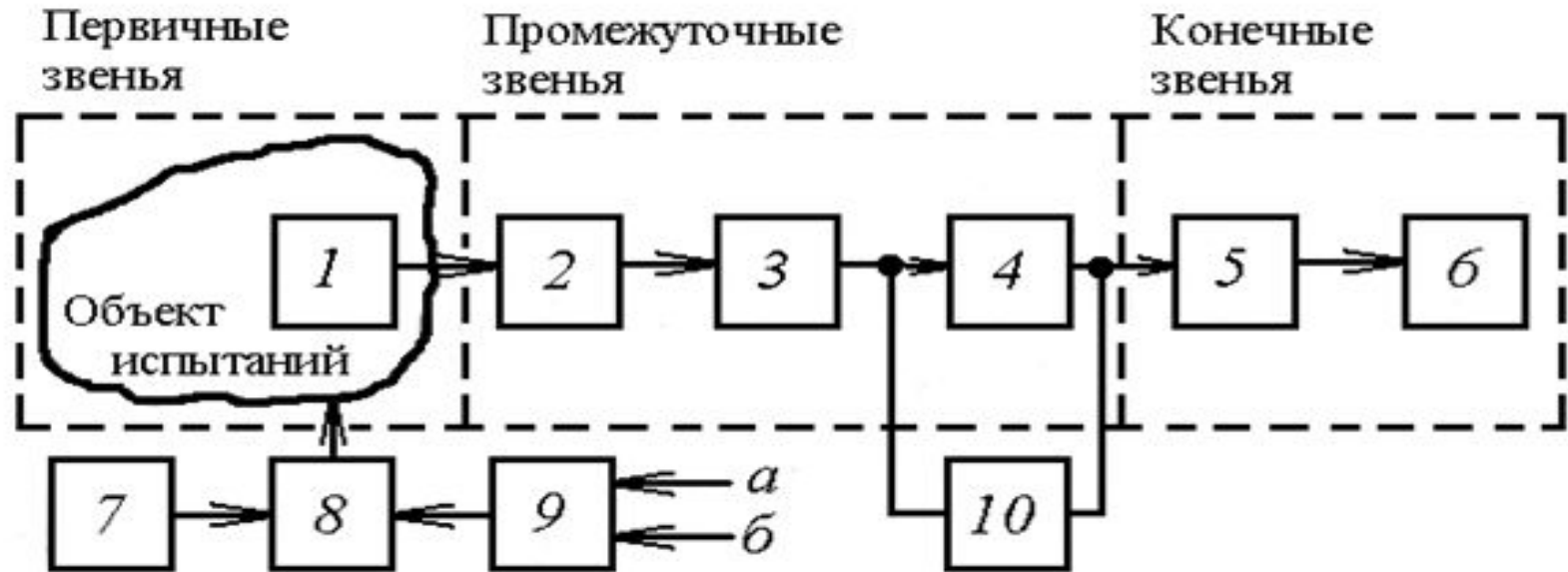


**Тема 3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ
ИСПЫТАНИЯХ АВТОМОБИЛЕЙ И
ТРАКТОРОВ**

Учебные вопросы:

1. Индуктивные преобразователи
2. Магнитоупругие преобразователи
3. Ёмкостные преобразователи
4. Коммутирующие преобразователи
5. Реостатные преобразователи
6. Электролитические преобразователи
7. Преобразователи контактного сопротивления

Типичная функциональная схема канала ИИС



- 1 - чувствительный элемент;
- 2 – датчик (преобразователь);
- 3 – каналы связи;
- 4 – блок промежуточного преобразования;
- 5 – блок окончательного результата;

Классификация преобразователей

- **по назначению** (преобразователи перемещений, скоростей, ускорений, сил, давлений, температур и др.);
- **по физическим эффектам**, используемым для преобразования измеряемой величины в электрический сигнал (тензорезисторные, пьезоэлектрические, электромагнитные, термоэлектрические и др.);
- **по принципу действия** преобразователи подразделяются на три группы: *параметрические* (пассивные), *болометрические* и *энергетические* (активные).

- *у параметрических преобразователей* под воздействием измеряемой величины меняется электрический параметр, связанный с эффектом, на основе которого работает преобразователь (омическое сопротивление, индуктивность, ёмкость и др.).

Параметрические преобразователи необходимо включать в электрическую схему с источником питания для получения сигнала, отражающего степень изменения параметра преобразования.

- *в болометрических преобразователях* измеряемая физическая величина преобразуется в выходной электрический сигнал опосредованно, то есть через какой-либо промежуточный эффект или элемент.

- *энергетические (активные) преобразователи* под воздействием измеряемой величины вырабатывает (генерирует) сигнал в виде ЭДС.

Основные требования, предъявляемые к преобразователям:

- линейная зависимость выходных параметров от входных;
- необходимая чувствительность;
- достаточная точность;
- стабильность характеристик;
- высокая перегрузочная способность (отношение предельного допустимого значения входной величины к номинальному значению);
- невосприимчивость к неизмеряемым параметрам;
- унифицированность и взаимозаменяемость,
- возможность использования в различных ИИС;

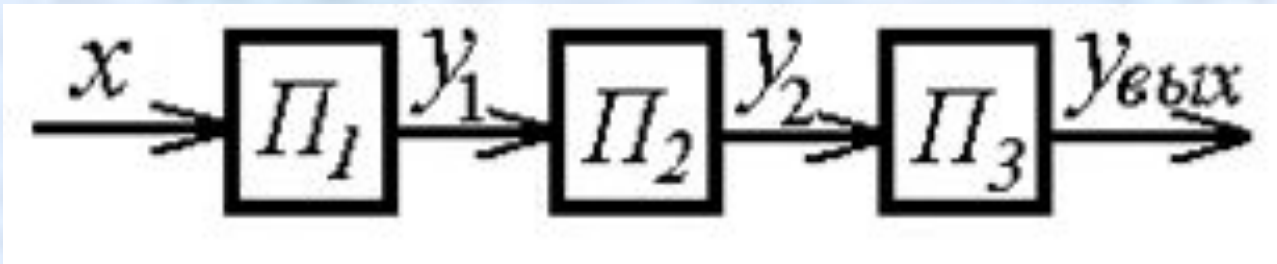
Основные требования, предъявляемые к преобразователям (продолжение):

- направленность действия (малое влияние нагрузки в выходной цепи преобразователя на режим входной цепи);
- малые масса и габаритные размеры,
- экономичность в потреблении энергии.

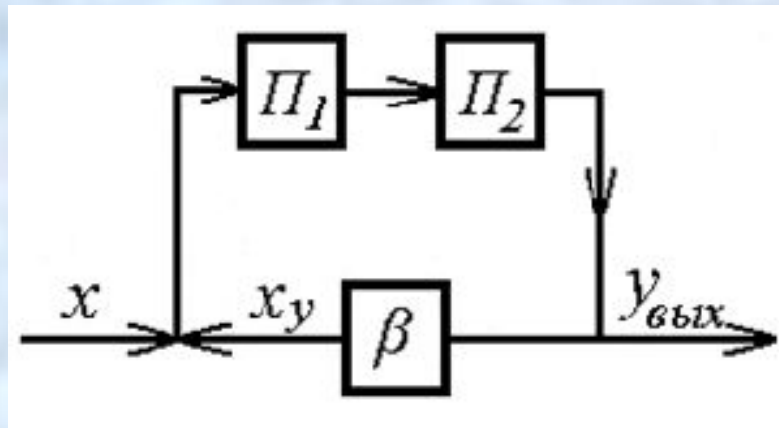
Методы преобразования физической величины в электрическую :

- метод прямого преобразования;
- метод уравнивающего преобразования.

- **Метод прямого преобразования** характеризуется передачей информации только в одном (прямом) направлении – от входной величины X через цепочку различных измерительных преобразователей $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3 \dots$ к выходной электрической величине U .



- Метод уравнивания характеризуется тем, что используются две цепи преобразователей – цепь прямого преобразования, состоящая из преобразователей Π_1 , Π_2 , Π_3 , ... Π_i , и цепь обратного преобразования с элементом β , с помощью которого создаётся величина X_y , однородная с входной преобразуемой величиной X и уравнивающая её, в результате чего на вход цепи преобразователей Π_1 и Π_2 поступает только переменная составляющая преобразуемой величины X .



Наиболее часто измеряются следующие группы физических величин:

1. механические величины (линейное и угловое перемещение, линейное и угловое ускорение, усилие, вибрацию, давление, перепад давлений жидкости и газа и др.);
2. электрические величины (напряжение, ток, активное и реактивное сопротивления, индуктивность, частота и амплитуда колебаний тока и напряжения и др.);
3. теплофизические величины (температура механизмов, жидкостей и газов, теплопередача, теплоёмкость и др.).

1. Индуктивные преобразователи

- Принцип действия индуктивных преобразователей основан на изменении индуктивного сопротивления электрической цепи под воздействием измеряемой величины (перемещение, усилие).

Основные части простейших индуктивных датчиков:

- катушка самоиндукции;
- нагрузка (например, измерительный прибор);
- источник переменного напряжения;
- сердечник и якорь, набираемые в пакет из тонких пластин ферромагнитного материала (трансформаторной стали Э4А, пермаллоя и др.).

Ток в катушке подсчитывается по формуле:

$$I = \frac{U}{Z},$$

где U – напряжение источника питания;

$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ – полное сопротивление;

R – активное омическое сопротивление;

ωL – индуктивное сопротивление;

ω – частота переменного тока;

L – индуктивность катушки.

Индуктивность катушки L равна:

$$L = \frac{n\Phi}{I},$$

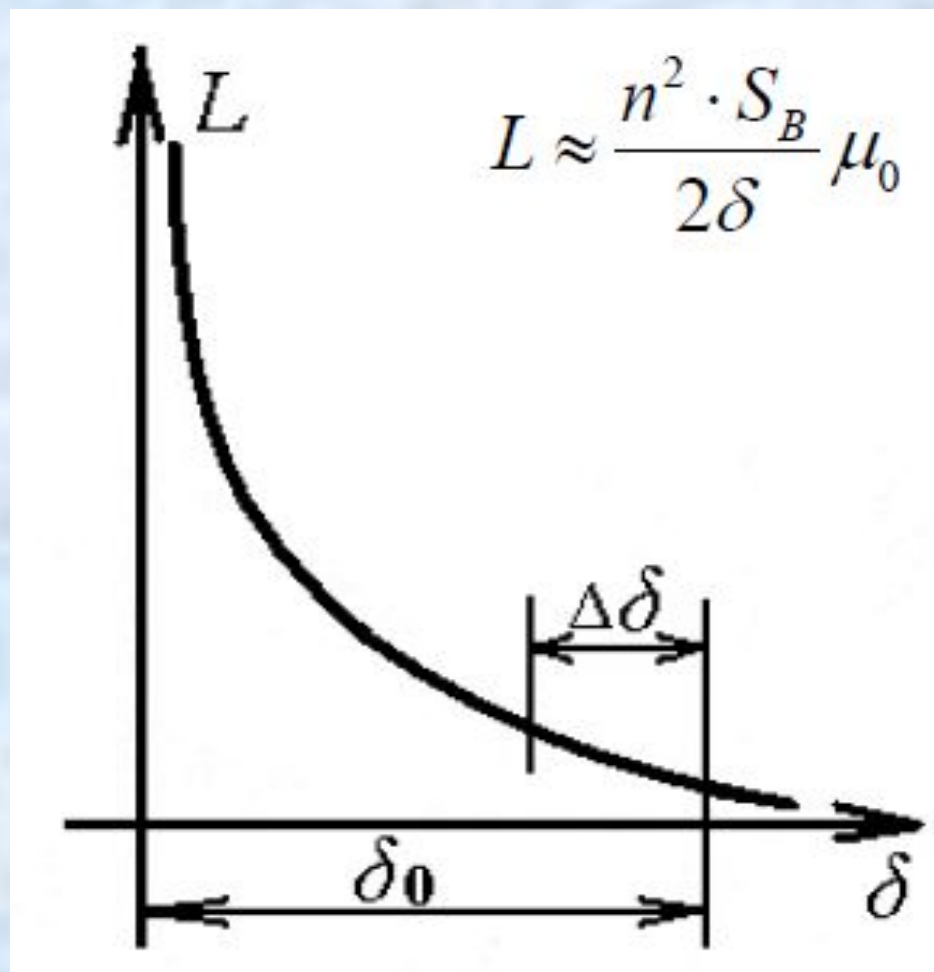
где $\Phi = \frac{In}{R\mu}$ – магнитный поток;

n – число витков катушки;

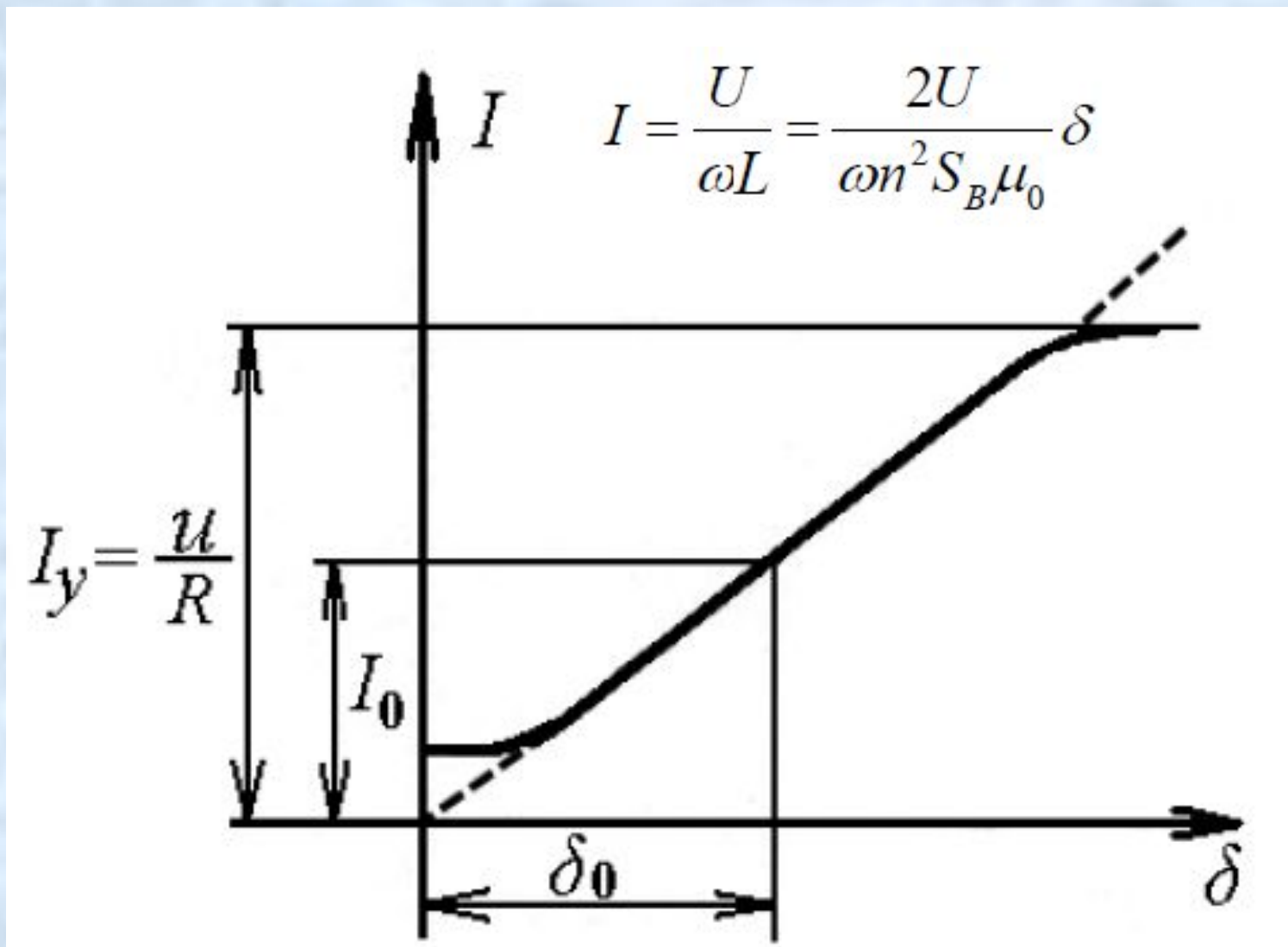
$R\mu$ – магнитное сопротивление, складывающееся из сопротивления $R_{ж}$ магнитопровода (сердечника и якоря) и сопротивления R_B воздушного зазора.

$$R_B = \frac{2\delta}{\mu_0 \cdot S_B},$$

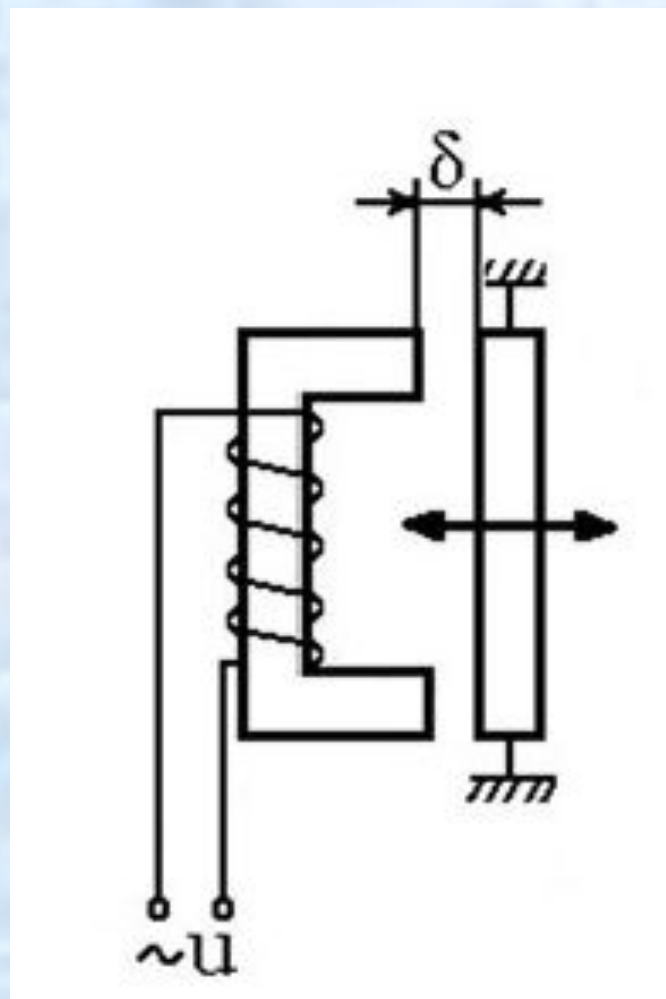
Зависимость индуктивности катушки
от воздушного зазора между якорем и сердечником:



Зависимость тока в катушке
от воздушного зазора между якорем и сердечником:



Простейшая схема индуктивного преобразователя



Схемы дифференциальных индуктивных преобразователей

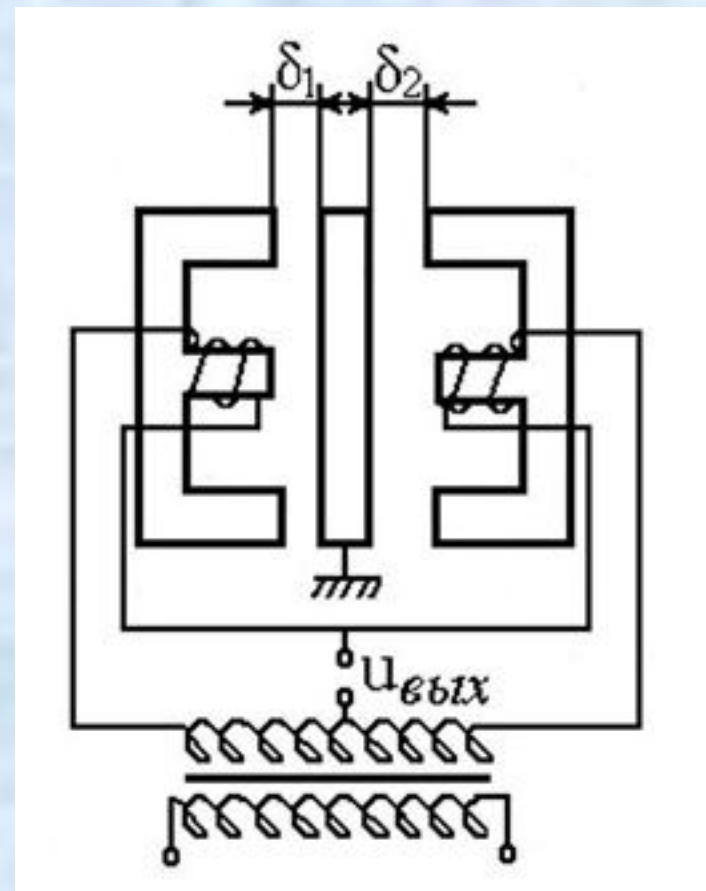
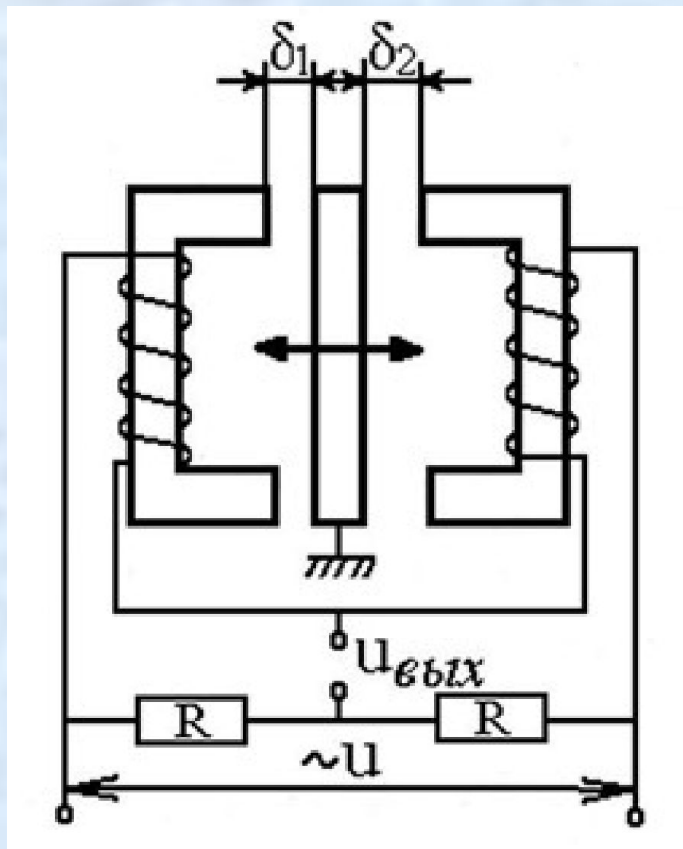
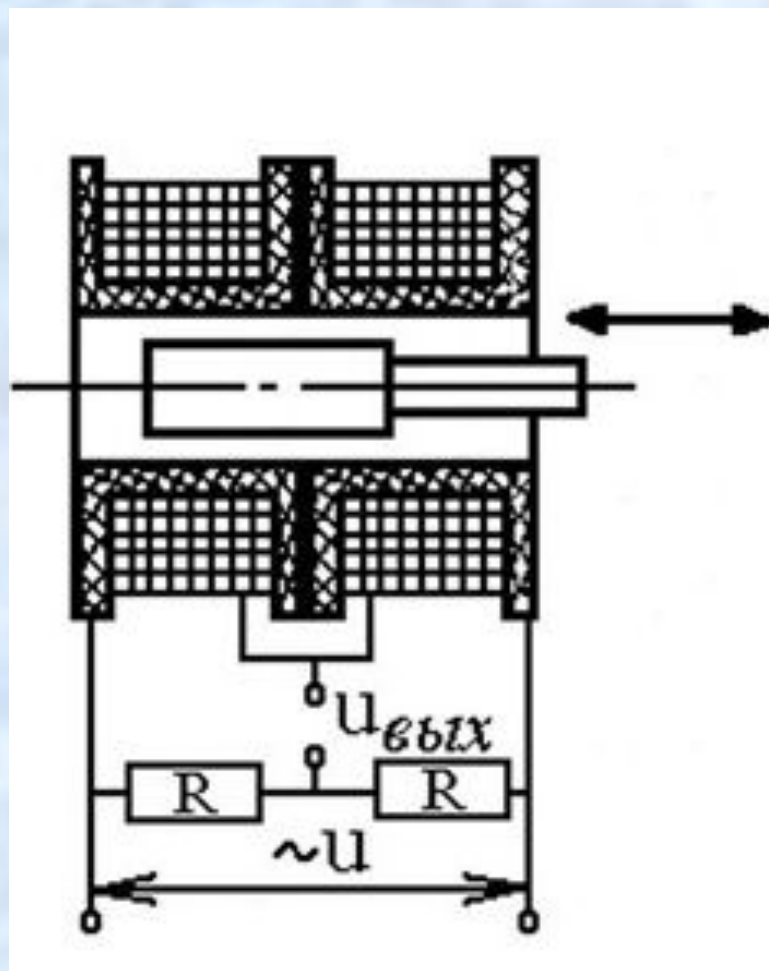


Схема индуктивного преобразователя соленоидного типа



Индуктивные датчики с переменным воздушным зазором

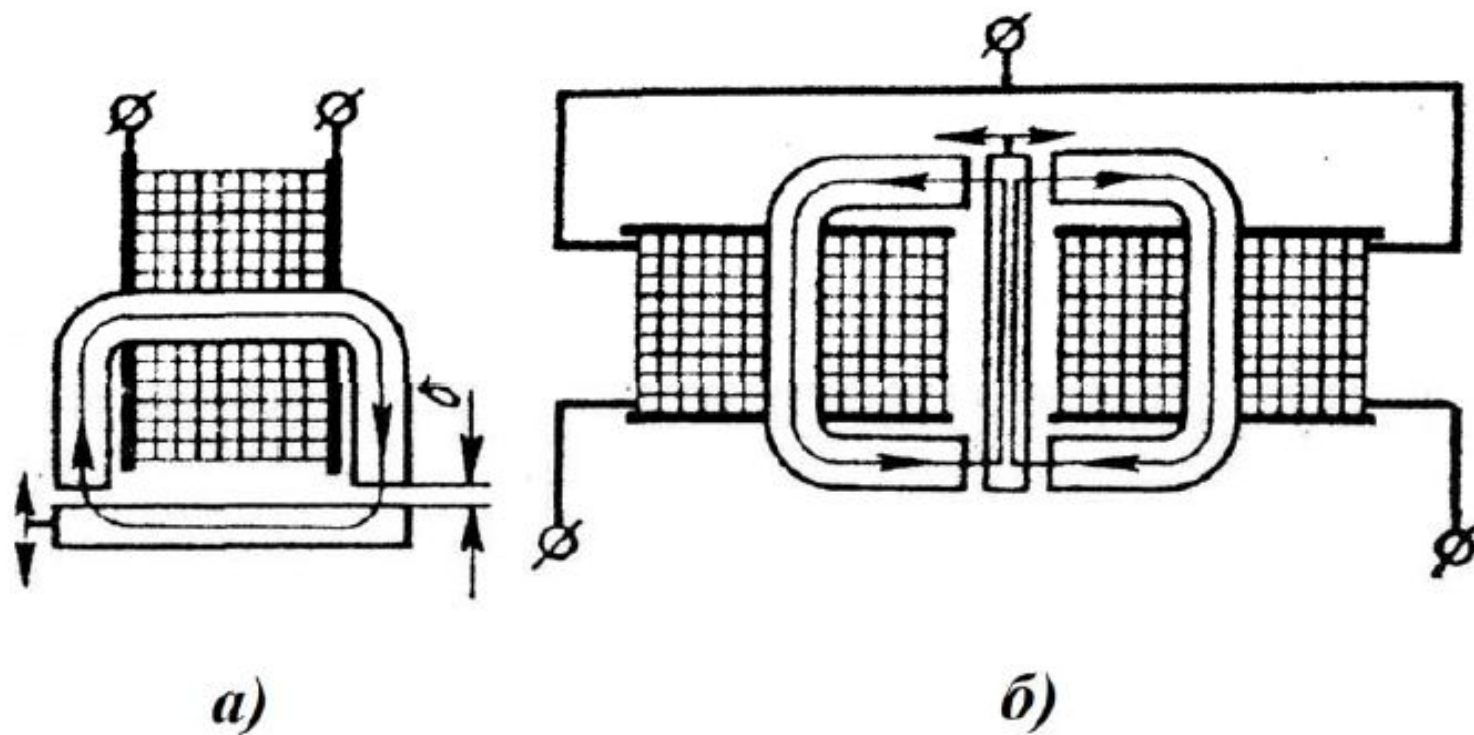


Рис. 13. Индуктивные датчики с переменным воздушным зазором:
а) – одинарный; *б)* – двойной (дифференциальный сельсин)

Схема потенциометрических датчиков давления

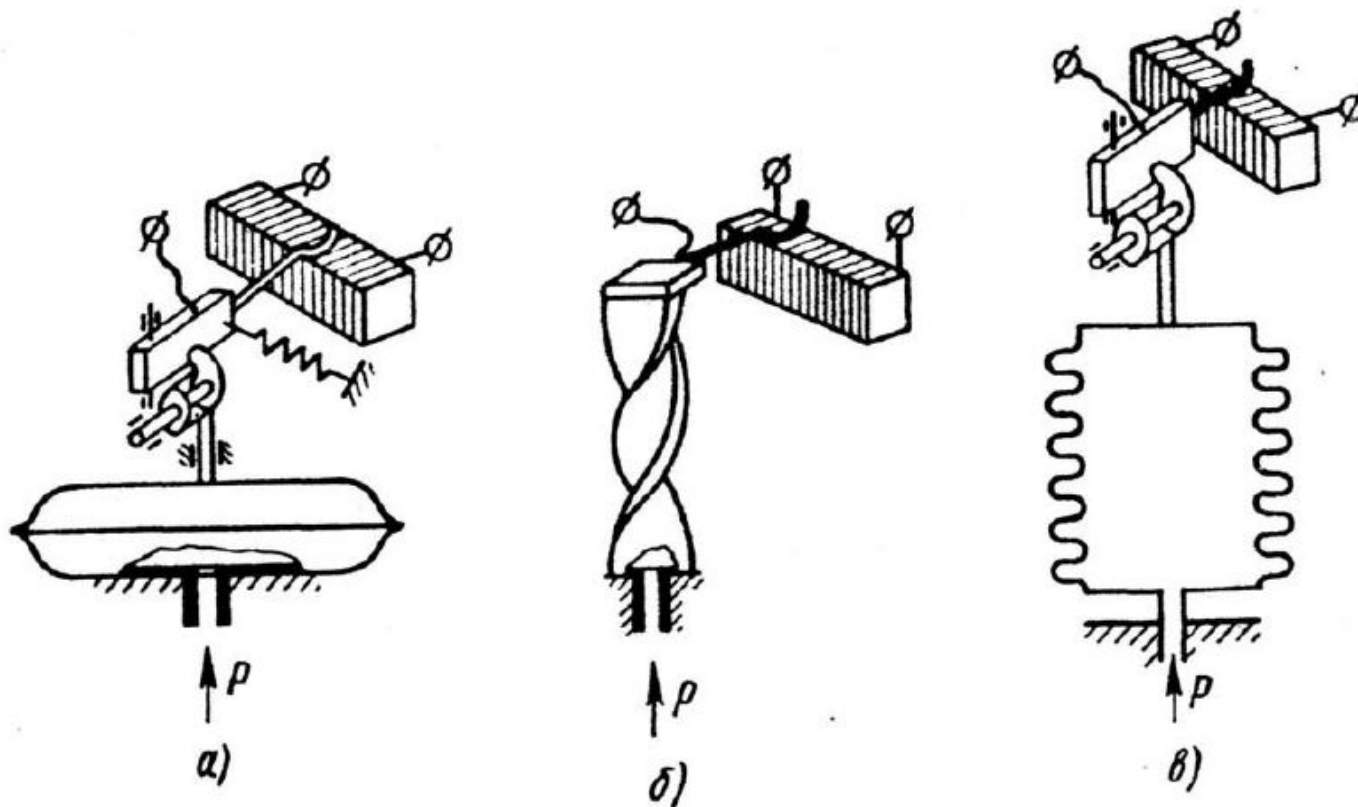
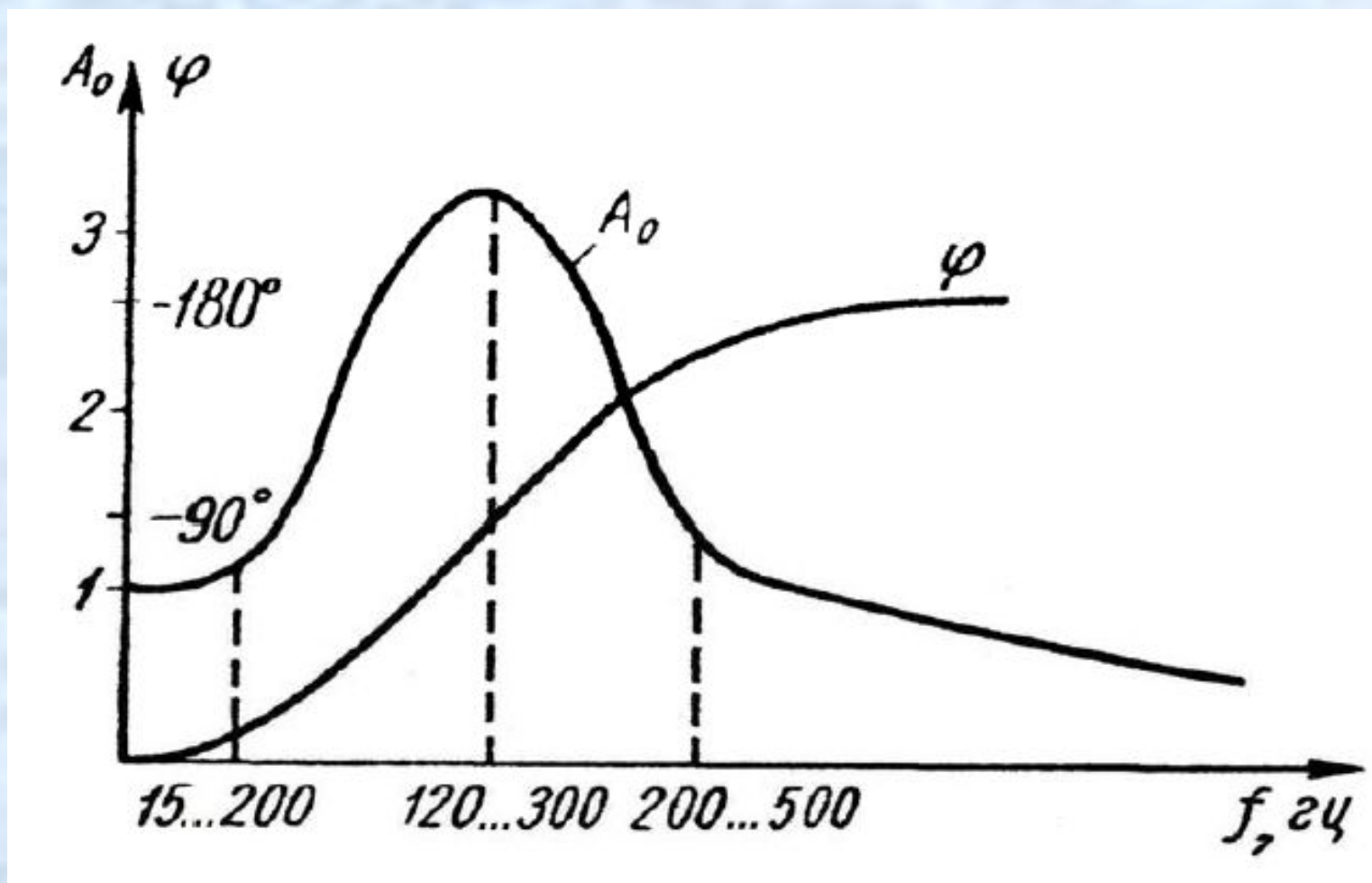


Рис. 14. Схемы потенциометрических датчиков давления:
а) – с мембранной коробкой; б) – с витой трубкой; в) – с сильфоном

Типовая частотная характеристика датчика

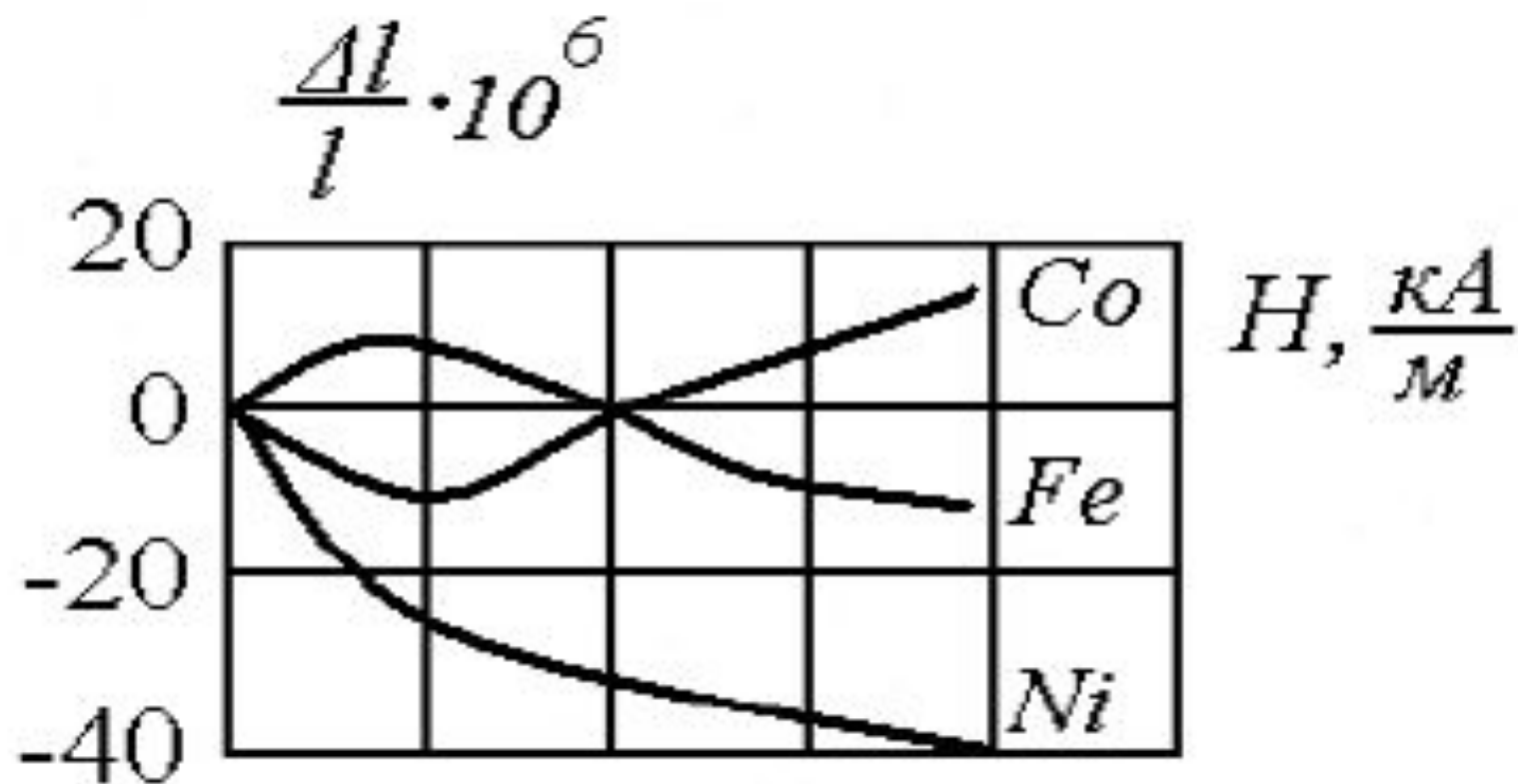


2. Магнитоупругие преобразователи

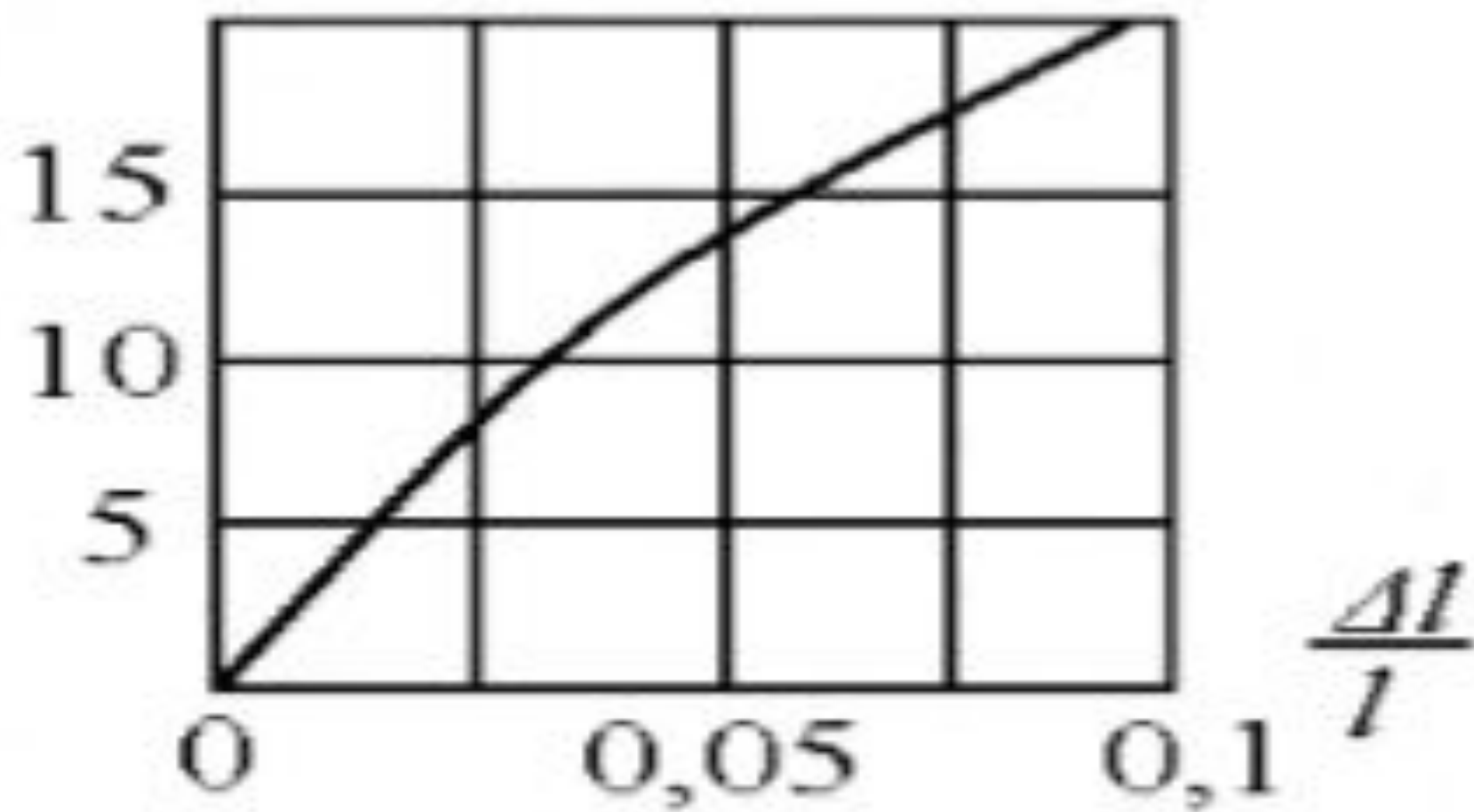
Принцип действия магнитоурпугих преобразователей

$$P \rightarrow \varepsilon \rightarrow \sigma \rightarrow R_{\mu} \rightarrow Z$$

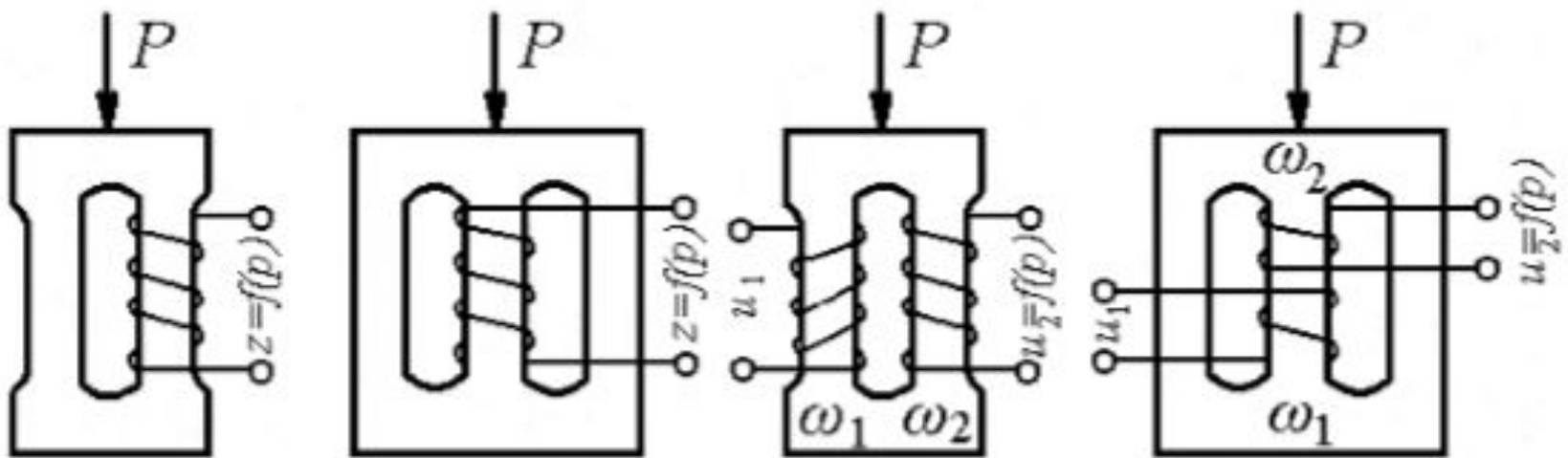
Характер изменения магнитострикции от напряжения



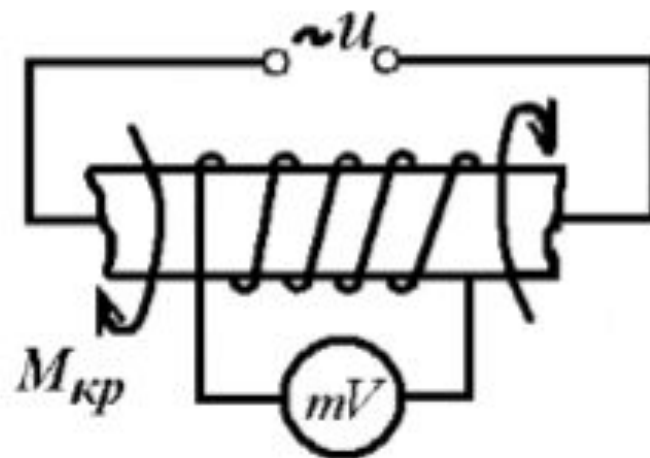
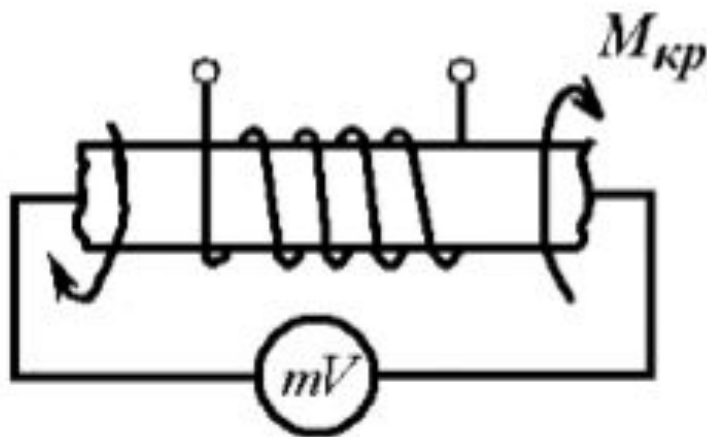
$$\frac{\Delta\mu}{\mu}$$



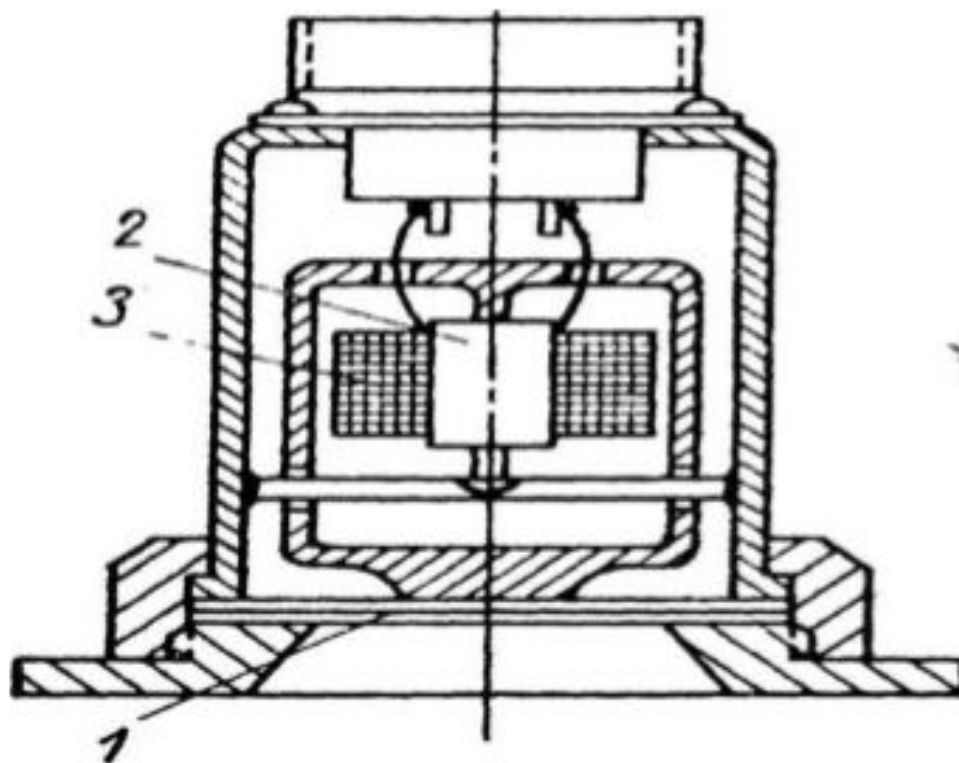
Схемы построения магнитоупругих преобразователей



Магнитоупругие измерители крутящего момента



Магнитоупругий датчик давления



1 – мембрана; 2 – магнитоупругий элемент; 3 – катушка индуктивности

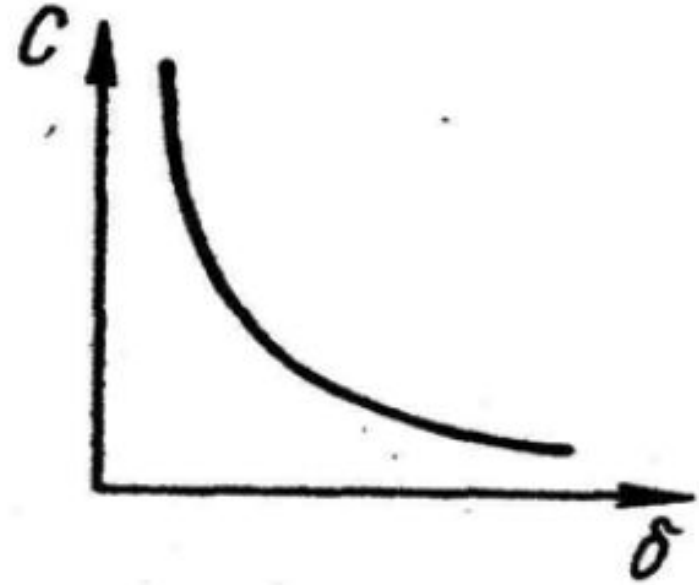
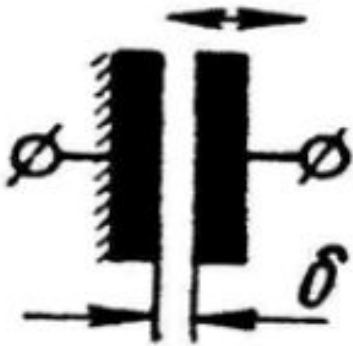
3. Емкостные преобразователи

Емкость конденсатора

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

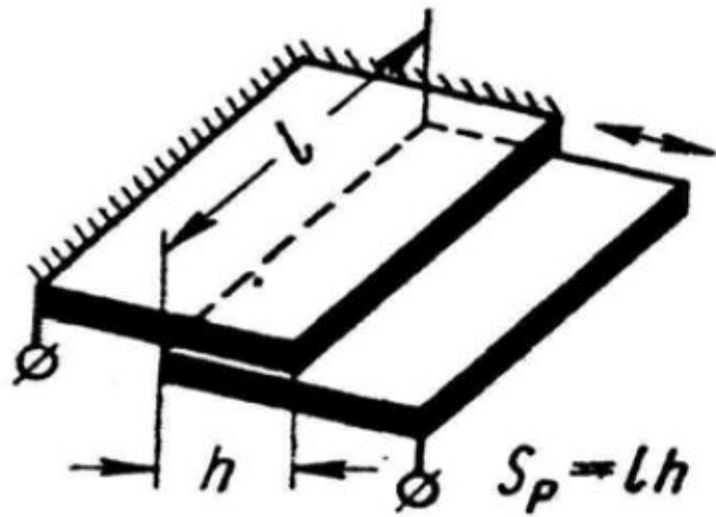
- C – ёмкость конденсатора;
- S – рабочая площадь пластин;
- ε – диэлектрическая проницаемость среды между обкладками конденсатора;
- δ – расстояние между пластинами.

Характеристики емкостных датчиков

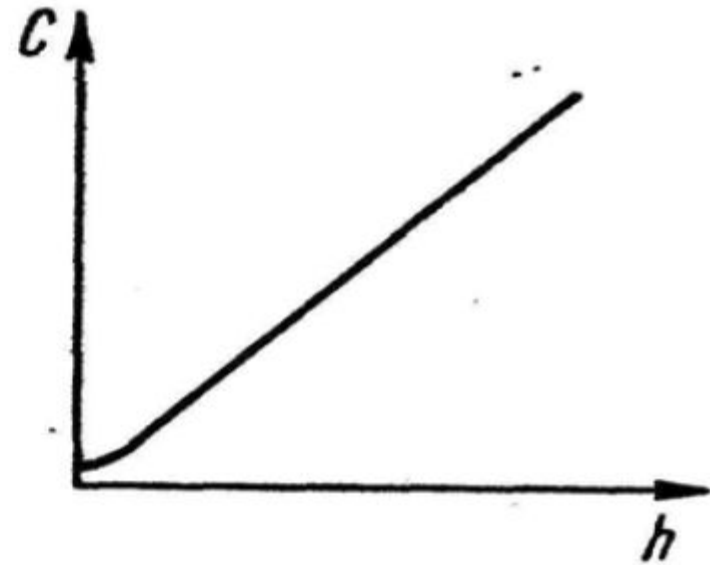


a)

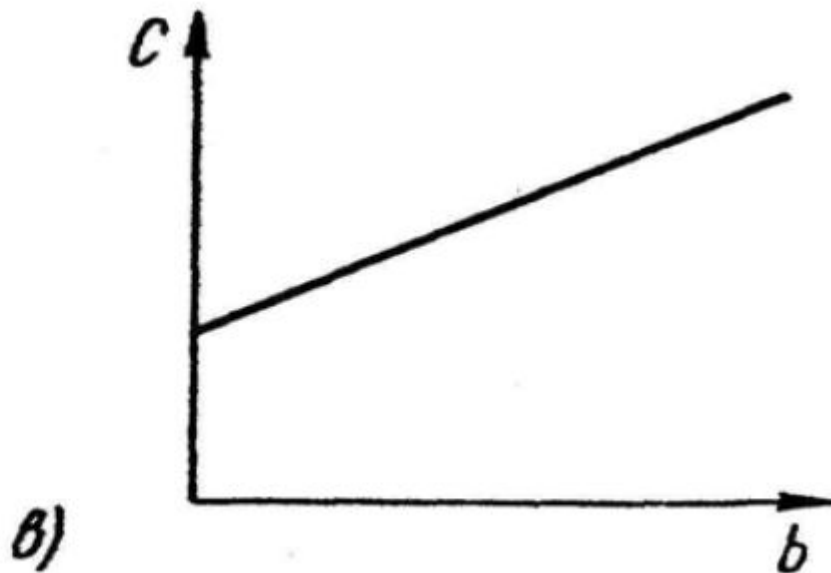
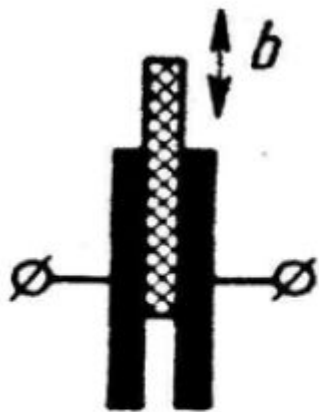
Характеристики емкостных датчиков



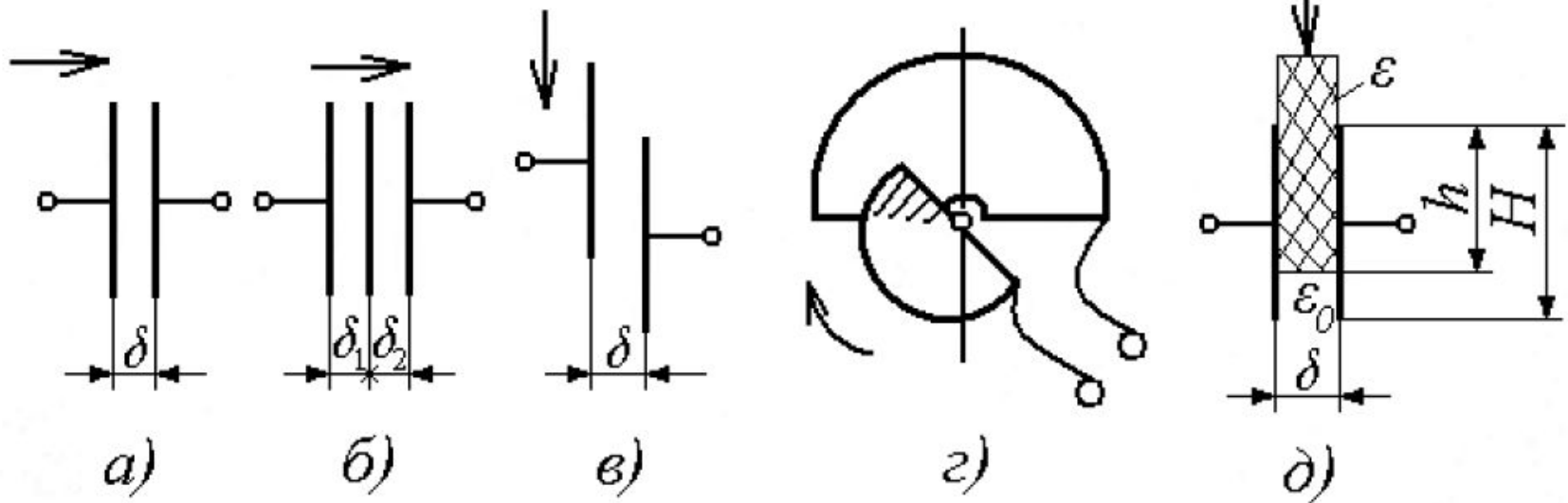
б)



Характеристики емкостных датчиков



Схемы построения емкостных преобразователей



$$C = \frac{\epsilon}{\delta} [H\epsilon_0 + h(\epsilon - \epsilon_0)],$$

Собственная частота ёмкостных датчиков составляет единицы, десятки и даже сотни килогерц. Рабочий диапазон частот у них лежит в пределах от 0 до 800 Гц с погрешностью по амплитуде 1% или до 5000 Гц с погрешностью по амплитуде до 5%. Сдвиг фаз при этом не превышает 3 градуса.

Достоинства ёмкостных преобразователей:

- простота конструкции;
- надёжность в работе;
- малые габариты и вес;
- удобство монтажа.

Недостатки:

- высокая подверженность внешним воздействиям;
- влияние на рабочую характеристику паразитных ёмкостей соединительных проводов электрической цепи и вспомогательных электроприборов, включаемых в измерительный комплекс;
- необходимость тщательной экранировки и с ответственю сложность настройки при измерениях.

Ёмкостные преобразователи используются:

- для измерения линейных и угловых перемещений деталей и органов управления;
- вибраций (в частности кузовных деталей);
- контроля включений различных механизмов, деформации деталей и т. п.

4. Коммутирующие преобразователи

Виды коммутирующих преобразователей

По виду физической величины на которую они реагируют

- механические;
- гидравлические;
- пневматические;
- электрические;
- тепловые;
- оптические;
- магнитные;
- акустические

По характеру исполнительного органа

- контактные;
- бесконтактные (меняющие свое внутреннее сопротивление)

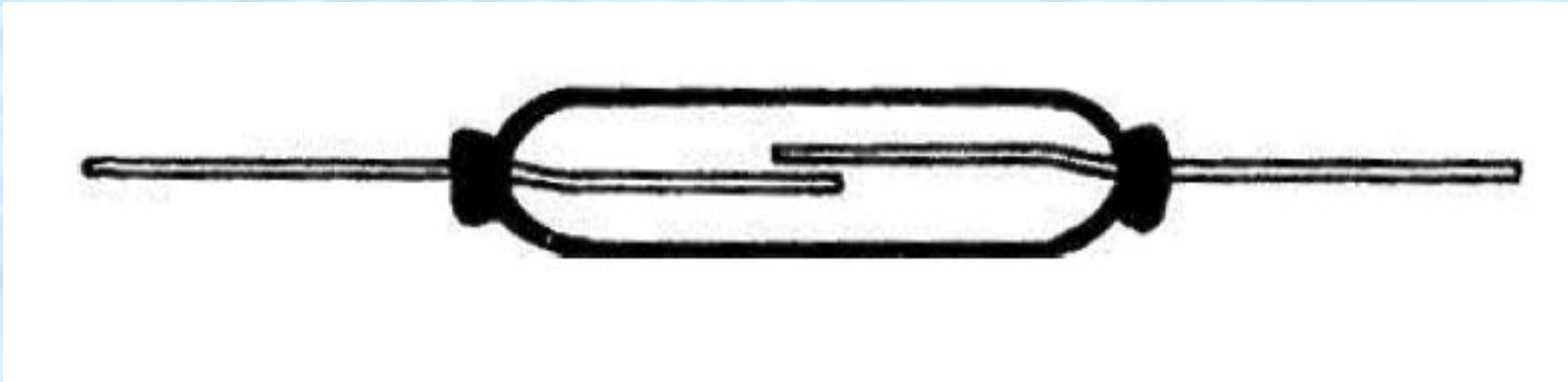
Типы коммутирующих преобразователей

- 1) различные механические замыкатели;
- 2) электромагнитные реле;
- 3) полупроводниковые управляемые элементы;
- 4) магнитоуправляемые элементы – *герконы*
(герметизированный контакт)

Характеристики коммутирующих преобразователей

- 1) порог срабатывания – минимальное значение изменения сигнала на входе, при котором изменяется выходное состояние преобразователя;
- 2) быстродействие, которое определяется временем срабатывания и временем отпускания или возврата;
- 3) сопротивление выходной цепи в разомкнутом и замкнутом состояниях;
- 4) коммутируемая мощность в выходной цепи преобразователя;
- 5) долговечность (числом срабатываний)

Схема простейшего геркона



Подразделяются герконы на замыкающие, размыкающие и переключающие.

Достоинства герконов:

- простота конструкции;
- малые габариты и вес;
- безинерционность;
- надёжность в работе;
- удобство монтажа;
- низкая стоимость;
- отсутствие регулировок;
- работа в любом положении

Недостаток:

- подверженность механическим разрушениям.

5. Реостатные преобразователи

Датчики реостатного типа представляют собой регулируемые омические сопротивления специальных исполнений.

К этим датчикам предъявляется требование однозначной зависимости между величиной их сопротивления и измеряемым перемещением.

Датчики представляют собой электромеханическое устройство, состоящее из активного сопротивления и скользящего контакта – щётки, передвигающейся по проводнику.

Минимальная величина перемещения щётки, на которую реагирует датчик равна толщине провода, поэтому она называется разрешающей способностью.

Верхний предел измерения угловых и линейных перемещений у таких датчиков практически неограничен.

Виды исполнения реостатных преобразователей

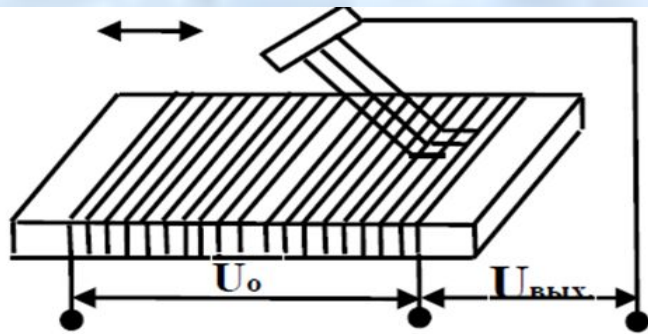
1. В виде обмотки на каркасе.
2. Реохордного типа (натянутая металлическая нить) и перемещаемый контакт.

Характеристики реостатных преобразователей

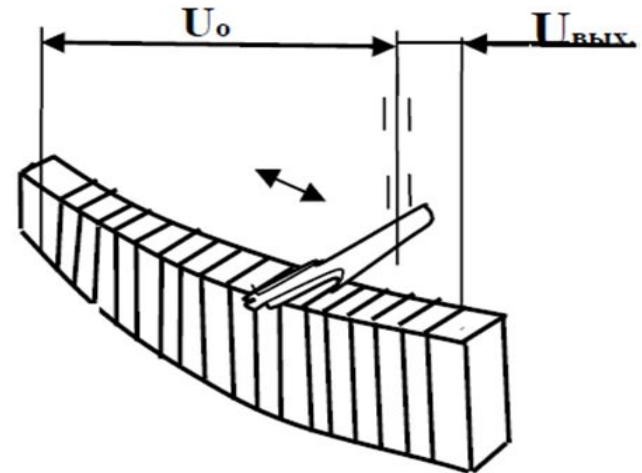
Точность работы проволочных реостатных датчиков, как правило, колеблется в пределах от 0,1% до 2%.

Диапазон измеряемых линейных перемещений этими датчиками составляет от 1 мм до 250...300 мм, но принципиально возможны измерения и больших перемещений порядка нескольких метров.

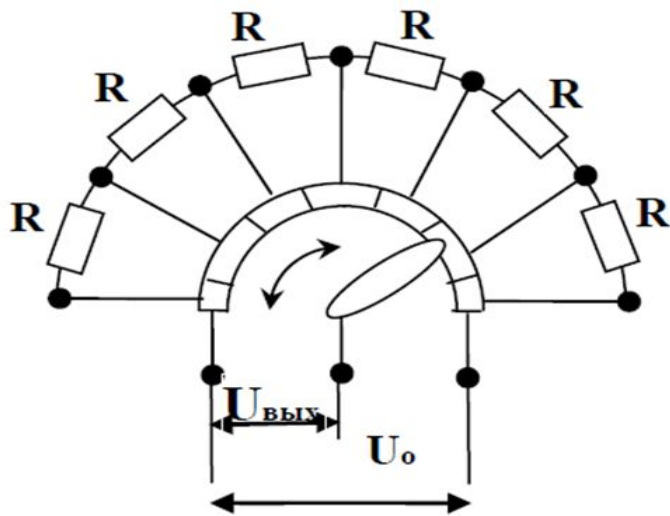
Схема построения реостатных



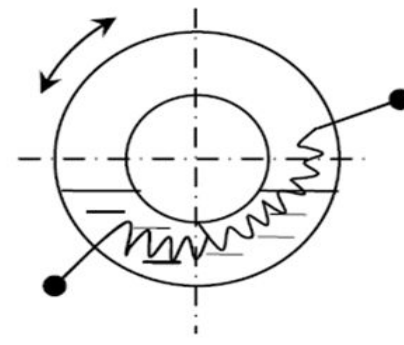
a)



б)



в)



г)

Преимущества реостатных преобразователей:

- лёгкая воспроизводимость характеристик;
- большая выходная мощность, что позволяет обходиться без усилителя;
- достаточная чувствительность;
- простота конструкции.

Недостатки:

- невысокий срок службы;
- малую надёжность, так как скользящий контакт и значительное прижатие щётки приводят к быстрому истиранию проводника.

Недостатки реостатных преобразователей, выполненных в виде обмотки:

- ступенчатое изменение сопротивления при непрерывном изменении измеряемого процесса;
- увеличение числа витков при одновременном уменьшении поперечного сечения каркаса (длины витка) приводят к погрешностям измерений и к приближению характеристик преобразователя к параметрам реохордного датчика;
- минимальная величина перемещения, которая может быть обнаружена с помощью такого датчика, в лучшем случае равна диаметру провода. Иногда эту величину называют разрешающей способностью потенциометра;
- неравномерность толщины намоточной проволоки может вызывать статическую погрешность.

Область применения реостатных преобразователей

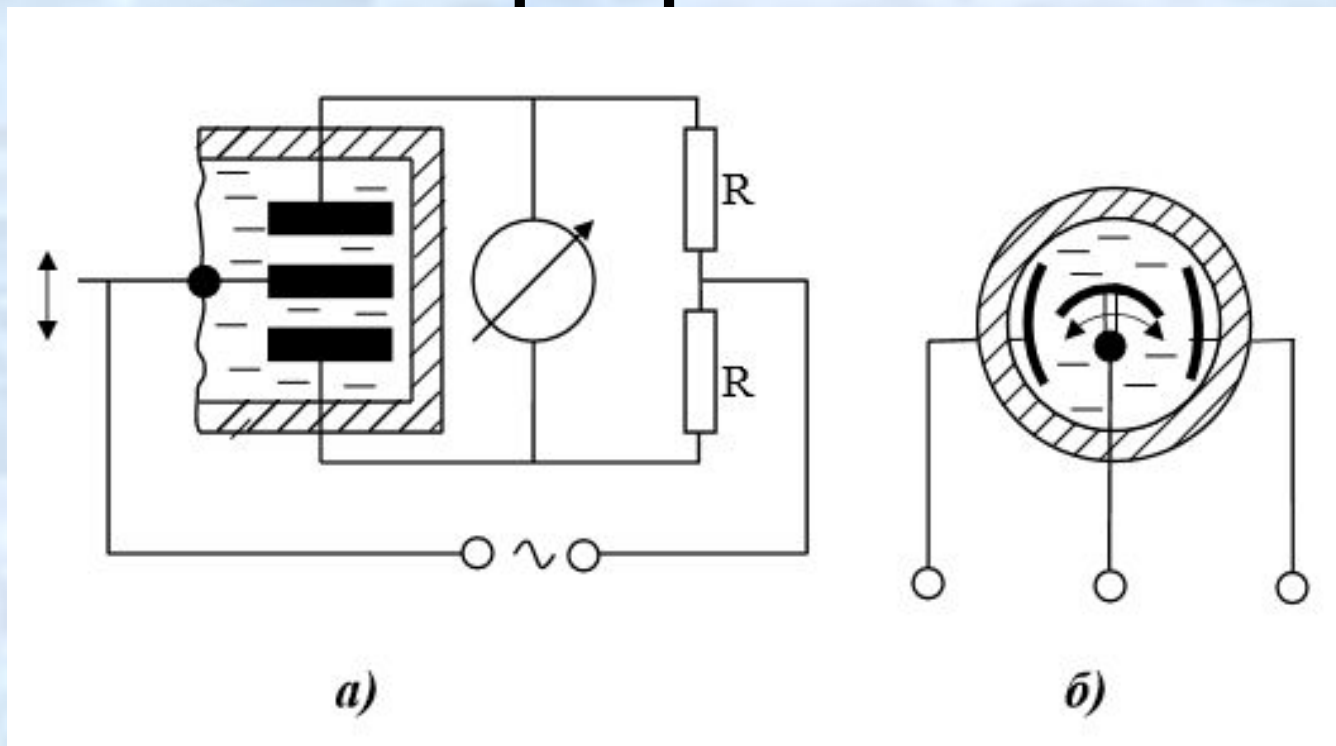
Реостатные преобразователи позволяют измерять как линейные, так и угловые перемещения. Для измерения угловых перемещений, превышающих 360 градусов, используются многооборотные реостатные преобразователи.

Используются реостатные датчики в основном для измерения линейных и угловых перемещений в органах управления автомобилем, в подвеске и в других различных механизмах и системах.

6. Электролитические преобразователи

Действие электролитических преобразователей основано на изменении сопротивления электропроводящей жидкости (электролита) при взаимном перемещении электродов, помещённых в герметичную колбу, или дополнительных экранирующих пластин, а также при изменении геометрической формы сосуда с электролитом под воздействием измеряемого физического процесса.

Схема построения электролитического преобразователя



Питание электрической цепи, в которую включаются эти датчики, осуществляется только переменным током во избежание разложения электролита и полного выхода из строя преобразователей, которые невзаимозаменяемы.

Сопротивление электропроводящей жидкости в значительной степени зависит: от удельного сопротивления электролита, расстояния между электродами, площади соприкосновения электродов с электролитом, а также от температуры.

Сопротивление R столба жидкости электролитического преобразователя

$$R = \frac{1}{\gamma G'}$$

где γ – удельная электропроводимость электролита;

G – геометрическая проводимость (электропроводность датчика при $\gamma=1$), разд

Акт

Чтоб

разд

Достоинства электролитических преобразователей:

- простота конструкции;
- малые габариты;
- невысокая стоимость;
- возможность пропускания больших токов;
- незначительное усилие, требуемое для перемещения электродов;
- для них можно подобрать квазилинейную характеристику, но с определёнными температурными ограничениями.

Существенным недостатком электролитических датчиков, резко ограничивающим их применение, является значительная зависимость сопротивления электролита от температуры (при изменении температуры на 1°C удельное сопротивление электролита меняется на $1,5 \dots 2,5 \%$) и от степени концентрации раствора. Последнее свойство успешно используется для оценки концентрации растворов.

Область применения электролитических датчиков

Применяются электролитические датчики в основном для измерения линейных и угловых микроперемещений, микродеформаций, незначительных прогибов конструкций, вибраций и колебаний элементов конструкций.

7. Преобразователи контактного сопротивления

Действие преобразователей контактного сопротивления основано на зависимости переходного сопротивления контактов от усилия их сжатия.

Переходное сопротивление контактов

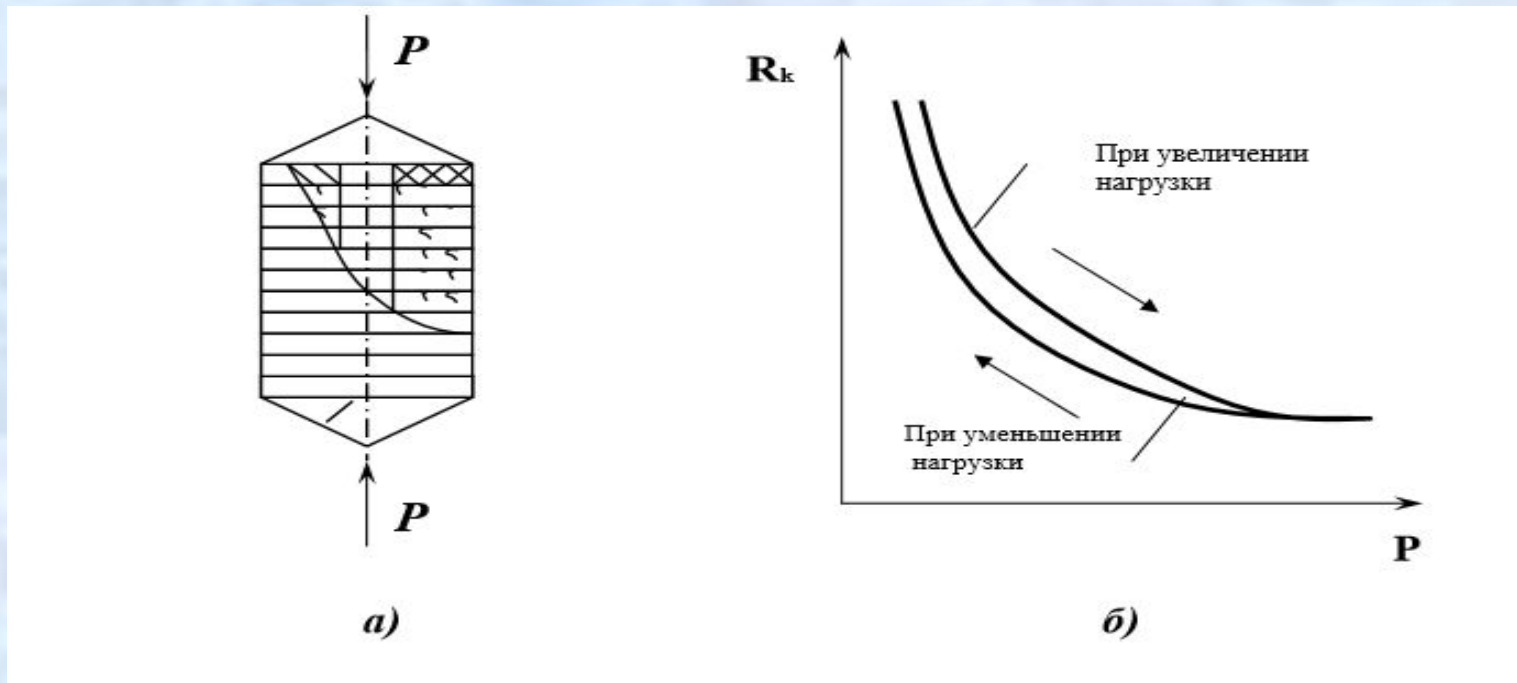
$$R_k = R_0 + \frac{K}{P},$$

где R_0 – внутреннее сопротивление датчика;

K – коэффициент, зависящий от материала и шероховатости поверхности;

P – усилие сжатия.

Схема построения датчика контактного сопротивления



Рабочая характеристика угольных столбиков обладает значительным гистерезисом, то есть сопротивление датчика при его нагрузке усилием сжатия не совпадает с сопротивлением при его разгрузке от того же усилия.

Достоинства контактных преобразователей:

- простота и дешевизна конструкции;
- хорошая чувствительность;
- возможность пропускания больших токов, что позволяет обходиться без усилителя;
- удобство крепления.

Недостатки контактных преобразователей:

- невысокая точность;
- подверженность воздействию вибраций;
- нестабильность работы;
- нелинейность характеристики;
- невзаимозаменяемость.

Область применения контактных преобразователей:

Применяются контактные датчики в основном для измерений усилий и давлений, когда не требуется высокая точность. Довольно часто эти датчики используются в различных средствах автоматики, в частности, в автоматических управляющих реле и переключателях.