

Телекоммуникационные системы и сети

2016/17 уч. год

Семестр 5

Лекции ----- 56 ч

Лабораторные ---- 14

Практические -----14

Экзаменов ----- 1

Литература

- **Телекомунікаційні та інформаційні мережі** П.П.Воробієнко, Л.А.Нікітюк, П.І Резніченко
- **Системы электросвязи** под ред. Н.В.Захарченко (2т)
- **Телекоммуникационные системы и сети** под ред. Шувалова
- **Основы инфокоммуникационных технологий (2009 г)** под ред. Шувалова
- **Основы построения телекоммуникационных систем и сетей (2004 г)** под. ред В.Н. Гордиенко

Краткая историческая справка

201-120 лет до нашей эры- костры

1800 химический источник А. Вольта

1832 телеграф Шилинга

1841 Аппарат Моззе печатный

**1850 Якоби Бадо буквопечатающий
телеграф**

**1866 г кабель через Атлантический океан
Европа Америка**

1876 -А. Белл

Краткая историческая справка

- **1878 – угольный микрофон М. Махальський**
- **-1880 Г.Г.Игнатьев одновременная передача телеграфа и телефона**
- **1883 год телеф.станции Москва, Петербург , Одесса,Рига**
- **7 мая 25 апреля по старому стилю 1895 А.С.Попов 1896 на расстояние 250 м. телеграмму «Генрих Герц»**
- **В 1907 году изобретение телевизионного устройства с электронно-лучевой трубкой Бориса Львович Розинг**
- **4 октября 1957 года в СССР был запущен первый в мире искусственный спутник Земли.**

Условные обозначения

- » Условные обозначения
- » ГИИ - Глобальная информационная инфраструктура
- » ЕИИ – Европейская информационная инфраструктура
- » НИИ - Национальная информационная ВОЛС - волоконно-оптические линии связи
- » АТС - автоматическая телефонная связь
- » МСП - многоканальные системы передачи
- » АД - абонентский доступ
- » ЭСОП - сеть электросвязи общего пользования

Последнее десятилетие ознаменовалось проявлением трех основных тенденций в сфере телекоммуникаций:

- глобализация крупнейших телекоммуникационных систем;**
- повсеместная цифровизация методов и средств создания, передачи, хранения и обработки информации;**
- конвергенция (слияние) информационных, компьютерных и телекоммуникационных технологий.**

Поиск путей эффективного решения назревших проблем привел мировое сообщество к идее создания:

- Глобальной информационной инфраструктуры (ГИИ).**
- Европейскую информационную инфраструктуру (ЕИИ)**
- Национальная информационная инфраструктура**

1. Информационная инфраструктура государства включает:

- системы доставки информационных продуктов к потребителю – телекоммуникационные системы.
- системы производства информационных продуктов
- системы производства средств создания информационных продуктов и их доставки
- системы накопления и хранения информационных продуктов

Телекоммуникационные системы

- **Телекоммуникационные системы** являются собой комплекс программного и аппаратного оборудования, который соединен друг с другом в одну цепь, осуществляющую передачу данных из одной точки в другую.

Конечной целью создания ГИИ есть гарантия каждому жителю любой страны доступ к информационному содружеству.

Любая информационная инфраструктура имеет свои характеристики (параметры) среди них такие основные:

доступность, экономическая эффективность, взаимодействие, мобильность, качество, защищенность, надежность, управляемость и т.д.

**Телекоммуникационные системы
должны обеспечивать передачу, распределение и
принятие различных сообщений, преобразованных
в сигналы электросвязи.**

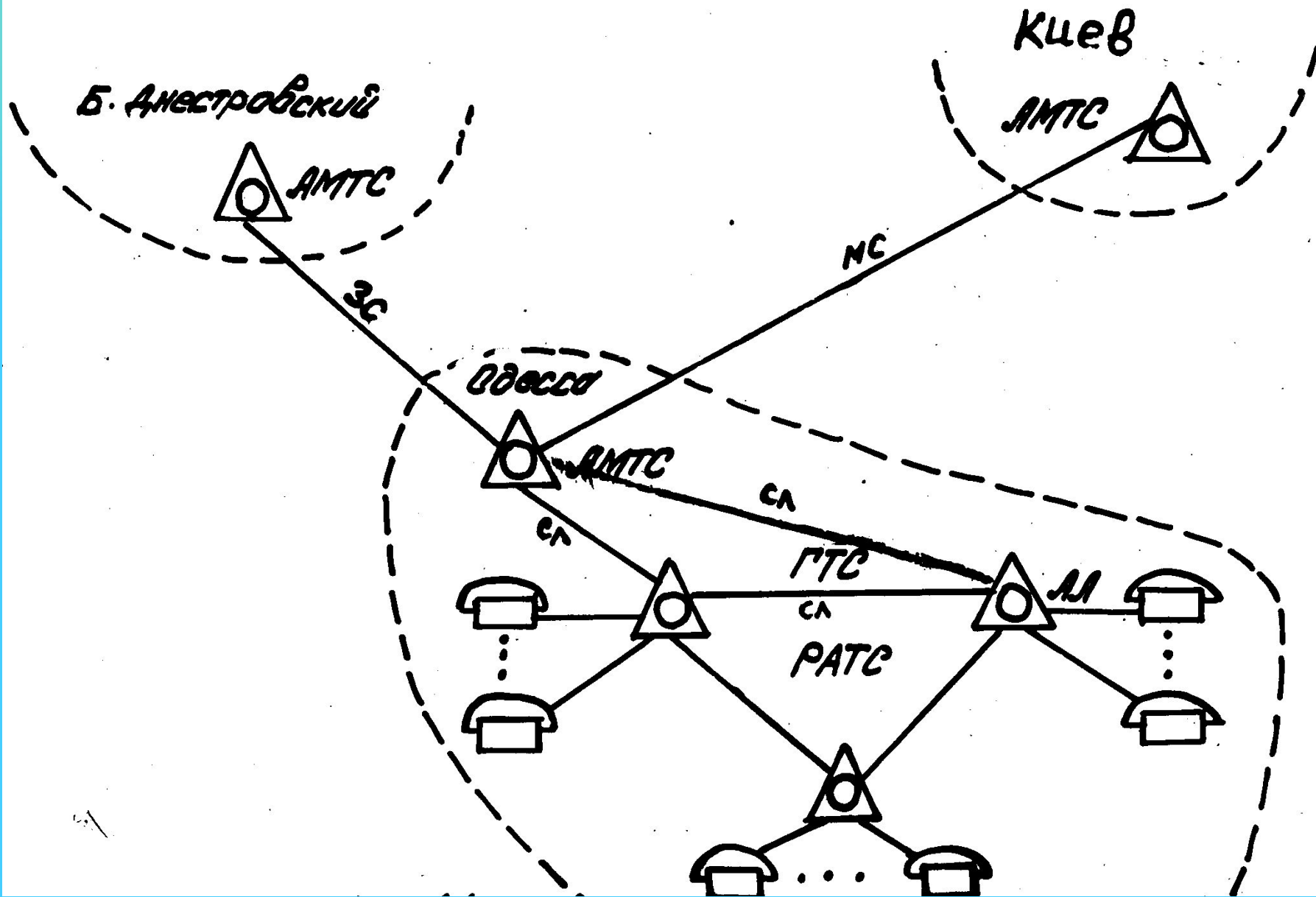
- **- телефонных,**
- телеграфных,**
- факсимильных,**
- данных,**
- телексных,**
- программ звукового вещания,**
- программ телевизионного вещания.**
- электронной почты,**
- видеотекстных,**
- и других которые могут появиться с развитием
технического прогресса**

2. Первичная сеть ЭСОП

2.1 Принципы построения первичной сети (3-х уровневая)

- **Первичная сеть** представляет собой совокупность типовых физических цепей, типовых каналов передачи и сетевых трактов ЭСОП, образованную на базе сетевых узлов, сетевых станций, оконечных устройств первичной сети и соединяющих их линий передачи ЭСОП.

Внеза телефонной сети



**По территориальному признаку,
назначению и структуре
первичная сеть ЭСОП подразделяется на :**

- магистральную;**
- внутризоновые;**
- местные (городские и сельские)**

Магистральная первичная сеть:

представляет собой часть первичной сети ЭСОП, обеспечивающую соединение между собой типовых каналов передачи и сетевых трактов ЭСОП разных внутрizonовых первичных сетей ЭСОП на всей территории Украины.

Внутризонавая первичная сеть

представляет собой часть первичной сети ЭСОП, обеспечивающую соединение между собой типовых каналов передачи и сетевых трактов ЭСОП разных местных первичных сетей одной зоны нумерации телефонной сети.

Местная первичная сеть:

представляет собой часть первичной сети ЭСОП, ограниченную территорией города с пригородами или сельского района. Местная первичная сеть подразделяется на городскую или сельскую первичную сеть.

Информационная инфраструктура

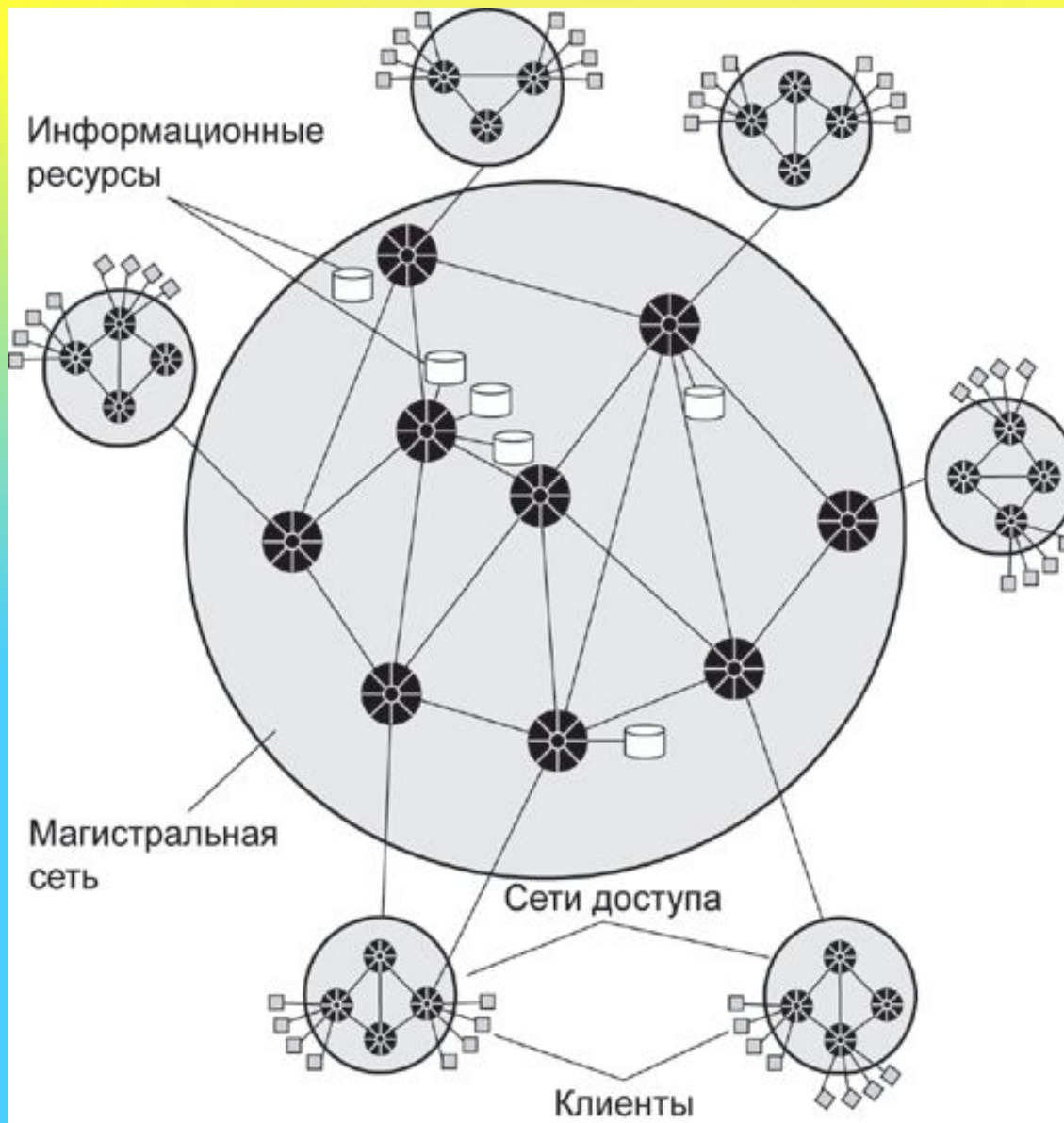
ТРАНСПОРТНАЯ
СЕТЬС Е Т Ъ
Д О С Т У П А

Абонент А

Абонент В

С Е Т Ъ
Д О С Т У П Аинформационная
составляющаятелекоммуникационная
составляющаяинформационная
составляющая

2.3. Структура телекоммуникационной сети



Сеть доступа представляет собой нижний уровень иерархии телекоммуникационной сети.

- К этой сети подключаются конечные (терминальные) узлы - оборудование, установленное у пользователей (*абонентов, клиентов*) сети.**
- В случае *компьютерной сети* конечными узлами являются компьютеры, телефонной - телефонные аппараты, *а телевизионной или радиосети* - соответствующие теле- и радиоприемники.**

**Основное назначение *сети доступа* -
концентрация *информационных
потоков*, поступающих по
многочислен-ным *каналам связи* от
оборудования пользователей, в
сравнительно небольшом
количестве узлов *магистральной
сети*.**

3. Упрощенная схема системы связи.

Информация это совокупность сведений, данных о каком-то событии, предметах, явлениях окружающего нас мира.

Для передачи или хранения используют различные способы: человеческую речь, знаки, символы, буквы и слова письменности и т.д.

Сообщение - совокупность знаков, отображающих ту или иную информацию.

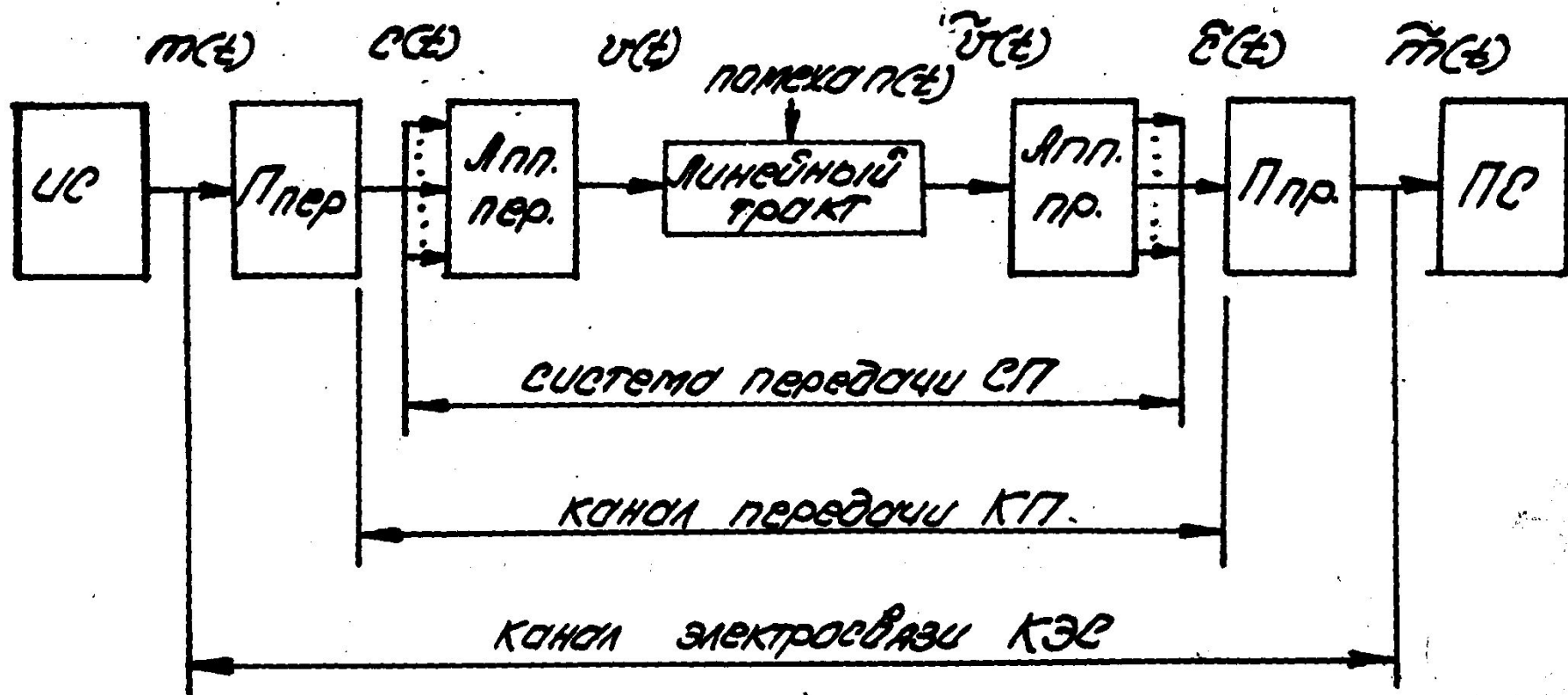
Процесс передачи(транспортировка) сообщения от источника до получателя в соответствии с принятыми правилами называют **СВЯЗЬЮ**.

Если физический процесс представляет собой передачу электрического тока то такой сигнал называют *электрическим*.

Передачу сообщений посредством электрических сигналов называют *электросвязью*

***Системой электросвязи* называют совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих передачу сигналов электросвязи.**

Система электросвязи



Система передачи (СП ЕНСС) представляет собой комплекс технических средств, обеспечивающий образование линейного тракта, типовых групповых трактов и каналов передачи первичной сети ЕНСС.

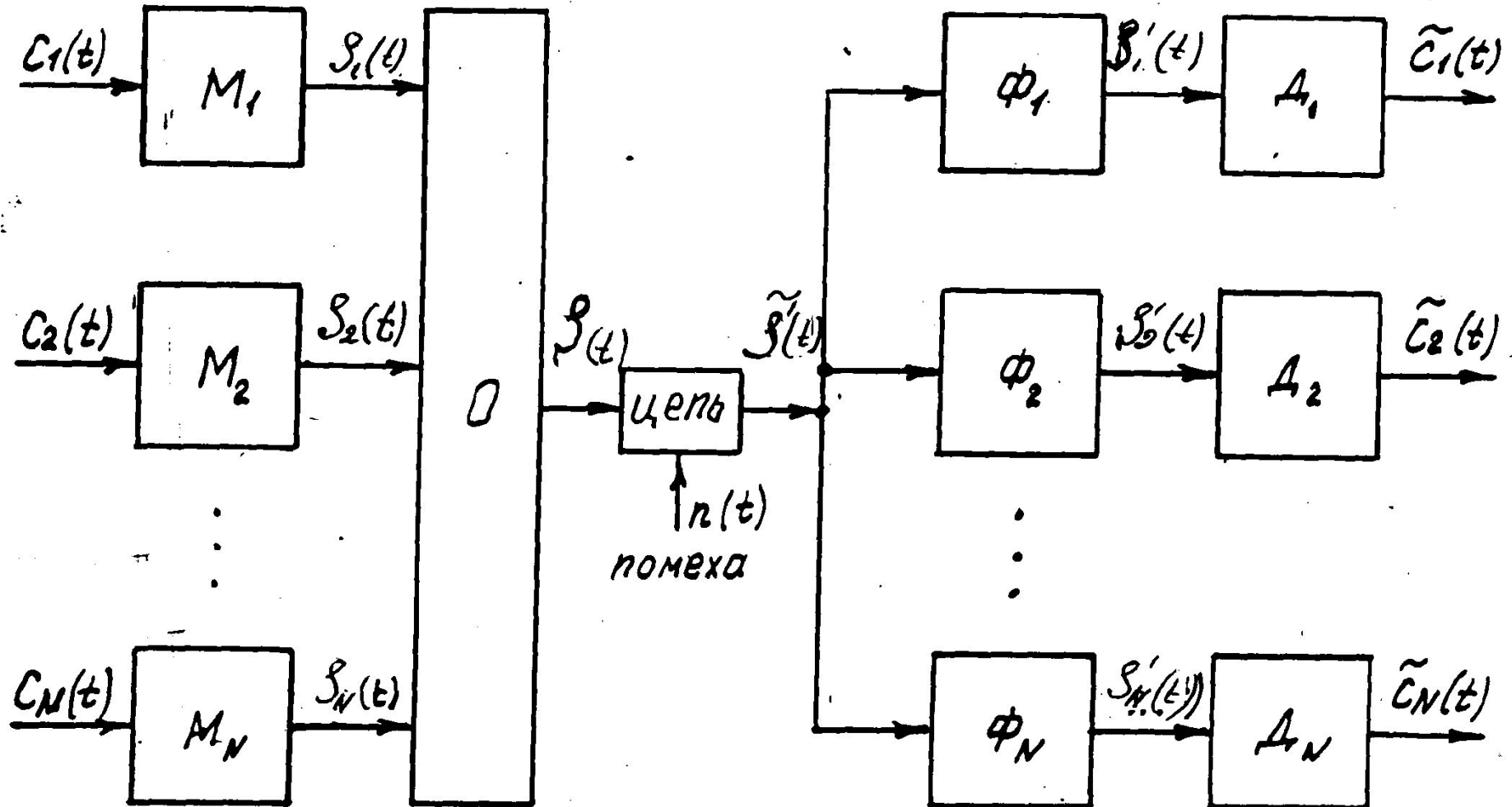
Канал передачи - совокупность технических средств и среды распространения, обеспечивающих передачу электрических сигналов, ограниченных по мощности в определенной области частот или с определенной скоростью.

- **Л и н е й н ы й т р а к т** - совокупность технических средств, обеспечивающих передачу сигналов электросвязи в определенной полосе частот, характерной для данной системы передачи.
- **Ф и з и ч е с к а я ц е п ь** - одна или две пары проводов, предназначенных для передачи сигналов электросвязи.
- **К а н а л э л е к т р о с в я з и** - совокупность канала передачи и оконечных абонентских устройств, обеспечивающих передачу сообщения любого вида от источника к потребителю

4. Принципы построения многоканальных систем передачи

- Многоканальной системой передачи называют совокупность технических средств, которые обеспечивают независимую передачу N различных сообщений от N источников.**

Структурная схема системы передачи



Линейное разделения сигналов

$C_1(t), C_2(t) \dots C_N(t)$ - первичные сигналы в $M_1, M_2 \dots M_N$ канальных преобразователях преобразуются в канальный $S_N(t)$ и объединяются в групповой $S(t)$.

Необходимость преобразования $C(t)$ в $S(t)$ обусловлена тем, что совокупность сигналов $C_N(t)$ не обладает свойствами делимости.

- **Поэтому каждому каналному сигналу передаются соответствующие признаки отличия.**

Такими признаками могут быть время, частота, форма, фаза ... или комбинации признаков отличия.

$$\mathbf{S}(\mathbf{t}) = \sum_{\text{òò}} \mathbf{S}_N(\mathbf{t})$$

При прохождении сигналов по линии передачи они подвергаются воздействию помехи $n(t)$. искажается их форма и т. д.

Для уменьшения этих воздействий линию разбивают на отдельные участки (ОУП, НУП)

На приёме при помощи разделяющих устройств (операторов) $\Phi_1, \Phi_2 \dots \Phi_N$ сигналы разделяются, по признакам которые им были преданы на передаче, и с помощью преобразователей $D_1, D_2 \dots D_N$ преобразовываются в исходный сигнал.

Линейное разделение сигналов

$C_1(t), C_2(t) \dots C_N(t)$ - первичные сигналы в $M_1, M_2 \dots M_N$ канальных преобразователях преобразуются в канальный $S_N(t)$ и объединяются в групповой $S(t)$.

Необходимость преобразования $C(t)$ в $S(t)$ обусловлена тем, что совокупность сигналов $C_N(t)$ не обладает свойствами делимости.

- Поэтому каждому каналному сигналу передаются соответствующие признаки отличия.

Таковыми признаками могут быть время, частота, форма, фаза ... или комбинации признаков отличия.

$$S(t) = \sum_{\text{òò}} S_N(t)$$

При прохождении сигналов по линии передачи они подвергаются воздействию помехи $n(t)$. искажается их форма и т. д.

**Для уменьшения этих воздействий линию разбивают на отдельные участки
(ОУП, НУП)**

На приёме при помощи разделяющих устройств (операторов) $\Phi_1, \Phi_2 \dots \Phi_N$ сигналы разделяются, по признакам которые им были преданы на передаче, и с помощью преобразователей $D_1, D_2 \dots D_N$ преобразовываются в исходный сигнал.

Многоканальные системы передачи с ЧРК.

6. Принцип частотного разделения

6.1 Амплитудная модуляция

$S(t)$ — информационный сигнал, $|S(t)| < 1$.

$U_c(t)$ — несущее колебание.

$$U_{\text{ам}}(t) = U_c(t)[1 + mS(t)]. \quad (1)$$

$$|S(t)| < 1, \quad 0 < m \leq 1. \quad (2)$$

Вспомним из тригонометрии:

$$\sin \alpha \cos \beta = [\sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)]/2$$

$$\cos \alpha \cos \beta = [(\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)]/2$$

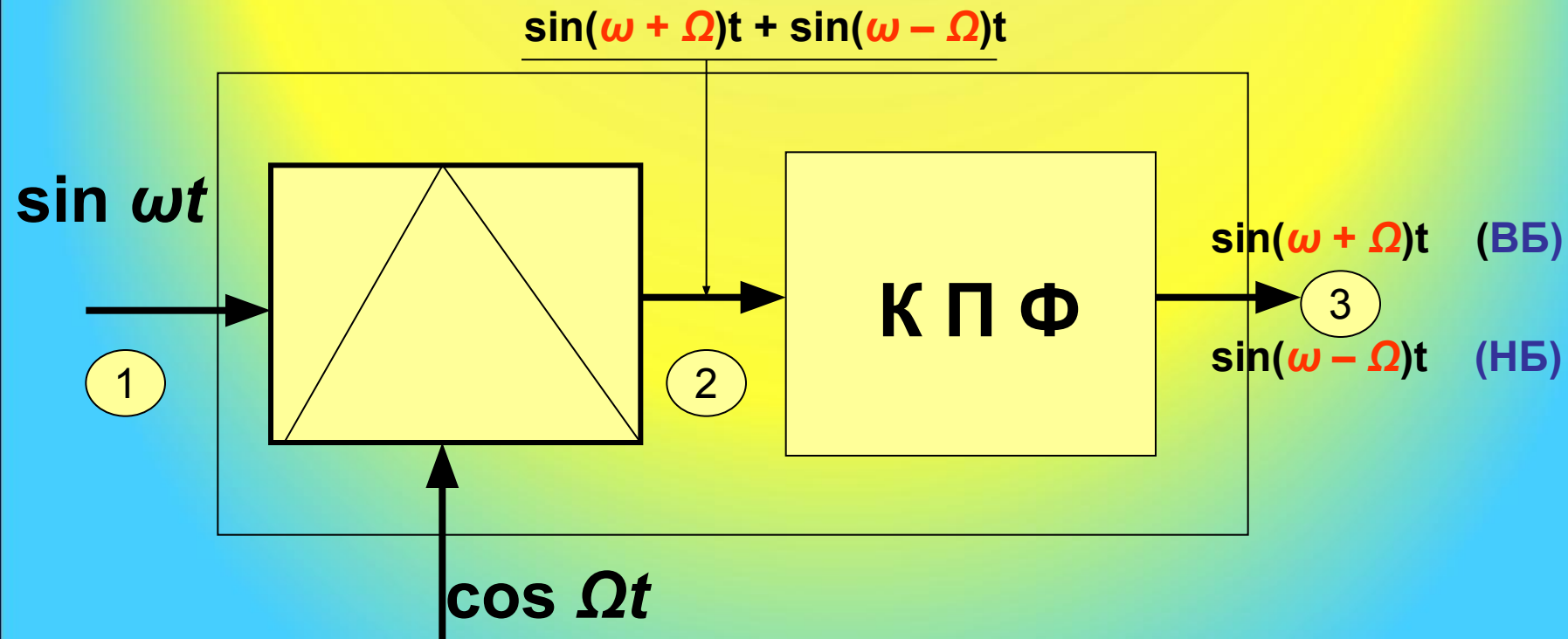
$$\sin \alpha \sin \beta = [(\cos(\alpha - \beta) - \cos(\alpha + \beta)]/2$$

Учитывая что сигнал состоит из множества гармонических составляющих (спектр).

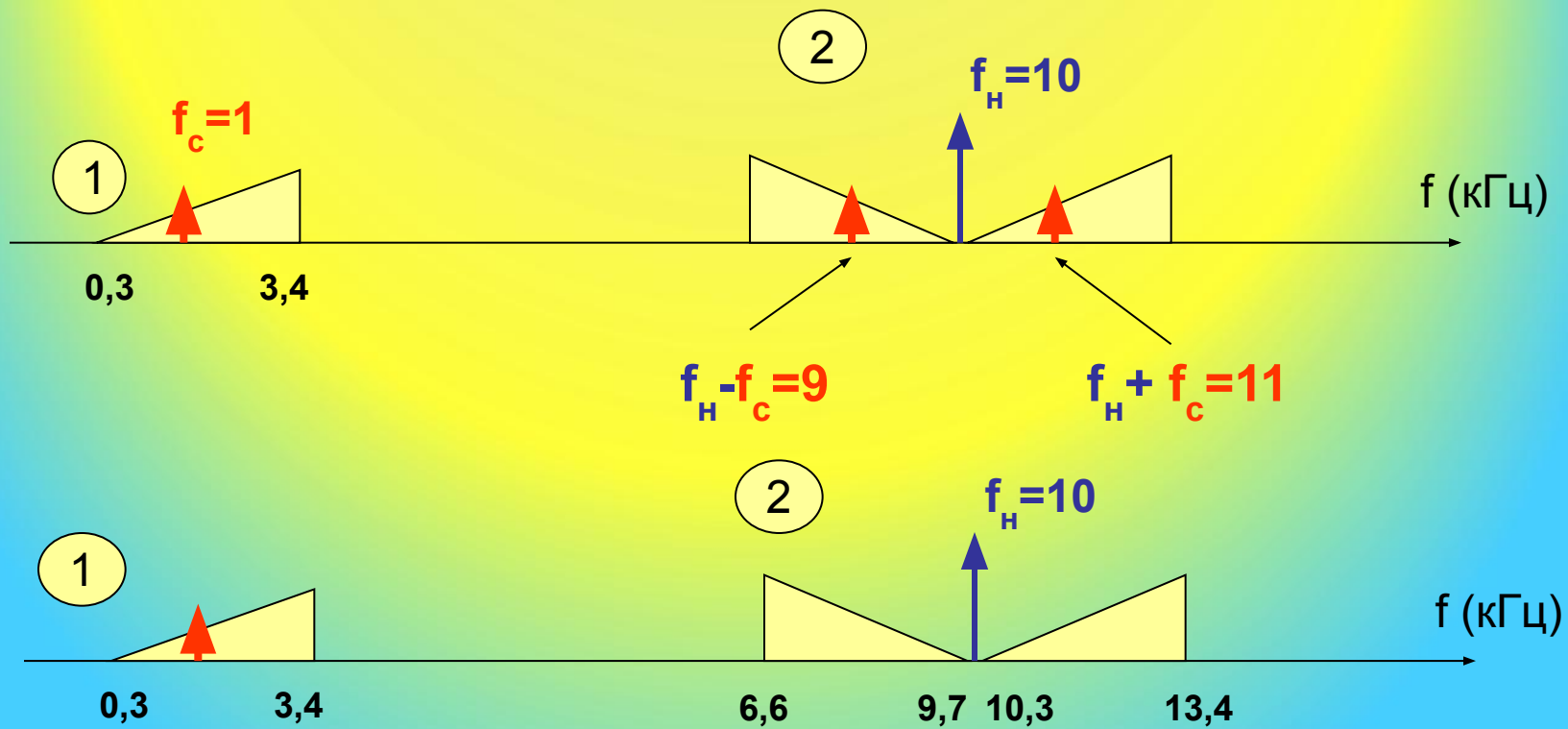
заменим: α на ωt ; β на Ωt

$$\sin \omega t \cos \Omega t = [\sin(\omega + \Omega)t + \sin(\omega - \Omega)t]/2$$

6.2 Преобразователь частоты



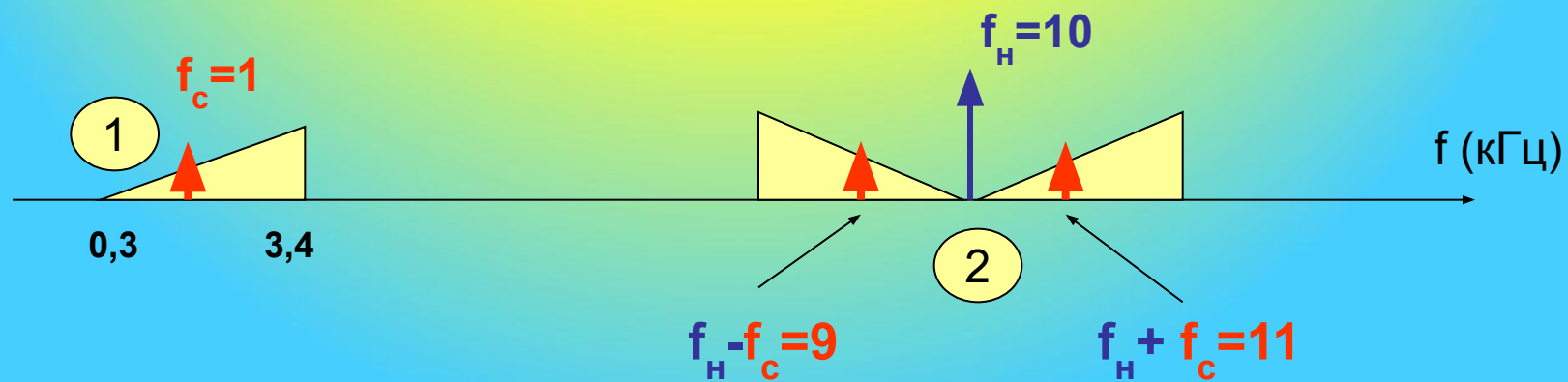
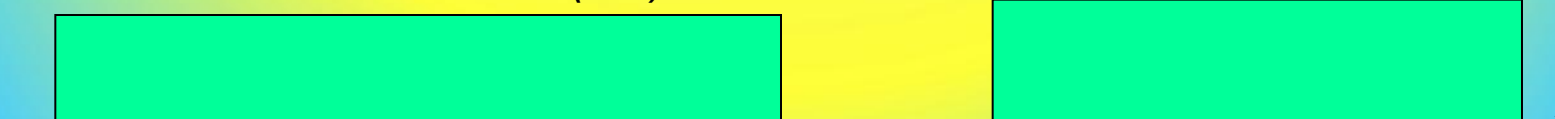
Пример 1



КПФ (ВБ)

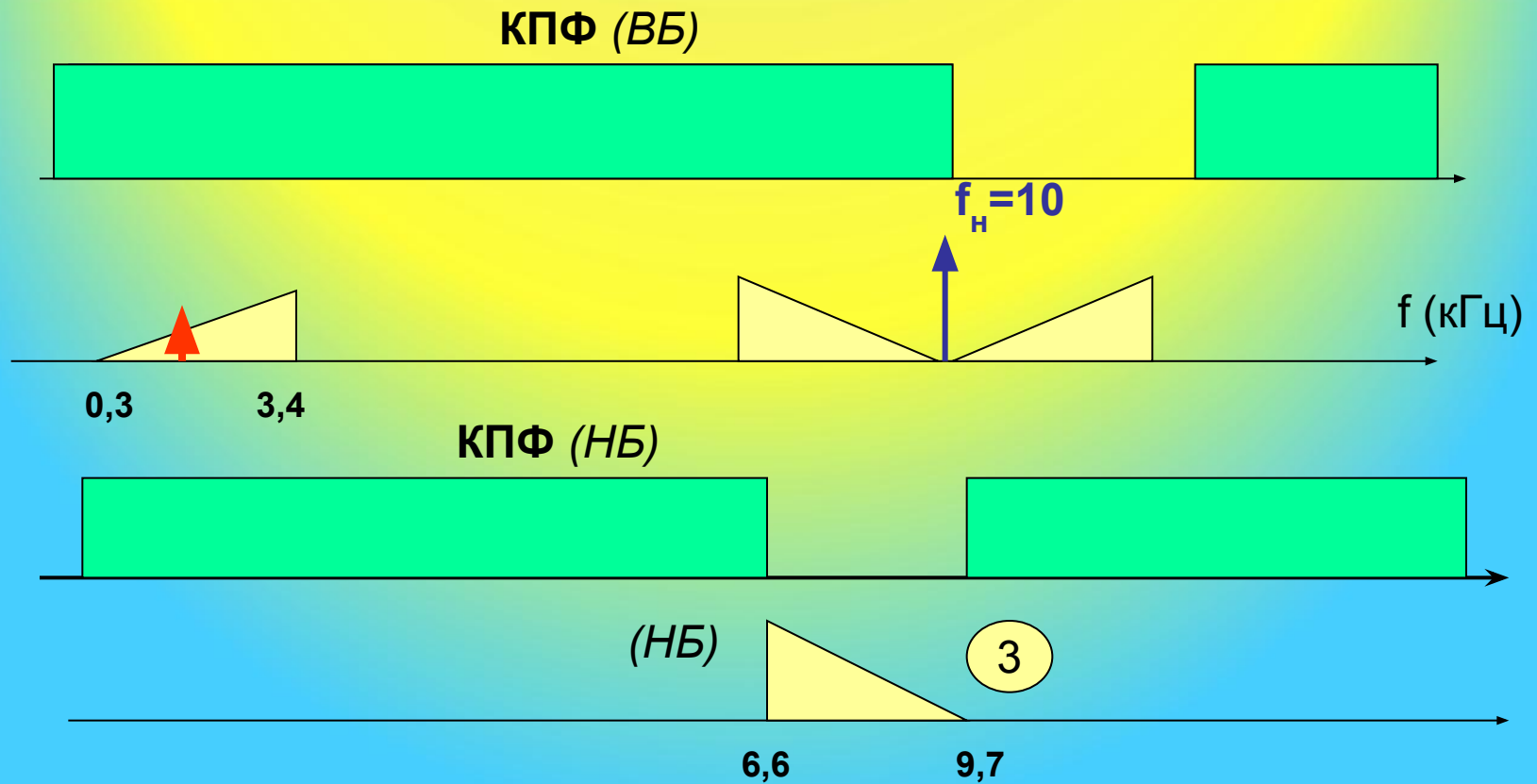


КПФ (НБ)

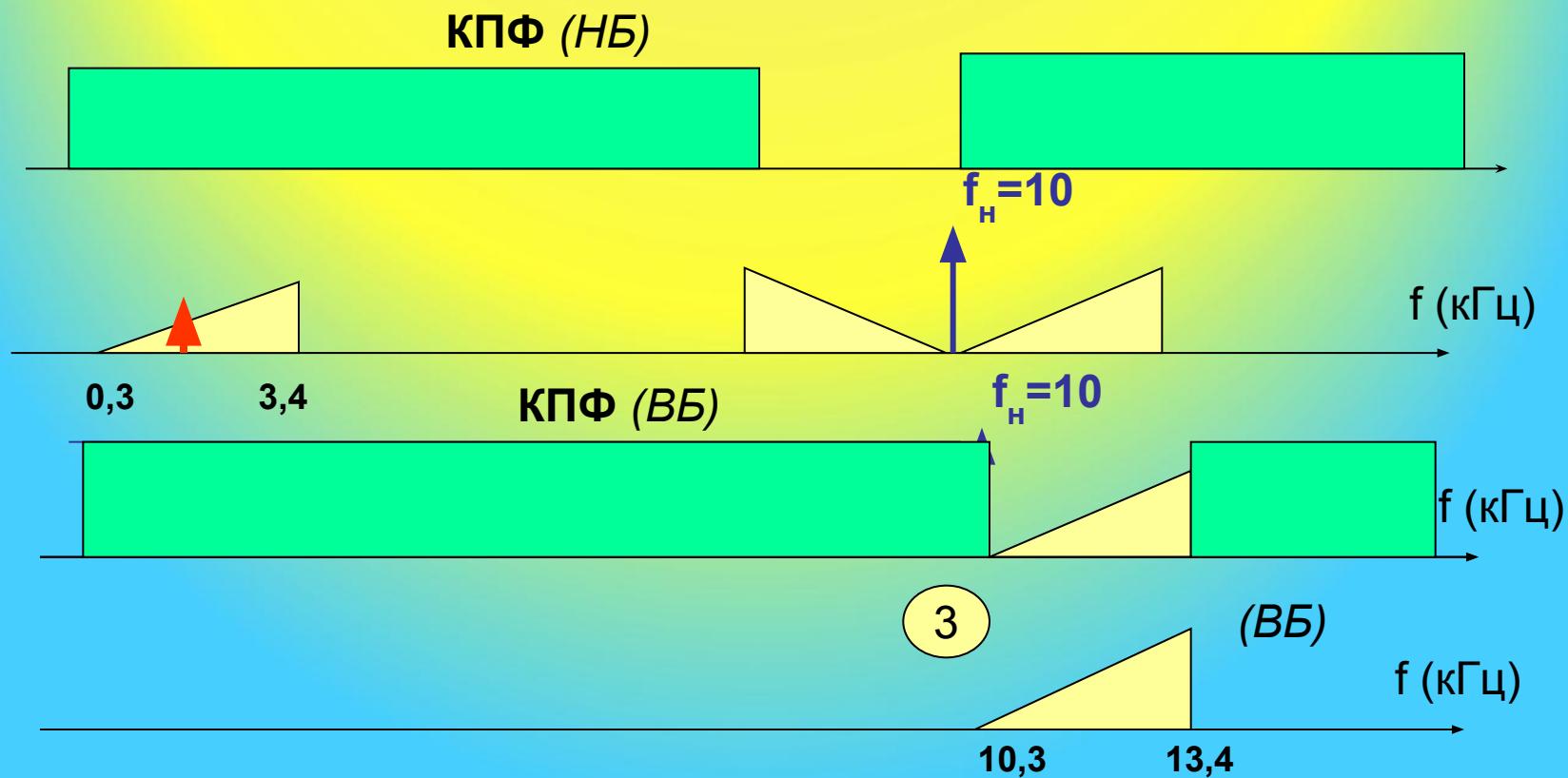


6.3 Формирование одной (нижней) боковой

ОБП



6.3 Формирование одной (верхней) боковой ОБП



Входной информационный сигнал

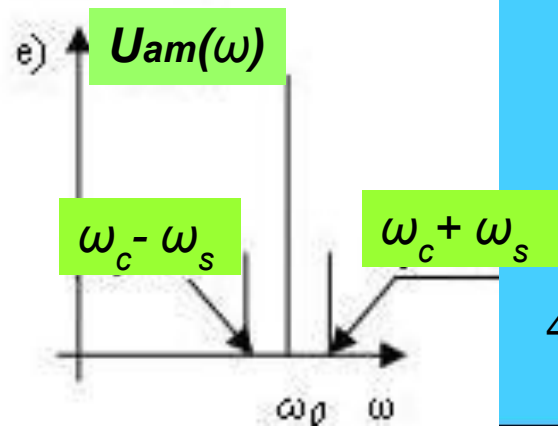
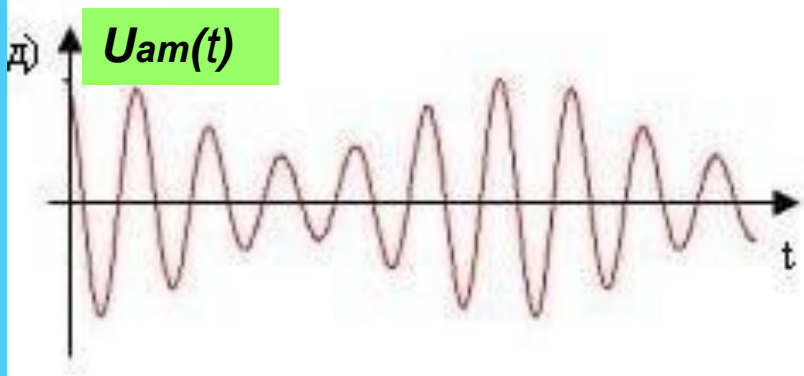
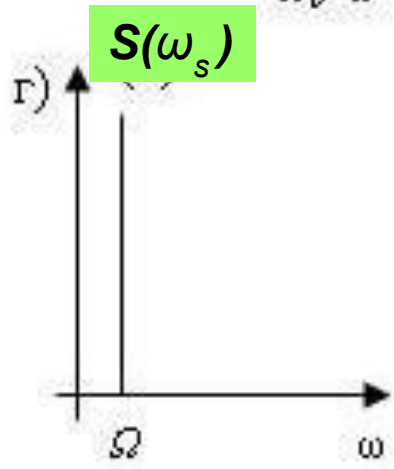
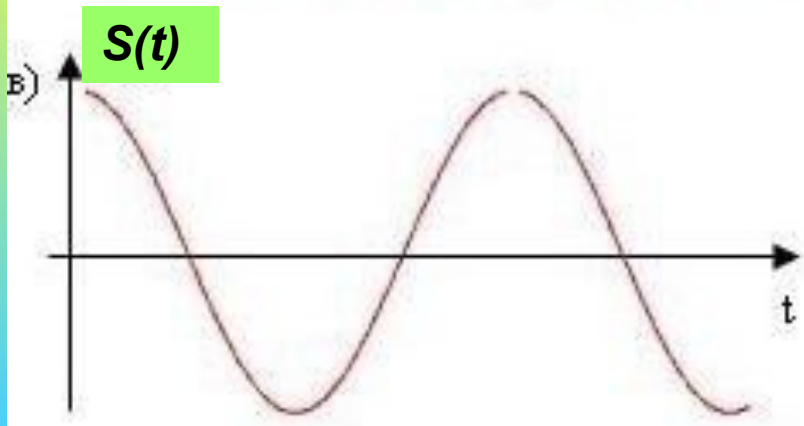
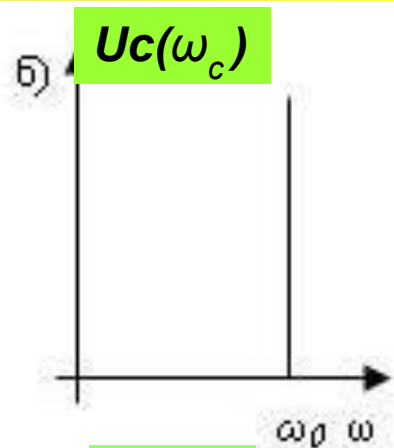
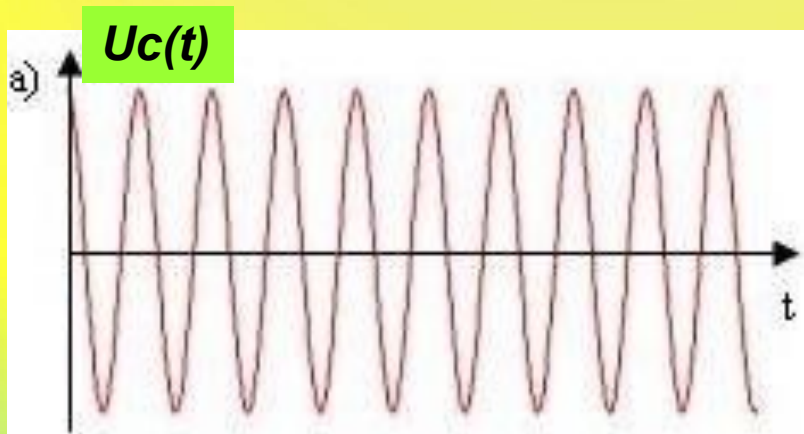
$$U_s(t) = U_0 \sin(\omega_s t + \varphi),$$

Амплитудно-модулируемый сигнал

$$U_{\text{am}}(t) = C [1 + m U_0 \sin(\omega_s t + \varphi)] \sin(\omega_c t).$$

$$U_{\text{am}}(t) = C \sin(\omega_c t) + \frac{m C U_0}{2} (\cos((\omega_c - \omega_s)t - \varphi) - \cos((\omega_c + \omega_s)t + \varphi)).$$

$$\omega = 2\pi f_0$$



6.4 Структурная схема МСП с ЧРК.

- назначение узлов:

ИМ - инд. мод

КПФ - кан. полосовой фильтр

ИД - инд. демод.

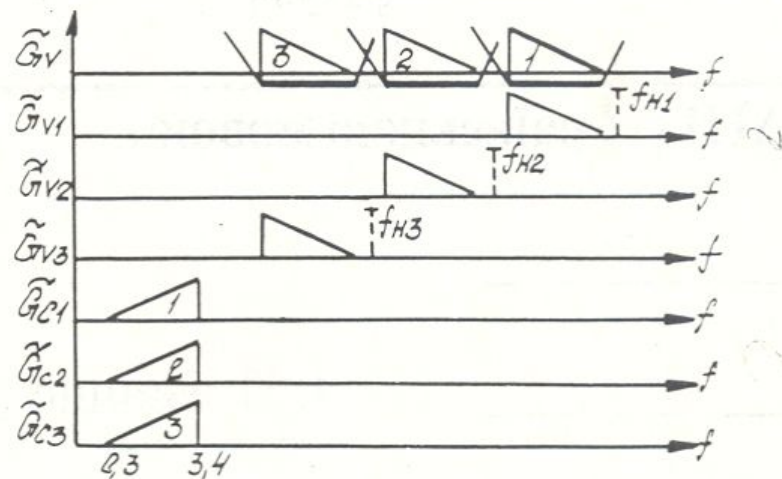
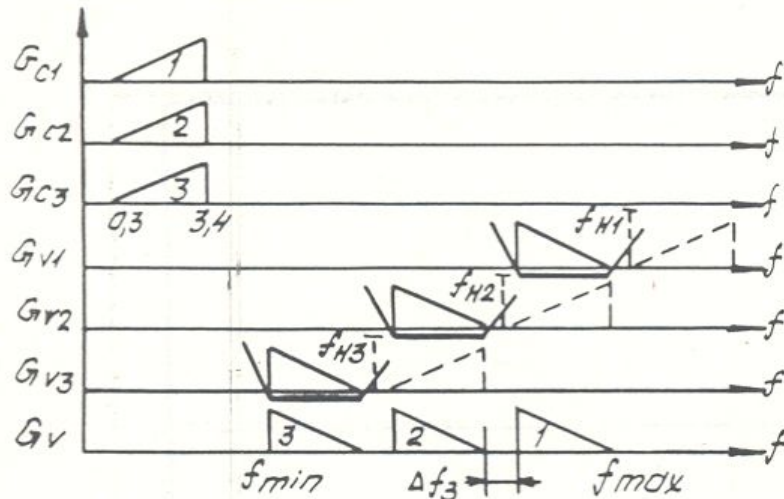
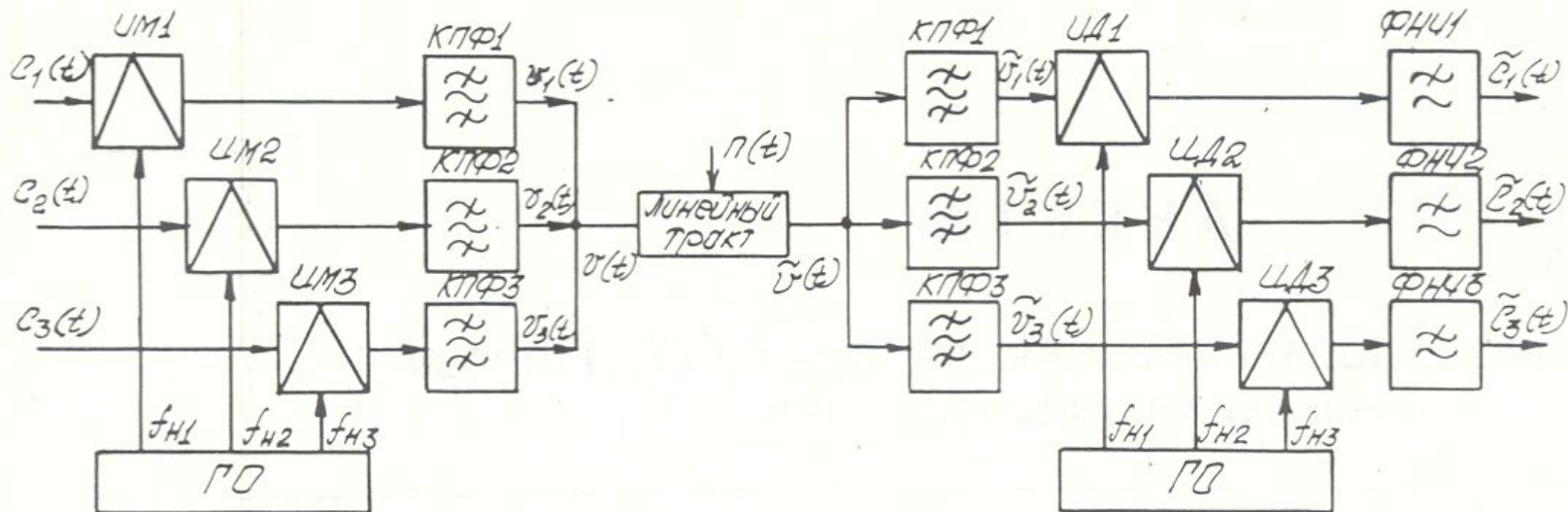
ФНЧ - фильтр нижних частот

ГО - генераторное оборудование

- требования к этим узлам

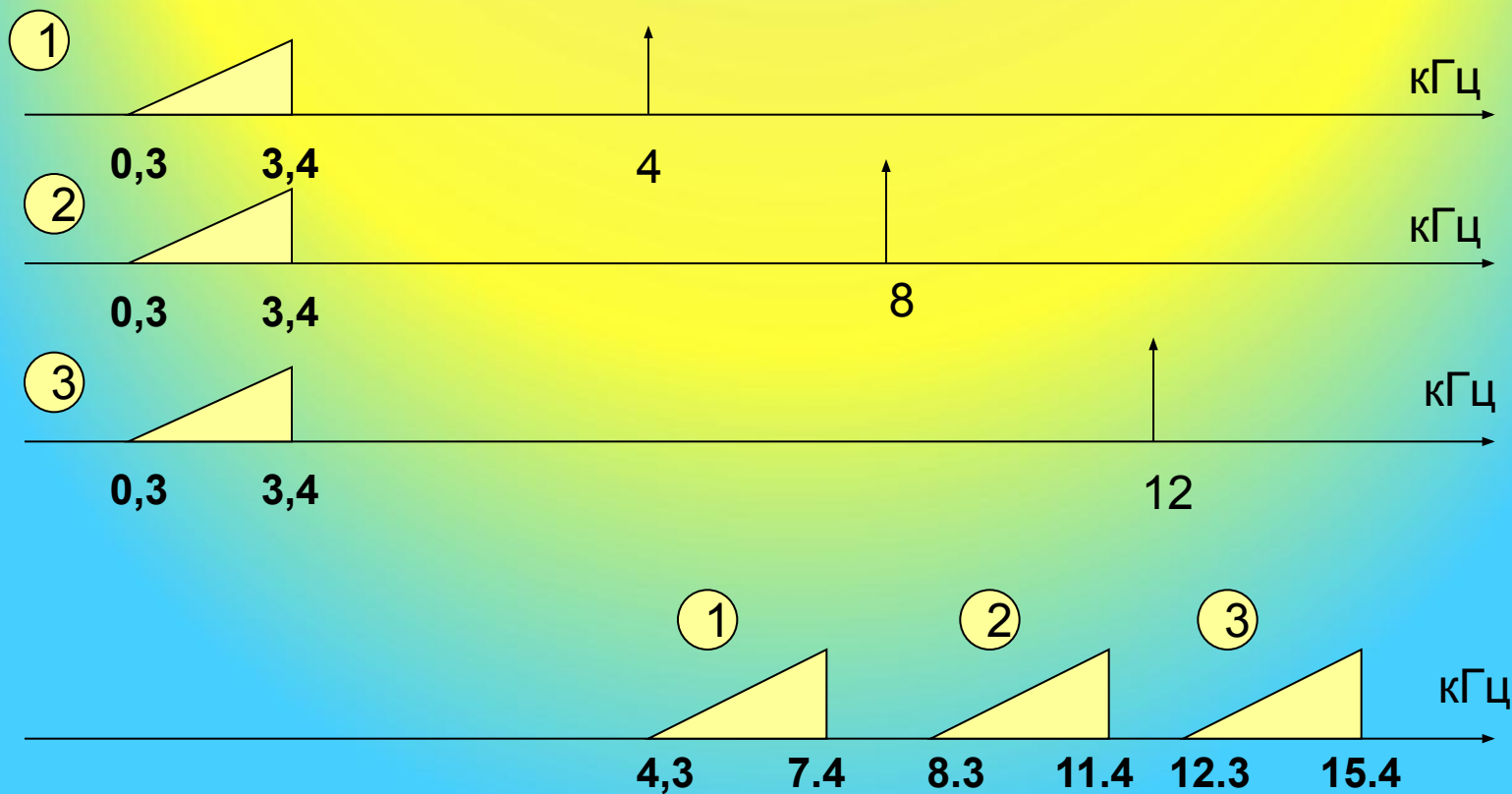
- диаграмма преобразования частот

Структурная схема МСП с ЧПК (метод ОБП-Ф)



Пример 2

Диаграмма преобразования частоты



7. Канал тональной частоты

канал ТЧ обеспечивает передачу электрических сигналов в полосе частот 0,3-3,4 кГц



(средняя мощность тел. сигнала в точке нулевого измерительного уровня -88 мкВт.

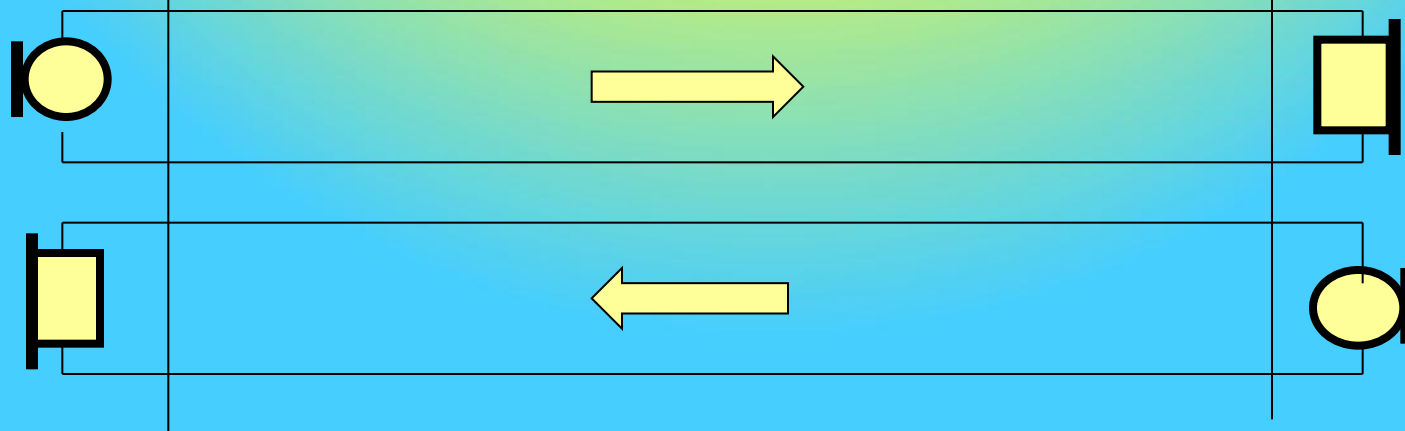
с учетом коэффициента активности канала
(0,25) $P_{ср}=22\text{мкВт}$.

с учетом сигналов управления 32 мкВт.

а) - 2-х проводное окончание канала

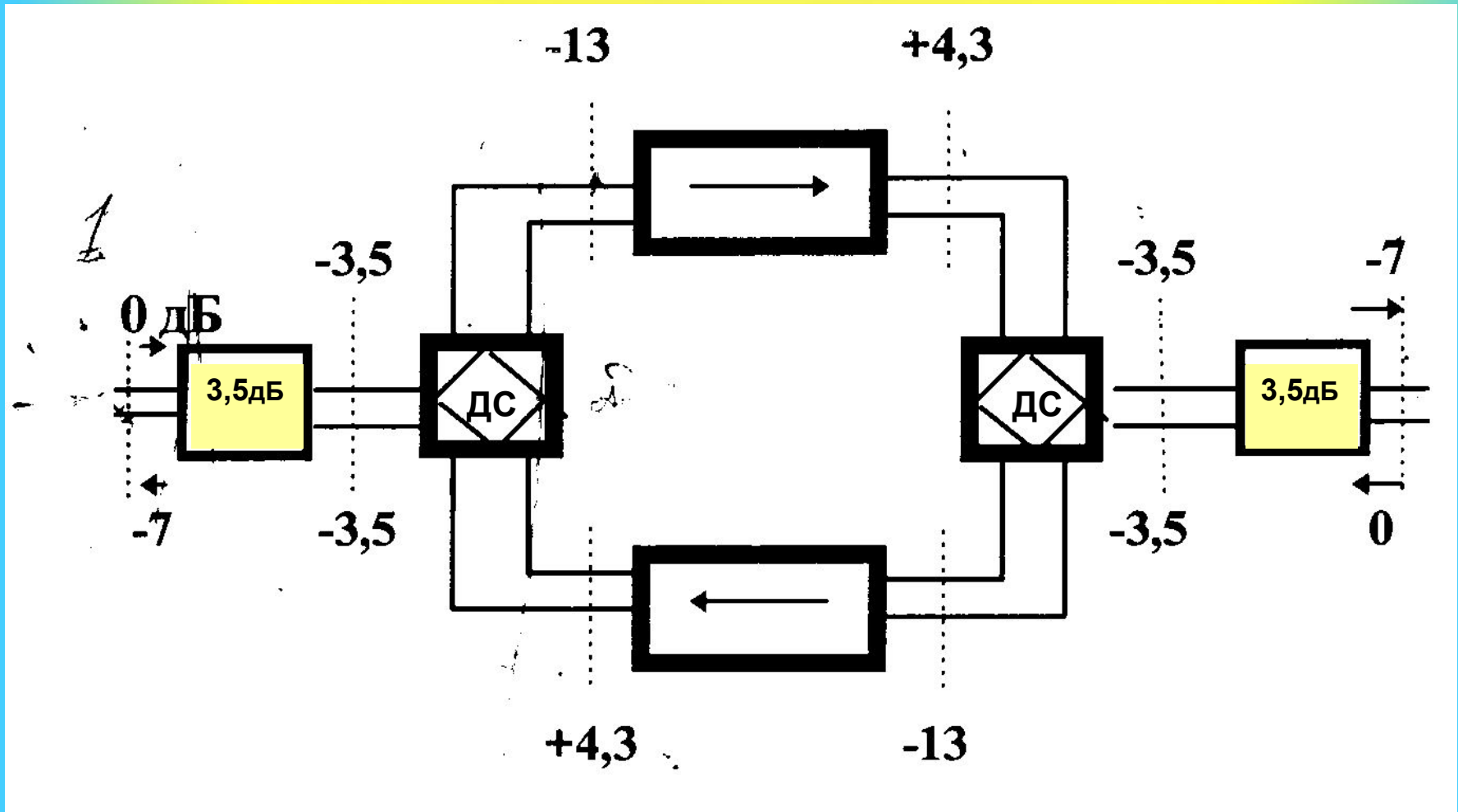


б) 4-х проводное окончание канала

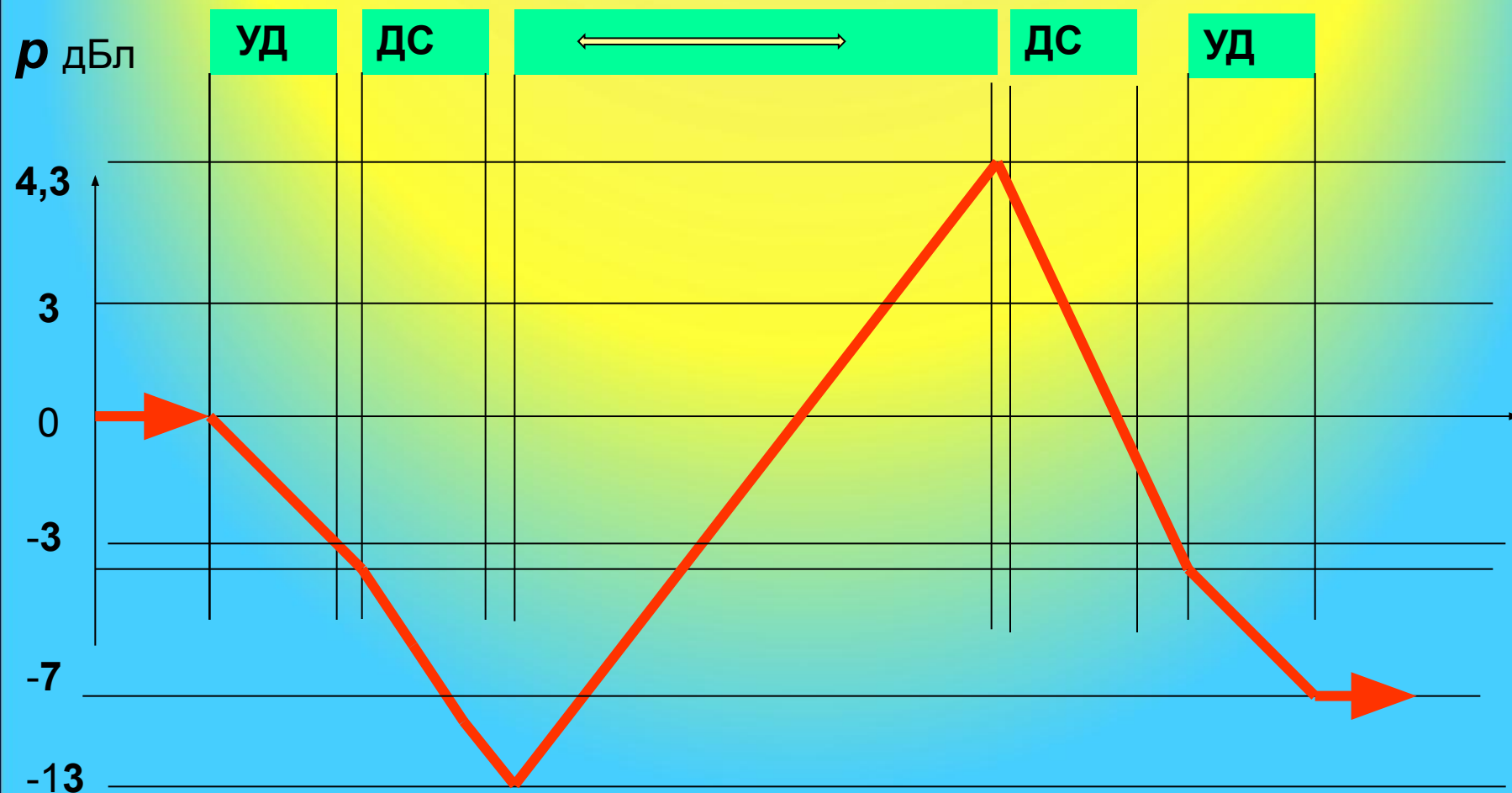


7.2 Характеристики канала ТЧ

7.2.1 Диаграмма уровней канала тональной частоты

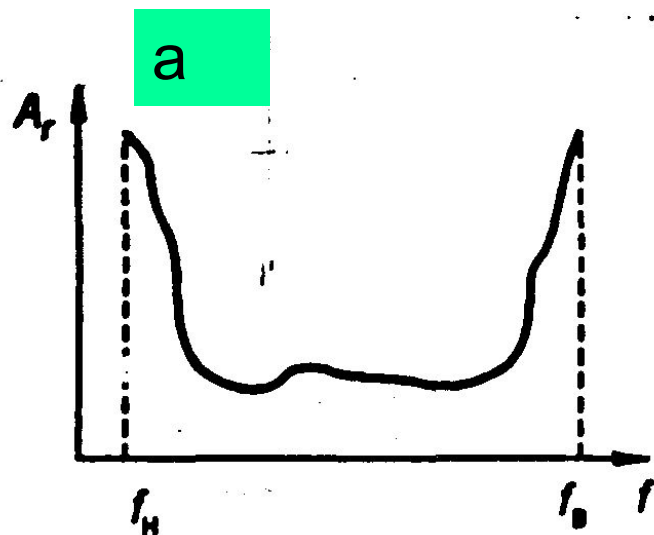


Задача. Определить затухание в 2-х и 4-х проводных режимах

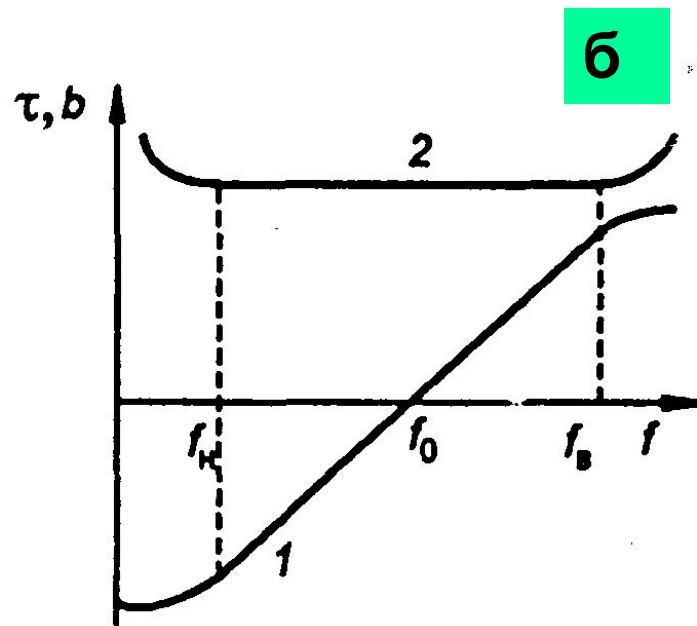


7.2.2 Амплитудно-частотная характеристика (а)

7.2.3 Фазо-частотная характеристика (б)

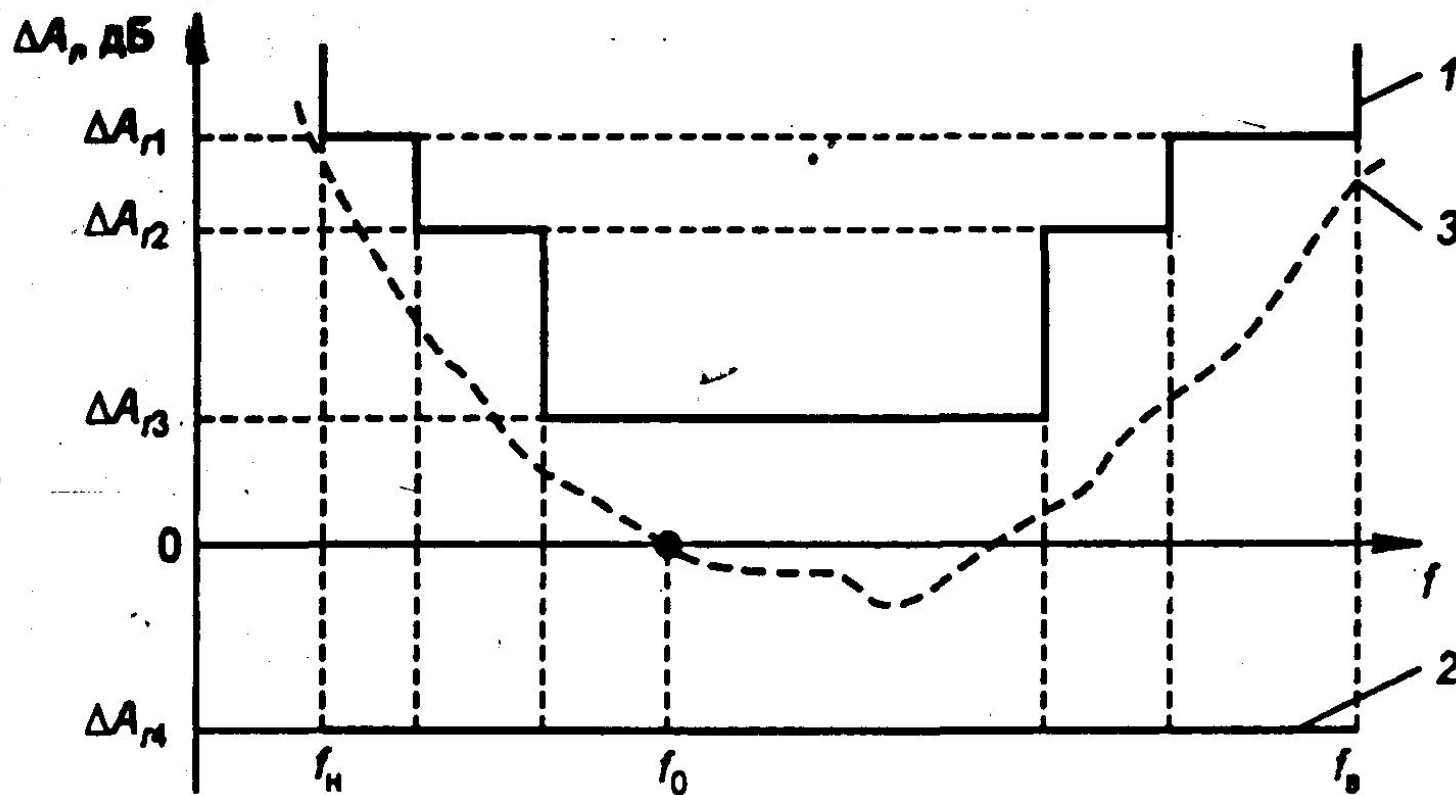


Амплитудно-частотная характеристика



Фазо-частотная характеристика

7.2.2 Амплитудно-частотная характеристика (шаблон)



Примерный шаблон допустимых отклонений остаточного затухания канала передачи

7.2.2 Амплитудно-частотная характеристика (шаблон вар 2)

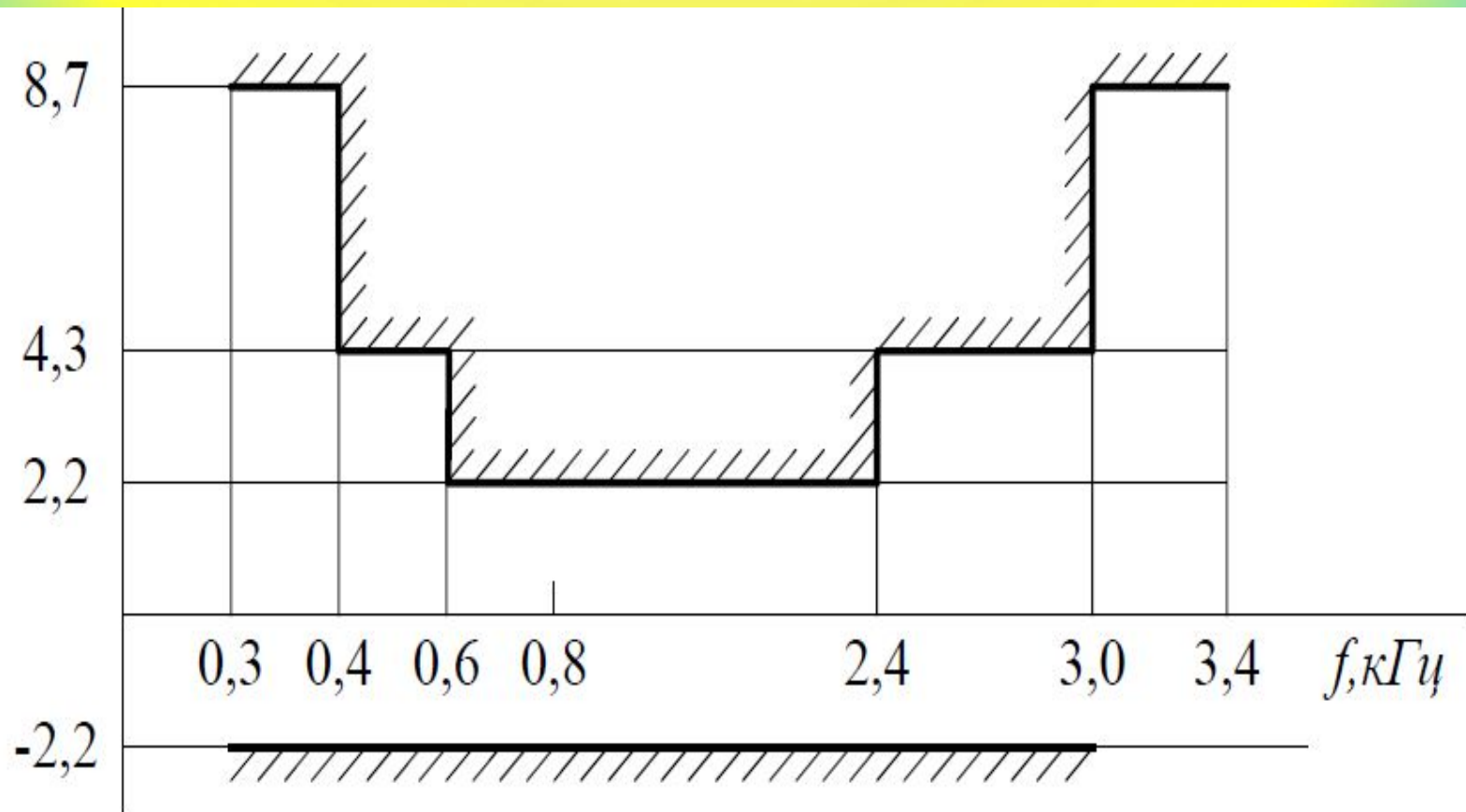
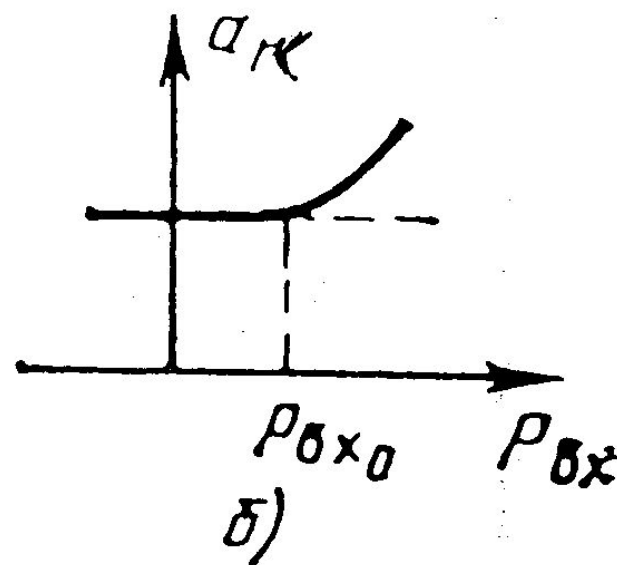
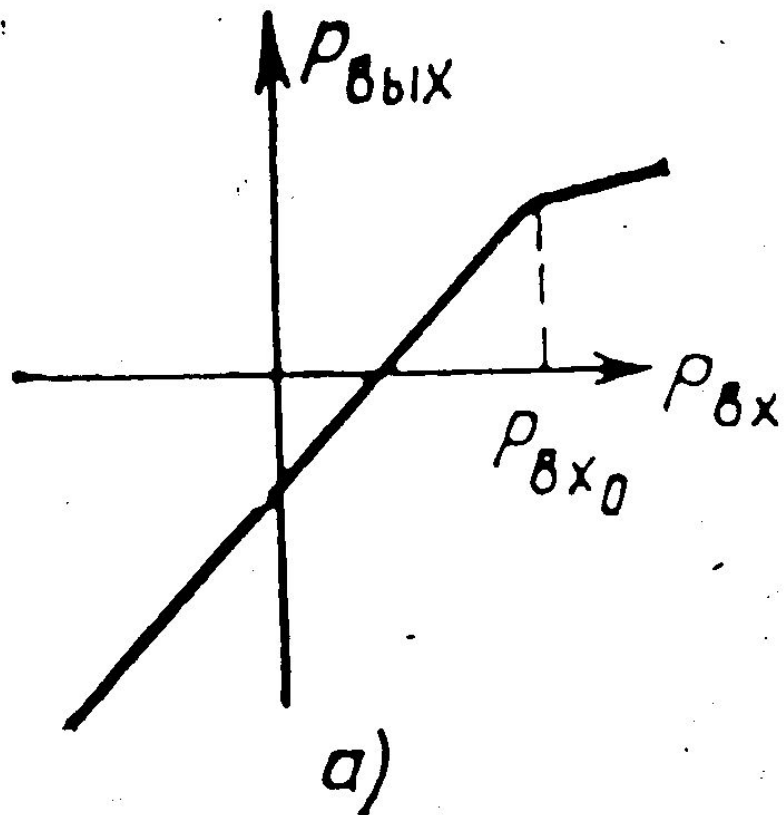


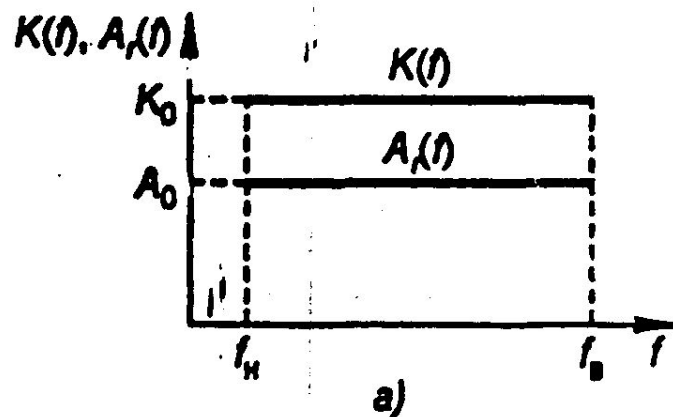
Рис. 1.9. Шаблон отклонения остаточного затухания аналогового канала ТЧ

7.2.3 Амплитудная характеристика

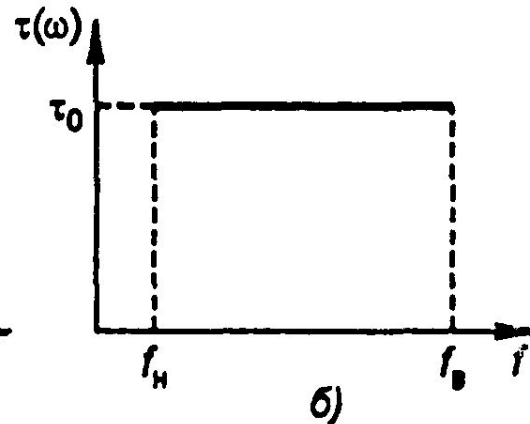


Амплитудные характеристики
канала передачи

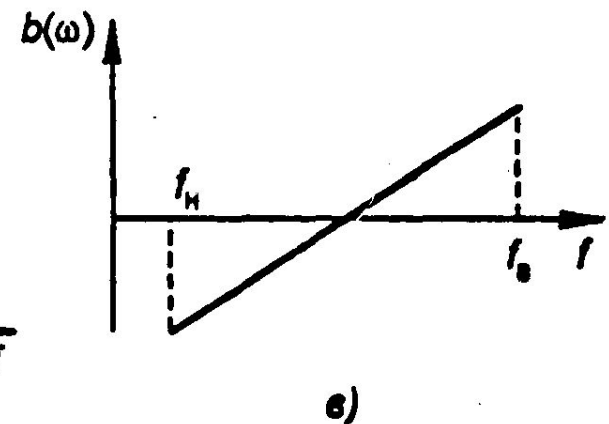
7.4 Условия передачи сигналов без искажений



а) Амплитудно-частотная характеристика и частотная характеристика затухания



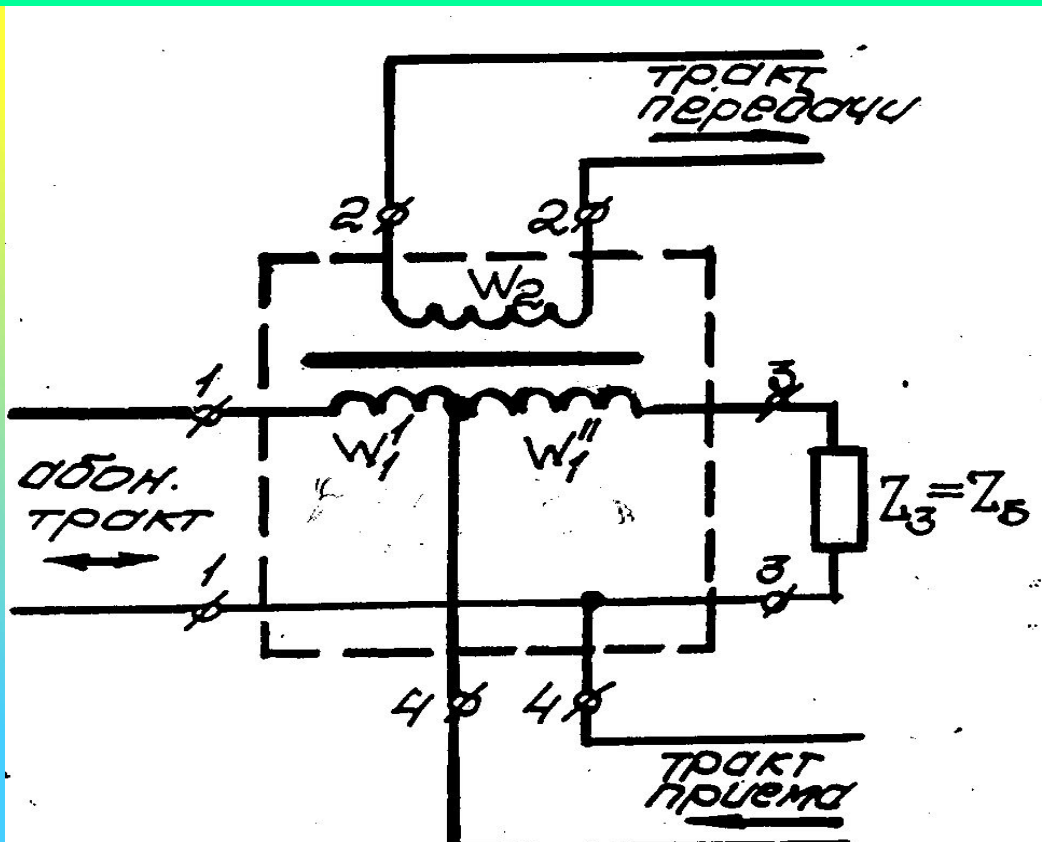
б) Частотная характеристика затухания группового времени прохождения



в) Частотная характеристика фазового сдвига

Условия неискаженной передачи

8. Развязывающее устройство (РУ) Дифференциальная система (ДС)



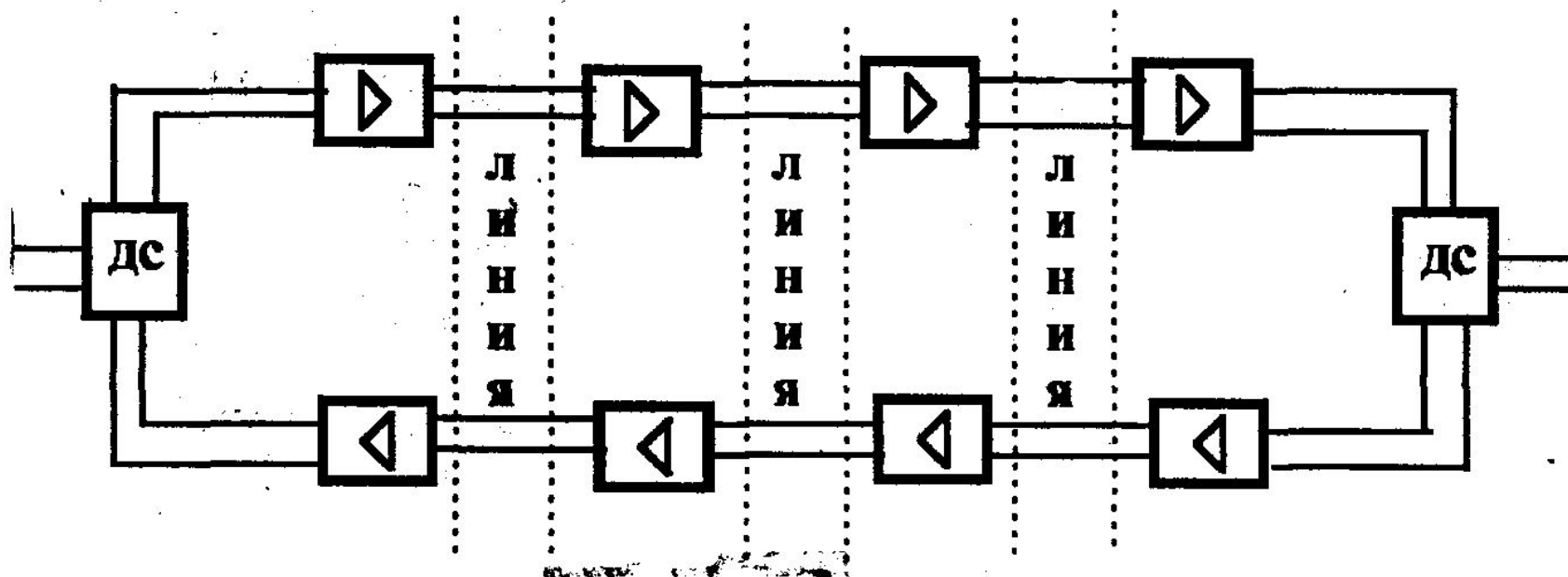
закончить

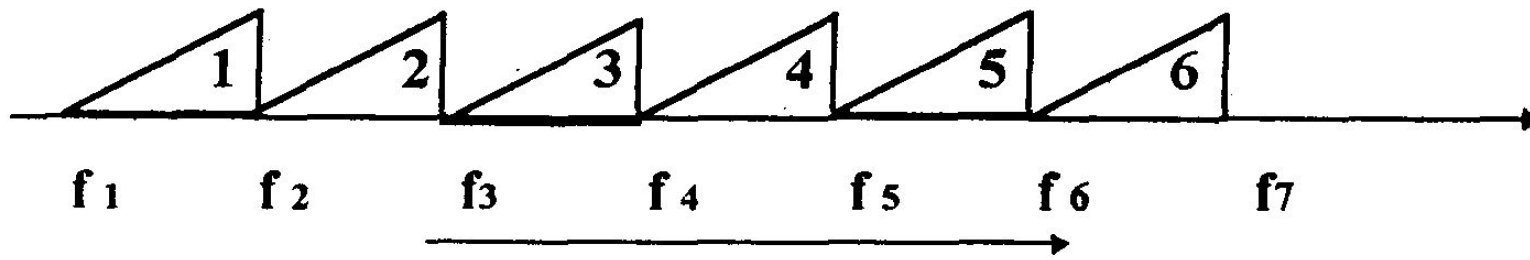
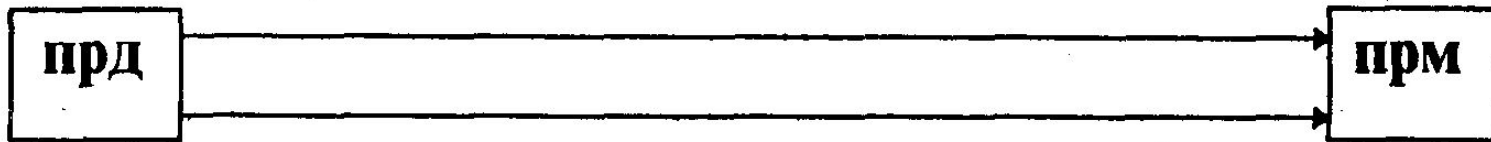
$$A = 10 \lg (P_{\text{вх}} / P_{\text{вых}})$$

$$A_{2-1} = 10 \lg (P_{\text{вх}} / 0,5 P_{\text{вх}}) = 10 \lg 2 = 3 \text{ дБ.}$$

9. Двухсторонняя передача сигналов

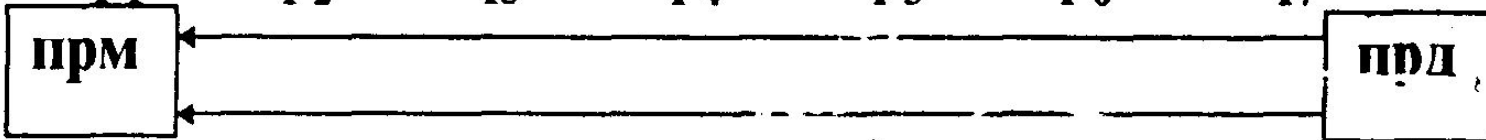
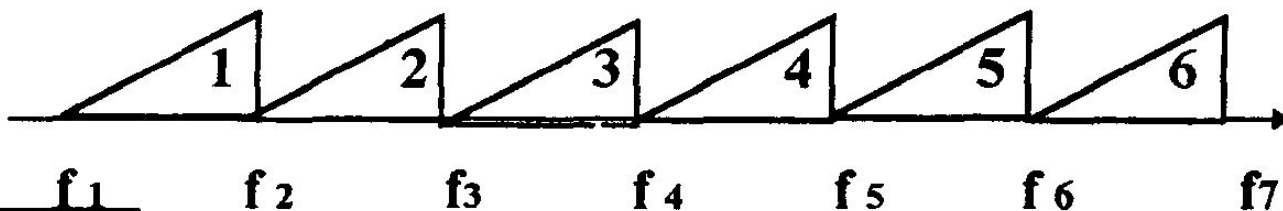
Однополосная четырехпроводная
схема





А

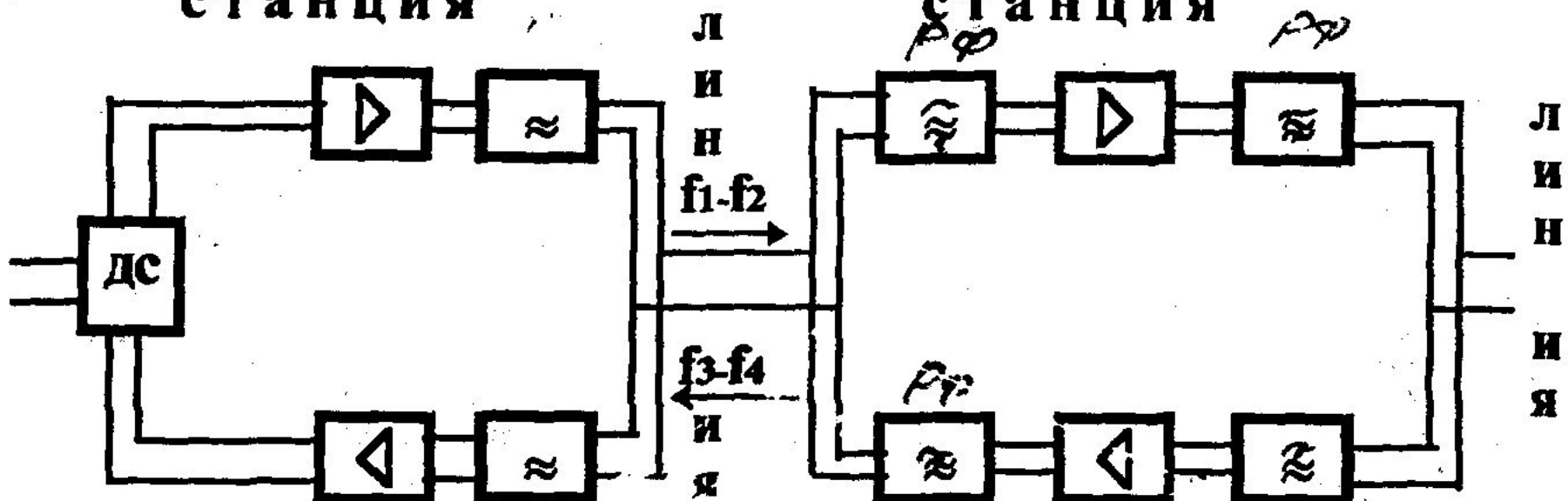
Б



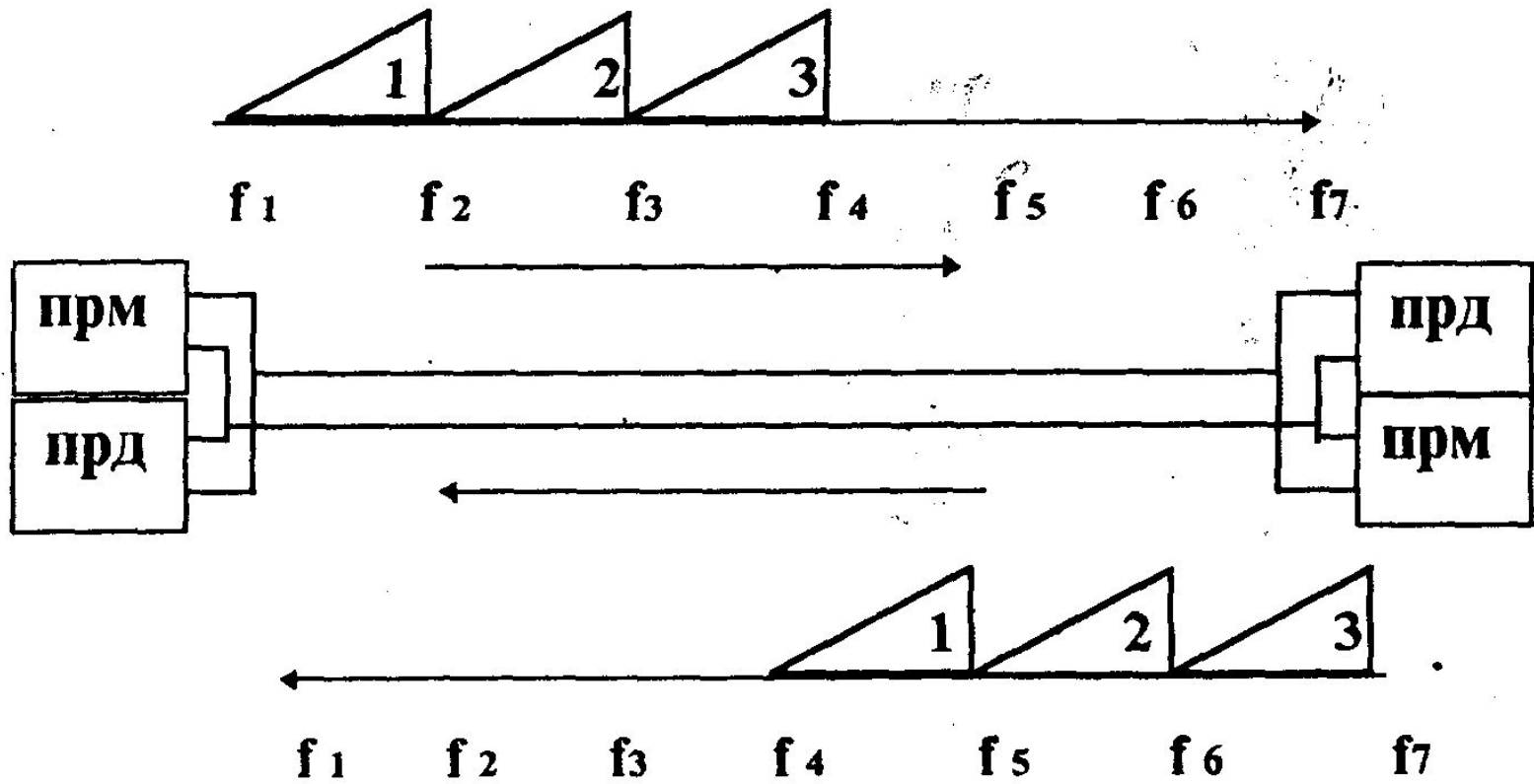
Двухпроводная двухполосная схема

Оконечная
станция

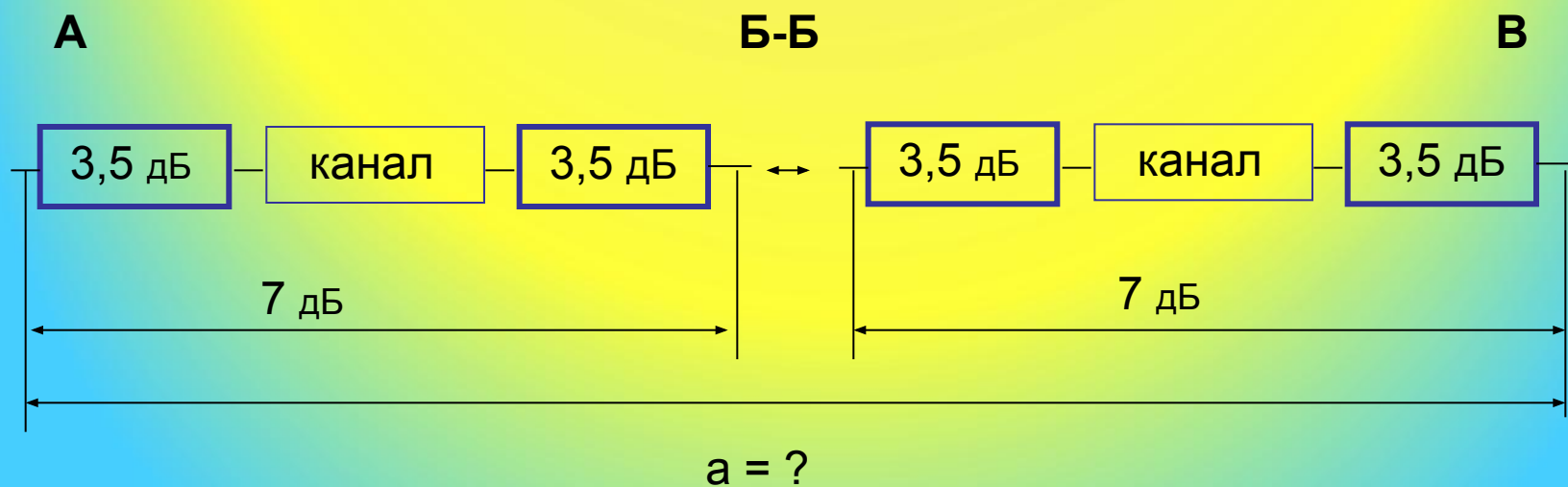
Промежуточная
станция



Двух сторонняя передача



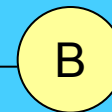
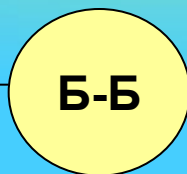
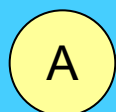
10. Транзитное включение каналов ТЧ.



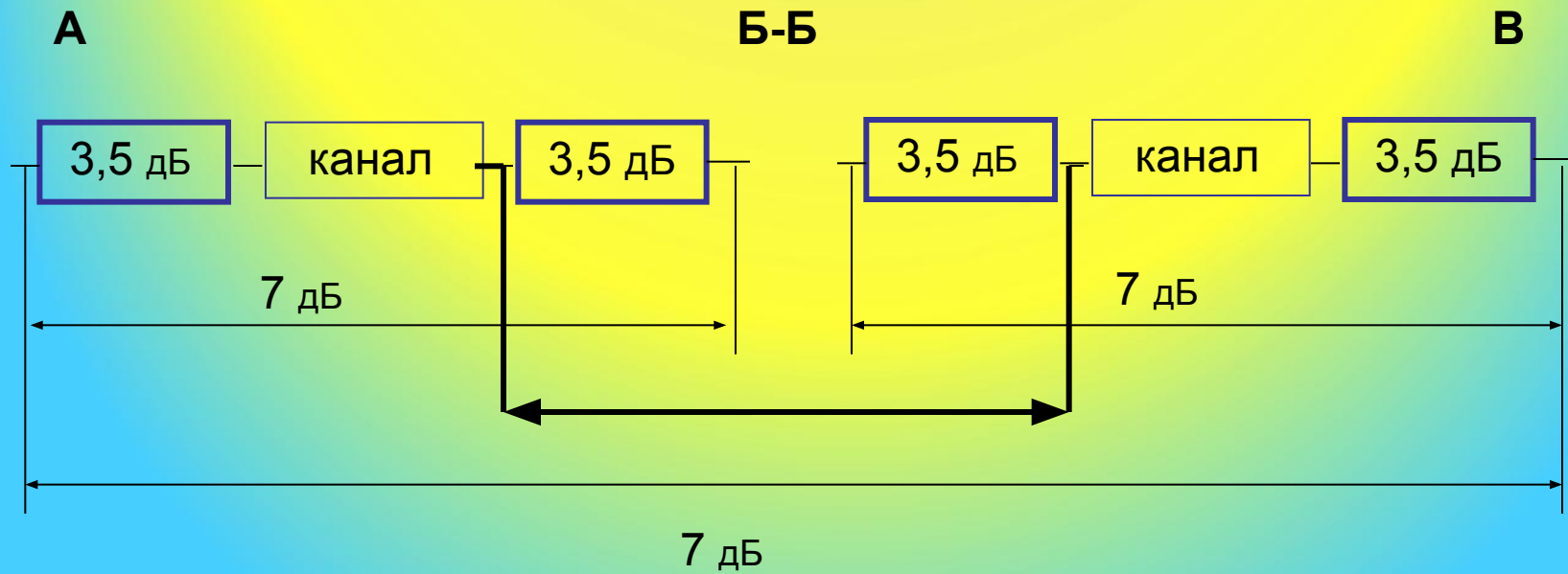
Одеса

Киев



Львов



10.1 2-х проводной транзит

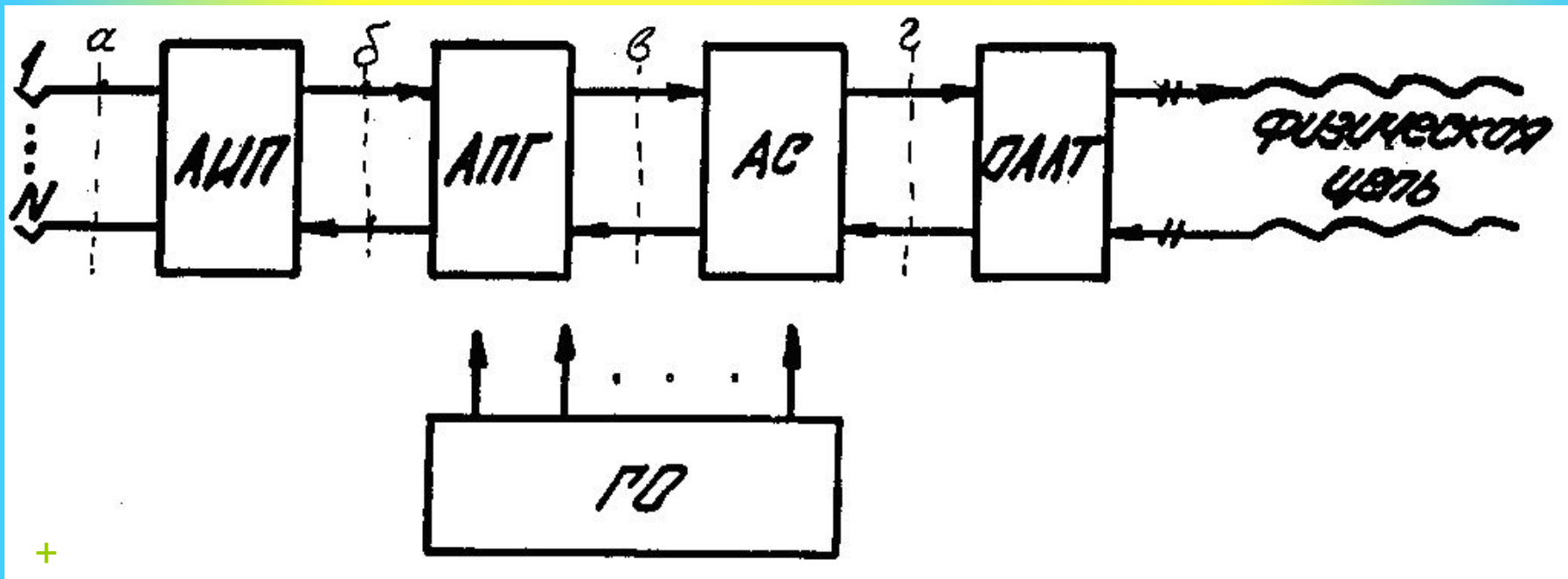


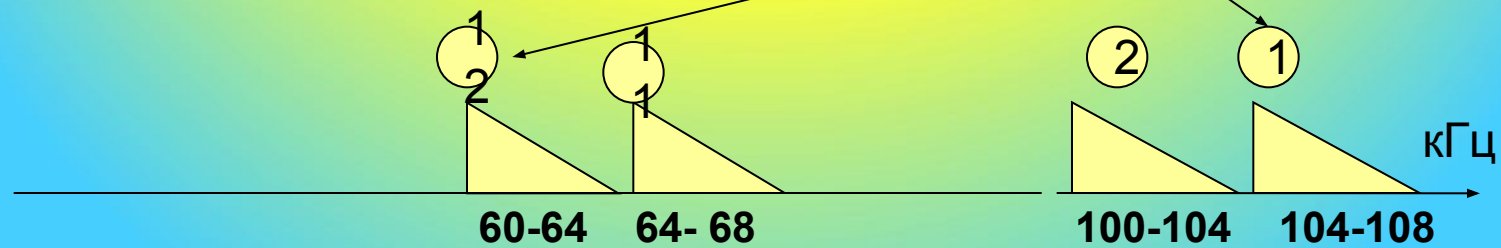
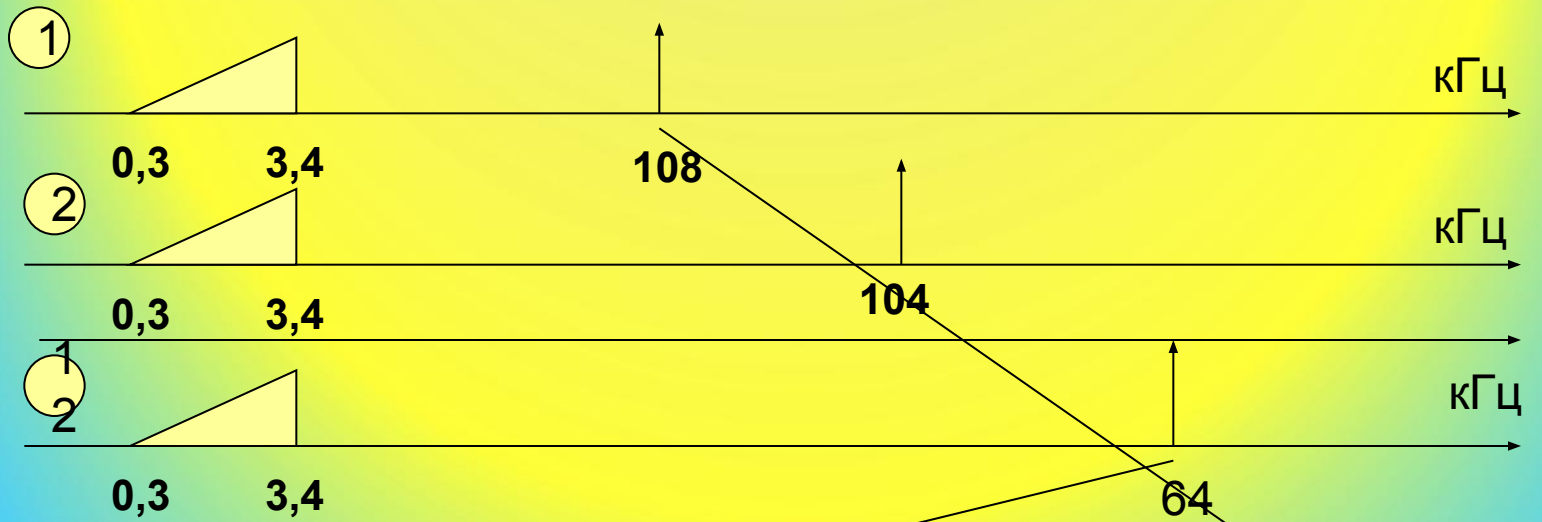
11.1 ШИРОКОПОЛОСНЫЕ КАНАЛЫ МСП с ЧРК

№ п/п	наимено- вание групп	частоты кГц	количест- во предв. групп	количест каналов ТЧ	условное обозначе ние	условное обознач. спектра
0	предгруп.	12-24	-	3	ПрГ	
1	первичная	60-108	4 ПрГ	12	ПГ	
2	вторичная	312-552	5 ПГ	60	ВГ	
3	третичная	812- 2044	5 ВГ	300	ТГ	

12. Оконечные станции систем передачи с частотным разделением каналов

12.1 Структурная схема оконечной станции МСП с ЧРК.



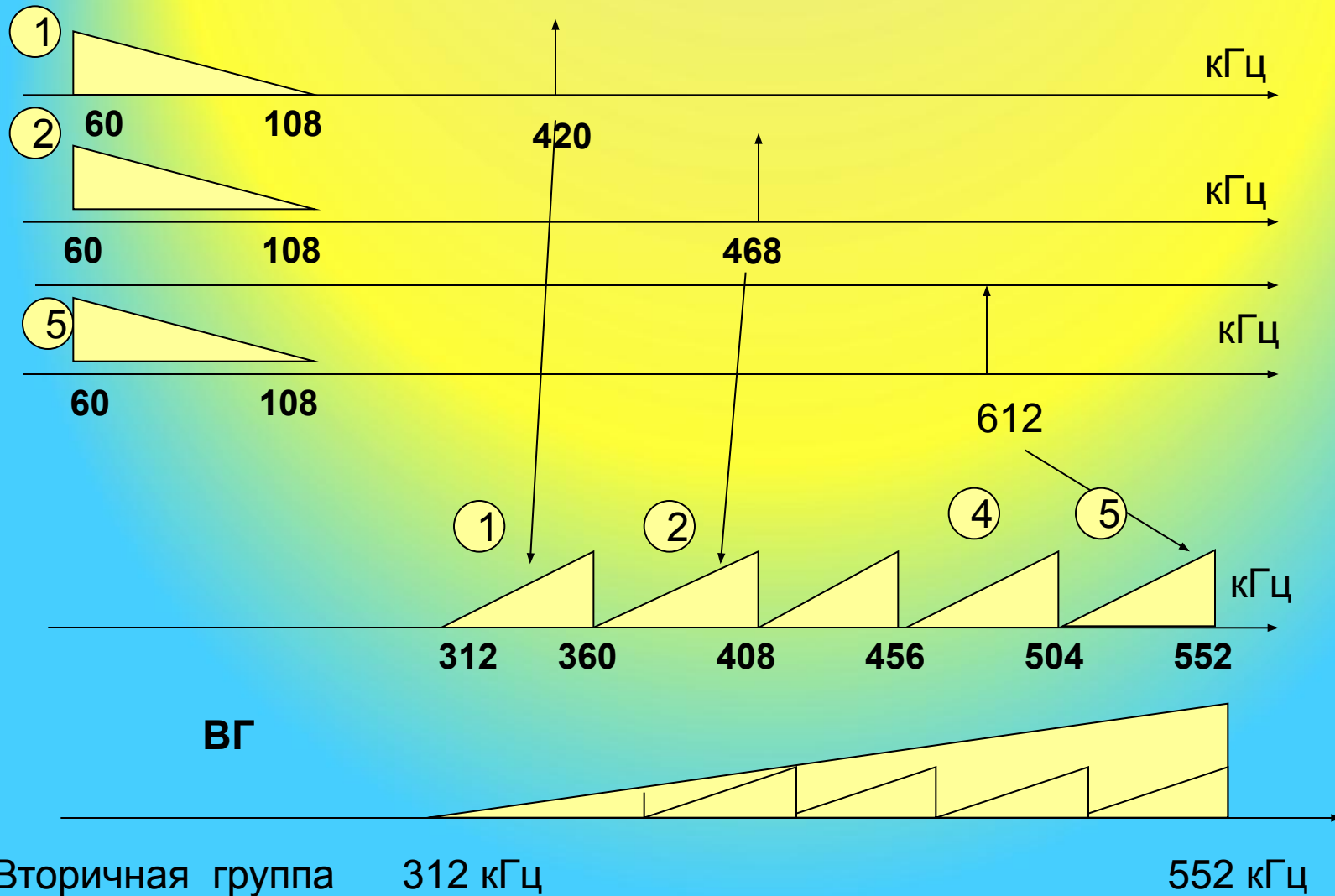


ПГ

Первична группа

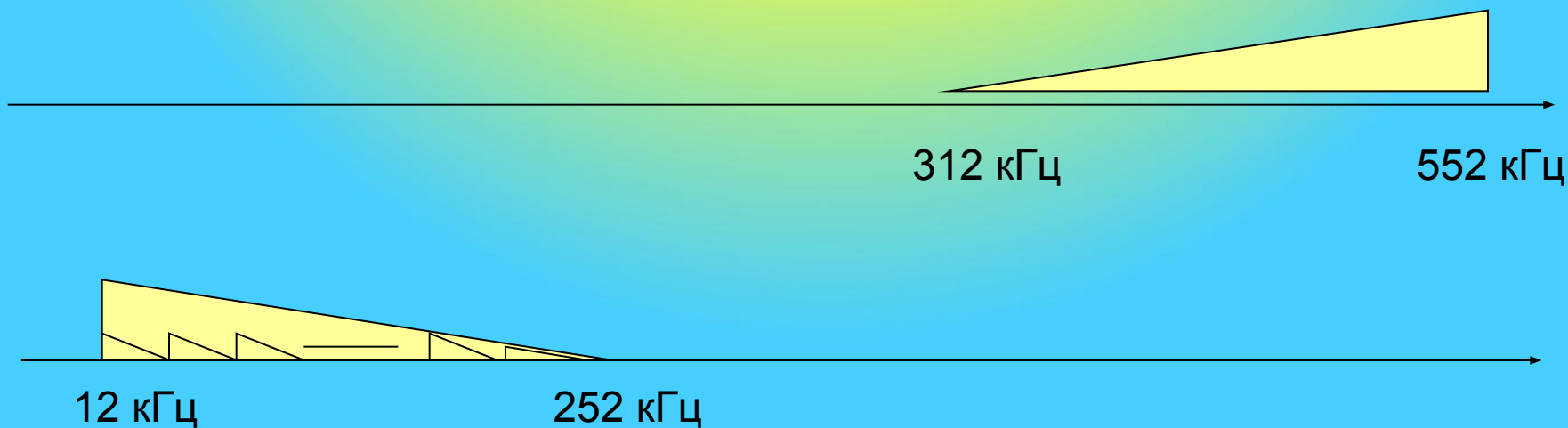
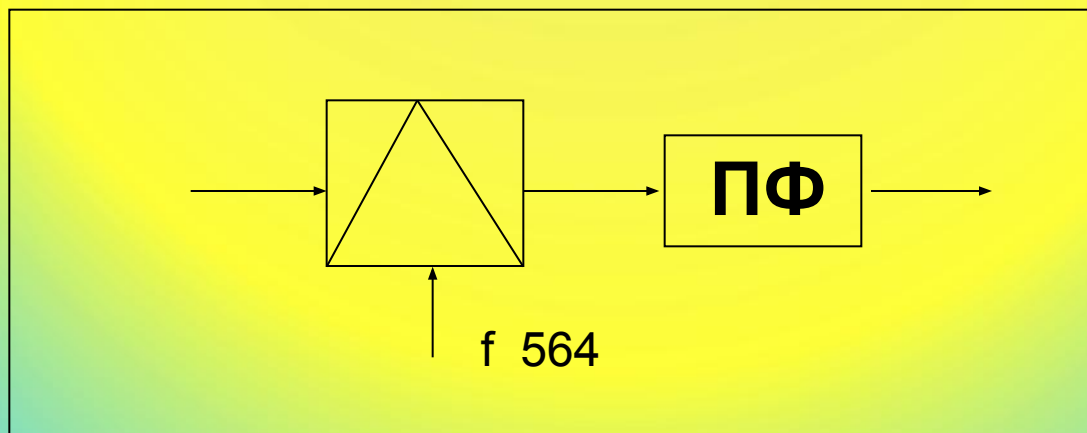
60 кГц

108 кГц



Преобразование спектра в СА

Г

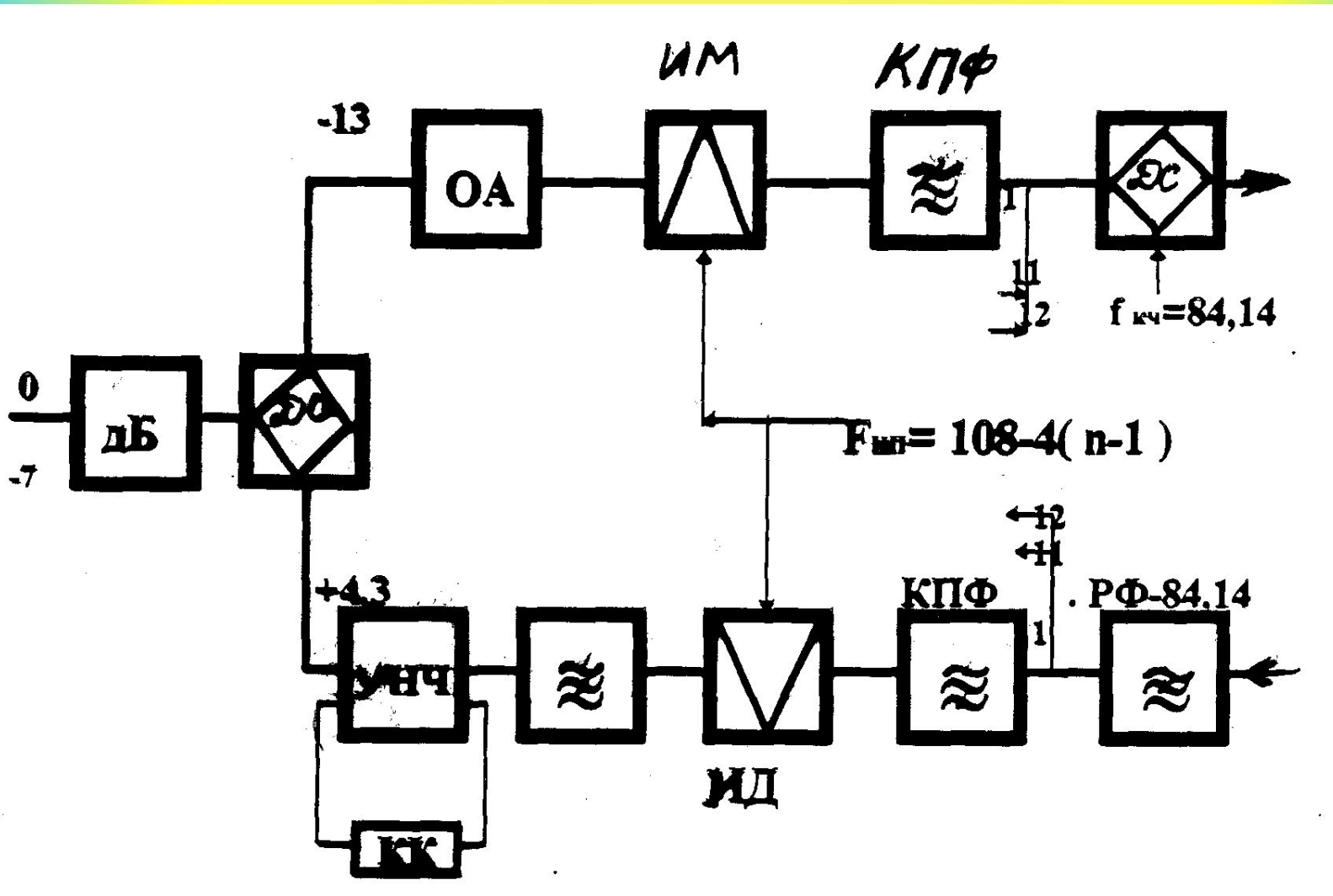


повторение

12.2.1 ШИРОКОПОЛОСНЫЕ КАНАЛЫ МСП с ЧРК

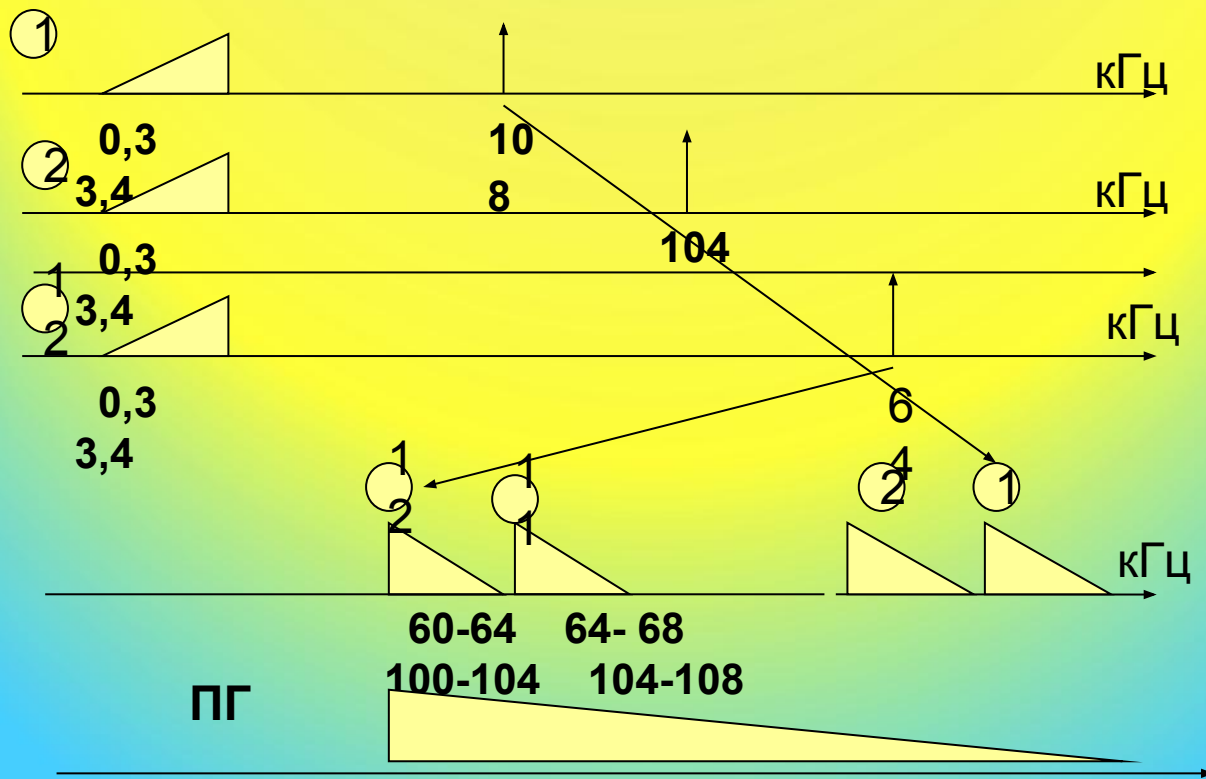
№ п/п	наименование групп	частоты кГц	количество предв. групп	количество каналов ТЧ	условное обозначение	условное обознач. спектра
0	предгруп.	12-24	-	3	ПрГ	
1	первичная	60-108	4 ПрГ	12	ПГ	
2	вторичная	312-552	5 ПГ	60	ВГ	
3	третичная	812- 2044	5 ВГ	300	ТГ	

11.3 Блок схема АИП



Фильтровой способ (одноступенчатый)

(повторение см. лк 5)

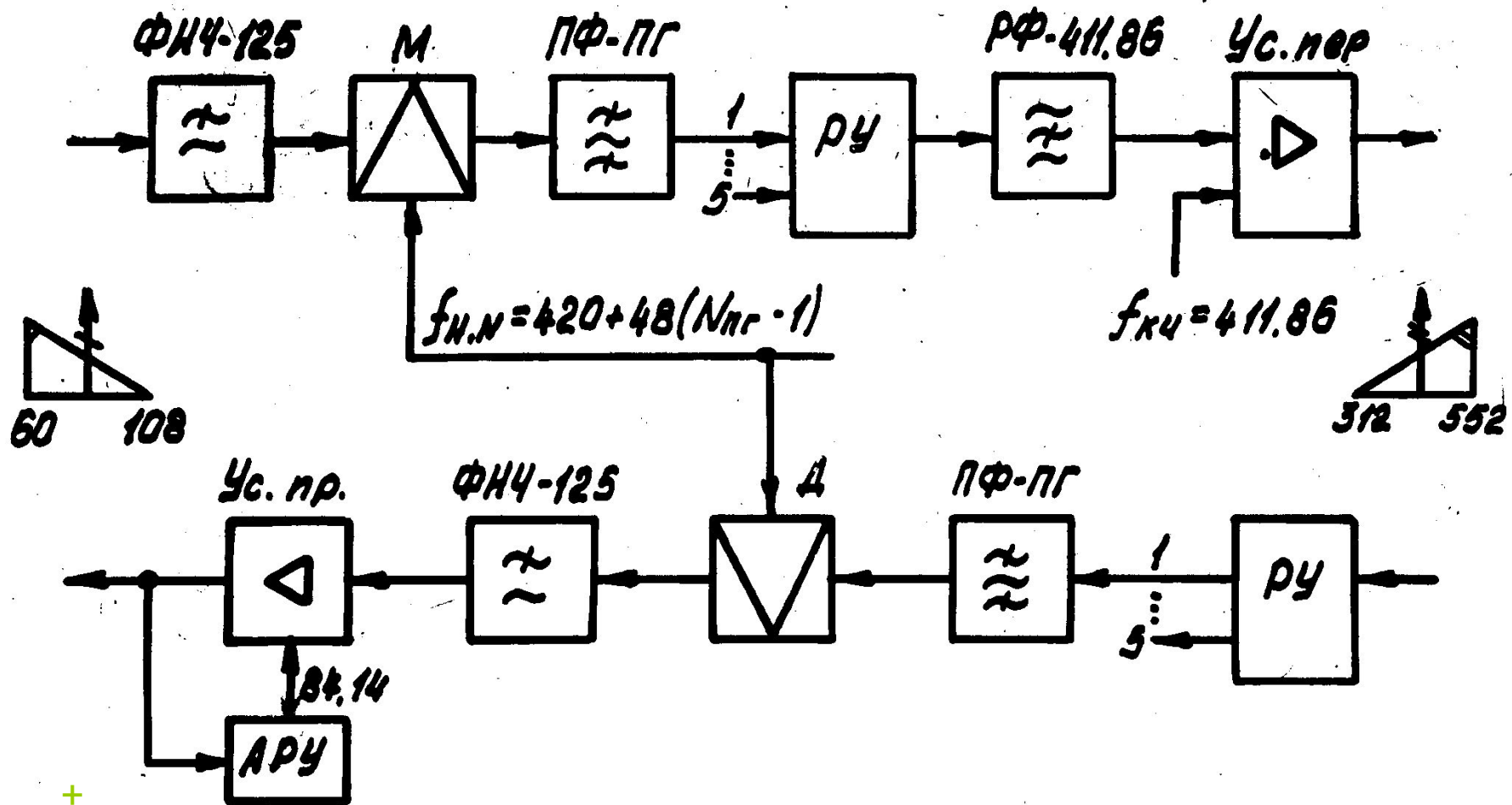


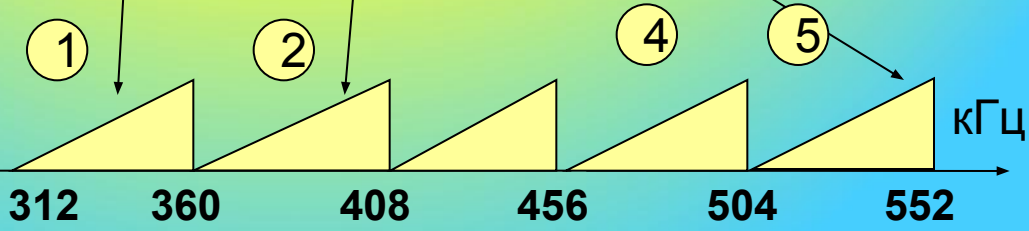
Первична группа
108 кГц

60 кГц

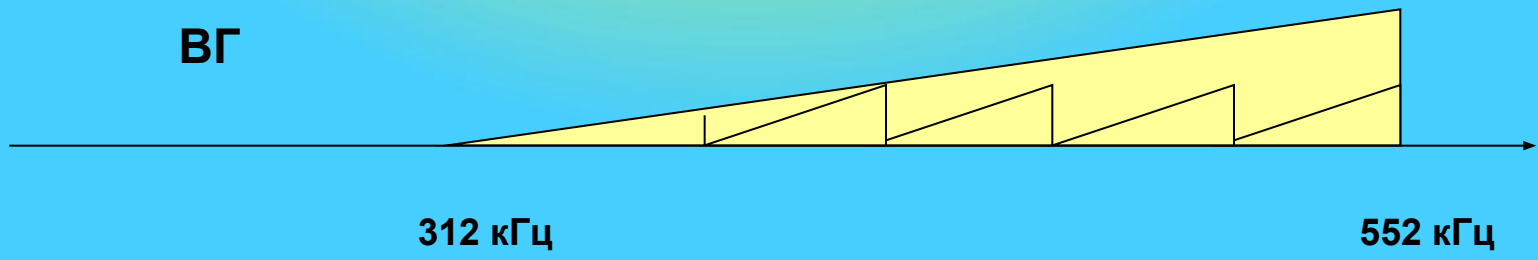
Недостатки:

12.6 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АППГ

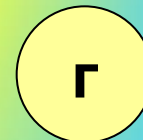
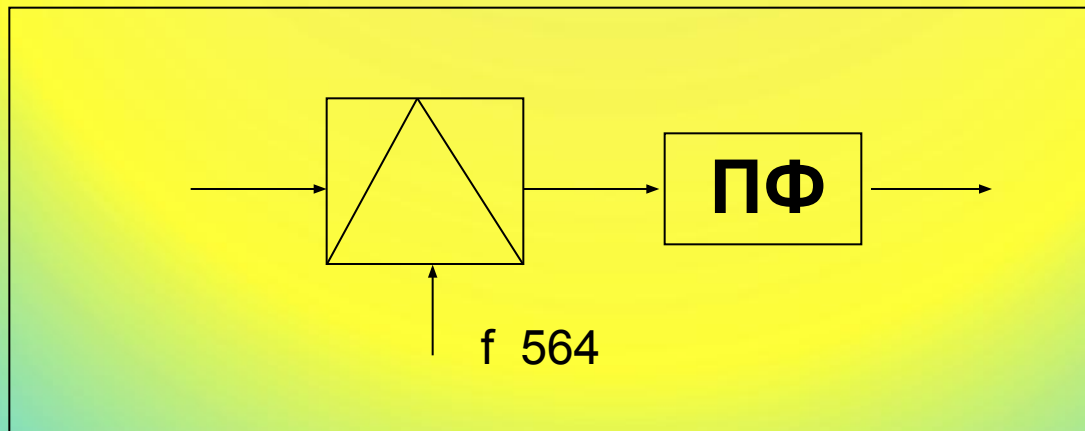




ВГ



12.7 Аппаратура сопряжения



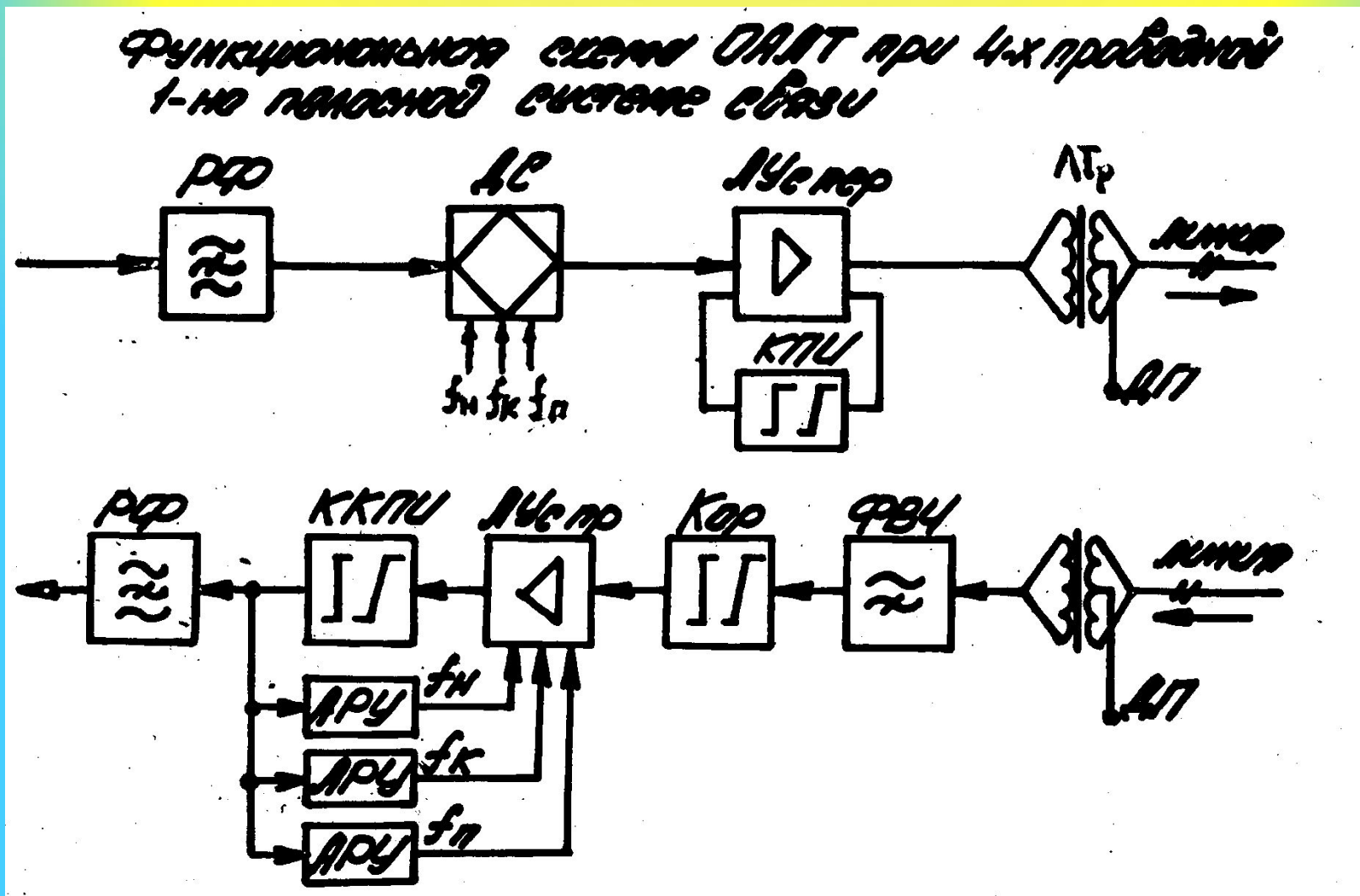
312 кГц

552 кГц

12 кГц

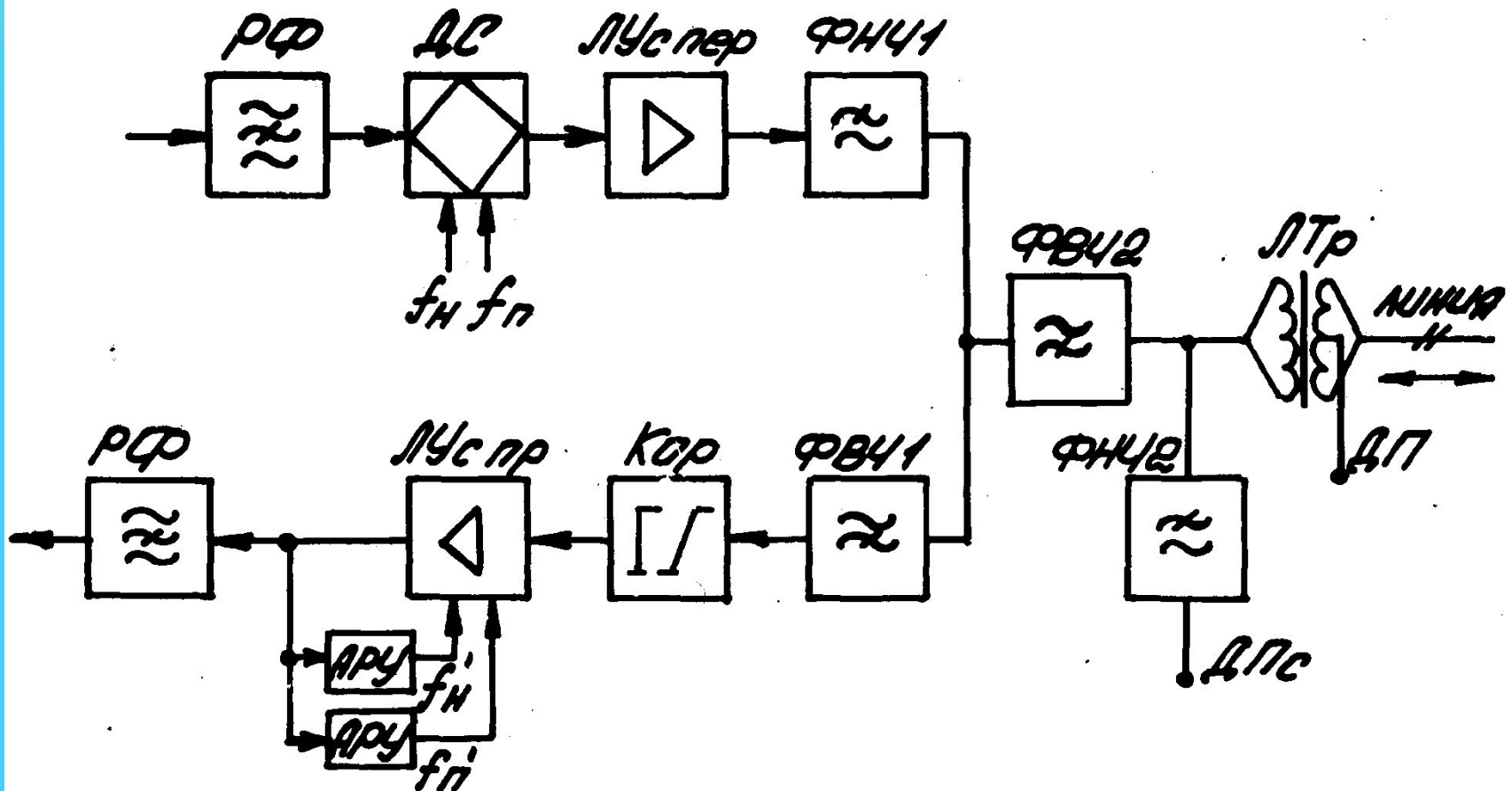
252 кГц

12.8.1 Оконечная аппаратура линейного тракта (4 х пр.)



12.8.2 Оконечная аппаратура линейного тракта (2х пр.)

Функциональная схема ПАЛТ при 2-х проводной 2-х полосной системе связи

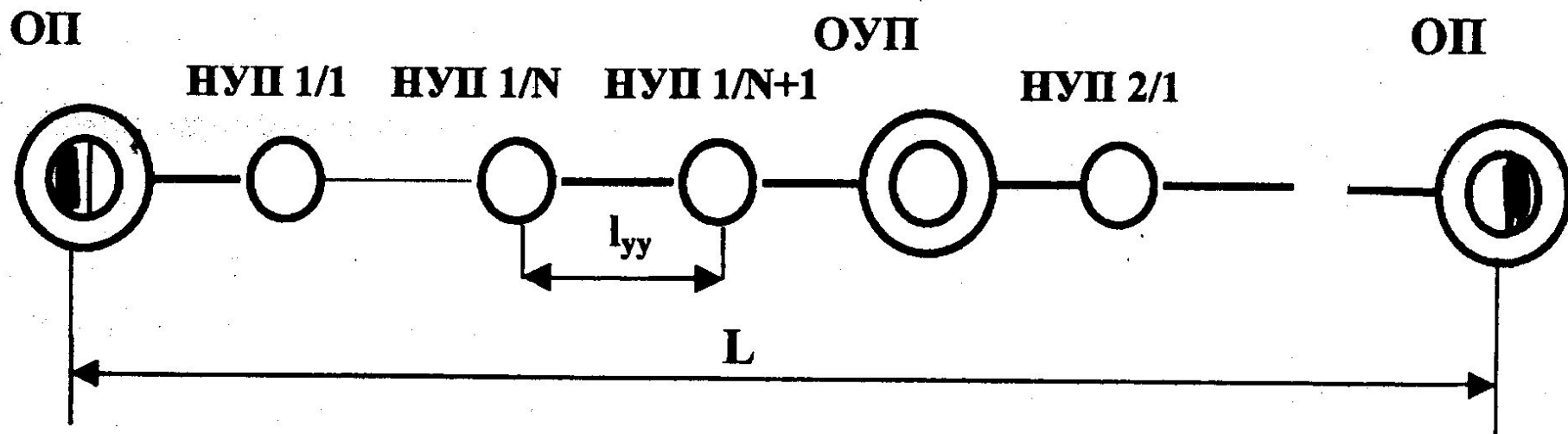


13. Линейный тракт аналоговых систем передачи(ЛТ)

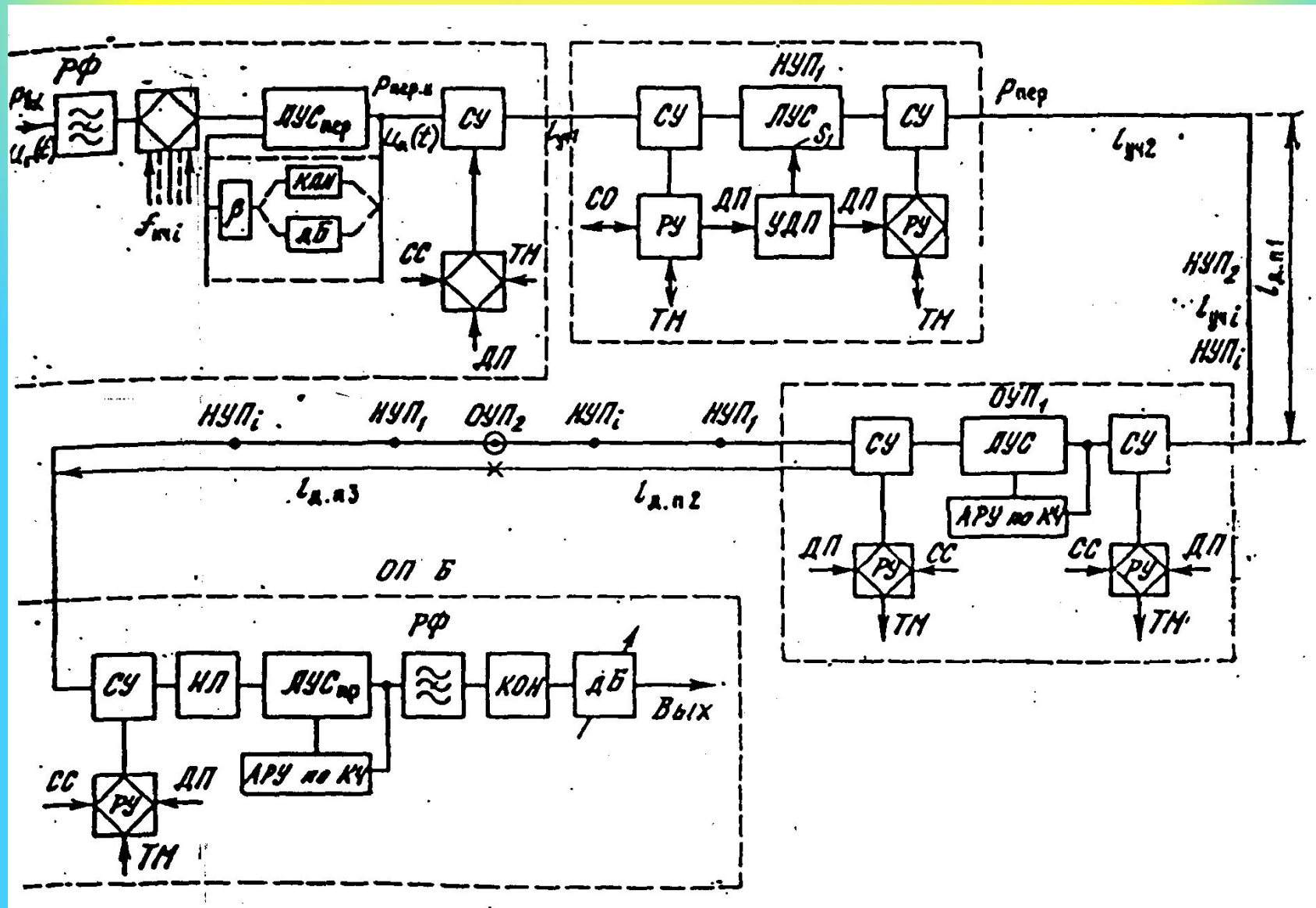
13.1 Промежуточные усилительные пункты ЛТ

Назначение промежуточных усилительных пунктов

Типы промежуточных пунктов:



13.2 Назначение устройств линейного тракта



13.3. Размещение промежуточных станций в ЛТ.

Затухание усилительного участка

$$A_{yy} = \alpha_{t_{\max.}} \cdot l_{yy} \quad (\text{дБ})$$

$$\alpha_{t_{\max.}} = \alpha(f) \{1 - \alpha_{\alpha}(20 - t_{\max.})\}$$

$$\alpha(f) = \alpha_0 + \alpha_{1/2} \sqrt{f} + \alpha_1 \sqrt{f}$$

где: $\alpha_{\alpha} = 2 \cdot 10^{-3}$

$$\alpha_0 = 0,065; \quad \alpha_{1/2} = 5,265$$

$$\alpha_1 = 0,0186$$

13.5

Диаграмма уровня канала передачи

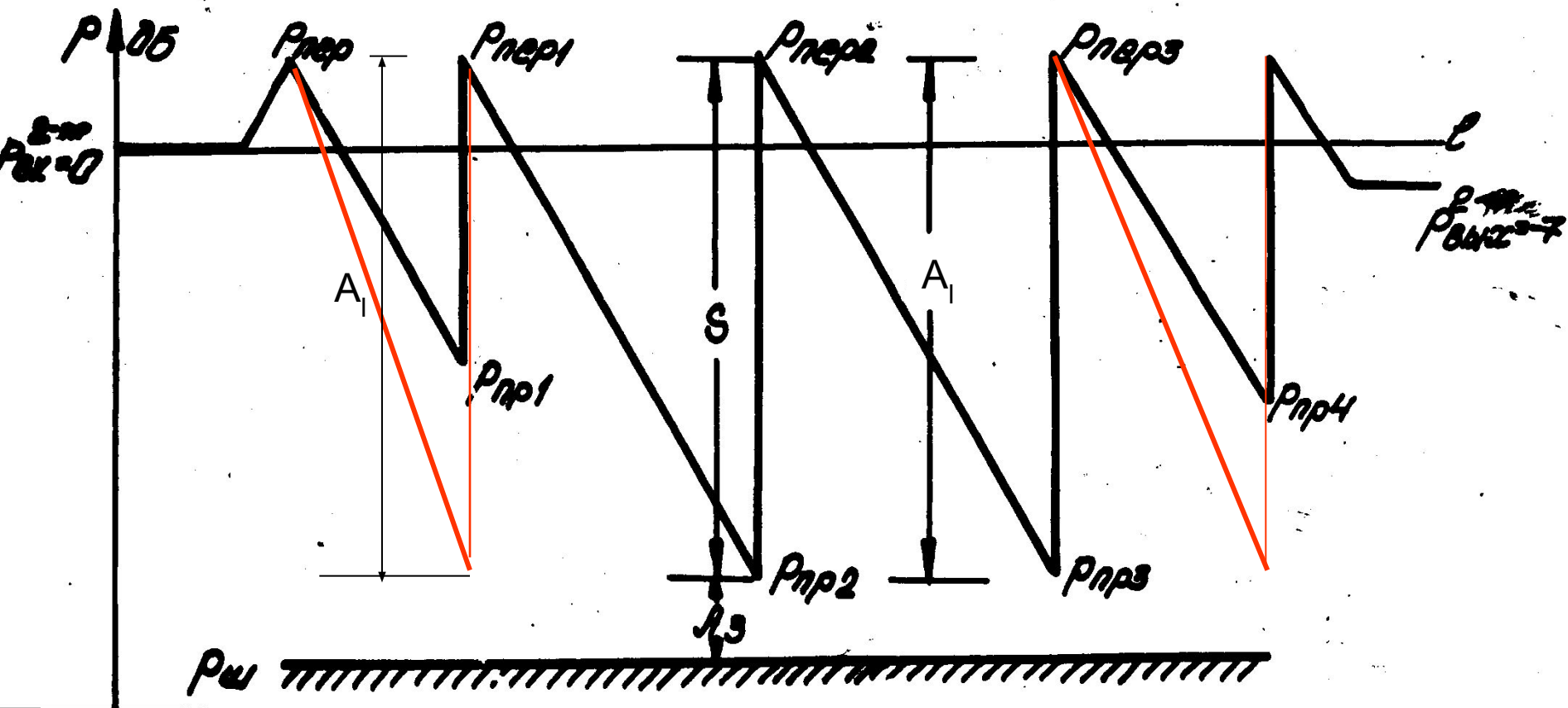
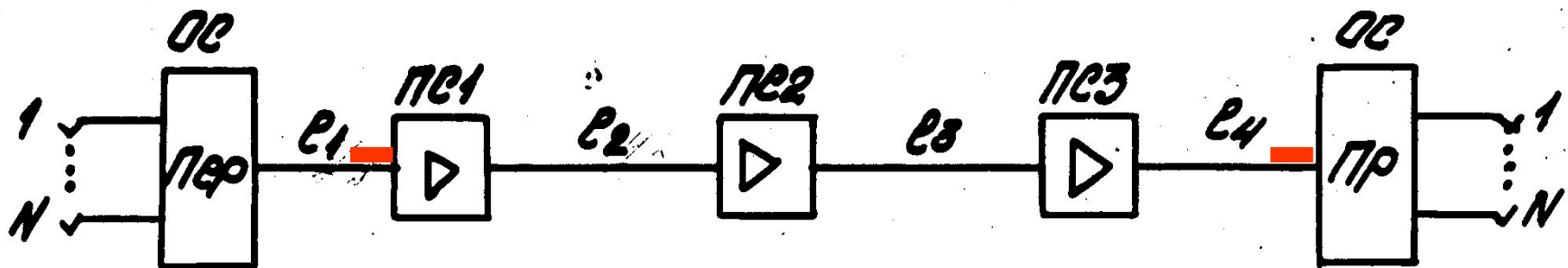
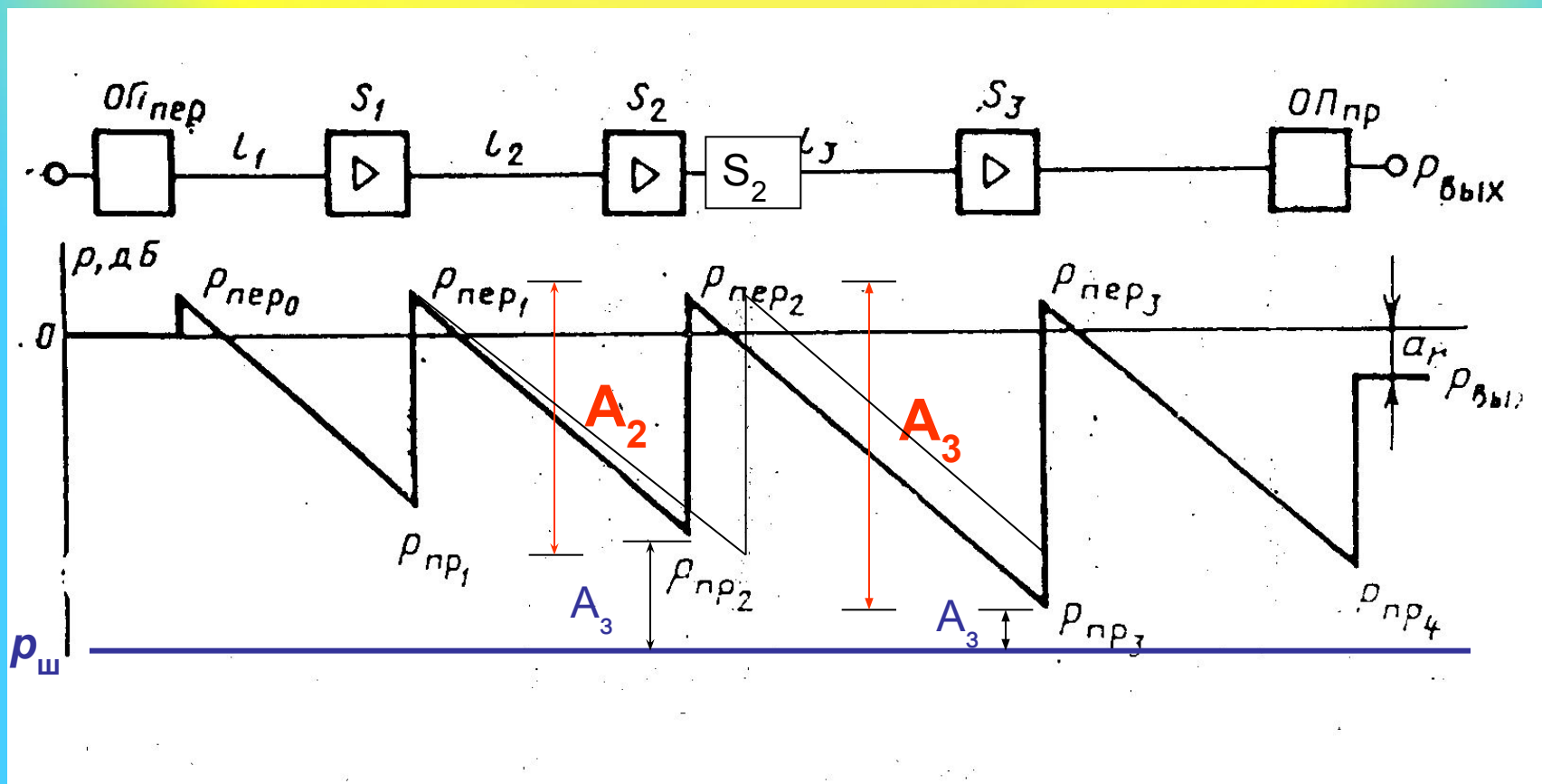


Диаграмма уровней при усилительных участках разной длины



$$\gamma_{уч i}(f) = a_{уч i}(f) + jb_{уч i}(f),$$

где $a_{уч i}$ — рабочее затухание,

$b_{уч i}$ — рабочий сдвиг фазы

Комплексное усиление ЛУС

$$\dot{S}_i(f) = S_i(f) + j\varphi_i(f),$$

где $S_i(f)$ — рабочее усиление ЛУС,

$\varphi_i(f)$ — рабочий сдвиг фазы

Если линейный тракт содержит n усилителей

$$a_{л.т} = \sum_{i=1}^n a_{уч i}(f) - \sum_{i=1}^n S_i(f).$$

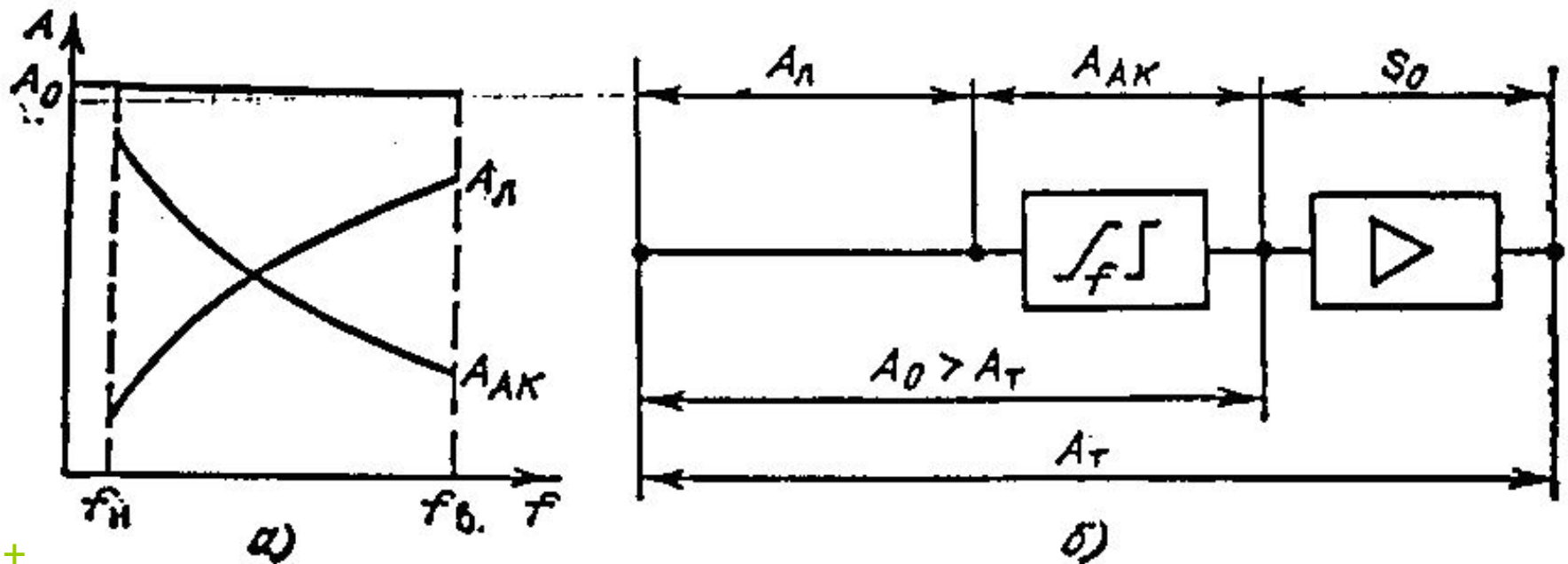
Рабочий сдвиг фазы

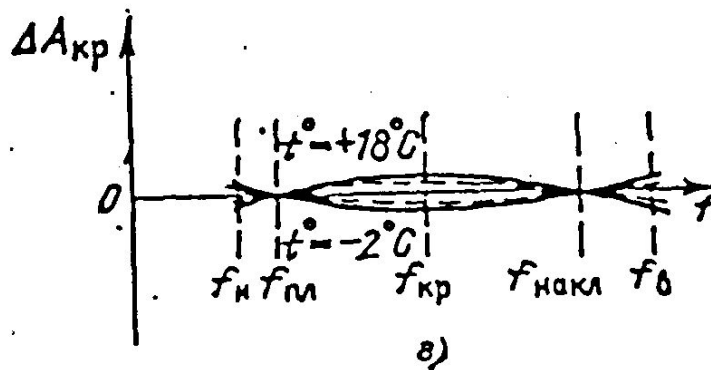
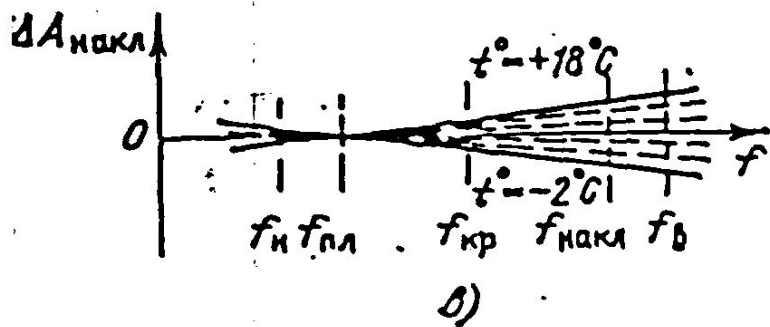
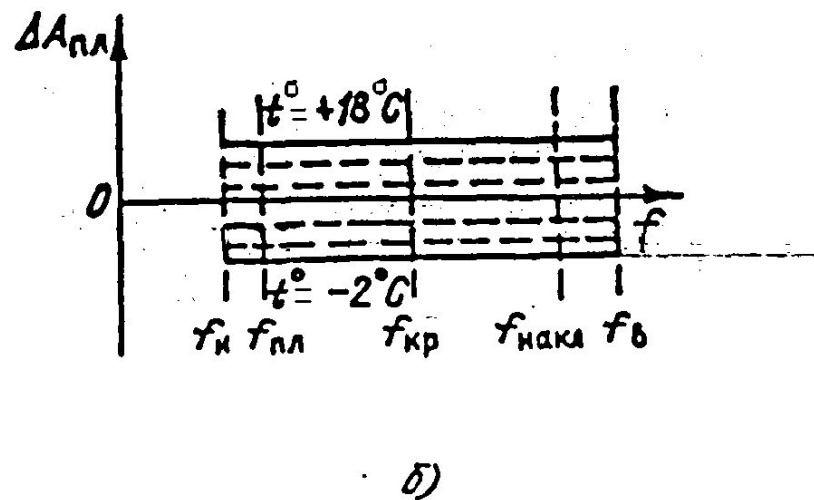
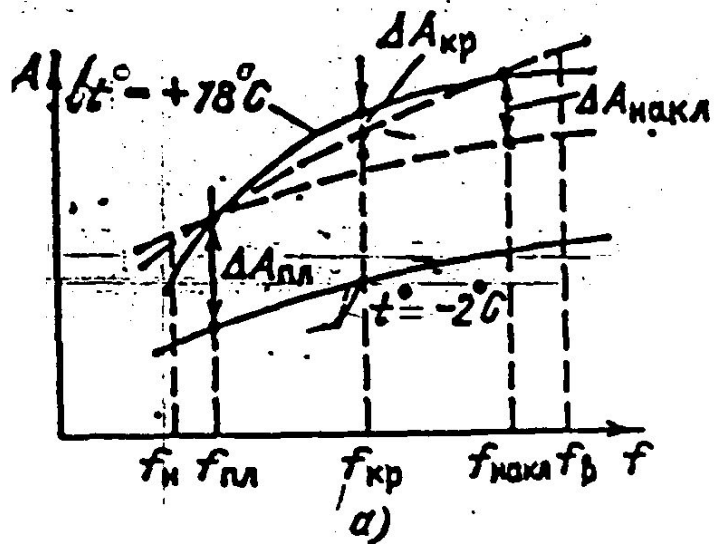
$$\varphi_{л.т}(f) = \sum_{i=1}^n b_{уч i}(f) + \sum_{i=1}^n \varphi_i(f).$$

Условие отсутствия АЧИ в тракте:

$$\sum_{i=1}^n a_{уч i}(f) - \sum_{i=1}^n S_i(f) = \text{const.}$$

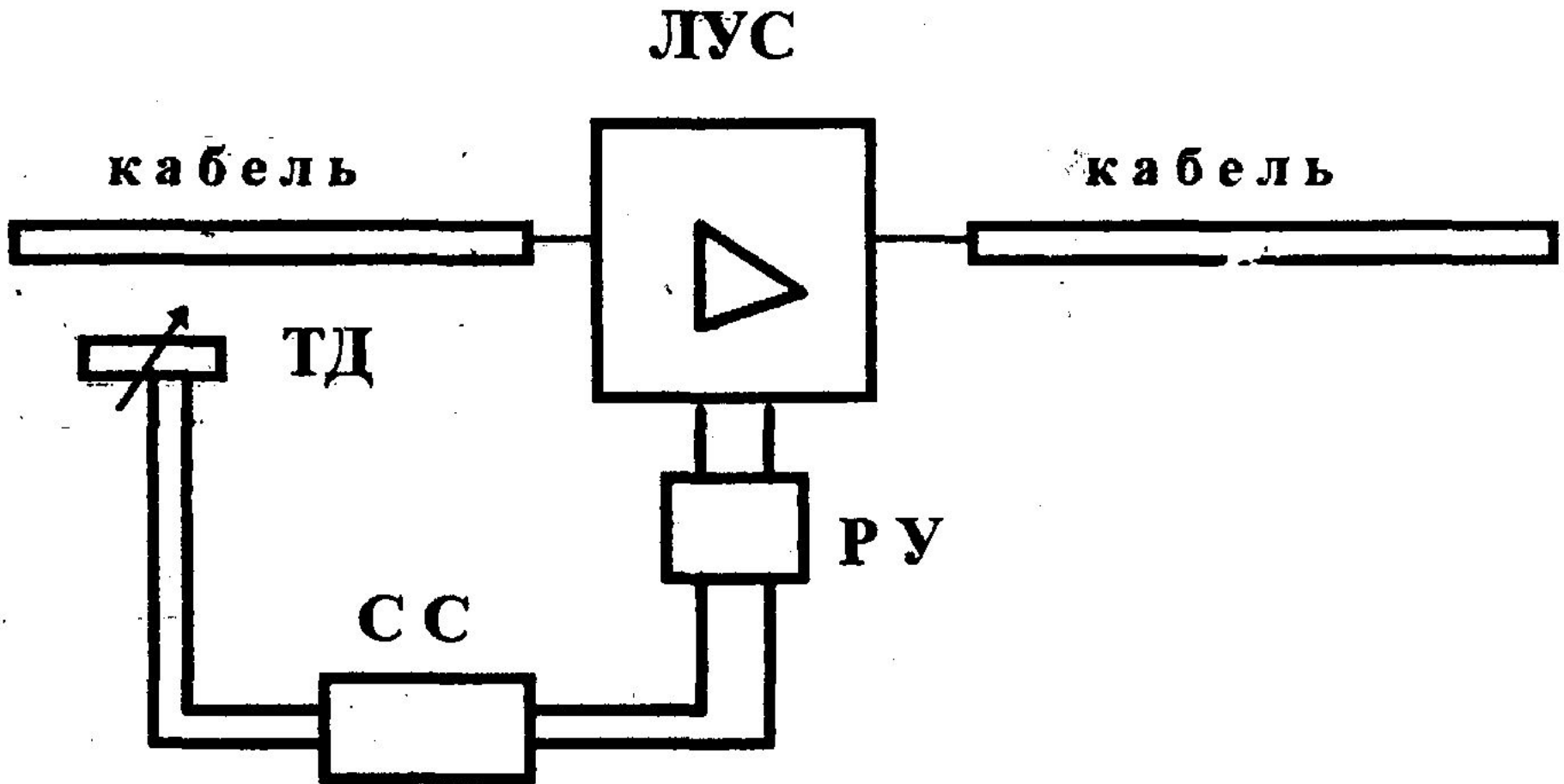
Искажения линейного тракта и их коррекции
Условия неискаженной передачи сигналов.
Реальные условия в линии
Коррекция линейных искажений





14. Системы автоматической регулировки усиления

14.1 АРУ по температуре грунта



14.2 АРУ по контрольной частоте

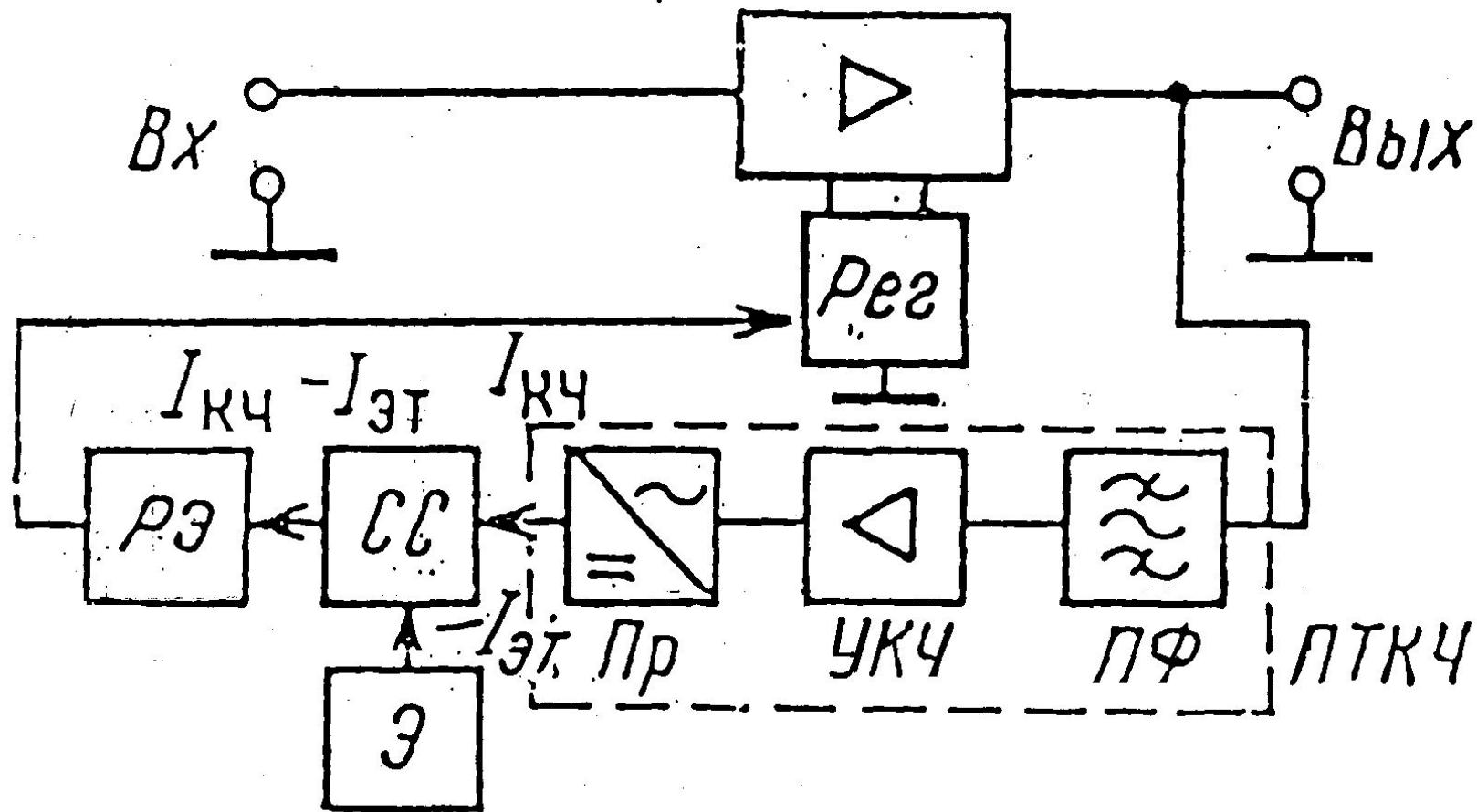
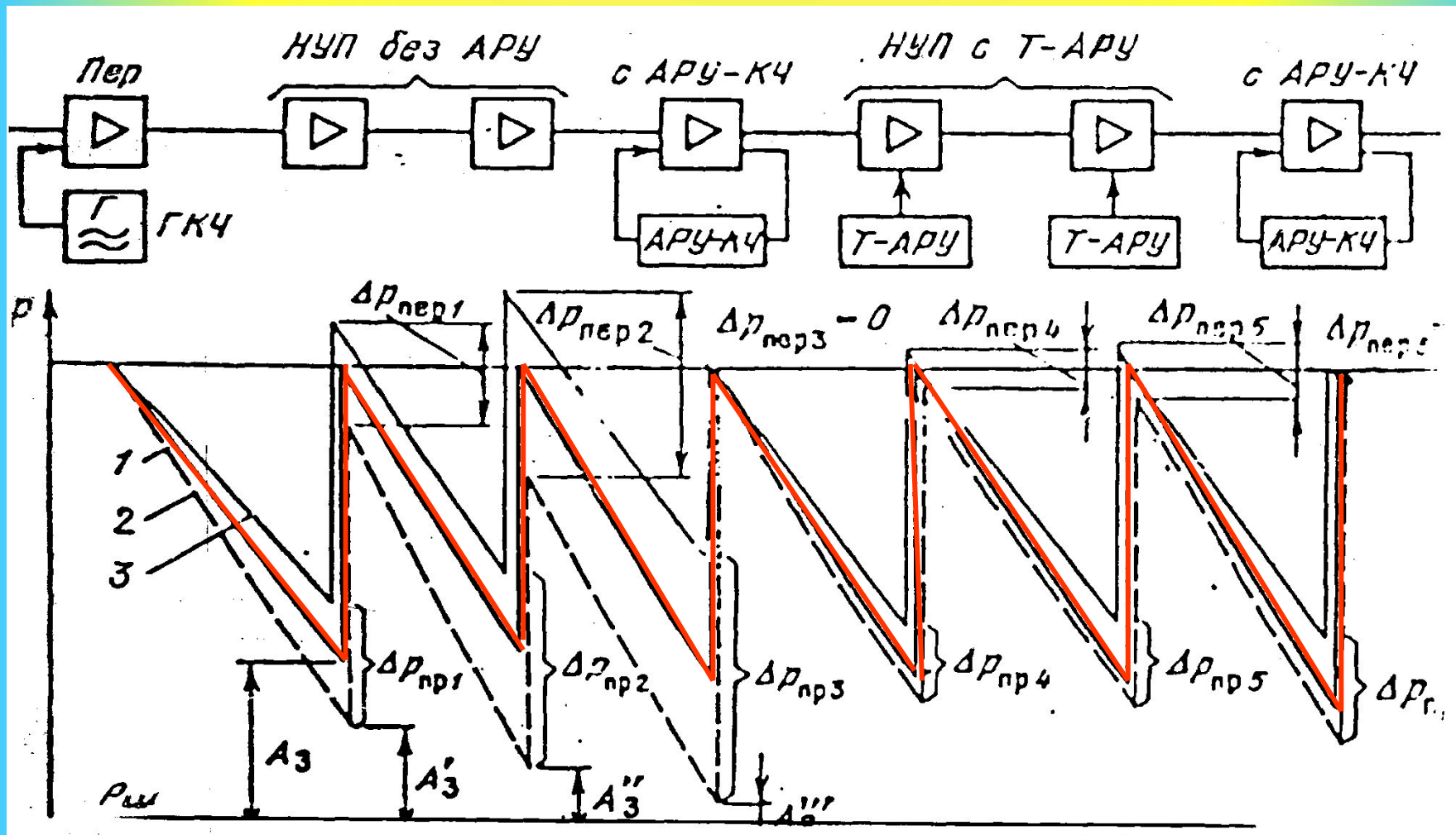
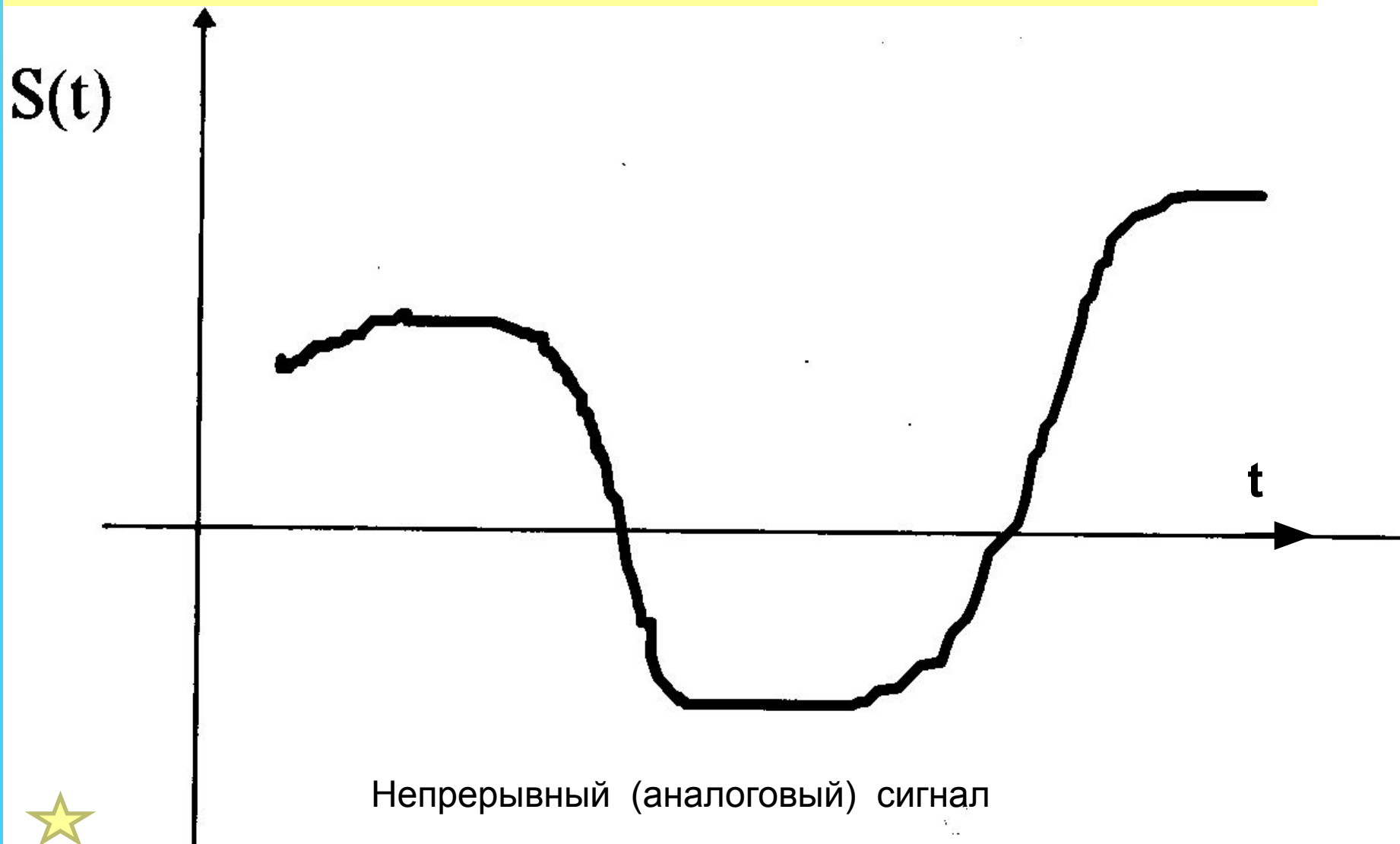


Диаграмма уровней канала ТЧ при наличии АРУ



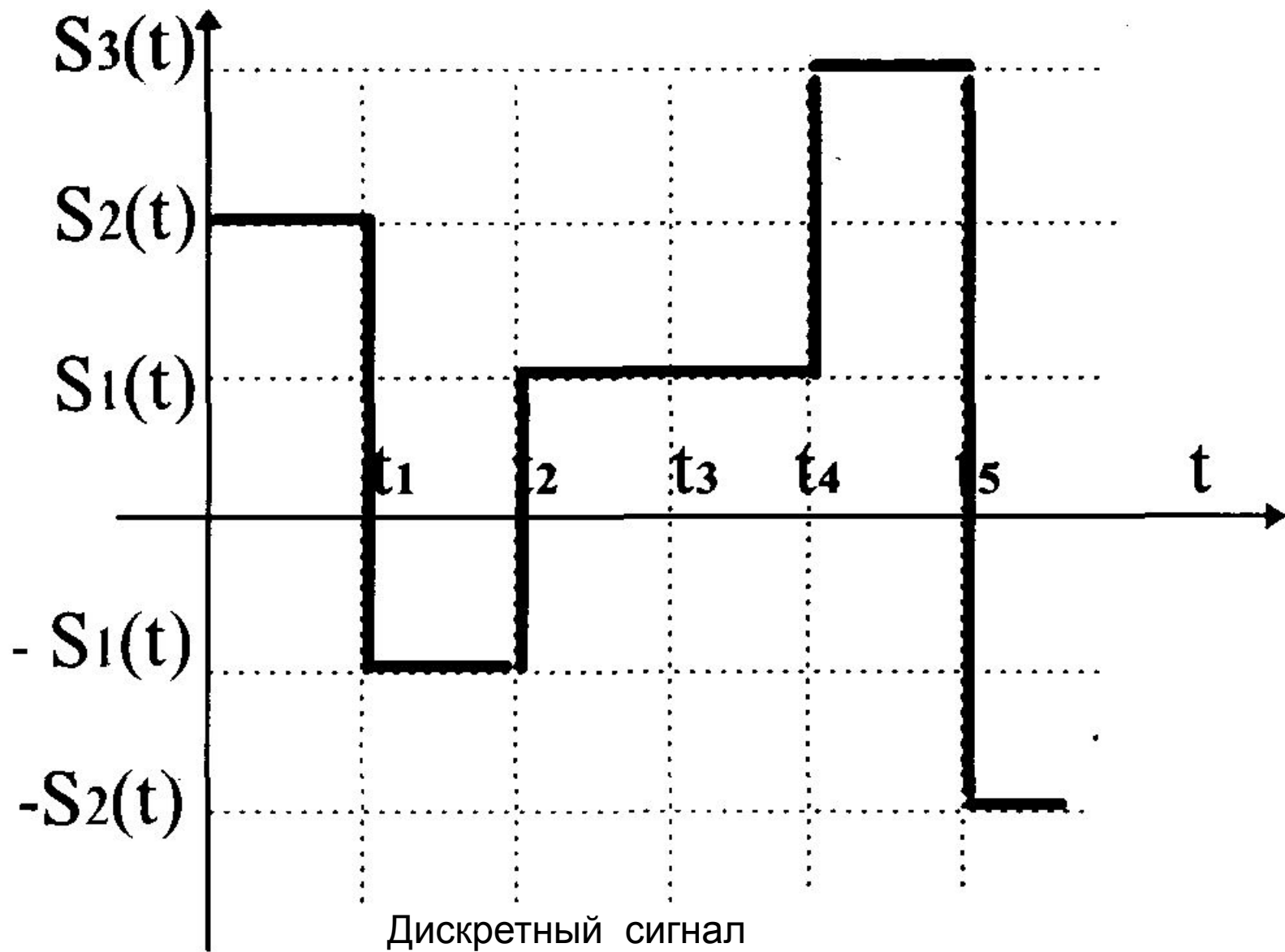
- **Практическое занятие 2**

3. Сигналы передаваемые по сети электросвязи



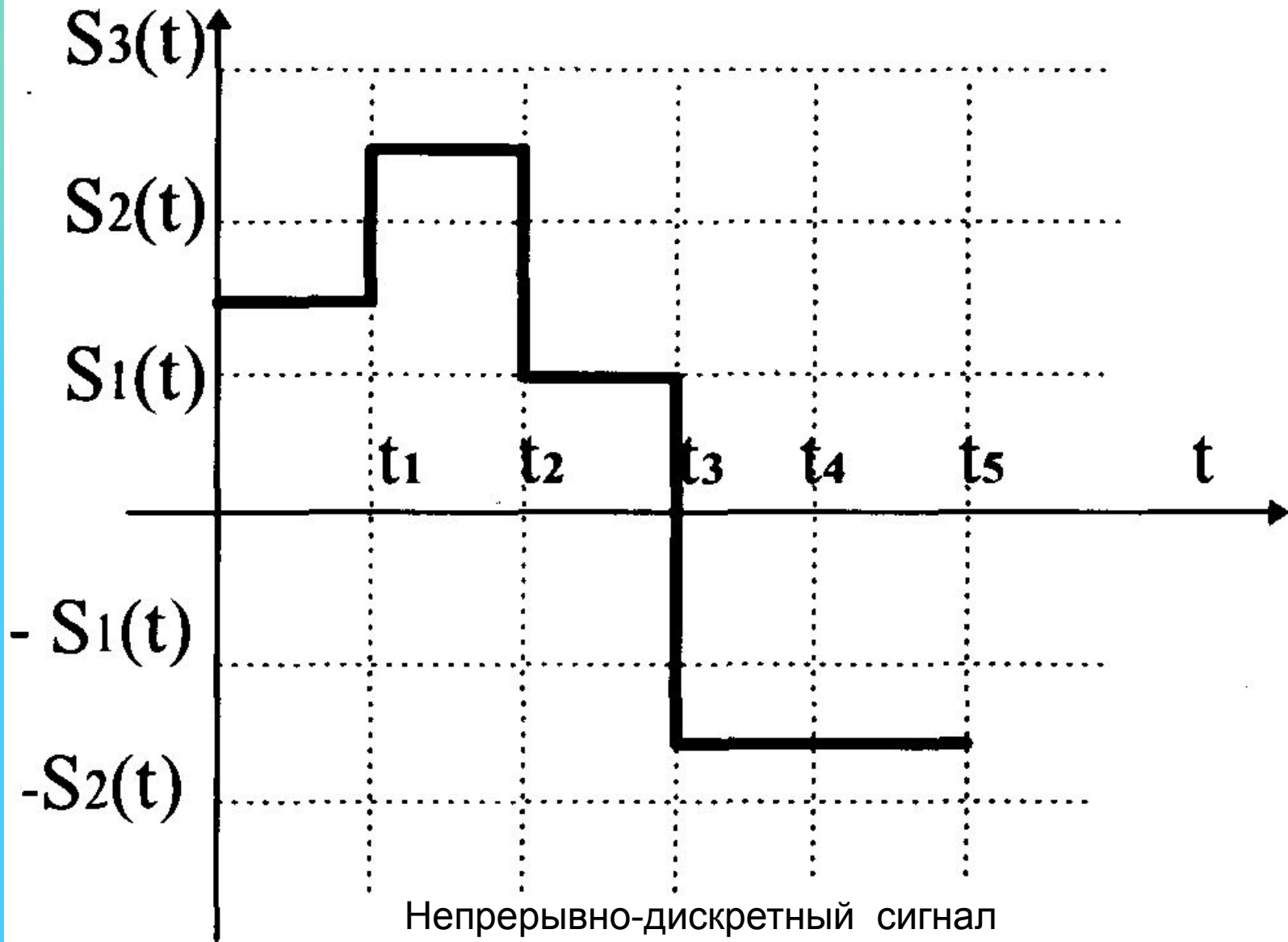
Непрерывный (аналоговый) сигнал





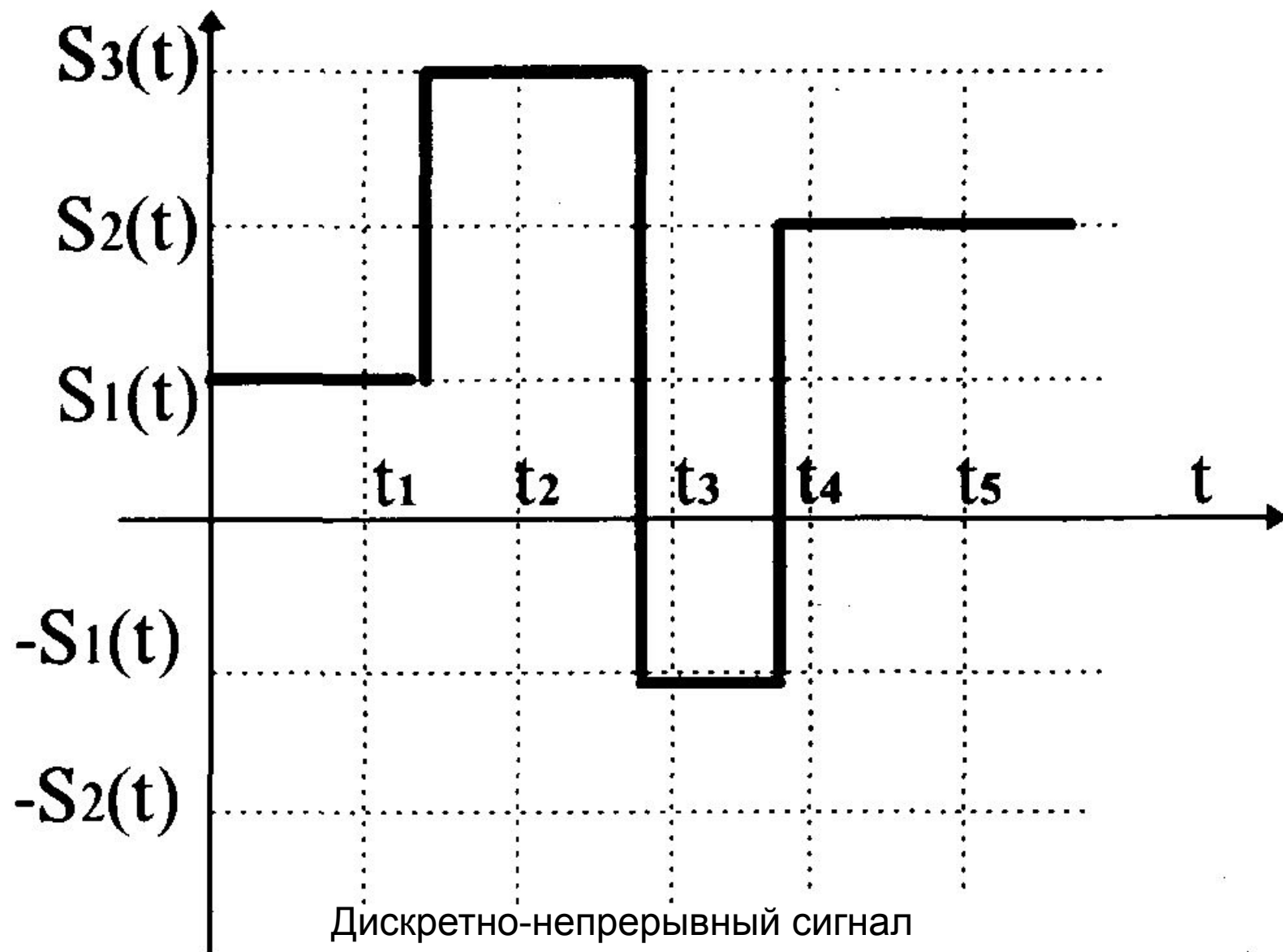
Дискретный сигнал





Непрерывно-дискретный сигнал





4. Основные характеристики электрических сигналов

4.1 Уровни передачи

$$p = 10 \lg P_2/P_1$$

$p_M = 10 \lg P_x/P_0$ дБ. уровень по мощности

$p_U = 20 \lg U_x/U_0$ дБ уровень по напряжению

$p_I = 20 \lg I_x/I_0$ дБ уровень по току

Если

$$P_0 = 1 \text{ мВт.} \quad U_0 = 0,775 \text{ В.} \quad I_0 = 1,29 \text{ мА.}$$

то уровни называют - *абсолютными*

при $R = 600 \text{ Ом.}$

$$p_M = p_U = p_I$$

4.2 Динамический диапазон

$$D = 10 \lg (P_{\text{мак}} / P_{\text{мин}})$$

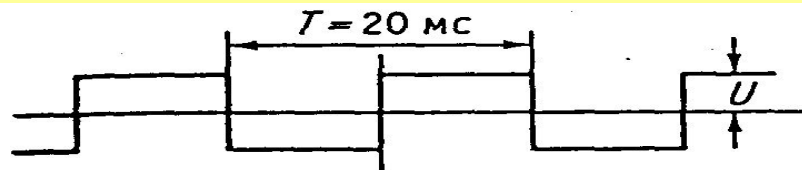
4.3 Пик-фактор сигнала

$$Q = 10 \lg (P_{\text{мак}} / P_{\text{ср}})$$

4.4 Помехозащищенность сигнала

$$A_3 = 10 \lg (P_{\text{сиг.}} / P_{\text{пом.}})$$

4.5 Спектры периодических сигналов



а



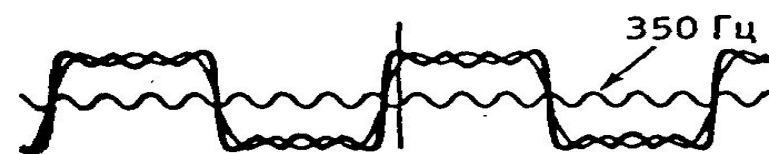
б



в

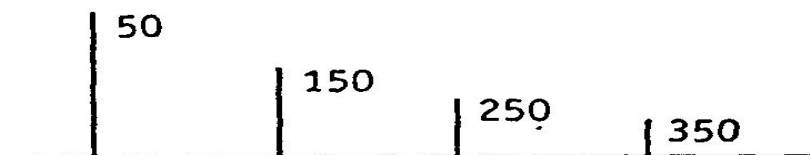
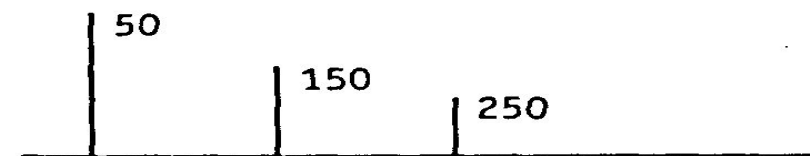
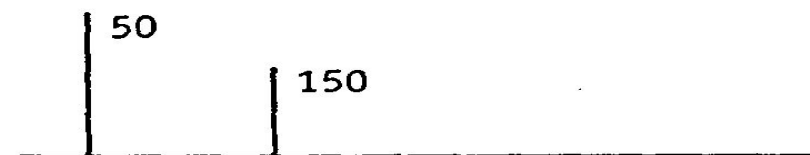


г



д

Время →



Частота →



Периодическая последовательность прямоугольных импульсов (а) и формирование ее сигнала (б–д)

4.6 Эффективно передаваемая полоса частот

- **Часть спектра в котором сосредоточена основная энергия сигнала (энергетический спектр).**
- **для канала ТЧ это 0,3-3,4 кГц (при этом разборчивость слоговая около 90% а фраз- 99%)**