

# Раздел 1 – Технические каналы утечки персональных данных

Тема 1.3 – Технические каналы  
утечки акустической (речевой)  
информации при обработке  
персональных данных

Учебные вопросы:

1. Характеристики звуковых волн
2. Методы и средства получения акустической информации

- Количественно поглощенная, отраженная и прошедшая через ограждения часть звуковой энергии определяется коэффициентами  $a$ ,  $b$  и  $t$ .

$$a = (W_{nad} - W_{omp}) / W_{nad}$$

$$t = W_{прош} / W_{nad}$$

$$b = W_{omp} / W_{nad}$$

# Затухание воздушной звуковой волны

- Затухание звука - уменьшение интенсивности звуковой волны (а, следовательно, и амплитуды) по мере ее распространения связано с несколькими причинами:
- а) так называемым расхождением волны, связанным с тем, что на больших расстояниях от источника поток излучаемой звуковой энергии по мере распространения распределяется на все увеличивающуюся волновую поверхность и соответственно уменьшается интенсивность звука;
- б) рассеиванием звука на препятствиях в среде и ее неоднородностях, размеры которых малы или сравнимы с длиной волны;
- в) поглощением звука, которое происходит в результате необратимого перехода энергии звуковой волны в другие виды энергии (преимущественно в теплоту).

- Интенсивность звука

$$I(x) = I_0 e^{-ax}$$

- $I_0$  начальная интенсивность звука,
- $A$ - коэффициент затухания,  
пропорционален квадрату частоты

# Уровень громкости

- Исходя из того, что слух имеет логарифмическую чувствительность, в акустике принято пользоваться десятичным логарифмом отношения интенсивности данного звука  $I$  к некоторой стандартной интенсивности  $I_0$ , называемой интенсивностью нулевого уровня:

$$N = \lg(I / I_0)$$

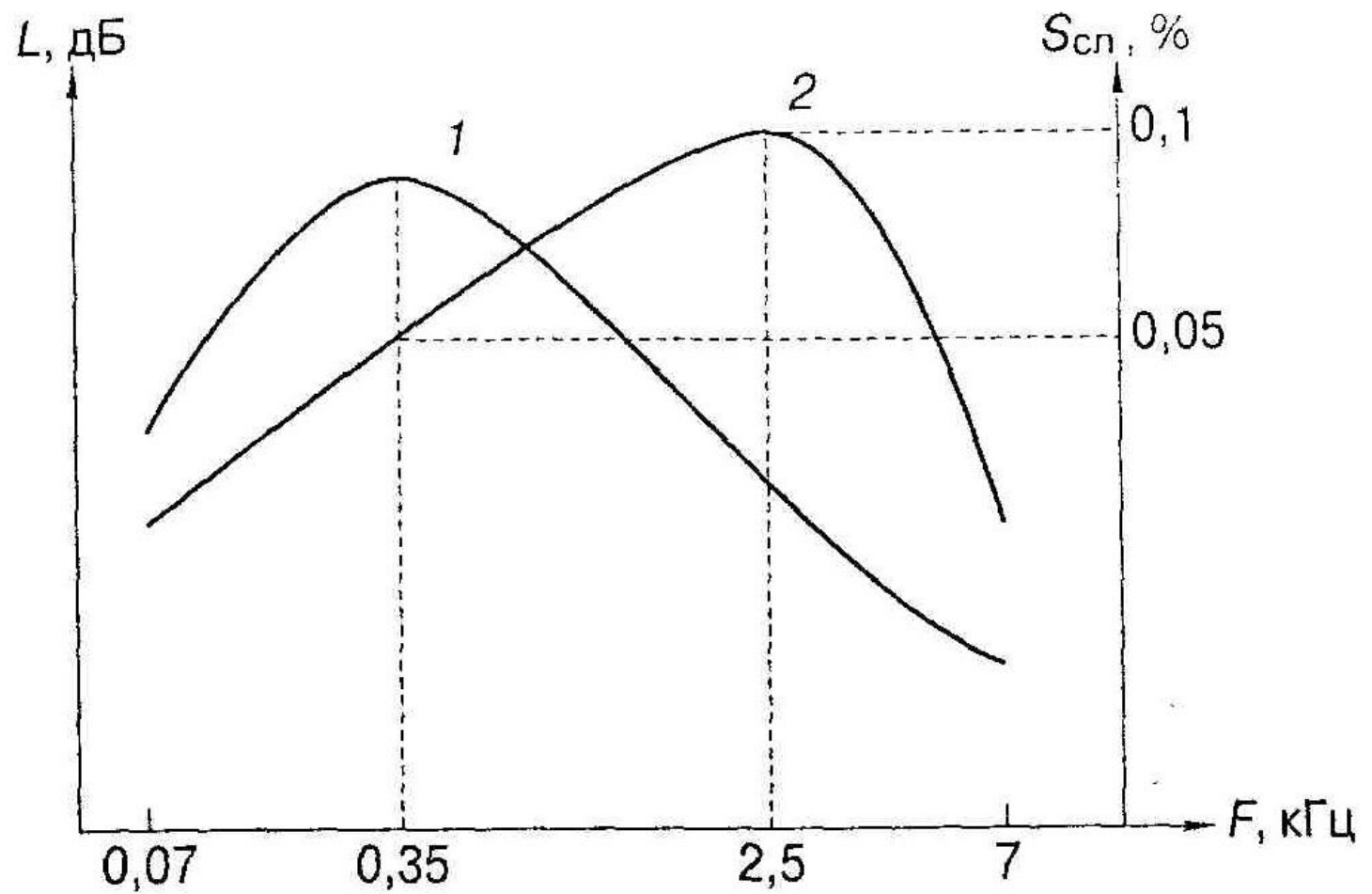
- логарифмическая величина  $N$  называется уровнем интенсивности звука. Единицей ее измерения называется «Белл», на практике пользуются десятой долей этой интенсивности, называемой децибеллом (дБ).  $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$

$$p_0 = \sqrt{I_0 \rho_0 c_0} = 2,4 * 10^{-5} \text{ Па}$$

# Частотный диапазон речи

- **Частотный диапазон** речи лежит в пределах 70...7000 Гц. Энергия акустических колебаний в пределах указанного диапазона распределена неравномерно. На следующем слайде, кривой *1* представлен вид среднестатистического спектра русской речи. Следует отметить, что порядка 95 % энергии речевого сигнала лежит в диапазоне 175...5600 Гц.

# Среднестатистический спектр русской речи

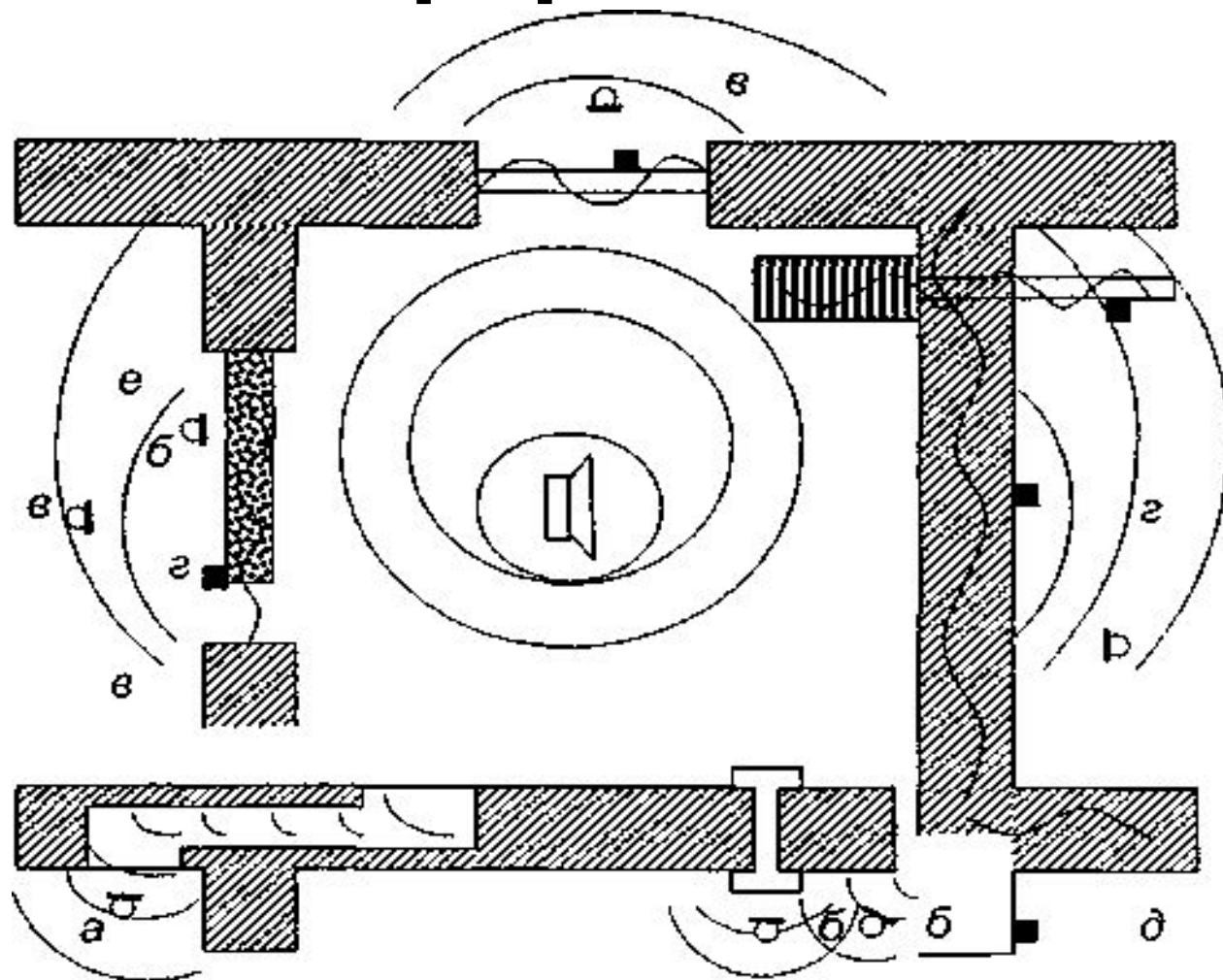




# Уровни речевых сигналов

- В различных условиях человек обменивается устной информацией с различным уровнем громкости, при этом создаются следующие уровни звукового давления:
  - -тихий шепот 35...40 дБ;
  - спокойная беседа 55.. .60 дБ;
  - выступление в аудитории без средств звукоусиления 65...70 дБ.

# Каналы утечки речевой информации



# Разборчивость речи

- Для оценки разборчивости речи введены оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «предельно допустимо». В результате массовых экспериментов было установлено, что абсолютное большинство слушателей (не менее 90%) давало оценку «отлично» при словесной разборчивости не менее 98%, оценку «хорошо» при словесной разборчивости не менее 93%, оценку «удовлетворительно» при 87%, оценку «предельно допустимо» при 75%.

- Можно пересчитать эти величины словесной разборчивости  $W$  на формантную разборчивость  $A$ . Для этого используют статистические зависимости  $W=f(S)$  (см. рис. 1.1) и  $S=f(A)$ , где  $S$  — формантная разборчивость. В результате имеем следующие пределы по формантной разборчивости:

• идеально	100—70%
• отлично	70—50%
• хорошо	50—35%
• удовлетворительно	35—25%
• предельно допустимо	25—18%
• срыв связи	18—12%

- Доказано, что восприятие человеком формант обладает свойством аддитивности.
- Формантная разборчивость равна

$$A = \sum_{i=1}^k q_i p_i (S / N)$$

- где  $q_i$  - вклад  $i$ -той полосы в разборчивость,
- $p_i$  – коэффициент восприятия форманты, которая зависит от отношения сигнал/помеха,
- $k$  – число полос речевого сигнала.

# Вклады частот формант русской речи при анализе разборчивости

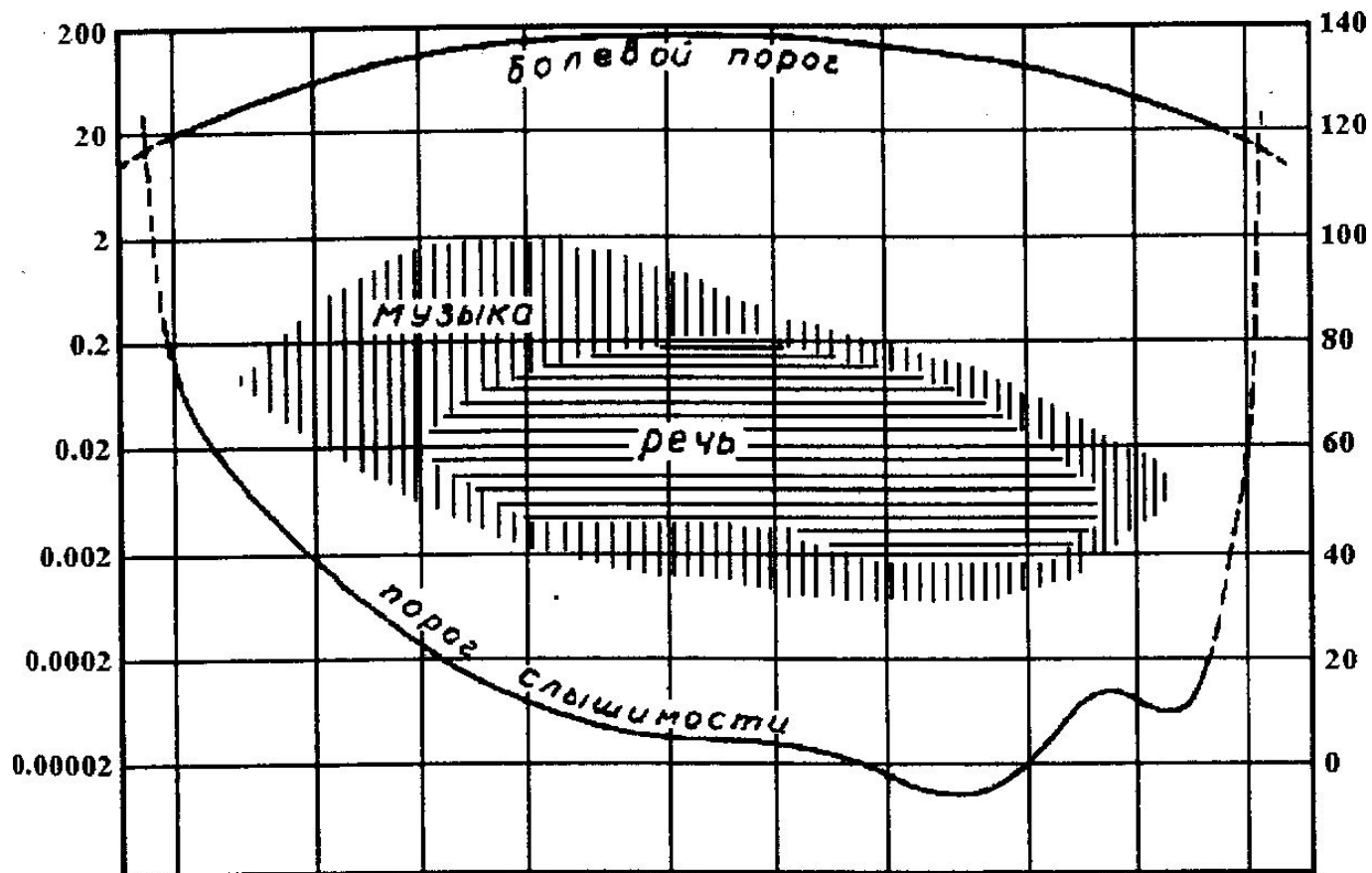
Частотная полоса, кГц	0,25	0,5	1	2	4	8
Разборчивость формант %	6,7	12,5	21,2	29,4	25	5,2

# Характеристики речевого тракта.

## Форманты

- Согласно акустической теории речеобразования восприятие звуков определяется областями максимальной концентрации энергии в спектре, называемыми формантами.
- В каждом звуке речи может быть выделено до 5 формант. Каждая из них характеризуется частотой  $F_i$  и амплитудой  $A_i$ , причем нумерация формант производится в порядке возрастания их частоты. Форманты гласных характеризуются добротностью  $Q_i$ , или связанной с ней шириной полосой пропускания  $B_i$ . Для глухих согласных звуков форманты характеризуются статистическими моментами первых трех порядков  $M_i$ , (нулевого, первого второго).

# Область слышимости





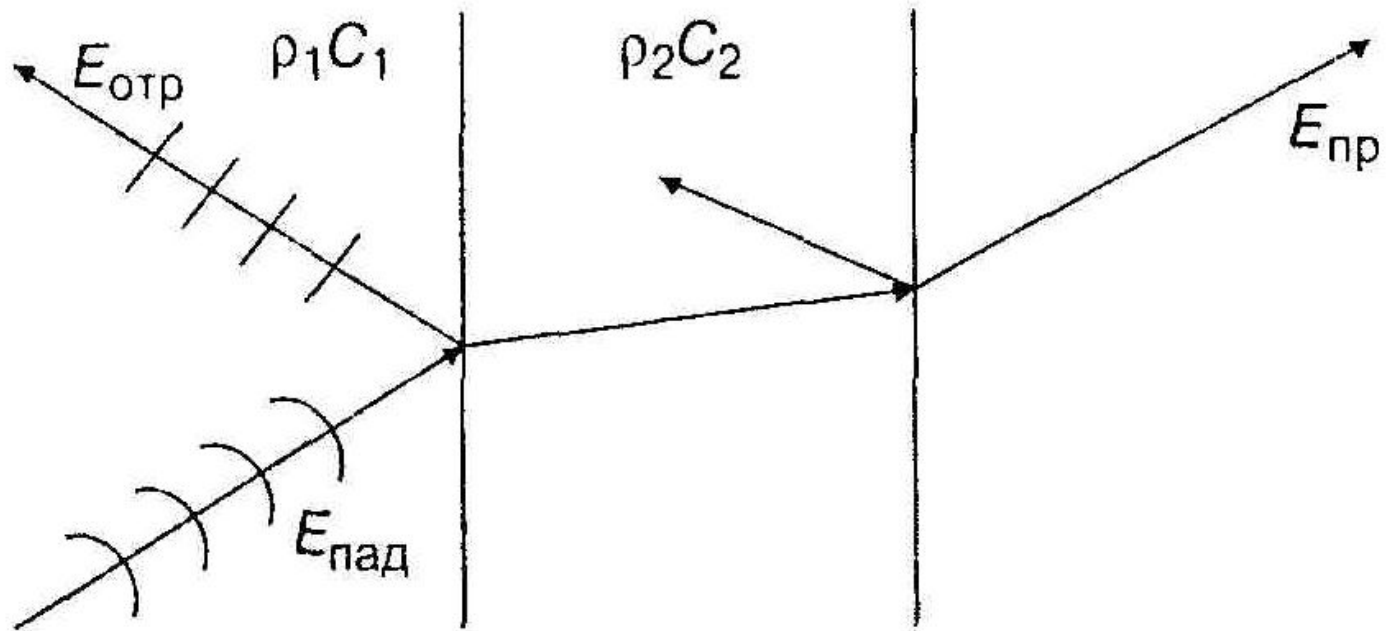
# Распространение акустических сигналов в помещениях и строительных конструкциях

- Количество акустической энергии, прошедшей из одной среды в другую, зависит от соотношения их акустических сопротивлений, причем степень проникновения из одной среды в другую зависит от плотности материалов и скорости распространения звуковых волн в средах.

$$N \approx \rho_1 C_1 / \rho_2 C_2$$

- где  $\rho_1, \rho_2$  – плотности сред, а  $C_1, C_2$  – скорости распространения звука в средах, так называемый закон масс.

Количество энергии, прошедшей из одной строительной конструкции в другую

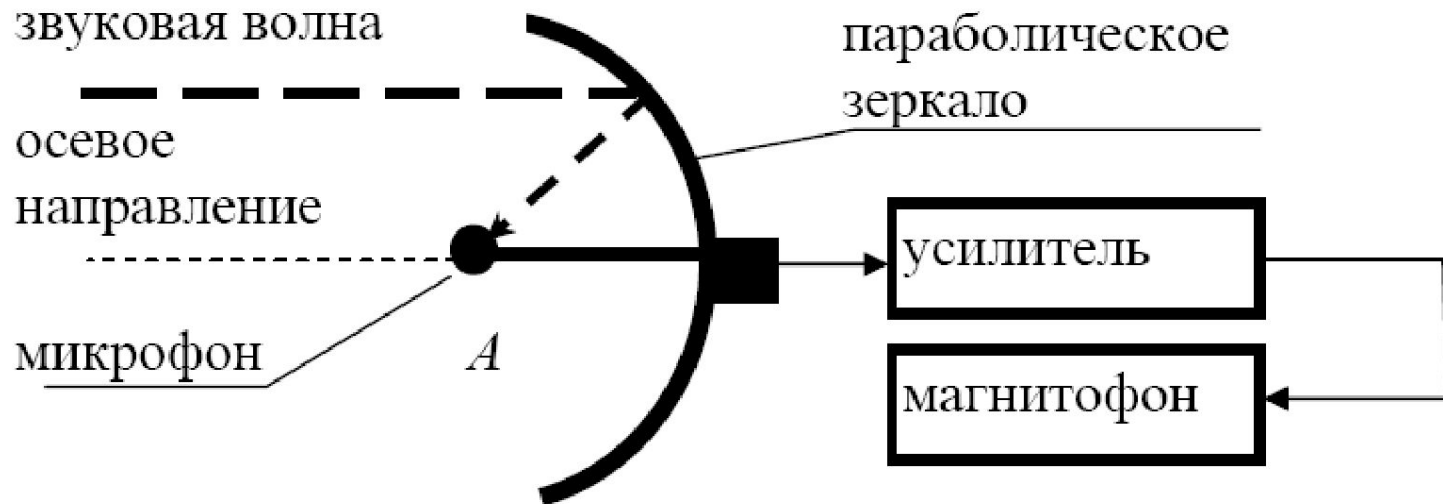


# Микрофоны

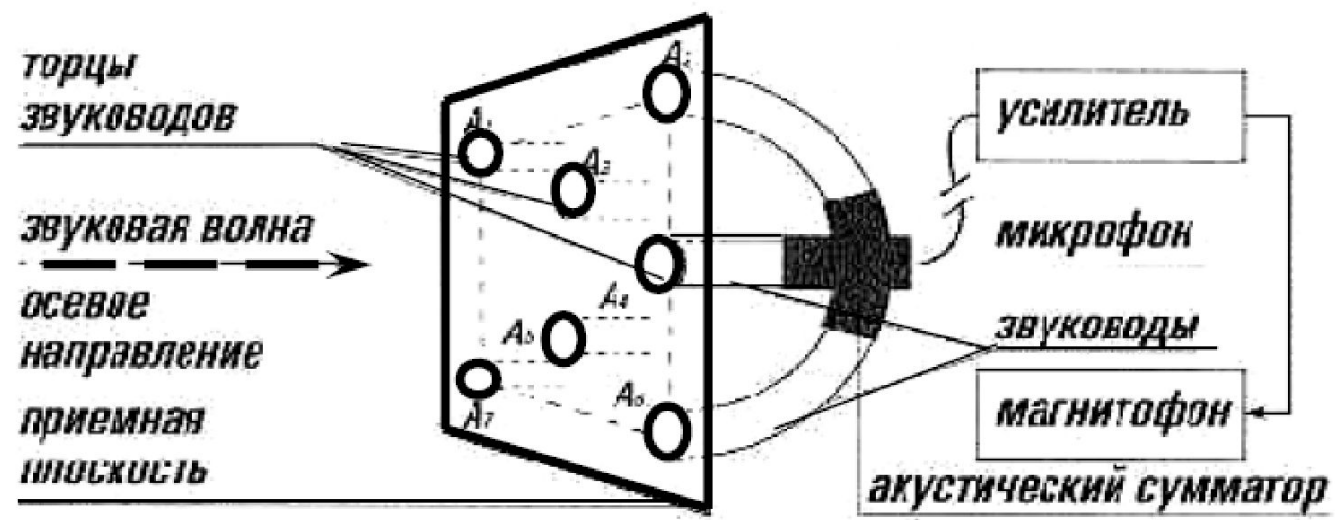
- Микрофоны подразделяются на
- 1. Ненаправленные микрофоны
- 2. Направленные микрофоны
- Существуют следующие типы ненаправленных микрофонов: электродинамические, угольные, конденсаторные, электретные и ряд других. На данный момент наибольшее распространение получили электретные микрофоны, используемые для записи звука через звуковую карту ПК

# Направленные микрофоны

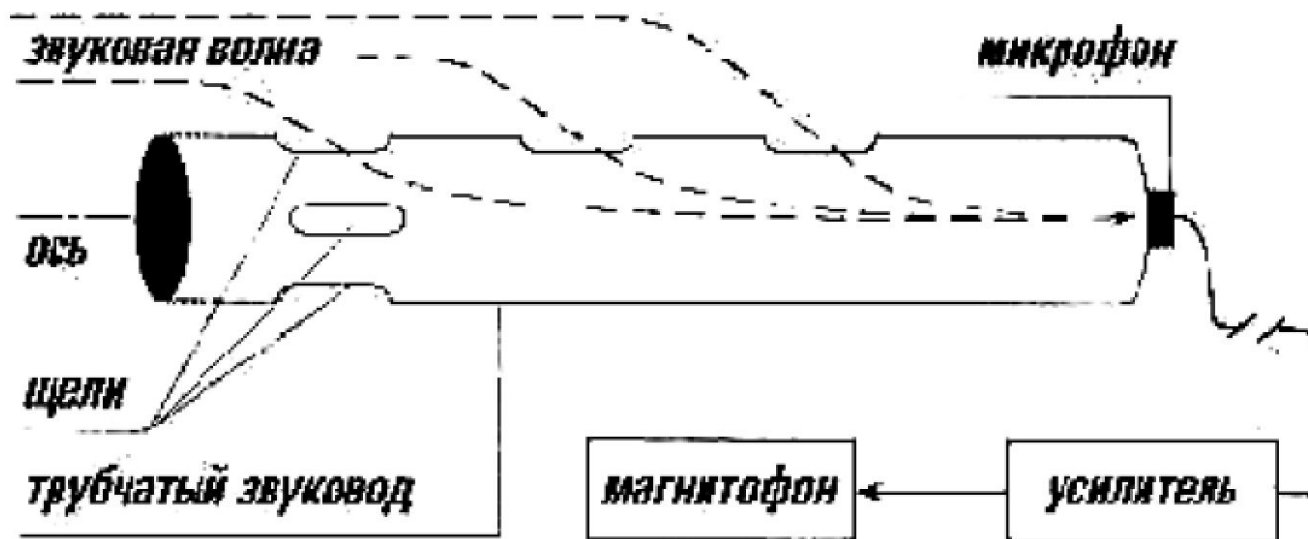
## ПАРАБОЛИЧЕСКИЙ МИКРОФОН



# ПЛОСКАЯ ФАЗИРОВАННАЯ РЕШЕТКА



# ТРУБЧАТЫЙ МИКРОФОН



# Монокюляр с направленным микрофоном «СУПЕР УХО-100»



# Направленный микрофон «Yukon»





# Направленный микрофон с прибором ночного видения NVS 2,5×42



# Стетоскоп стереофонический СС 021



# Методы получения акустической информации

- **Радиостетоскоп МС-02** предназначен для прослушивания разговоров через стены (без захода в прослушиваемое помещение) из различных материалов толщиной до 0.8 метра, и оконные рамы с двойными стеклами (материал не имеет значения). Подсоединение устройства к водопроводной трубе, или к трубе отопительной системы позволяет свободно прослушивать разговоры в соседних помещениях с передачей акустической информации по радиоканалу и прослушивания на любом FM приемнике. Радиостетоскоп **МС-02** состоит из двух блоков: 1. Вибрационный датчик с высокой чувствительностью, который крепится на плоскости с помощью двустороннего скотча, либо специального клея 2. Передающий модуль - усилитель для беспроводной передачи акустической информации. Прибор имеет встроенный фильтр частот - для лучшей разборчивости речи. Частота передающего модуля регулируемая в диапазоне 96-108Мгц. По заказу - для обеспечения более незаметной работы устройства и увеличения радиуса действия - может быть настроен на спецчастоту для работы с приемниками из комплектов СПР-3 и ТРП-01

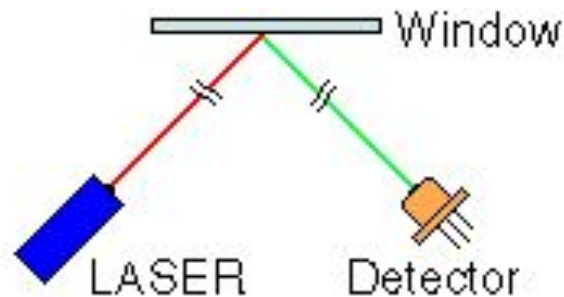
# Технические характеристики

- **Технические характеристики:**

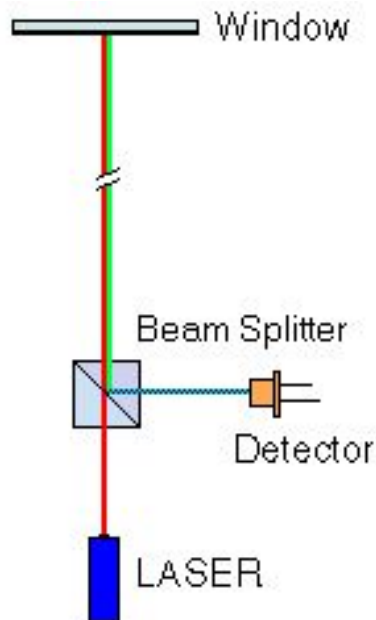
- Дальность действия (метров)\*: 700
- Ток потребления (ма): 16
- Питание (Вольт): 9
- Габариты передатчика (мм): 30X12X8
- Габариты датчика (мм): 50X20
- Температурный диапазон: от -10 °C до +40 °C
- Рабочая частота (МГц): 96-108 (регулируемая)
- Источник питания : один элемент Alkaline Battery типа "Крона" 9В.
- Время работы от одного элемента питания : минимум двое суток, максимум
- зависит от типа и качества элемента питания

# ЛАЗЕРНЫЙ МИКРОФОН

- Простейший вариант подобной системы: луч лазера падает на стекло окна под некоторым углом (например, 45 градусов). На границе стекло-воздух происходит модуляция луча звуковыми колебаниями. Отражённый луч улавливается фотодетектором, расположенном с другой стороны окна на угле, равном углу падения. Система в самом деле довольно простая, но требует тщательной юстировки.



- Второй способ, использующий сплиттер (делитель) пучка и показанный ниже, несколько сложнее, но он позволяет совместить лазер и детектор. Отпадает необходимость в тщательной юстировке системы. Применение сплиттера позволяет свести падающий и отражённый луч в одну точку



- Используя интерферометрию, можно получить более высокую чувствительность, чем дает предыдущая схема. Но система очень сложна в настройке из-за большой разницы в длине оптических путей до окна и до зеркала. Отражённые лучи должны приходить когерентными по фазе, в противном случае когерентная картина "замазывается", или вообще отсутствует, что приводит к падению чувствительности.

