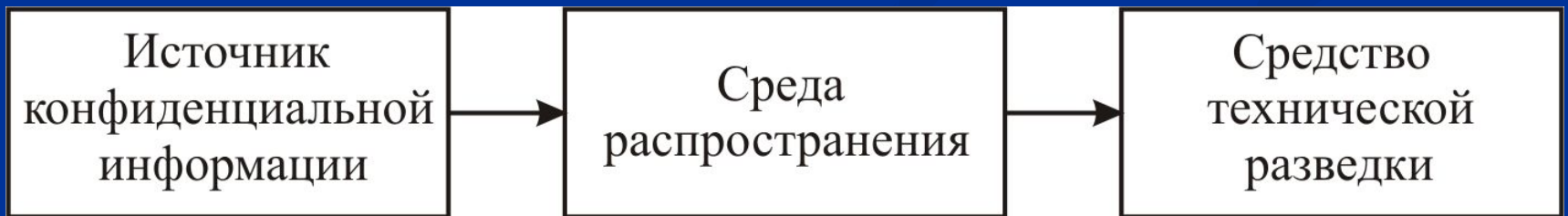


# Технические каналы утечки информации

# ТЕХНИЧЕСКИЙ КАНАЛ УТЕЧКИ

Техническим каналом утечки информации называется совокупность источника конфиденциальной информации, среды распространения и средства технической разведки.



# КЛАССИФИКАЦИЯ КАНАЛОВ



# Прямой акустический канал

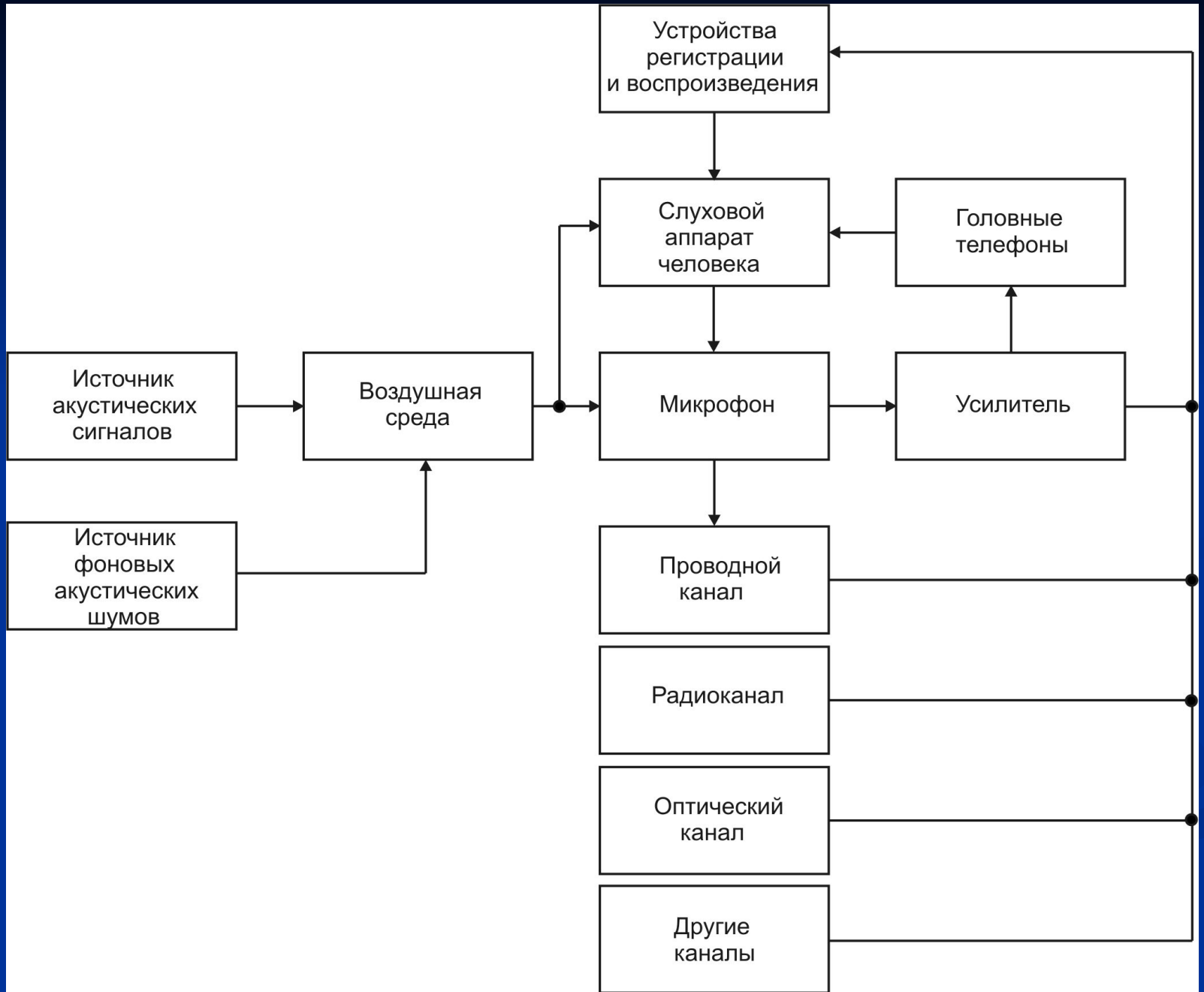
Наиболее простым способом перехвата речевой информации является подслушивание (прямой перехват).

Акустические сигналы могут непосредственно приниматься ухом человека, реагирующим на изменение звукового давления, возникающего при распространении звуковой волны в окружающем пространстве. Диапазон частот акустических колебаний, слышимых человеком, от 16-25 Гц до 18-20 кГц в зависимости от индивидуальных особенностей слушателя. Человек воспринимает звук в очень широком диапазоне **звуковых давлений**, одной из базовых величин этого диапазона является **стандартный порог слышимости**. Под ним условились понимать эффективное значение звукового давления, создаваемого гармоническим звуковым колебанием частотой  $F=1000$  Гц, едва слышимым человеком со средней чувствительностью слуха. Порогу слышимости соответствует звуковое давление  $P=2 \cdot 10^{-5}$  Па. Верхний предел определяется значением  $P=20$  Па, при котором наступает болевое ощущение.

В случаях, когда уровни звукового давления, создаваемого звуковой волной, ниже порога слышимости, когда нет возможности непосредственно прослушивать речевые сообщения или требуется их зафиксировать (записать), используют микрофон.

**Микрофон** является преобразователем акустических колебаний в электрические сигналы. К микрофонам, используемым в технике акустической разведки, предъявляют высокие требования. Необходимо обеспечить высокую разборчивость и узнаваемость речевого сигнала. Кроме того, микрофоны должны обладать направленными свойствами, высокой чувствительностью и малыми габаритами.

При необходимости передать перехваченное речевое сообщение на расстояние используют **проводные, оптические, радио- и другие каналы**. В этих случаях используемые устройства называются закладными устройствами для перехвата акустической информации. В состав радиозакладки может быть включено запоминающее устройство.

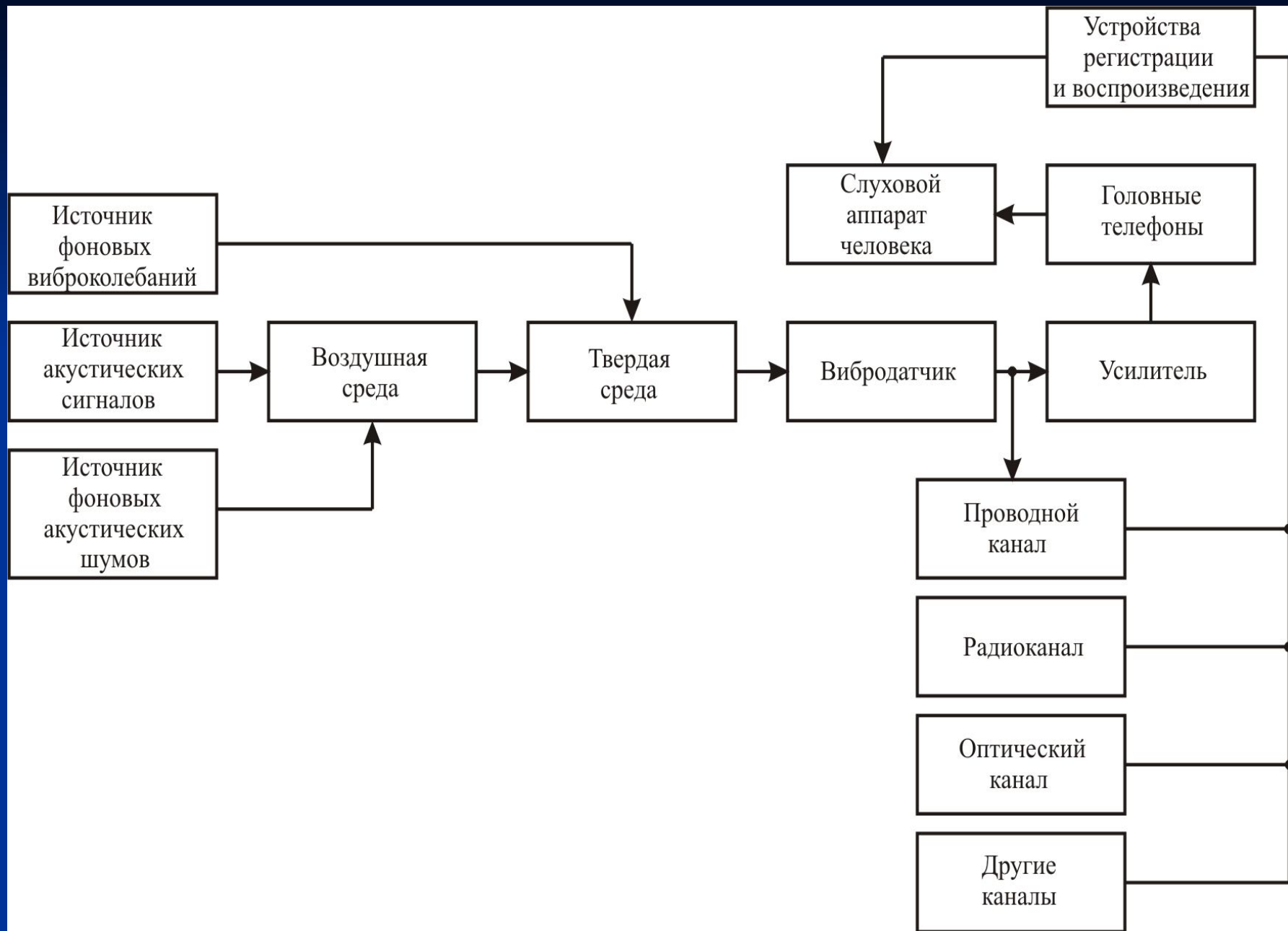


# Виброакустический канал

Под действием акустических колебаний в ограждающих строительных конструкциях и инженерных коммуникациях помещения, в котором находится речевой источник, в результате **виброакустического преобразования**, возникают **вибрационные колебания**.

Средой распространения сигналов являются ограждающие строительные конструкции помещений (стены, потолки, полы) и инженерные коммуникации (трубы водоснабжения, отопления, вентиляции и т.п.).

Для перехвата речевых сигналов в этом случае используются **вибродатчики (акселерометры)**. Сигнал, снимаемый с выхода вибродатчика, после усиления может быть прослушен, зарегистрирован на магнитном или другом носителе или передан в пункт приема, находящийся на удалении от места прослушивания, по проводному, радио- или иному передачи информации





В целях ведения разведки с использованием виброакустического канала широко применяются **стетоскопы**, т. е. устройства, содержащие вибродатчик (стетоскопный микрофон), блок обработки сигнала, осуществляющий его усиление и ослабление помех, и головные телефоны.

Необходимо отметить, что **чем тверже материал** преграды на пути распространения акустических колебаний, **тем лучше он передает вибрации**, вызываемые ими. Вибродатчик обычно крепится к металлическому предмету, вмонтированному в стену. В качестве звукопровода могут использоваться трубы водоснабжения, канализации, батареи отопления и т.д.

Когда нет возможности разместить пункт прослушивания в непосредственной близости от места установки вибродатчика (стетоскопа), в состав аппаратуры прослушивания включают проводные, радио- и другие каналы передачи информации, аналогичные каналам, используемым в закладных устройствах.

# Схема акустических каналов утечки информации

Схема акустических и виброакустических каналов утечки

информации

в помещении:

1 – микрофон подслушивания;

2 – вибродатчики подслушивания;

3 – батарея

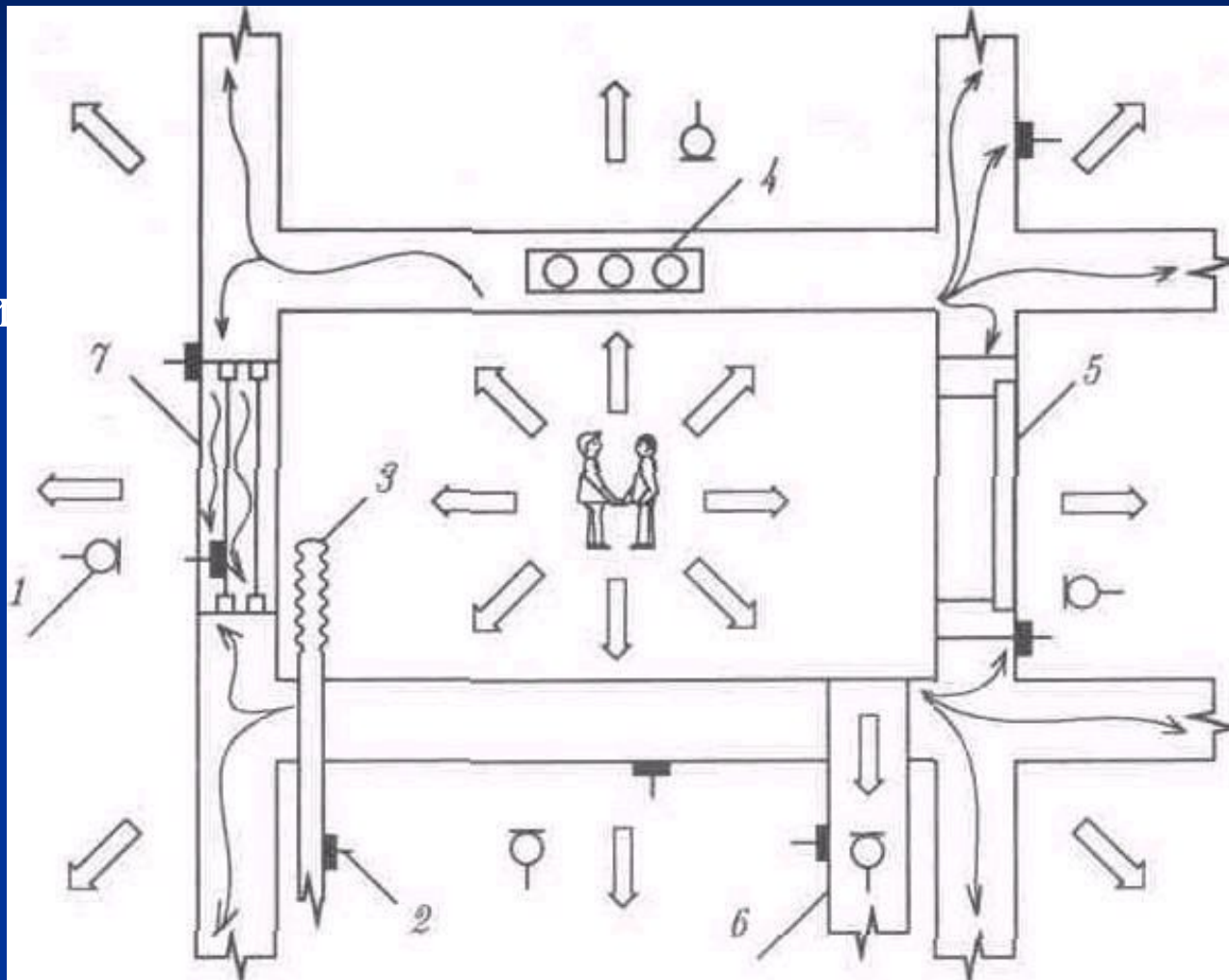
отопления;

4 – полость для кабелей;

5 – дверь;

6 – воздушные вентиляции;

7 – окно

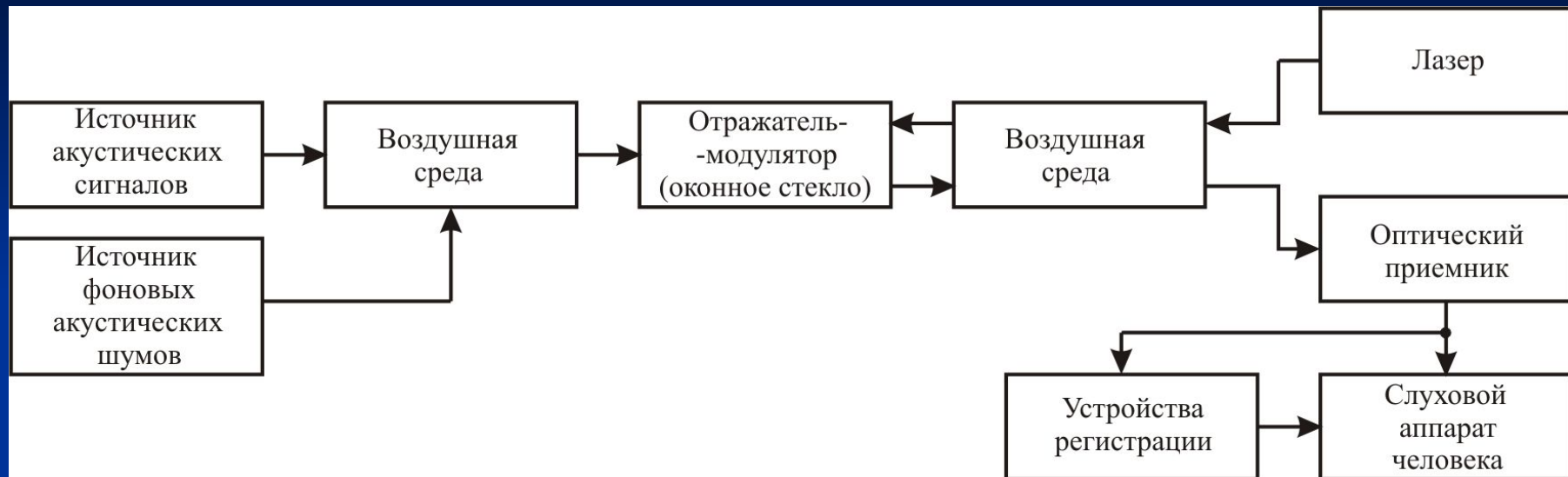


Если акустические и вибрационные датчики установлены на этих конструкциях за пределами помещения, это дает возможность принять речевые сигналы и проконтролировать разговоры внутри него. При этом необязательно скрытно проникать в помещение. Установить датчик можно и с помощью специальных выстреливающих устройств (например на оконную раму). Иногда используют лазерные устройства и направленные микрофоны.

# Акустооптический канал

Перехват речевой информации из помещений может осуществляться с помощью лазерных средств акустической разведки. В этом случае применяется дистанционное лазерно-локационное зондирование объектов, являющихся потенциальными источниками конфиденциальной речевой информации. В качестве таких объектов могут выступать оконные стекла и другие виброотражающие поверхности.

Генерируемое лазерным передатчиком колебание наводится на оконное стекло помещения. Возникающие при разговоре акустические волны, распространяясь в воздушной среде, воздействуют на оконное стекло и вызывают его колебания. Таким образом, происходит виброакустическое преобразование речевого сообщения. Лазерное излучение, падающее на внешнюю поверхность оконного стекла (мембраны), в результате вибро-оптического преобразования оказывается промодулированным сигналом, вызывающим колебания мембраны. Отраженный оптический сигнал принимается оптическим приемником, в котором осуществляется восстановление сообщения.



К настоящему времени созданы различные системы лазерных средств акустической разведки, имеющие дальность действия от десятков метров до единиц километров. Наведение лазерного излучения на оконное стекло нужного помещения осуществляется с помощью телескопического визира.

# Акустоэлектрический канал

Возникают за счет преобразований акустических сигналов в электрические.

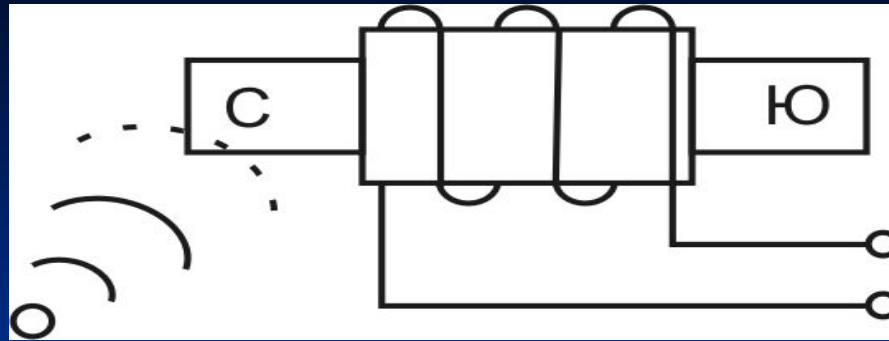
Некоторые элементы вспомогательных технических средств и систем (ВТСС), в том числе трансформаторы, катушки индуктивности, звонков телефонных аппаратов и т.п., обладают свойством изменять свои параметры (емкость, индуктивность, сопротивление) под действием акустического поля, создаваемого источником речевого сигнала. Изменение параметров приводит либо к появлению на данных элементах электродвижущей силы (ЭДС), либо к модуляции токов, протекающих по этим элементам в соответствии с изменениями воздействующего акустического поля.

ВТСС, кроме указанных элементов, могут содержать непосредственно акустоэлектрические преобразователи. К таким ВТСС относятся некоторые типы датчиков охранной и пожарной сигнализации, громкоговорители ретрансляционной сети и т.д.

# Индуктивные акустоэлектрические преобразователи

Если в поле постоянного магнита поместить катушку индуктивности (рамку) и вращать ее хотя бы под воздействием воздушного потока, то на ее выходе появится ЭДС индукции.

Воздушный поток переменной плотности возникает и при разговоре человека. Поэтому в соответствии с разговором (под воздействием его воздушного потока) будет вращаться катушка (рамка), что вызовет пропорционально изменяющуюся ЭДС индукции на ее концах. Таким образом, можно связать акустическое воздействие на провод в магнитном поле с возникающей ЭДС индукции на его концах - это типичный пример из группы индукционных акустических преобразователей. Представителем этой группы является, например, электродинамический преобразователь.



## Устройство электродинамического преобразователя

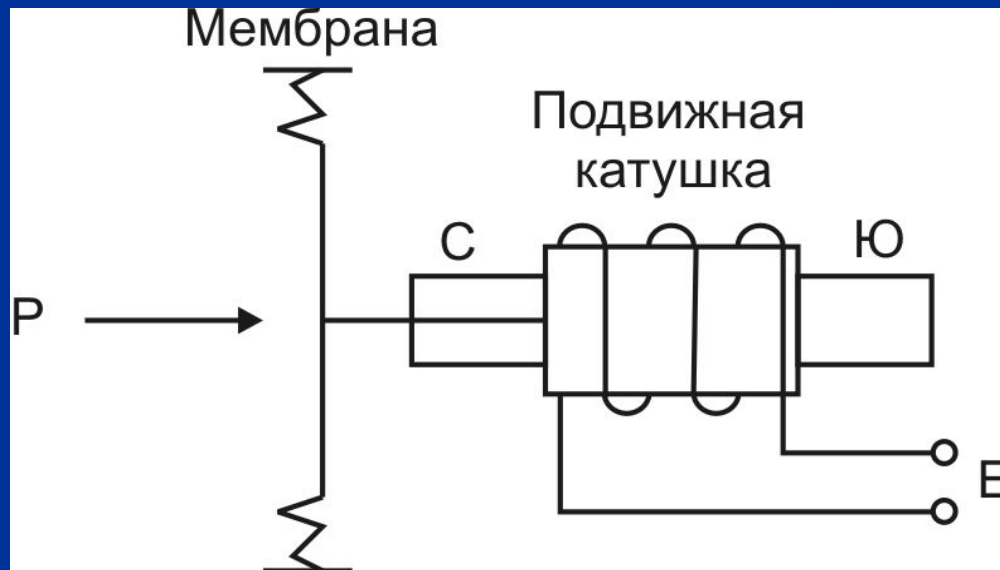
Рассмотрим акустическое воздействие на катушку индуктивности с сердечником. Механизм и условия возникновения ЭДС индукции в такой катушке сводятся к следующему. Под воздействием акустического давления появляется вибрация корпуса и обмотки катушки. Вибрация вызывает колебания проводов обмотки в магнитном поле, что и приводит к появлению ЭДС индукции на концах катушки:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad c + v$$

где  $\Phi_c$  — магнитный поток, замыкающийся через сердечник;  $\Phi_v$  — магнитный поток, замыкающийся через обмотки по воздуху



ЭДС зависит от вектора магнитной индукции, магнитной проницаемости сердечника, угла между вектором и осью катушки, угла между вектором и осью сердечника и площадей поперечных сечений сердечника и катушки. Индуктивные преобразователи подразделяются на электромагнитные, электродинамические и магнитострикционные. Примером непосредственного использования этого эффекта для целей акустического преобразования является электродинамический микрофон



ЭДС на выходе катушки определяется по формуле

$$E = -L \frac{di}{dt},$$

$$L = \frac{4k\pi\mu_0\omega^2 S}{l}$$

где  $L$  — индуктивность катушки;  $l$  — длина намотки катушки;  $\mu_0$  — магнитная проницаемость;  $S$  — площадь поперечного сечения катушки;  $\omega$  — число витков катушки,  $k$  — коэффициент, зависящий от соотношения параметров.

Возникновение ЭДС на выходе такого преобразователя принято называть микрофонным эффектом. Можно утверждать, что микрофонный эффект может проявляться как в электродинамической, так и в электромагнитной, конденсаторной и других конструкциях, широко используемых в акустоэлектрических преобразователях самого различного назначения и исполнения.

Электромеханический вызывной звонок телефонного аппарата — типичный представитель индуктивного акустоэлек-трического преобразователя, микрофонный эффект которого проявляется при положенной микрофонной трубке.

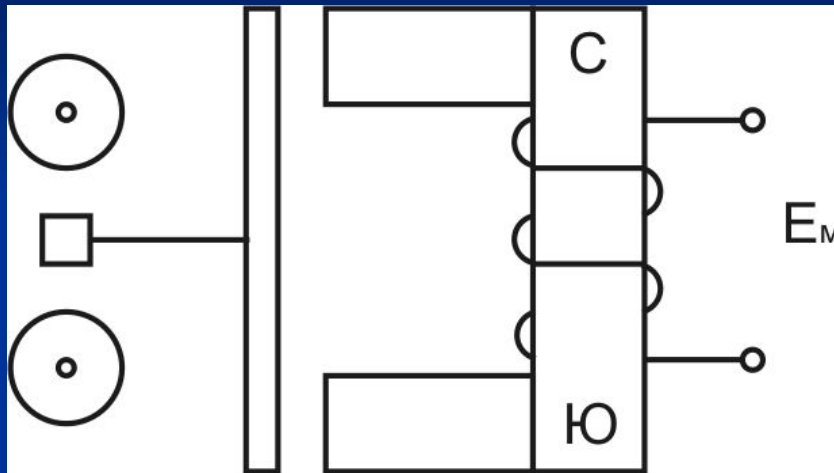


Схема  
вызывного  
звонка

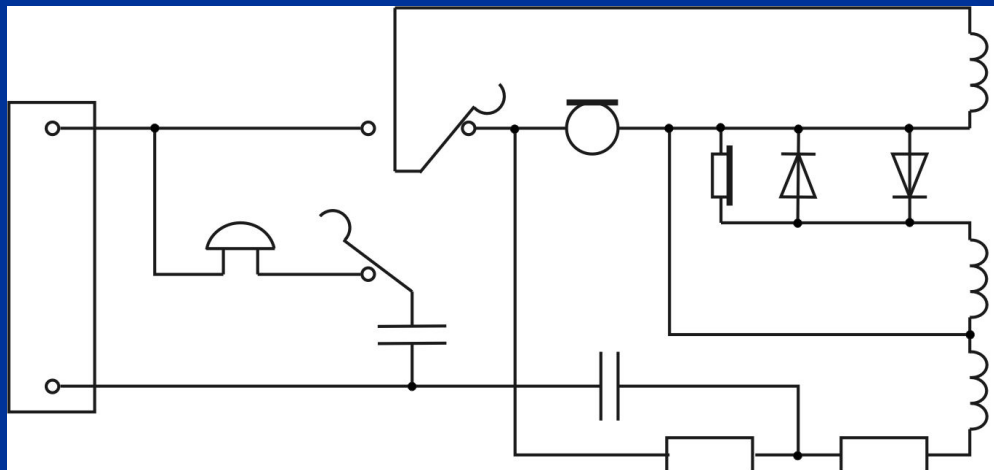


Схема  
телефонного  
аппарата

ЭДС микрофонного эффекта звонка может быть определена по формуле:

$$E = \eta p$$

$$\eta = \frac{FS\mu_0\omega S_m}{d^2 z_m}$$

где  $p$  — акустическое давление;  $\eta$  — акустическая чувствительность звонка; здесь  $F$  — магнитодвижущая сила постоянного магнита;  $S$  — площадь якоря (пластины);  $\mu_0$  — магнитная проницаемость сердечника;  $\omega$  — число витков катушки;  $S_M$  — площадь плоского наконечника;  $d$  — значение зазора;  $z_M$  — механическое сопротивление.

На таком же принципе (электрохимического вызывного звонка) образуется микрофонный эффект и в отдельных типах электрохимических реле различного назначения. Акустические колебания воздействуют на якорь реле. Колебания якоря изменяют магнитный поток реле, замыкающийся по воздуху, что приводит к появлению на выходе катушки реле ЭДС микрофонного эффекта.

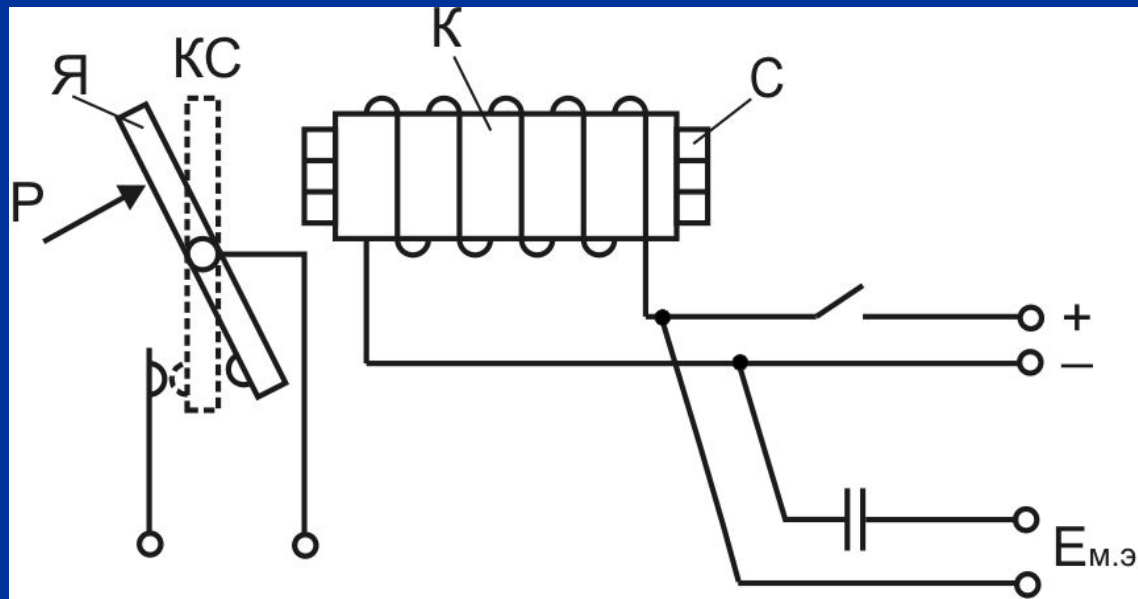
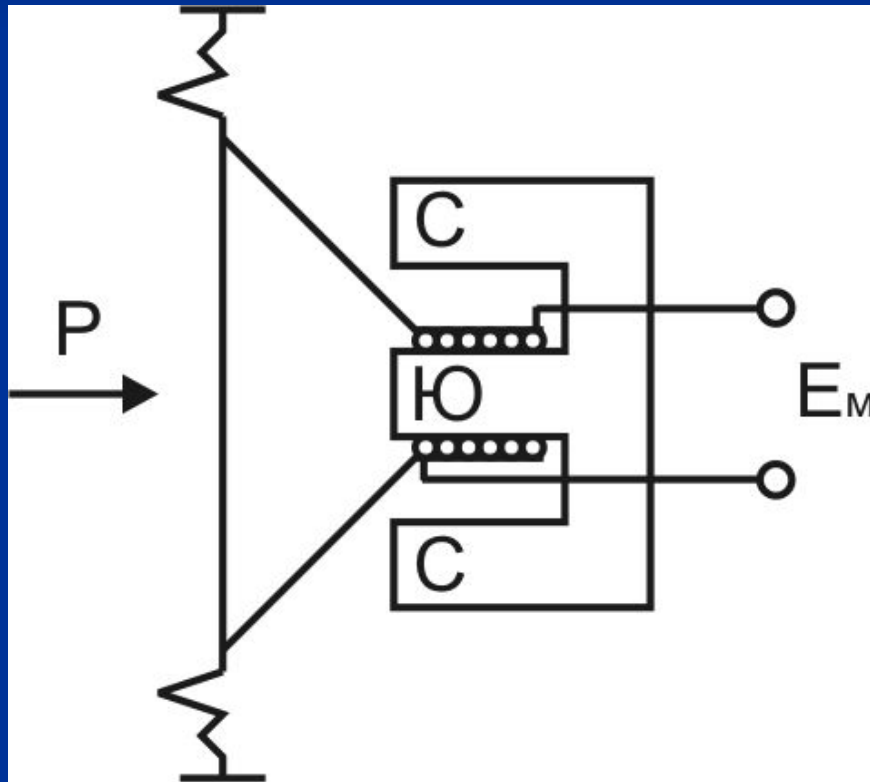


Схема работы реле: КС — контактная система;  
К — катушка; С - сердечник

Динамические головки прямого излучения, устанавливаемые в абонентских громкоговорителях, имеют достаточно высокую чувствительность к акустическому воздействию (2–3 мВ/Па) и довольно равномерную в речевом диапазоне частот амплитудно-частотную характеристику, что обеспечивает высокую разборчивость речевых сигналов.

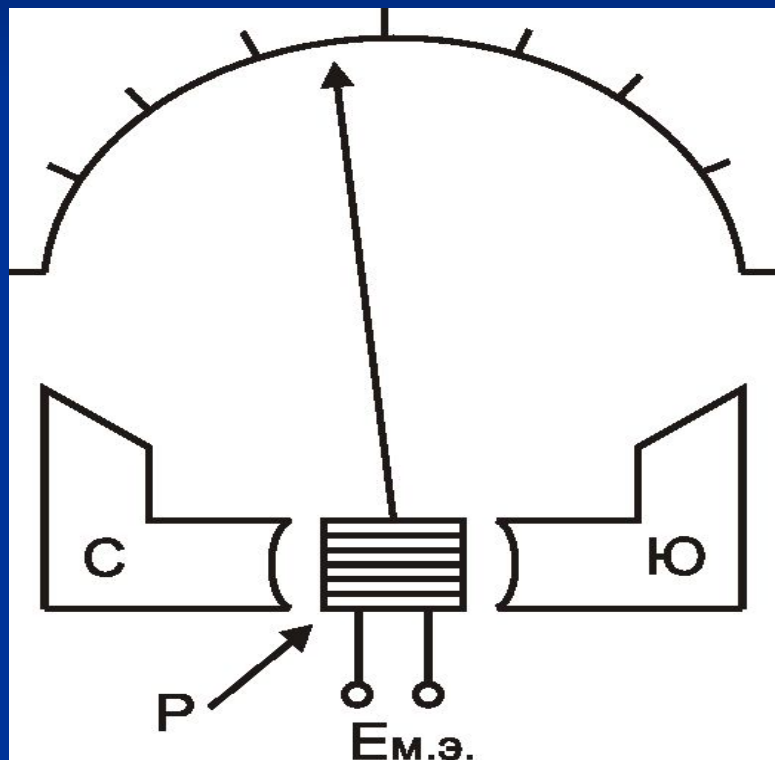


ЭДС микрофонного эффекта динамической головки

$$E = \eta p \quad \eta = \frac{BlS}{z_m}$$

где  $\eta$  — акустическая чувствительность,  $l$  — длина проводника, движущегося в магнитном поле с индукцией  $B$ ;  $S$  — площадь поверхности, подверженной влиянию давления акустического поля;  $z_M$  — механическое сопротивление.

В магнитоэлектрическом измерительном приборе имеются неподвижный постоянный магнит и подвижная рамка, которая поворачивается вокруг своей оси под воздействием собственного магнитного поля, создаваемого измеряемым напряжением, и магнитного поля постоянного магнита.



Если акустические колебания воздействуют на рамку, она вращается под их давлением и на ее концах возникает ЭДС индукции.

Практически аналогичная ситуация будет при воздействии акустических колебаний на электромагнитный измерительный прибор.

Представителем индукционных акустоэлектрических преобразователей являются **трансформаторы**.

Акустическое влияние на сердечник и обмотку трансформатора приведет к появлению микрофонного эффекта. Если ЭДС индукции появляется в первичной обмотке, то во вторичной обмотке она увеличивается на значение коэффициента трансформации.

**Магнитострикция** — изменение размеров и формы кристаллического тела при намагничивании — вызывается изменением энергетического состояния кристаллической решетки в магнитном поле и, как следствие, расстояний между узлами решетки. Наибольших значений магнитострикция достигает в ферро- и ферритоматериалах.

Обратное по отношению к магнитострикции явление — Виллари-эффект (изменение намагничиваемости тела при его деформации). В усилителях с очень большим коэффициентом усиления входной трансформатор на ферритах при определенных условиях вследствие магнитострикционного эффекта способен преобразовывать механические колебания в электрические.



# Емкостные преобразователи

Емкостные преобразовывающие элементы превращают изменение емкости в изменение электрического потенциала, тока, напряжения.

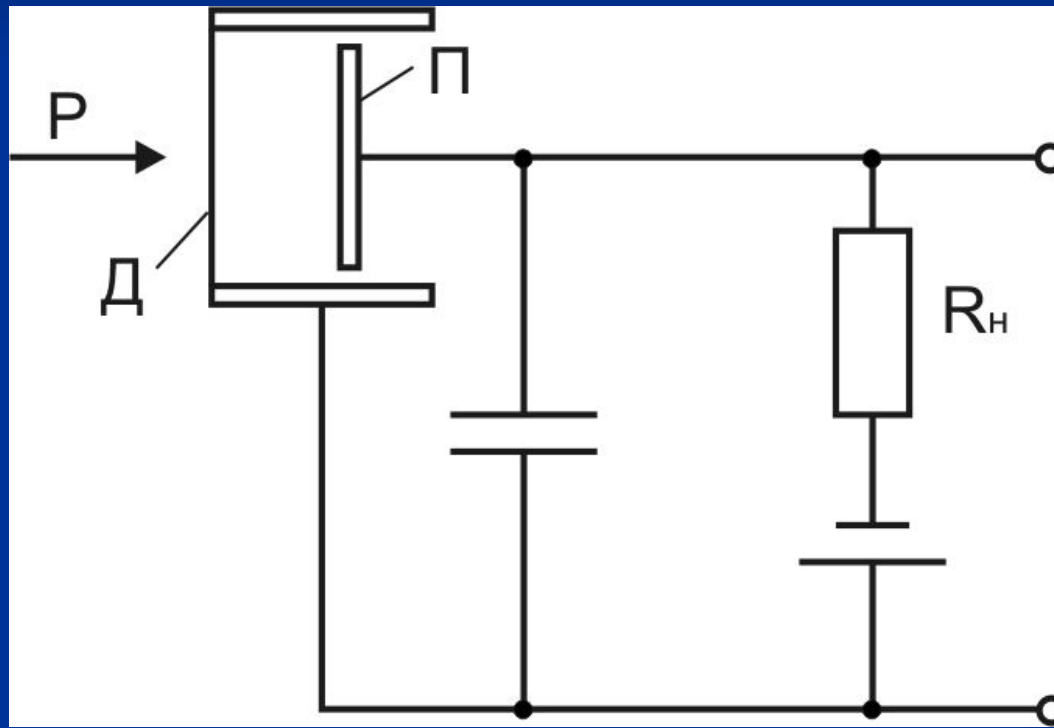
Для простейшего конденсатора, состоящего из двух пластин, разделенных слоем диэлектрика (воздух, парафин и др.), емкость определяется по формуле:

$$C = \frac{\varepsilon S}{d}$$

где  $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость диэлектрика;  $S$  — площадь поверхности пластины;  $d$  — расстояние между пластинами.

Из этого соотношения следует, что емкость конденсатора зависит от расстояния между пластинами. Воздействующее на пластины акустическое давление, изменяя расстояние между пластинами, приводит к изменению емкости. Изменение емкости приводит к изменению сопротивления цепи и соответственно, к падению напряжения на сопротивлении нагрузки пропорционально акустическому давлению. Эти зависимости используются в конструкции конденсаторных микрофонов.

Когда на микрофон действует волна звукового давления  $P$ , диафрагма  $D$  движется относительно неподвижного электрода — жесткой пластины  $\Pi$ . Это движение вызывает переменное изменение электрической емкости между диафрагмой и задней пластиной, а следовательно, производит соответствующий электрический сигнал на выходе.



Устройство конденсаторного микрофона

# Пьезоэлектрический эффект

Поляризация диэлектрика при механическом воздействии на него называется прямым **пьезоэлектрическим эффектом**. Этот эффект имеется у кристаллов кварца и у всех сегнетоэлектриков. Чтобы его наблюдать, из кристалла вырезают прямоугольный параллелепипед, грани которого должны быть ориентированы строго определенным образом относительно кристалла. При сдавливании параллелепипеда одна его грань заряжается положительно, а другая — отрицательно. Оказывается, что в этом случае плотность поляризованного заряда грани прямо пропорциональна давлению и не зависит от размеров параллелепипеда. Если сжатие заменить растяжением параллелепипеда, то заряды на его гранях изменяют знаки на обратные.

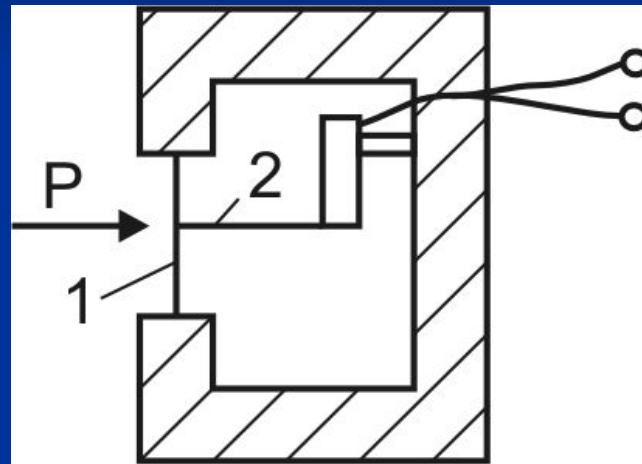
Чтобы воспринять изменение заряда или напряжения, к пьезоэлектрическому материалу подсоединяют две металлические пластины, которые фактически образуют пластины конденсатора, емкость которого определяется соотношением:

$$C = \frac{Q}{U}$$

$Q$  – заряд  
 $U$  – напряжение

На практике в качестве пьезоэлектрического материала применяются кристаллы кварца, синтетические кристаллы и поляризованная керамика (титанат бария).

Кварцевые пластины широко используются в пьезоэлектрических микрофонах, охранных датчиках, стабилизаторах генераторов незатухающих колебаний.



Устройство пьезоэлектрического микрофона.

Когда звуковое давление  $P$  отклоняет диафрагму 1, ее движение вызывает деформацию пьезоэлектрической пластины 2, которая, в свою очередь, вырабатывает электрический сигнал на выходных контактах

# Параметрический канал

В результате воздействия акустического поля меняется давление на все элементы высокочастотных генераторов технических средств передачи информации, что может привести к изменениям **параметров высокочастотного** сигнала, например, к модуляции его информационным сигналом.

Параметрический канал утечки информации может быть реализован и путем “высокочастотного облучения” помещения, где установлены закладные устройства, параметры которых (например, добротность и резонансная частота объемного резонатора) изменяются под действием акустического (речевого) сигнала.

# The Thing - “вещица”

Деревянный герб Соединенных Штатов, подаренный американскому послу в Москве. В нем находился металлический цилиндр без источников питания.



## Как работала “вещица”

Под клювом орла просверлено отверстие, позволявшее звуковым волнам достигать подслушивающего устройства. Из соседнего здания в сторону антенны подслушивающего устройства, установленного в гербе направлялся “радиолуч” высокой частоты. Звуковые волны, сопровождавшие разговоры в кабинете американского посла, вызывали колебания мембраны, закрывающей металлический цилиндр. В результате изменялась электрическая емкость между этой мембраной и специальным настроечным винтом. Эти изменения приводили к модуляции отраженного “радиолуча” указанным звуковым сигналом, а в приемном пункте этот сигнал принимался и обрабатывался.

The thing была цилиндрической формы и вместе с антенной имела 20 см в длину.

Более десяти недель напряженной работы потребовалось Питеру Райту, для того чтобы починить устройство и определить, как оно работает.

Через 18 месяцев англичанам удалось изготовить прототип, который получил кодовое название "Сатир". Устройство оказалось настолько чувствительным, что была прекрасно слышна не только речь, но и звуки поворота ключа в дверном замке.

На протяжении 50-х годов новое оборудование активно использовалось британскими, американскими, канадскими и австралийскими спецслужбами для негласного получения информации.

# Электрический канал

Возникает за счет наводок электромагнитных излучений технических средств, обрабатывающих конфиденциальную информацию на соединительные линии и посторонние проводники, выходящие за пределы контролируемой зоны; а также за счет паразитных связей между информационными и посторонними цепями.

Уровень наводимых сигналов в значительной степени зависит от мощности излучаемых сигналов, расстояния до проводников, а также длины совместного пробега соединительных линий ТСПИ и посторонних проводников.



# Индукционный канал

Используется эффект возникновения вокруг электрических цепей электромагнитного поля при прохождении по ним информационных электрических сигналов, которые перехватываются специальными индукционными датчиками.

Индукционные датчики применяются в основном для съема информации с симметричных высокочастотных кабелей.

Для бесконтактного съема информации с незащищенных телефонных линий связи могут использоваться специальные высокочувствительные низкочастотные усилители, снабженные магнитными антеннами.

# Паразитные связи и наводки

Элементы, цепи, тракты, соединительные провода и линии связи любых электронных систем и схем постоянно находятся под воздействием собственных (внутренних) и сторонних (внешних) электромагнитных полей различного происхождения, индуцирующих или наводящих в них значительные напряжения. Такое воздействие называют электромагнитным влиянием, или просто влиянием на элементы цепи. Так как такое влияние образуется непредусмотренными связями, то говорят о паразитных (вредных) связях и наводках, которые также могут привести к образованию каналов утечки информации.

Основными видами паразитных связей в схемах электромагнитных устройств являются емкостные, индуктивные, электромагнитные, электромеханические и связи через источники питания и заземления радиоэлектронных средств. Рассмотрим паразитные связи и наводки на примере широко распространенных усилительных схем различного назначения.

## Паразитные емкостные связи

Эти связи обусловлены наличием электрической емкости между элементами, деталями и проводниками усилителей, несущих потенциал сигнала. Так как сопротивление емкости, создающей паразитную емкостную связь, падает с ростом частоты, проходящая через нее энергия с повышением частоты увеличивается. Поэтому паразитная емкостная связь может привести к самовозбуждению на частотах, превышающих высшую рабочую частоту усилителя.

Чем больше усиление сигнала между цепями и каскадами, имеющими емкостную связь, тем меньшей емкости достаточно для его самовозбуждения. При усилении в  $10^5$  раз (100 дБ) для самовозбуждения усилителя звуковых частот иногда достаточно емкости между входной и выходной цепями  $C_{пс} = 0,01$  пФ.

## Индуктивные связи

Такие связи обусловлены наличием взаимоиндукции между проводниками и деталями усилителя, главным образом, между его трансформаторами. Паразитная индуктивная обратная связь между трансформаторами усилителя, например между входным и выходным трансформаторами, может вызвать самовозбуждение в области рабочих частот и на гармониках.

Для усилителей с малым входным напряжением очень опасна индуктивная связь входного трансформатора с трансформаторами питания. Значительно слабее паразитная индуктивная связь проявляется при тороидальной конструкции входного трансформатора. Паразитная индуктивная связь ослабляется при уменьшении размеров трансформаторов.

# Электромагнитные связи

Паразитные электромагнитные связи приводят к самовозбуждению отдельных каскадов звуковых и широкополосных усилителей на частотах порядка десятков и сотен мегагерц. Эти связи обычно возникают между выводными проводниками усилительных элементов, образующими колебательную систему с распределенными параметрами на резонансной частоте определенного значения.

## Электромеханические связи

Паразитные электромеханические связи проявляются в устройствах, корпус которых имеет жесткую механическую связь с включенным на вход усилителя громкоговорителем, в усилителях, расположенных близко от громкоговорителя, а также в усилителях, подвергающихся вибрации (сотрясению). Механические колебания диффузора близкорасположенного громкоговорителя через корпус последнего и шасси усилителя, а также через воздух передаются усилительным элементам. Вследствие микрофонного эффекта эти колебания вызывают в цепях усилителя появление переменной составляющей тока, создающей паразитную обратную связь.

Транзисторы почти не обладают микрофонным эффектом, поэтому паразитная электромеханическая связь проявляется в основном в ламповых усилителях.

# Обратная связь

Обратная связь представляет собой передачу сигналов из последующих цепей в предыдущие, например, из выходной цепи усилительного элемента в его входную цепь.

В системах с обратной связью, используемых в качестве усилителя, термином устойчивость определяют наличие или отсутствие в системе собственных установившихся колебаний. В то время как система, не имеющая цепей обратной связи, всегда устойчива, введение обратной связи может оказаться причиной возникновения колебаний в системе.

Амплитудные и фазовые характеристики усилителя и цепи обратной связи являются функциями частоты, и по этой причине обратная связь может быть положительной при одних частотах и отрицательной - при других. Следовательно, система, имеющая отрицательную обратную связь в среднечастотном диапазоне, может оказаться системой с положительной обратной связью при частотах, удаленных от этого диапазона, и быть каналом утечки информации.