

# **Основы построения телекоммуникационных систем и сетей**

**Лекция №3  
«Телефонная связь», часть I**

**профессор Соколов Н.А.**

# **Операция: “взять – перенести”**

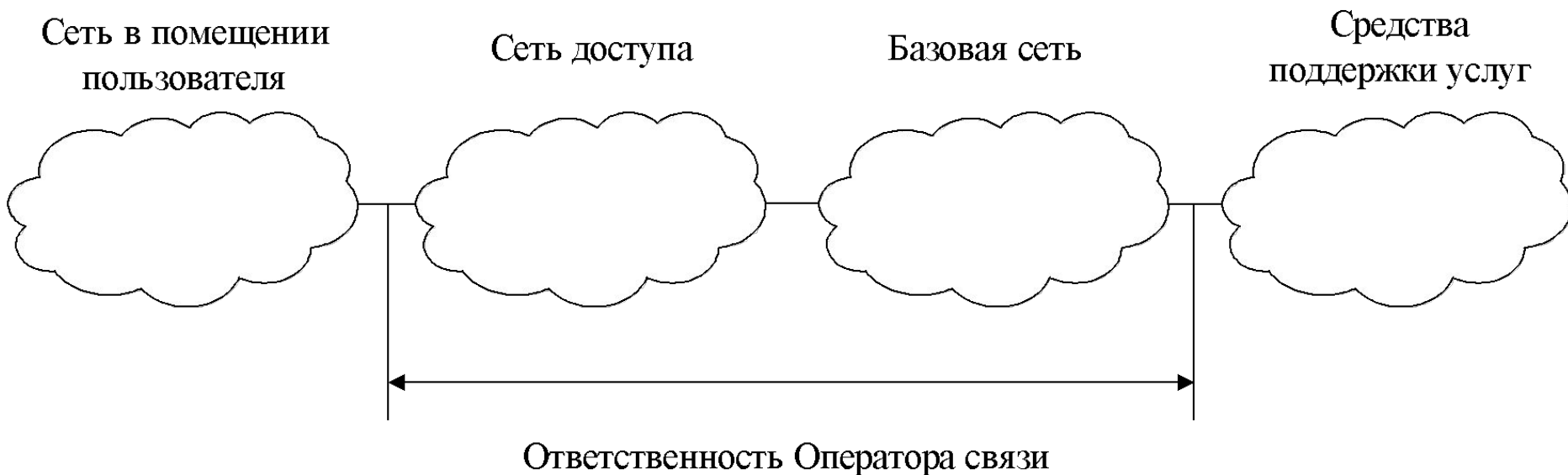
**Функции телефонной сети при связи двух абонентов могут быть представлены тремя условиями:**

- Установить соединение между терминалами за время, нормированное для каждой категории вызовов;**
- Не потерять информацию о номере вызываемого и вызывающего абонентов, а также об атрибутах поддерживаемых услуг;**
- Не допустить искажения информации (шумы в разговорном тракте) свыше заданного уровня .**

# Эффективность коммуникаций



# Телекоммуникационная система



Пример: «Сеть в помещении пользователя» - телефонный аппарат, «Сеть доступа» - абонентская линия (двухпроводная цепь), «Базовая сеть» - автоматическая телефонная станция, «Средства поддержки услуг» - справочная служба «09».

# Основы телефонии (1)

Телефон был изобретен в 1876 году. Правда, задолго до изобретения телефона твердую уверенность в возможности общения людей, невзирая на большие расстояния, выразил Леонардо да Винчи: "Люди будут разговаривать друг с другом из самых отдаленных стран и друг другу отвечать". Пророчество гения в полной мере сбылось в XX веке.

Понятие "система телефонной связи" обычно относится к базовым принципам создания, эксплуатации и развития телефонной сети. Эти принципы обычно включают следующие положения:

- назначение системы;
- поддерживаемые услуги;
- структура сети;
- показатели качества обслуживания;
- план нумерации;
- организация технической эксплуатации;
- требования к оборудованию;
- основные направления развития системы.

# Основы телефонии (2)

Из всех видов электроакустических преобразователей, которые используются в аудиотехнике, микрофон имеет одну из самых длинных историй. Термин "микрофон" был предложен в 1827 году. Он образован из двух слов: "micro" – малый и "phone" – звук. Первая конструкция микрофона была запатентована в 1876 году А. Беллом. Она представляла собой "жидкостный передатчик", принцип устройства которого был достаточно прост. В трубообразный сосуд был налит раствор кислоты, в котором "плавала" пергаментная диафрагма с присоединенным к ней проводом. Когда кто-то говорил в рупор, диафрагма начинала колебаться, провод больше или меньше погружался в раствор и, соответственно, менялось сопротивление электрической цепи, с которой он был соединен. Такой микрофон был продемонстрирован на выставке в Филадельфии в 1876 году.



"Жидкостный"  
микрофон

# Основы телефонии (3)

Идея А. Белла подтолкнул группу изобретателей к созданию угольного микрофона. Угольный микрофон, запатентованный в 1886 году Т. Эдисоном, представлял собой сосуд, заполненный угольными гранулами, которые находятся между двумя электродами. Один электрод соединен с металлической диафрагмой, закрывающей сосуд. Когда диафрагма колебалась под действием звуковой волны, гранулы сжимались, менялось сопротивление в цепи, и появлялся электрический ток. Такой микрофон был достаточно прост в изготовлении и получил широкое распространение вплоть до недавнего времени. Особенно долго угольный микрофон использовался в телефонии.



Телефон с угольным микрофоном

# Основы телефонии (4)

Угольный микрофон, который использовался для организации звукового вещания в 40-х годах XX века, показан на фотографии. Ему свойственна высокая чувствительность.



Угольный микрофон 40-х годов XX века

Первый ленточный микрофон был создан в начале 30-х годов прошлого века. В нем использовалась металлическая слегка гофрированная ленточка, которая двигалась под действием звуковой волны в магнитном поле, между полюсами постоянных магнитов. При этом в ней индуцировался переменный электрический ток.



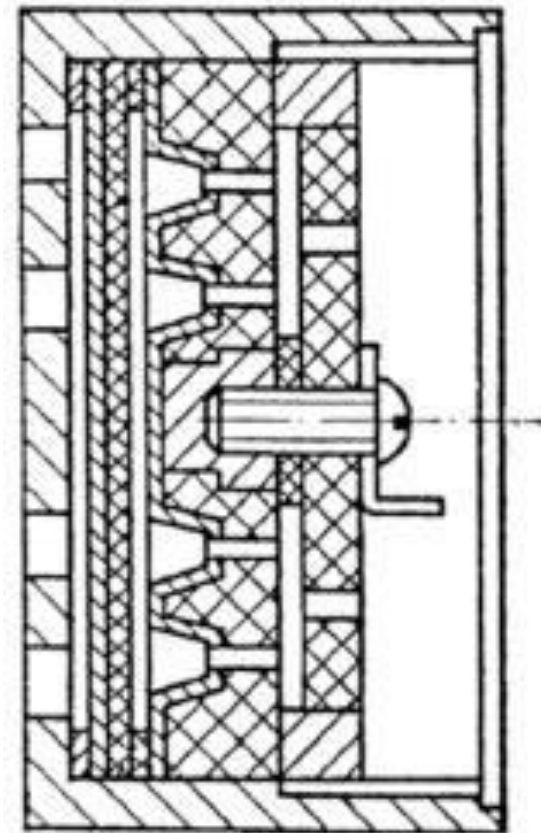
Ленточный микрофон



# Основы телефонии (5)

В 1917 году был создан конденсаторный микрофон. Сначала он использовался для измерений. Затем конденсаторные микрофоны начали использовать в радиовещании. Конденсаторные микрофоны составляют значительную долю в промышленном выпуске и широко используются в звукозаписи, радиовещании и телевидении.

Принцип устройства микрофона достаточно прост – это плоский конденсатор, состоящий из двух обкладок. Внешняя сторона, обращенная к источнику звука, выполнена в виде тонкой круглой металлизированной диафрагмы, скрепленной по окружности с кольцом из диэлектрика. Второй обкладкой конденсатора служит массивное металлическое основание. Обкладки располагаются на малом друг от друга расстоянии, образуя плоский конденсатор. Он соединяется через нагрузочное сопротивление с источником постоянного напряжения. Под воздействием звукового давления диафрагма совершает колебания. При этом расстояние между пластинами конденсатора изменяется, соответственно изменяется и его емкость, возрастая при сближении пластин и уменьшаясь при удалении.



Конструкция капсулы конденсаторного микрофона

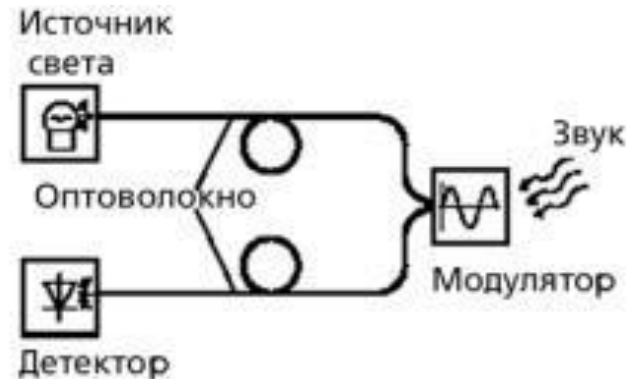
# Основы телефонии (6)

Электретные пленочные микрофоны были созданы в 60-х годах XX века. В них для подвижной диафрагмы использовалась металлизированная тонкая пленка из стабильного диэлектрика (например, из тефлона), способная держать заряд, что позволяло отказаться от устройств, обеспечивающих высокое постоянное напряжение на пластинах конденсатора. Это значительно упростило технологию для изготовления микрофонов. Электретные микрофоны нашли широкое применение.

Одно из самых перспективных направлений в развитии микрофонов – создание устройства, преобразующего звук в свет. Оптические микрофоны используют принцип модуляции интенсивности лазерного светового луча.

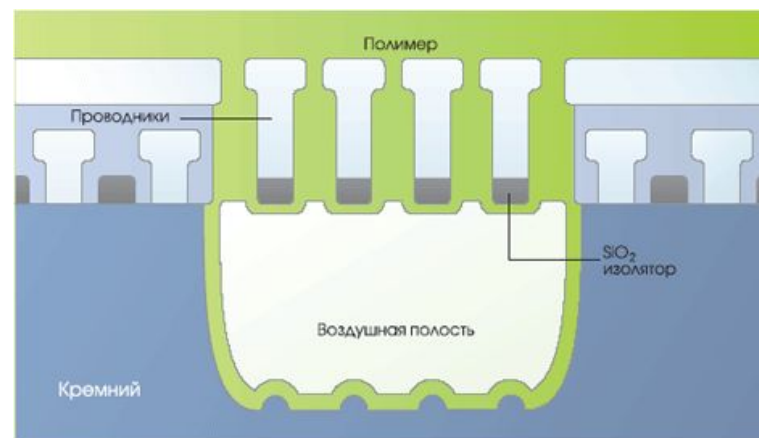


Электретный микрофон



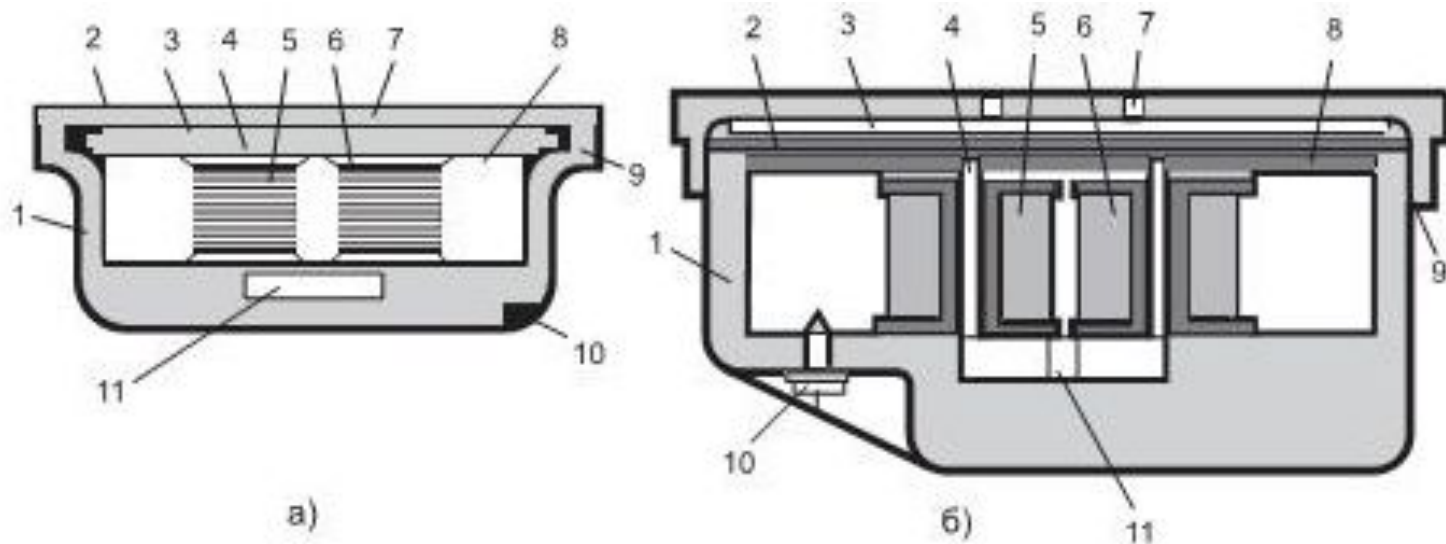
# Основы телефонии (7)

Улучшить качество звука, которое во многих стационарных и сотовых телефонах остается низким, призваны так называемые МЭМС-микрофоны (от аббревиатуры MEMS – MicroElectroMechanical Systems). Обычно микрофоны снабжены только одной мембраной, которая конструируется на основе компромисса между большим размером, необходимым для улавливания слабых звуков, и размером, достаточно малым для восприятия высоких частот. Акустические МЭМС микросхемы первого поколения будут иметь больше 5 мембран. Одни будут обеспечивать высокую чувствительность, другие – передачу высоких частот. Выходные импульсы отдельных мембран будут объединяться сигнальным процессором, входящим в состав микросхемы.



Использование MEMS технологии

# Основы телефонии (8)



Телефонные капсулы: а) ТА-4; б) ТК-67

1 — корпус, 2 — крышка, 3 — мембрана, 4 — полюсные надставки, 5 — электрообмотки, 6 — каркас катушки, 7 — отверстие, 8 — защитная прокладка, 9 — резьба, 10 — контактный винт, 11 — постоянный магнит.

# Основы телефонии (9)

Еще один важный элемент телефонного аппарата – номеронабиратель. На начальном этапе развития телефонной связи номеронабиратель отсутствовал. Автоматизация телефонной связи потребовала ввести такой узел в состав терминала. Первые такие узлы базировались на механических принципах. Они хорошо известны по названию "дисковый номеронабиратель". Затем появились тастатурные номеронабиратели. Оба типа номеронабирателей выдавали в абонентскую линию информацию с заранее установленными параметрами импульсов и пауз. Затем номеронабиратели стали выдавать в линию многочастотные сигналы. Такой способ известен как "тональный набор".



Два типа номеронабирателя

# Организация связи

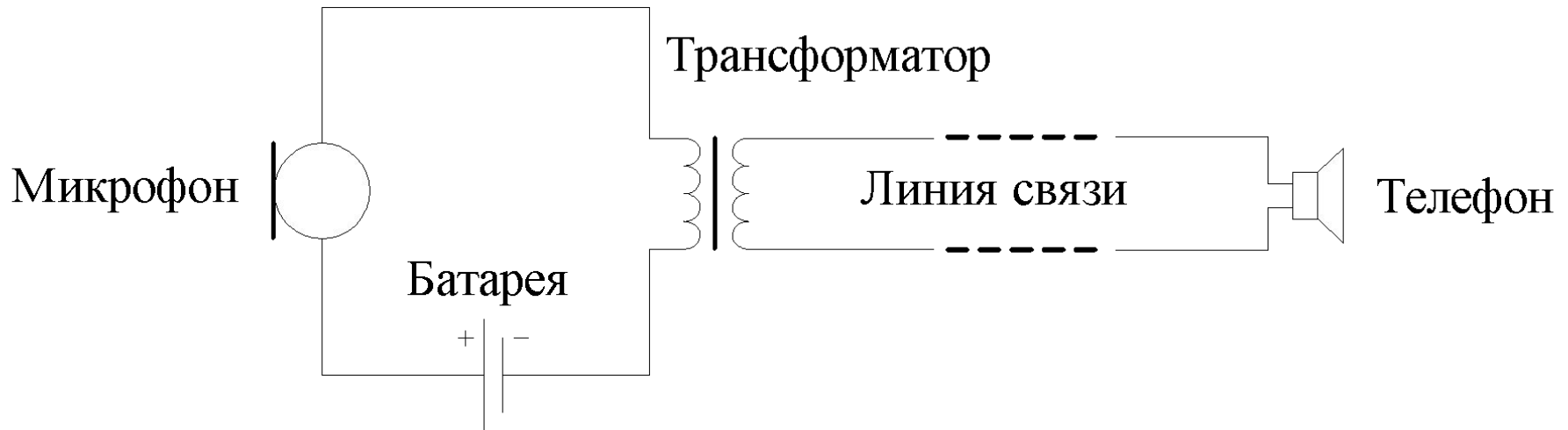


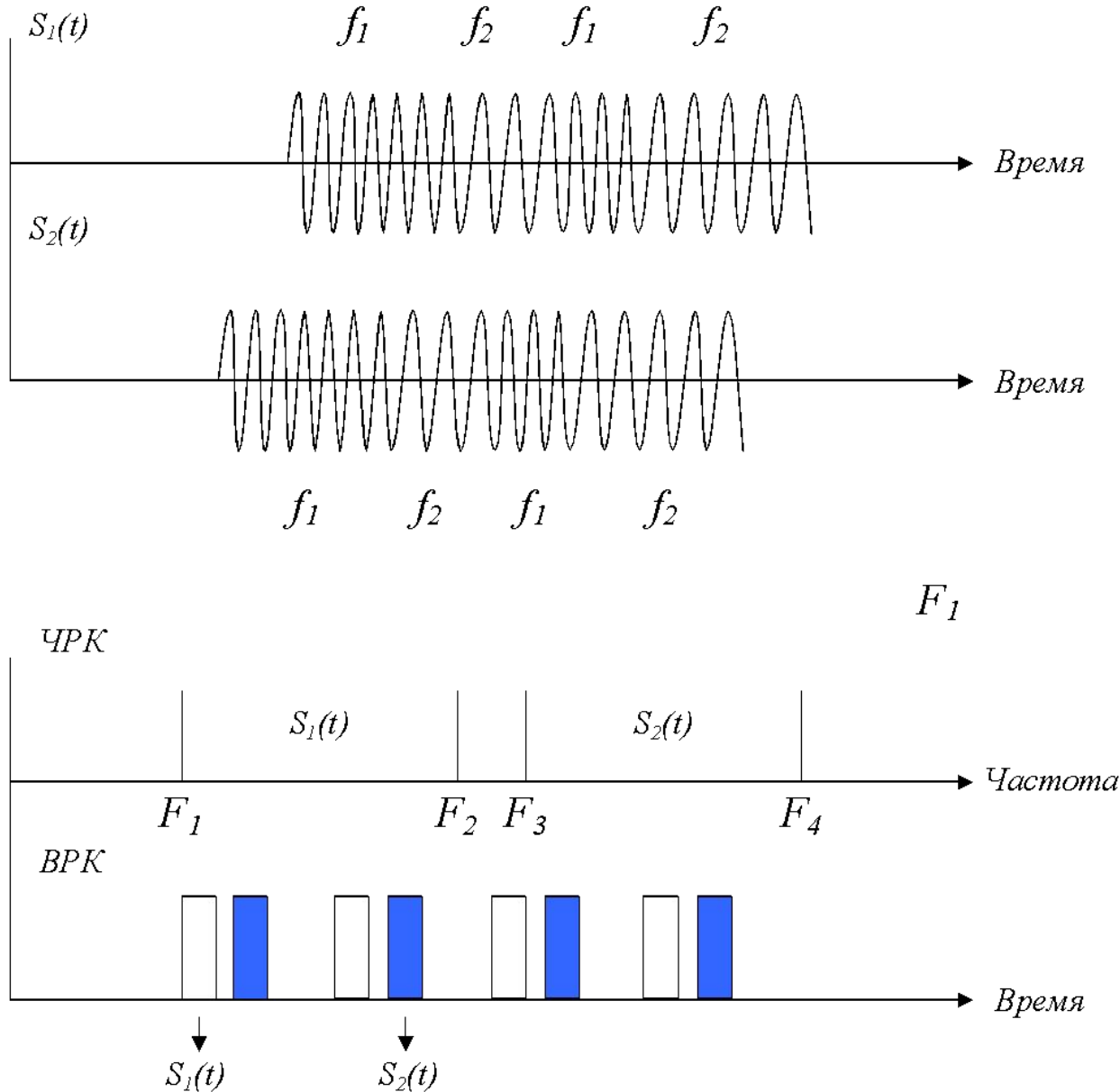
Схема передачи телефонного сигнала с использованием местной батареи

Схема передачи с центральной батареей принципиально отличается только тем, что устройство электропитания расположено на АТС, а не в терминале.

# Основы многоканальной связи (1)

Высокая стоимость линейно-кабельных сооружений стимулировала развитие многоканальной связи. Этот термин обычно используется в тех случаях, когда среда передачи (например, два или четыре провода, оптическое волокно или пара волокон) обеспечивает создание двух или более каналов. Оборудование, обеспечивающее такую возможность, называется системой передачи. Ранее чаще встречался термин "аппаратура уплотнения". Принципы уплотнения основаны на различных способах разделения каналов. Можно выделить два базовых способа – частотное (ЧРК) и временное (ВРК) разделение каналов.

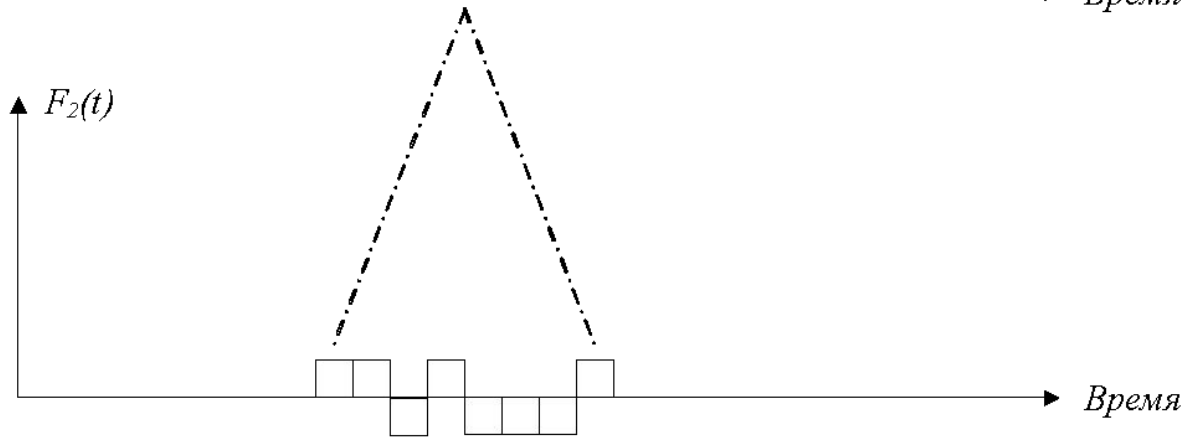
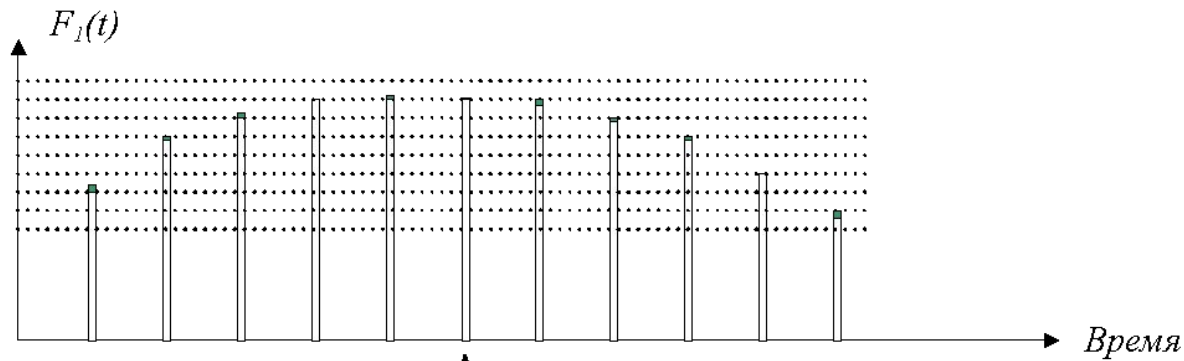
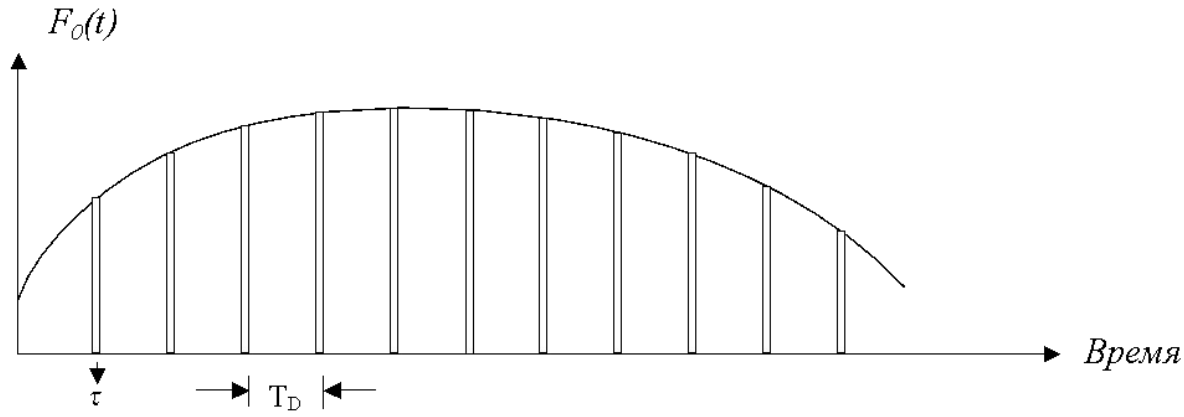
# Основы многоканальной связи (2)



Частотное и временное разделение каналов для уплотнения среды передачи сигналов.



# Основы многоканальной связи (3)



Принципы  
импульсно-  
кодовой  
модуляции

# Основы многоканальной связи (4)

Теорема Котельникова (в ряде источников – Котельникова-Найквиста)

$$T_D \leq \frac{1}{2f_{max}} \quad \rightarrow \quad f_D \geq 2f_{max}$$

В России используется так называемая европейская цифровая иерархия систем с ИКМ. Ее основу составляет канал с пропускной способностью 64 кбит/с. Он также известен как основной цифровой канал (ОЦК). Величина 64 кбит/с определена из таких соображений:

- верхняя граница канала тональной частоты равна 3,4 кГц;
- следовательно,  **$f_D \geq 6,8$  кГц**, но для надежной передачи информации выбран номинал 8 кГц, то есть отсчеты берутся 8000 раз в секунду;
- каждый отсчет кодируется восемью битами, то есть в секунду передается 64000 битов.

# Основы многоканальной связи (5)

Первичная цифровая система передачи (ЦСП) с ИКМ предоставляет 30 каналов для передачи информации пользователей. Ее часто называют системой ИКМ-30. В ряде публикаций встречается название ИКМ-30/32. Такое название связано с тем, что общее количество каналов равно 32. Нулевой канал (или КИ – канальный интервал) является служебным. Он используется для корректной работы ЦСП. Шестнадцатый КИ выделен для обмена сигналами управления и взаимодействия, которые нужны для функционирования коммутируемых (вторичных) сетей. Количество каналов и скорости передачи в ЦСП европейской цифровой иерархии определены следующим образом:

*Уровень – 0, Количество каналов – 1, Скорость передачи – 64 кбит/с;*

*Уровень – 1, Количество каналов – 30, Скорость передачи – 2048 кбит/с;*

*Уровень – 2, Количество каналов – 120, Скорость передачи – 8,448 кбит/с;*

*Уровень – 3, Количество каналов – 480, Скорость передачи – 34,368 кбит/с;*

*Уровень – 4, Количество каналов – 1920, Скорость передачи – 139,264 кбит/с.*

# Основы многоканальной связи (6)

В коммутируемых сетях (особенно – в телефонной) чаще используется тракт с пропускной способностью 2048 кбит/с. Он известен также по названию "E1".

В последние годы широко используется синхронная иерархия (SDH), в которой все номиналы скоростей связаны между собой общим множителем – "4".

Виды оборудования класса SDH:

STM-1 – 155,520 Мбит/с;

STM-4 – 622,080 Мбит/с;

STM-16 – 2405,376 Мбит/с;

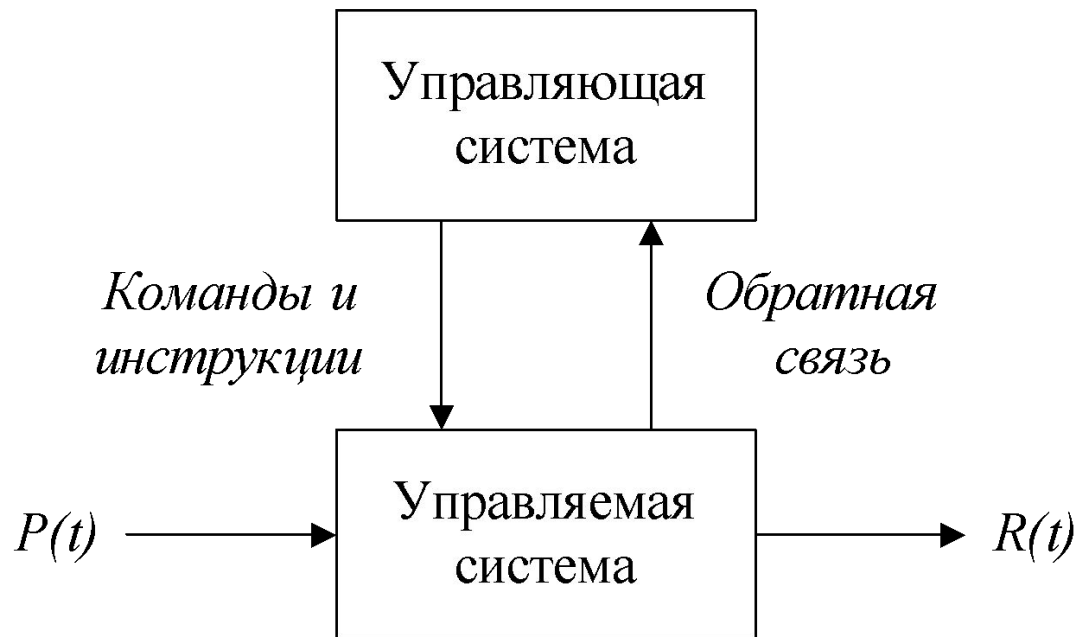
STM-64 – 9621,504 Мбит/с.



Оборудование SDH

# ОСНОВЫ КОММУТАЦИИ

Коммутационная станция любого типа (ручная или автоматическая, простейшая электромеханическая или самая современная цифровая) может быть представлена при помощи простой модели.



Процессы  $P(t)$  и  $R(t)$  позволяют описать существенную часть этапов обслуживания вызовов в телефонной сети общего пользования (ТФОП).

**Вопросы?**