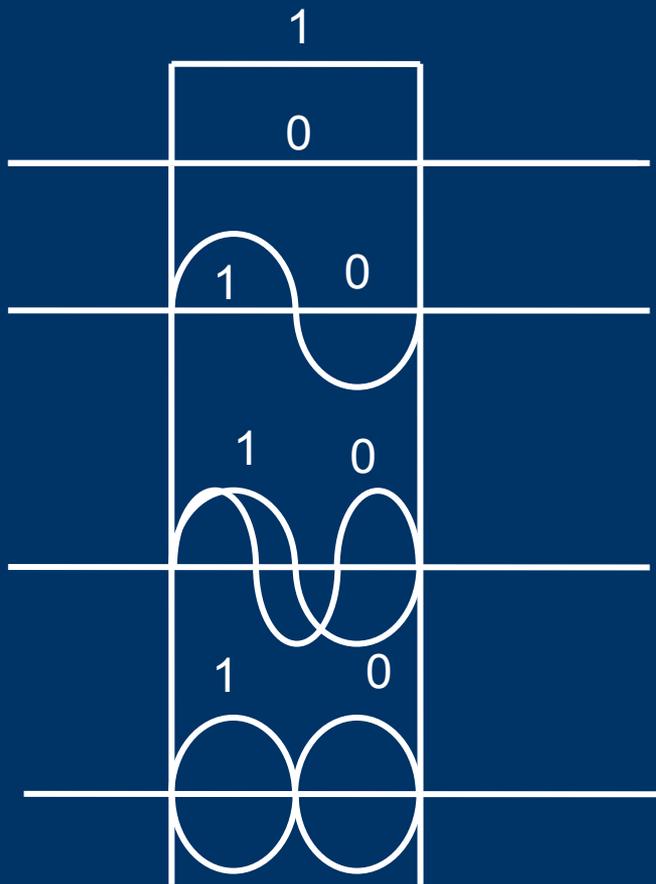
СТРУКТУРНАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ПД



ВИДЫ МАНИПУЛЯЦИЙ ДИСКРЕТНОГО СИГНАЛА



ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ МАНИПУЛЯЦИЙ

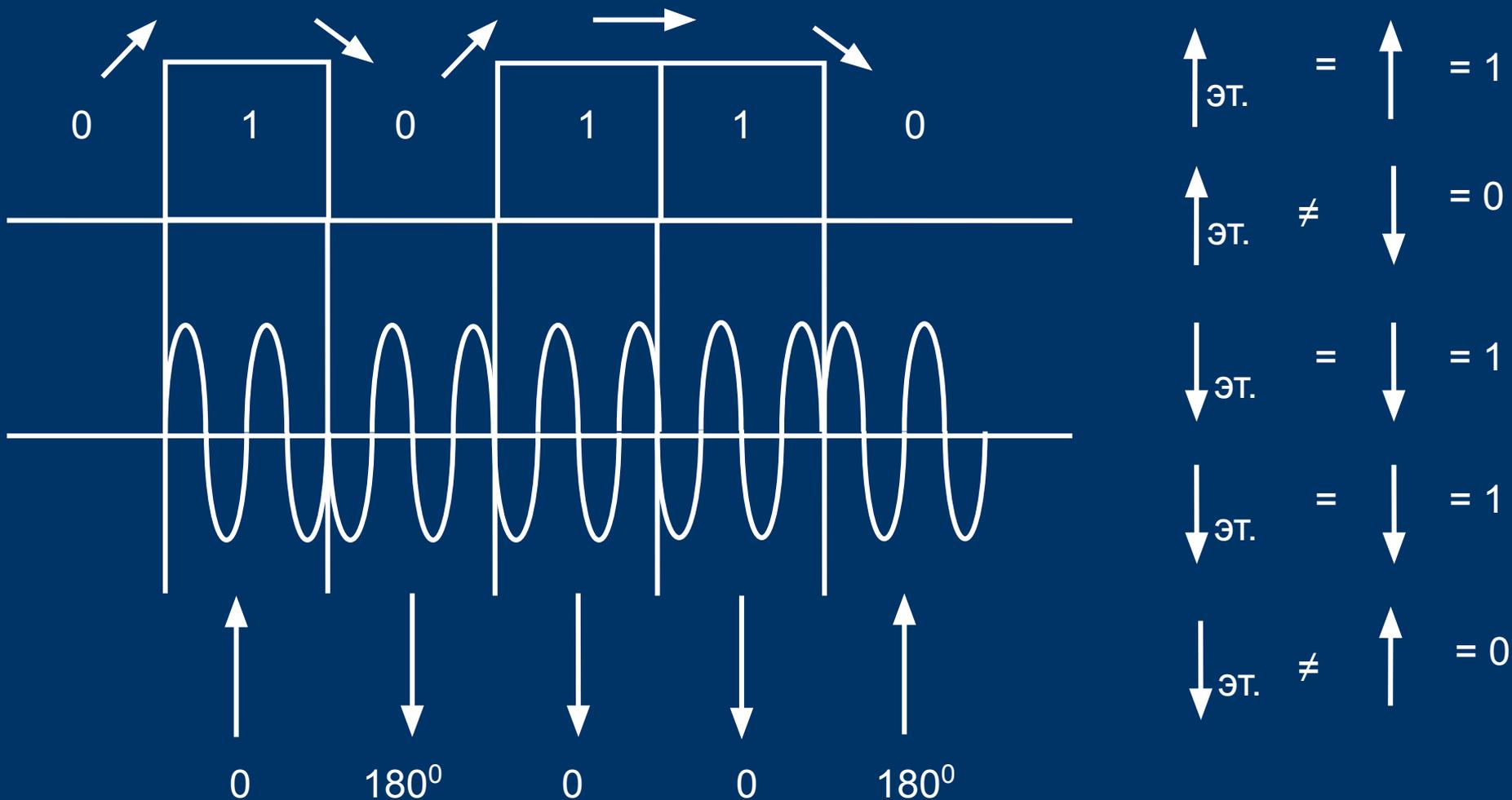


АМ

ЧМ

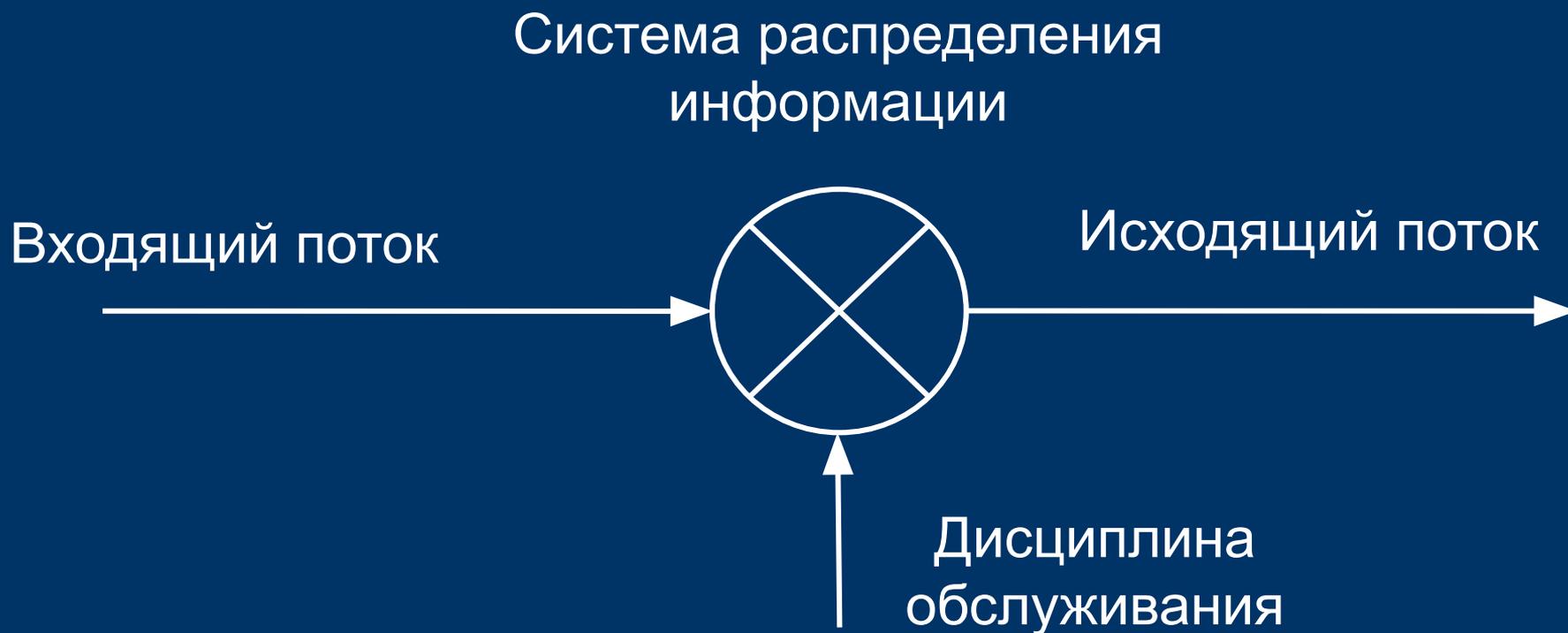
ФМ – наибольшая помехоустойчивость

ПРАВИЛА ФОРМИРОВАНИЯ ОФМ СИГНАЛА



ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Системы распределения информации



ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Системы распределения информации

Классификация систем распределения информации предложенная Д. Кендаллом

$X_1 / X_2 / X_3 / X_4 / X_5 / X_6$

X_1 – распределение интервалов между поступлениями вызовов;

X_2 – распределение времени обслуживания;

X_3 – количество обслуживающих приборов (линий);

X_4 – количество мест в накопителе;

X_5 – количество источников нагрузки;

X_6 – способ выборки из очереди.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

ПОТОКИ ВЫЗОВОВ

1. Детерминированные потоки и случайные потоки.
2. Однородные и неоднородные.
3. Стационарные и нестационарные.
4. Ординарные и неординарные.
5. С последствием и без последствия.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Характеристики потоков вызовов

- ведущая функция потока $M(0; t)$ - это математическое ожидание числа вызовов, поступающих в интервале времени $[0; t)$.
- параметр потока – плотность вероятности наступления вызывающего момента в момент t .
- интенсивность потока $\mu(t)$ – математическое ожидание числа вызовов, поступающих за единицу времени.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Характеристики потоков вызовов

Для любых потоков $\mu(t) \geq \lambda(t)$;

Для ординарных потоков $\mu(t) = \lambda(t)$;

Для стационарных потоков $\lambda \leq \mu$;

Для стационарных и ординарных $\lambda = \mu$.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Простейший поток вызовов

Это стационарный ординарный поток без последствия.

Является распространенной моделью реального потока вызовов от абонентов телефонной сети.

Вероятность поступления точно k вызовов простейшего потока за отрезок времени t определяется формулой Пуассона:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t};$$

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Примитивный поток вызовов

Это симметричный поток, у которого параметр потока зависит от числа свободных источников

$$\lambda_i = (n-i) \alpha.$$

Примитивный поток вызовов используется для имитации процесса поступления вызовов от конечного числа источников. Например, поток от числа абонентов менее 100 можно считать примитивным.

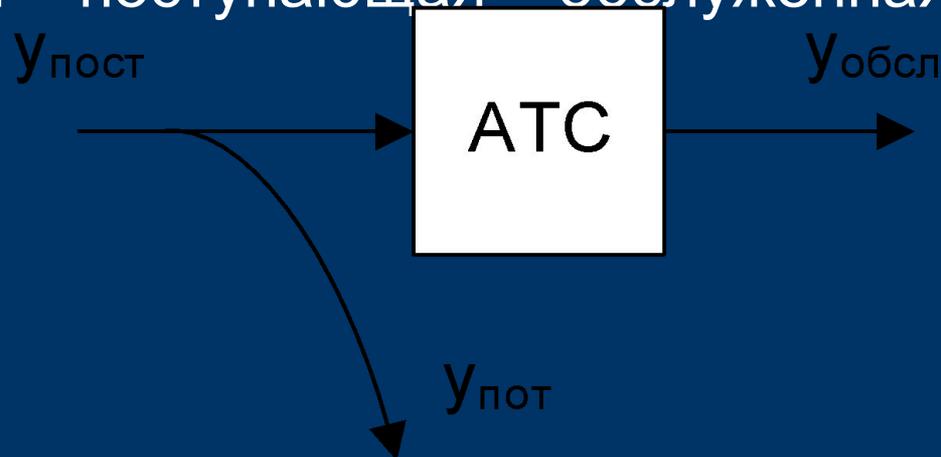
Вероятность поступления вызовов определяется формулой Энгсета.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Нагрузка

Нагрузка – это суммарное время обслуживания вызовов.

- поступающая – эта та нагрузка, которая бы обслужилась, если бы каждому вызову предоставили бы свободную линию.
- обслуженная – суммарное время занятия всех вызовов.
- потерянная = поступающая – обслуженная.



ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Интенсивность обслуженной нагрузки

Интенсивность обслуженной нагрузки равна среднему числу одновременно занятых линий, обслуживающих эту нагрузку:

$$y_{\text{обсл}} = \bar{u}_{\text{зан}}$$

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

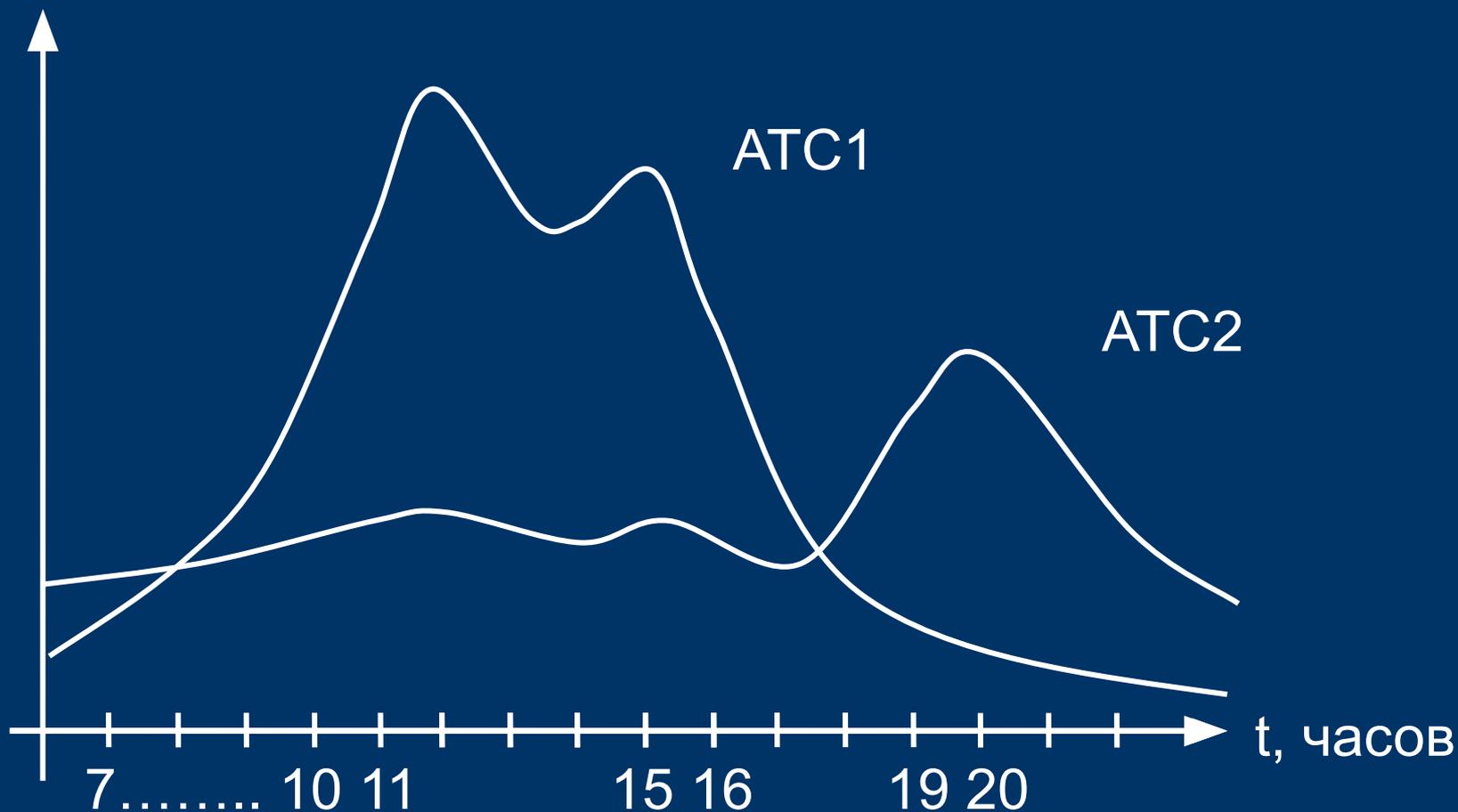
Интенсивность поступающей нагрузки

Интенсивность поступающей нагрузки, создаваемой простейшим потоком вызовов, равна математическому ожиданию числа вызовов, поступающих за время, равное средней длительности одного занятия:

$$y_{\text{пост}} = \mu \bar{t} = N \bar{c} t.$$

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Распределение суточной интенсивности нагрузки



ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Качество обслуживания

Дисциплины обслуживания

С потерями:

- явные (теряются после отказа)
- условные (с ожиданием)
- комбинированные (часть с явными, а часть с условными)

Без потерь

С приоритетами

Без приоритетов

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Качество обслуживания

Для оценки обслуживания с явными потерями используют следующие величины:

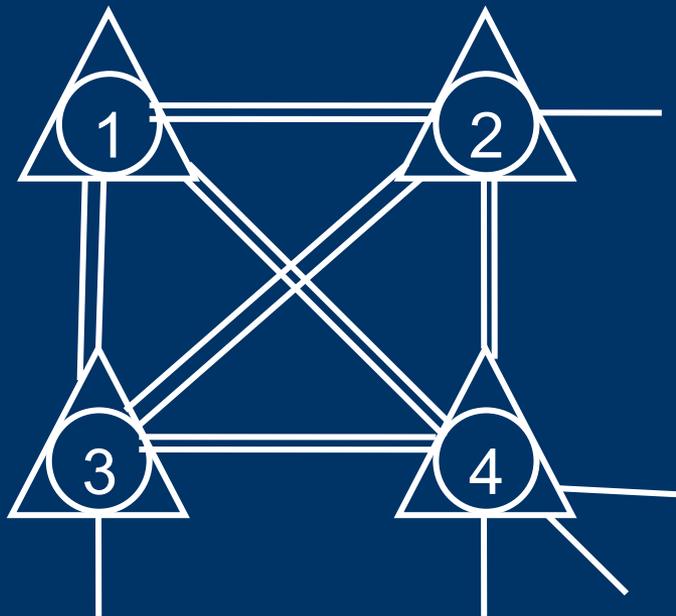
Потери по вызовам $P_v = N_{\text{п}} / N$.

Потери по нагрузке $P_H = y_{\text{п}} / y$.

Потери по времени P_t – это доля времени, в течение которого все соединительные пути, доступные группе источников, заняты.

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Распределение нагрузки между АТС



$y_{ij} =$

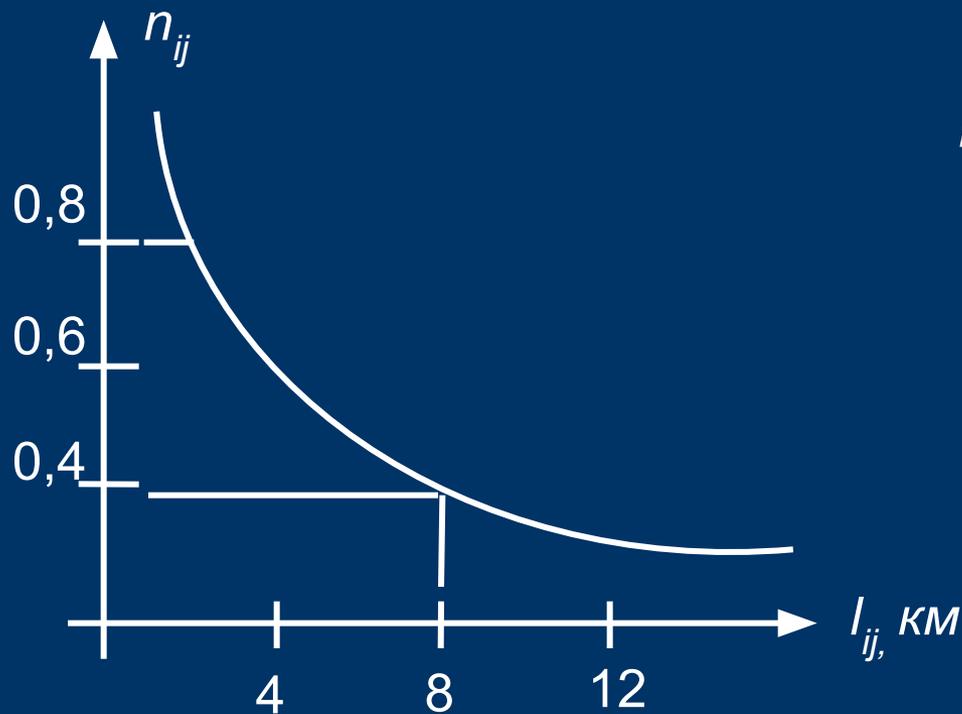
$$\begin{array}{c} y_{11} y_{12} \dots y_{1m} \\ y_{21} y_{22} \dots y_{2m} \\ \dots \\ y_{m1} y_{m2} \dots y_{mm} \end{array}$$

$$y_{ij} = y_{\text{всх } i} \frac{y_{\text{всх } j} n_{ij}}{\sum y_{\text{всх } j} n_{ij}}$$

- нагрузка между станциями i и j

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ТЕЛЕТРАФИКА

Распределение нагрузки между АТС



l_{ij} – расстояние между i и j станцией

n_{ij} – нормированный
коэфф. тяготения

НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Различают 2 типа линий связи (ЛС):

1. Атмосферные ЛС (радиорелейные линии, спутниковые, сотовые, т.е радиолинии).
2. Направляющие ЛС (кабели).

НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Направляющие линии связи

- Высокое качество передачи сигналов.
- Высокая скорость передачи.
- Большая защищенность от внешних влияний.
- Простота построения оконечных устройств.

НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

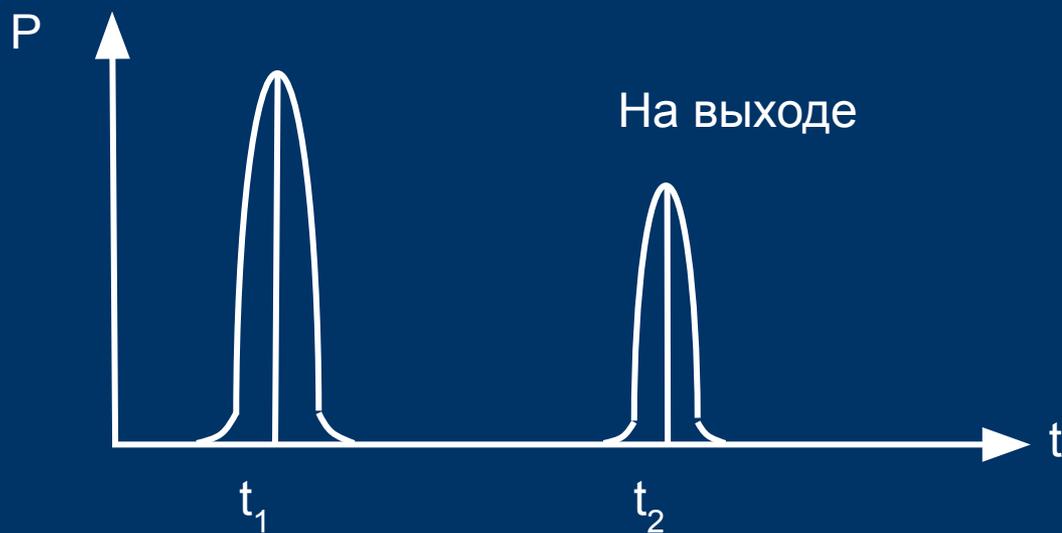
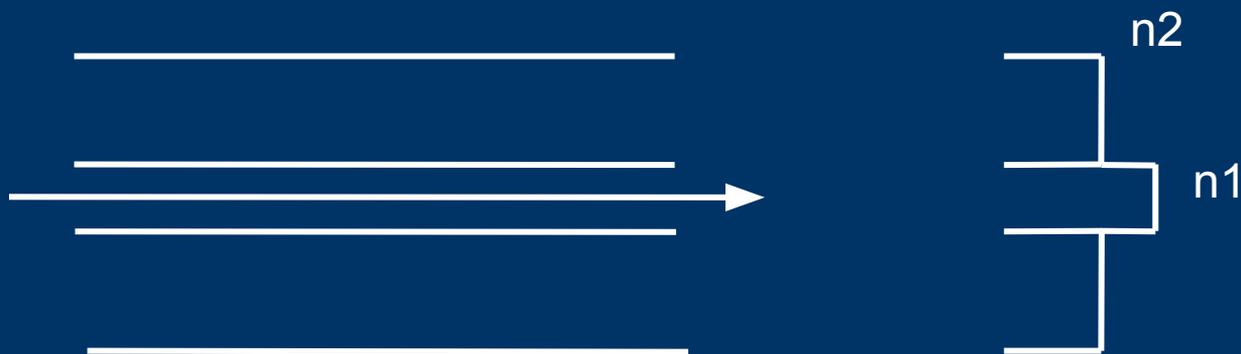
Направляющие линии связи

Различают 3 основных ЛС:

1. Кабельные (КЛС);
2. Воздушные (ВЛС);
3. Волоконно-оптические (ВОЛС).

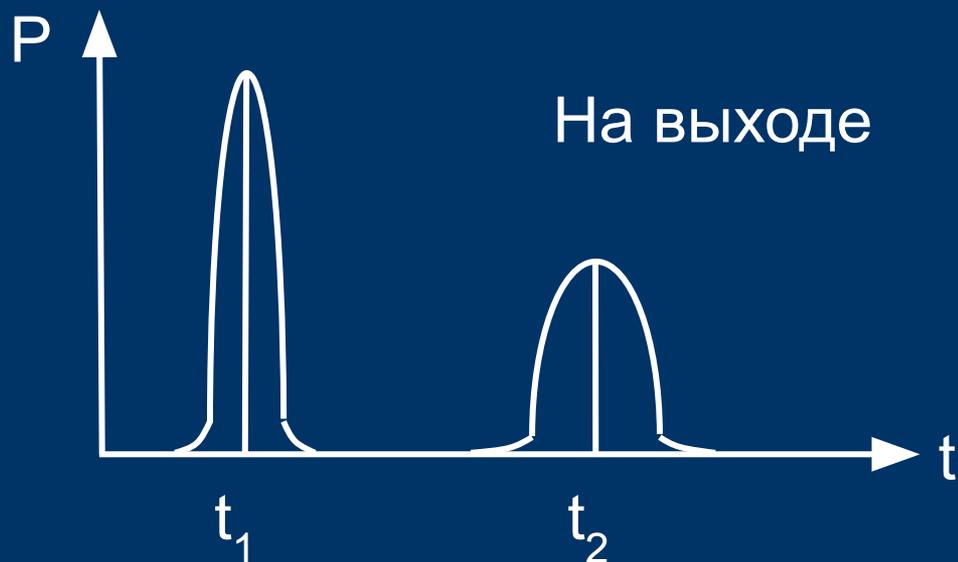
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Одномодовые ВОЛС



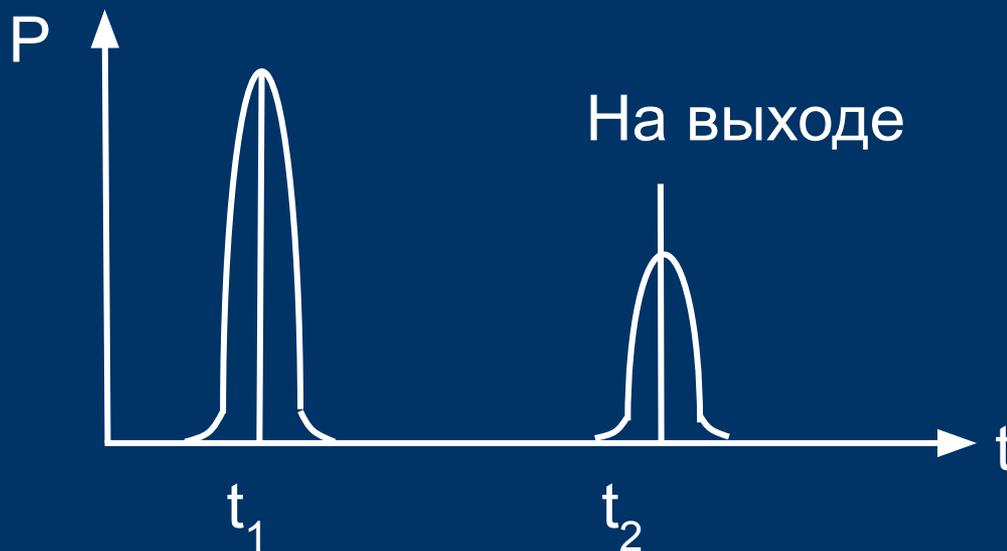
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Многомодовые ВОЛС



НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Градиентные ВОЛС



НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

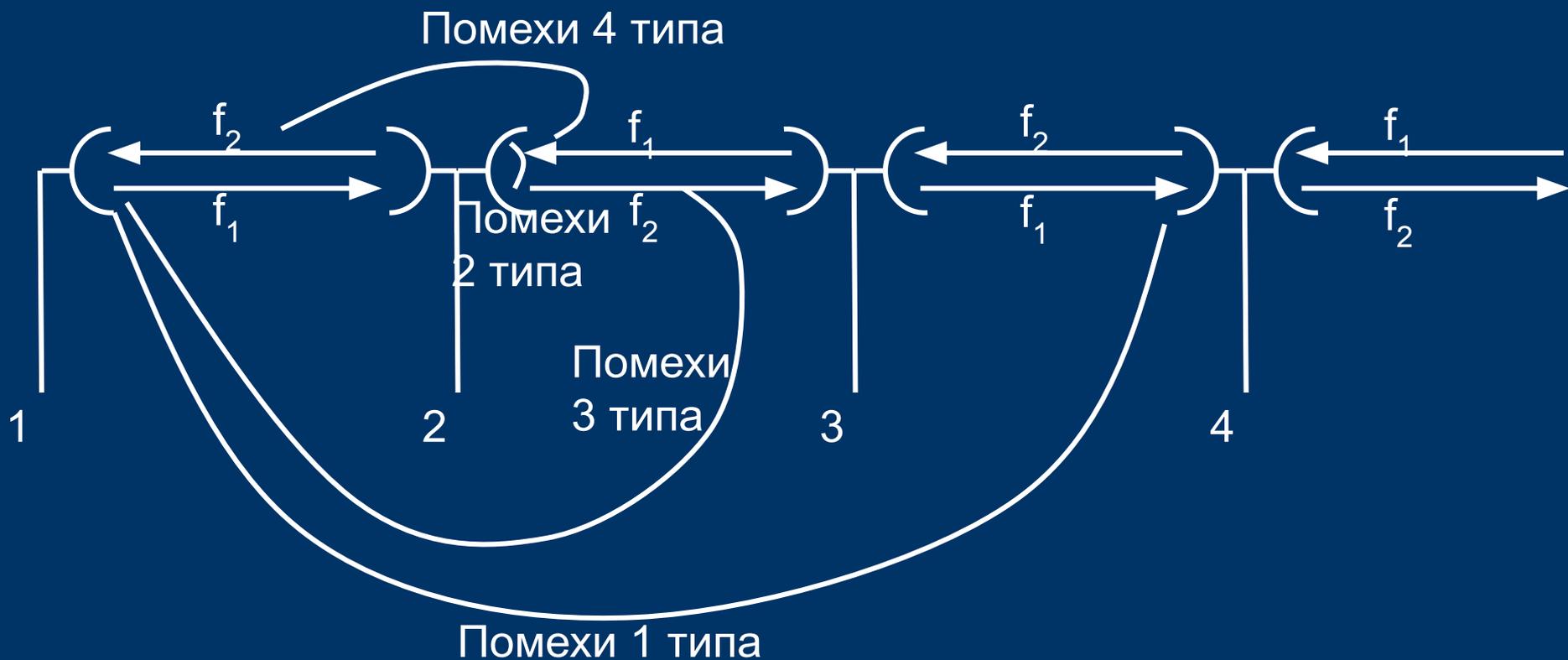
Радиорелейные системы связи (РРС)

РРС делятся на:

1. РРС прямой видимости;
2. РРС тропосферной
связи.

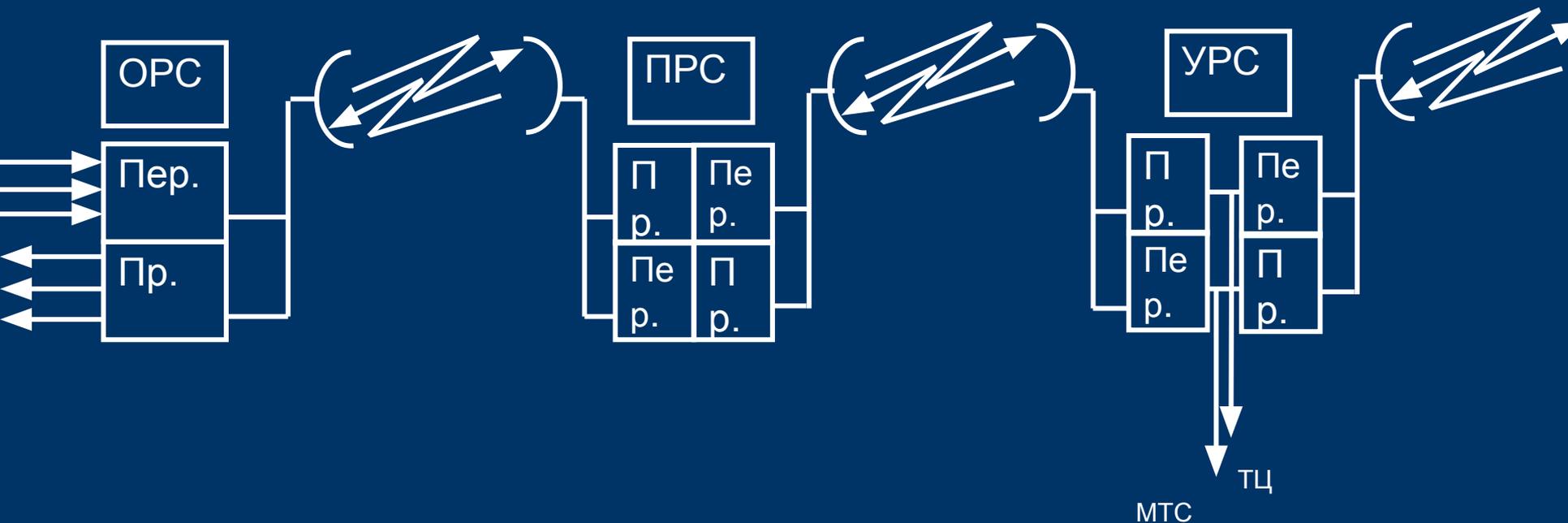
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Радиорелейные системы связи.
Пример двухчастотного плана при построении РРС.



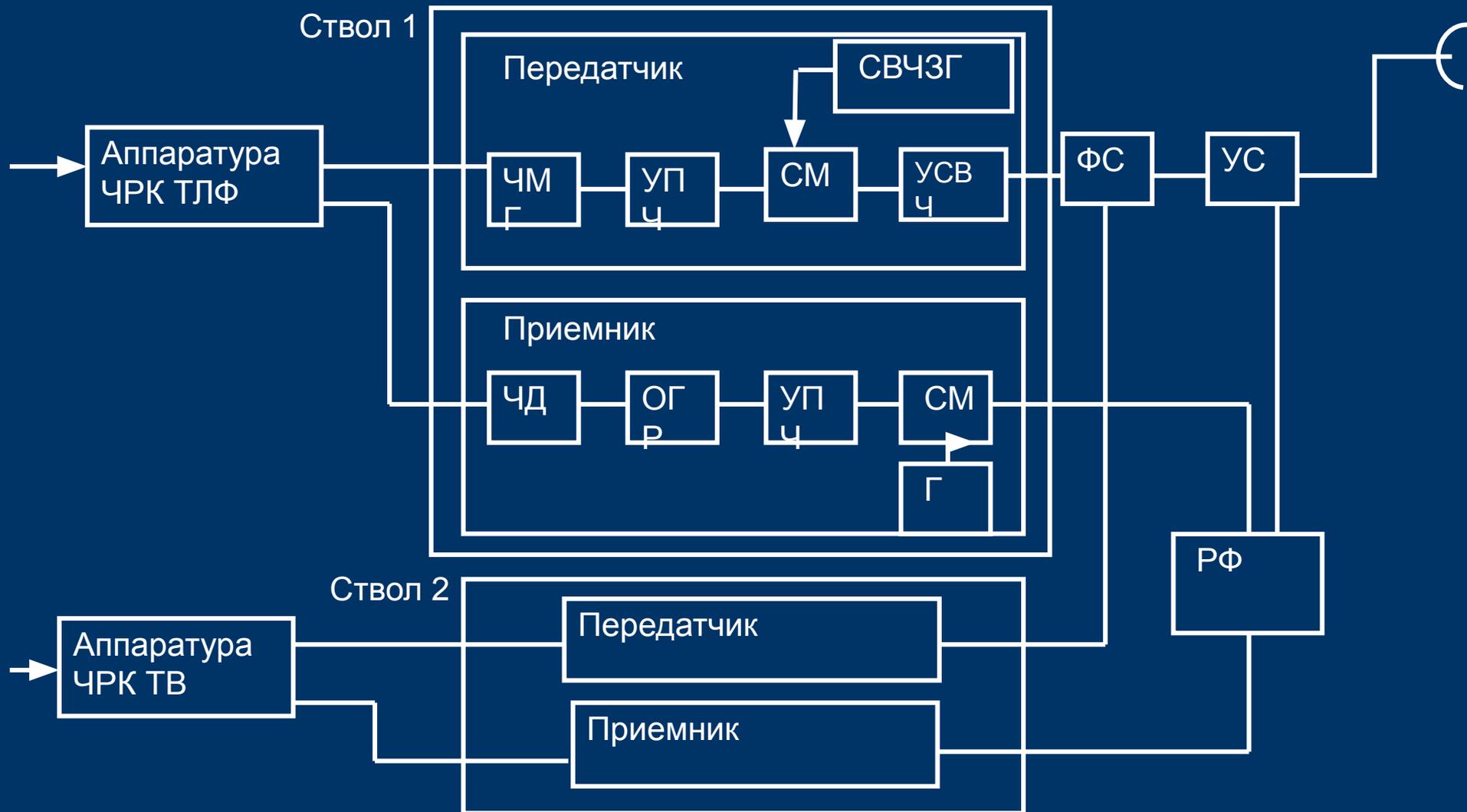
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Радиорелейные системы связи.
Структурная схема радиорелейной линии связи.



НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Структурная схема оконечной РРС.



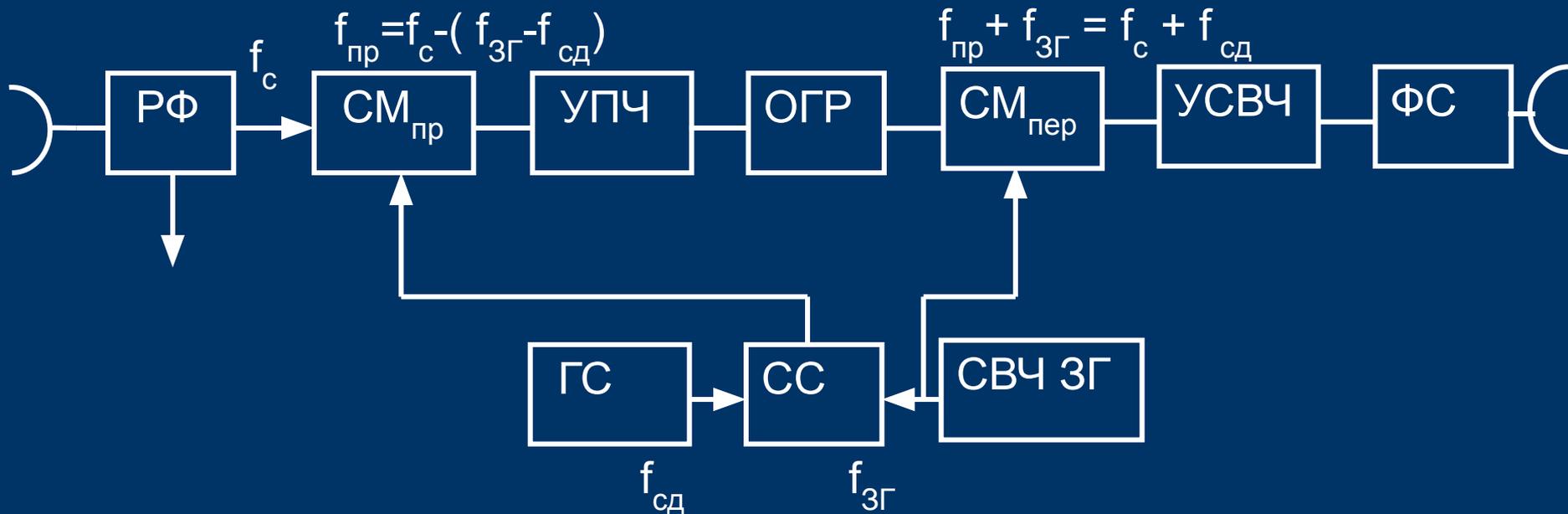
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Структурная схема промежуточной РРС.
Ретранслятор по групповому спектру.



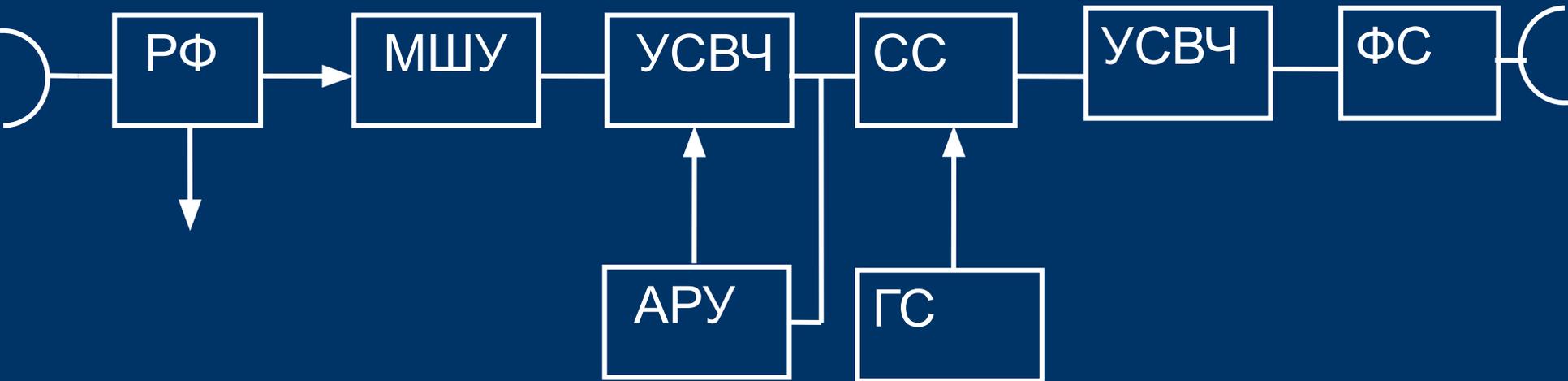
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Структурная схема промежуточной РРС.
Гетеродинный ретранслятор.



НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Структурная схема промежуточной РРС.
Ретранслятор прямого усиления.



НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Спутниковая связь.

Классификация спутников:

1. По зоне обслуживания:

- глобальные;
- региональные;
- национальные.

2. По типу услуг:

- стационарная служба связи;
- радиовещательная служба связи;
- мобильная служба связи.

3. По характеру использования:

- коммерческие;
- военные;
- любительские;
- экспериментальные.

НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Спутниковая связь.

Классификация орбит:

1. По форме:

- круговая;
- эллиптическая.

2. По плоскости:

- экваториальная;
- полярная;
- наклонная.

3. По высоте над уровнем моря:

- геостационарные околоземные орбиты;
- средние околоземные орбиты;
- низкие околоземные орбиты.

НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Спутниковая связь.
Геостационарные спутники.

Высота орбиты составляет 35863 км.

Круговая орбита проходит вдоль экватора Земли.

Угловая скорость движения спутников равна угловой скорости вращения Земли, поэтому геостационарный спутник постоянно находится над одной точкой Земли.

НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Спутниковая связь.

Спутники низкой околоземной орбиты.

Высота орбиты: от 500 до 1500 км.

Орбита эллиптическая или круговая. Период орбиты – 1,5-2 часа.

Диаметр зоны обслуживания равен приблизительно 8000 км.

Задержка не более 20 мс (вверх-вниз).

Время связи со спутником с точки на Земле – 20 минут.

НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Спутниковая связь.

Спутники средней околоземной орбиты.

Высота орбиты 5000...12000 км.

Орбита круговая. Период орбиты – 6 часов.

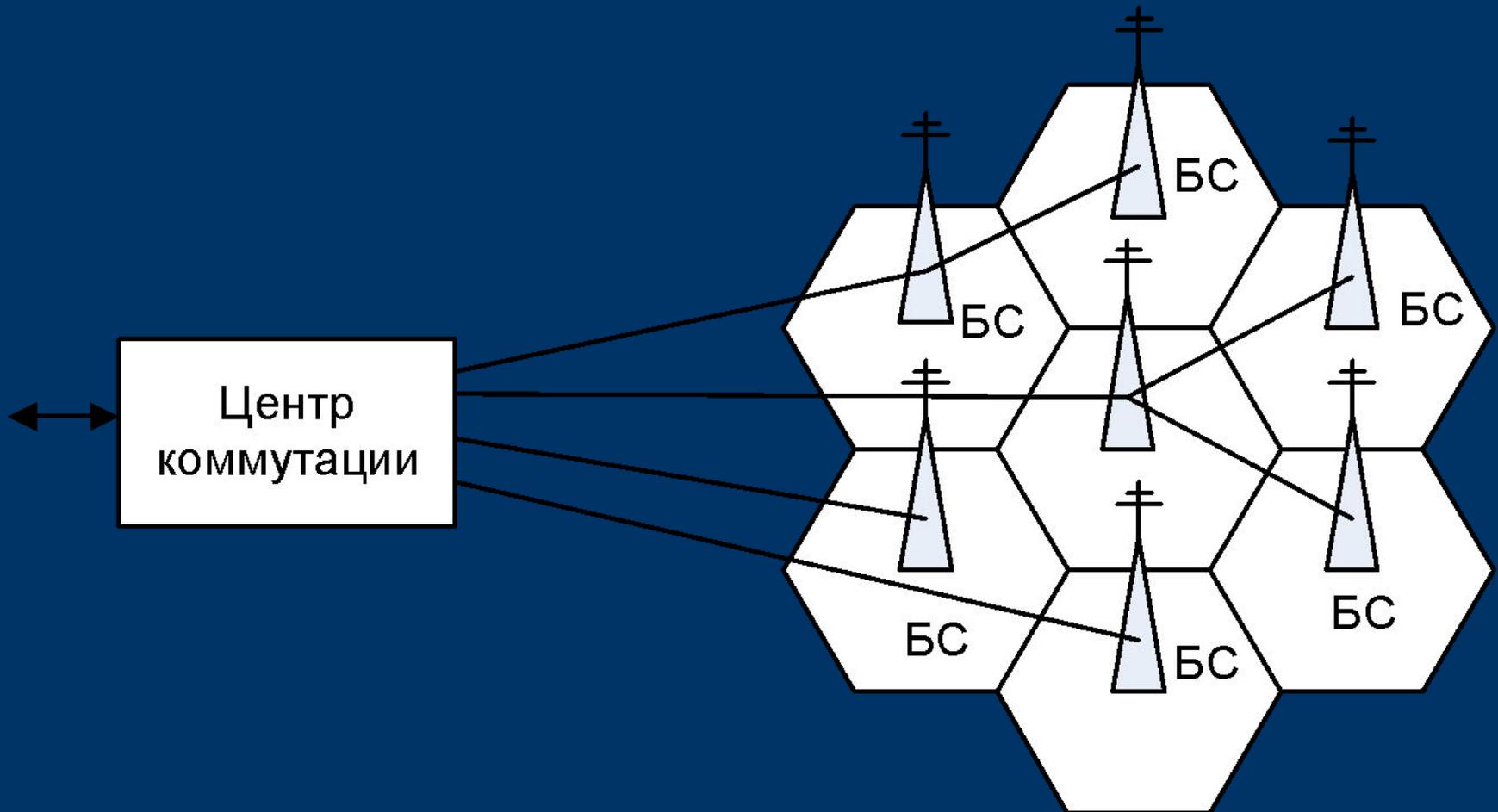
Диаметр зоны обслуживания – 10000...15000 км.

Задержка сигнала – менее 50 мс.

Время наблюдения спутника с точки на земле – примерно час.

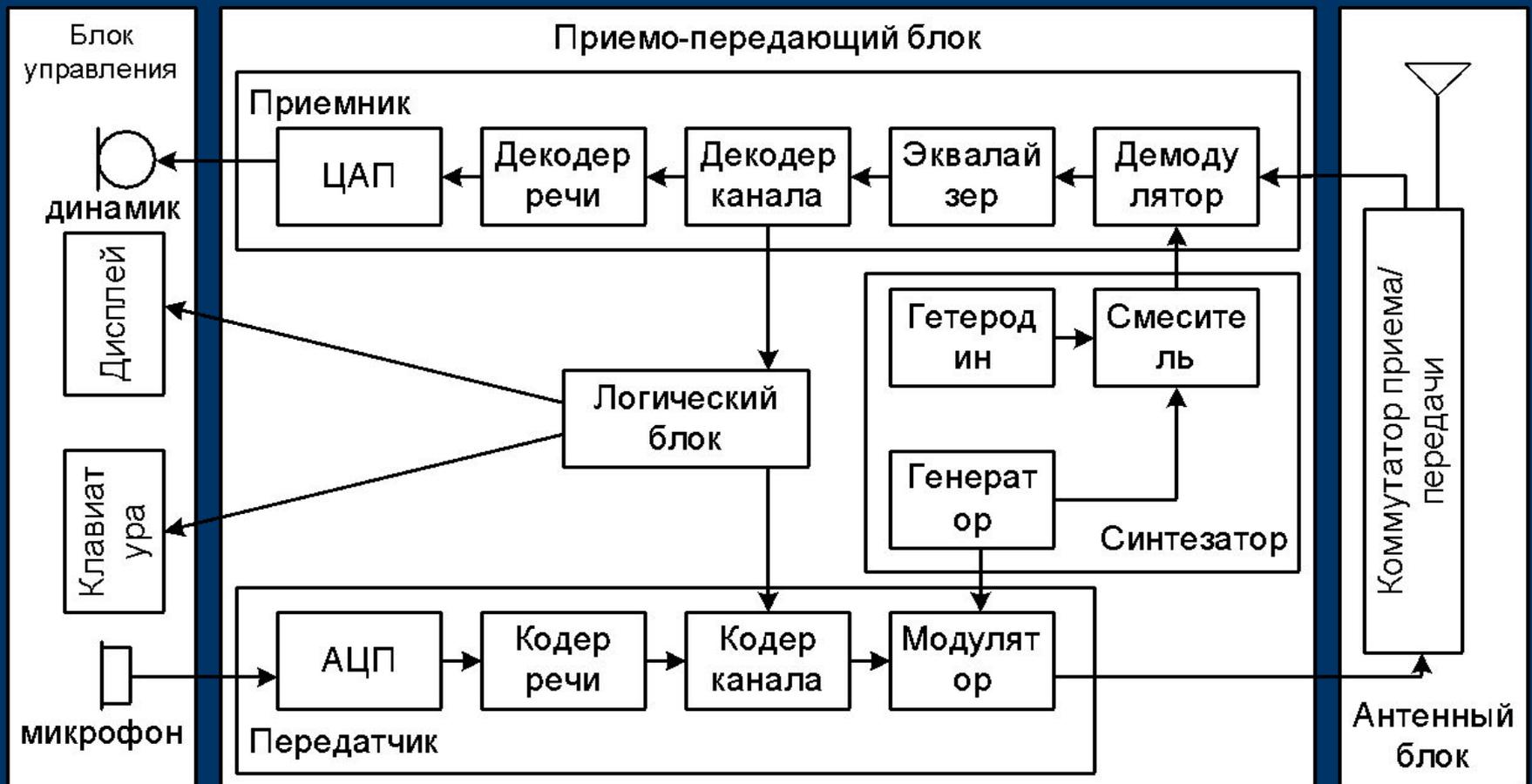
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Сотовая связь.



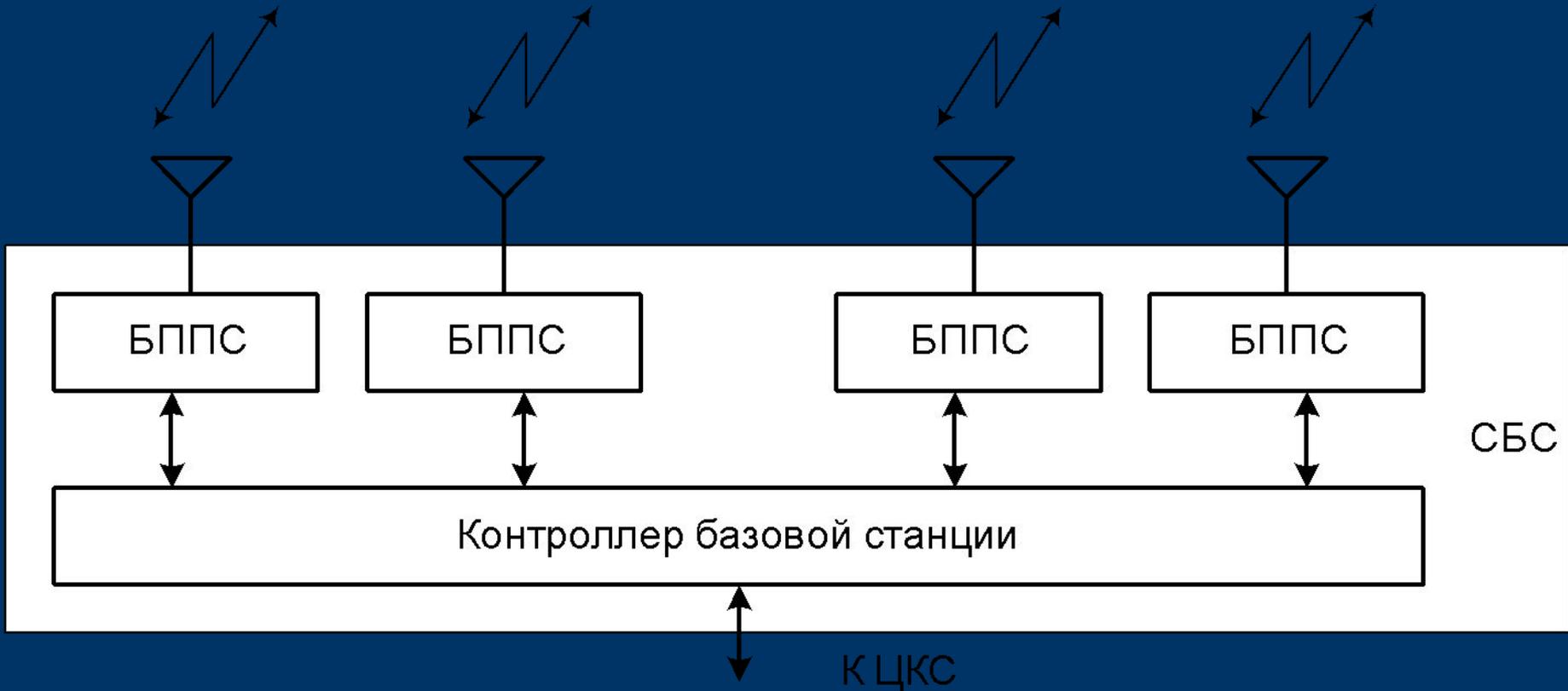
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Сотовая связь. Подвижная станция.



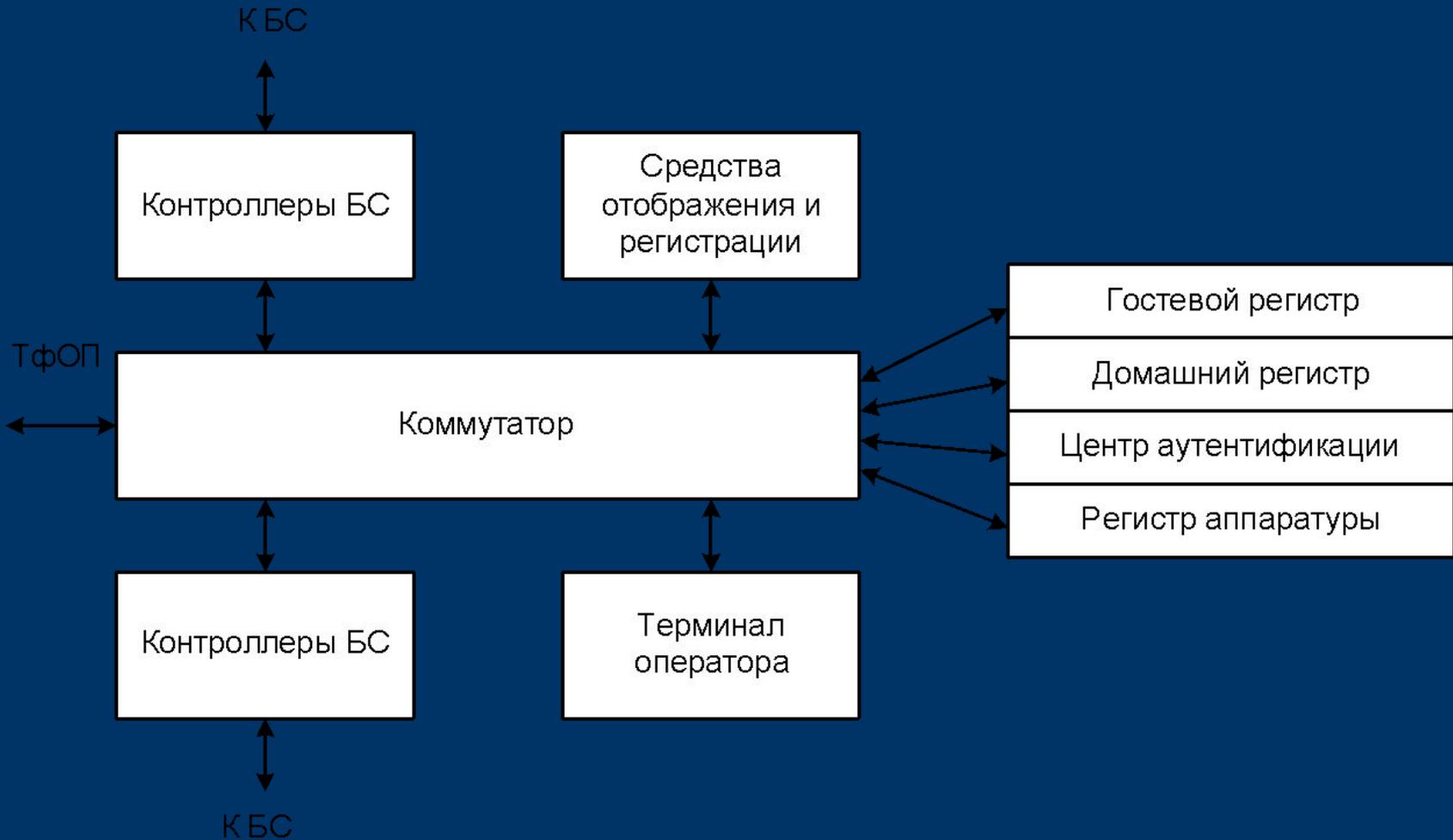
НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Сотовая связь.
Базовая станция.



НАПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Сотовая связь. Центр коммутации.



ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

- развитие концепции «транспортная сеть - сеть доступа»;
- внедрение высокоскоростных ВОЛП на транспортной сети;
- внедрение на транспортной сети асинхронного способа переноса сообщений (ATM) и синхронной цифровой иерархии (SDH);
- внедрение на сети кольцевых структур;
- комбинированное использование проводных абонентских линий (медный и оптический кабели) и радиолиний (сотовая и спутниковая связь);
- развитие услуг сотовой связи;
- развитие службы мультимедиа;
- создание интеллектуальных сетей.