

Первичные преобразователи

1. Общие сведения и классификация первичных преобразователей.

Первичным преобразователем. (датчиком) называют элемент, который устанавливают в технологическое оборудование и который первым воспринимает контролируемый параметр. Он преобразует измеряемые физические величины в сигналы, удобные для дальнейшей передачи в измерительные или управляющие устройства.

В литейном и термическом цехах применяют те же первичные преобразователи, что и в других отраслях промышленности, поскольку измеряемыми параметрами являются температура, давление, расход, уровень, загазованность, запыленность и др.

К числу основных признаков, позволяющих классифицировать первичные преобразователи, относятся принцип действия и вид входного и выходного сигналов (рис. 3).

В зависимости от принципа действия первичные преобразователи можно разделить на две группы: параметрические и генераторные.

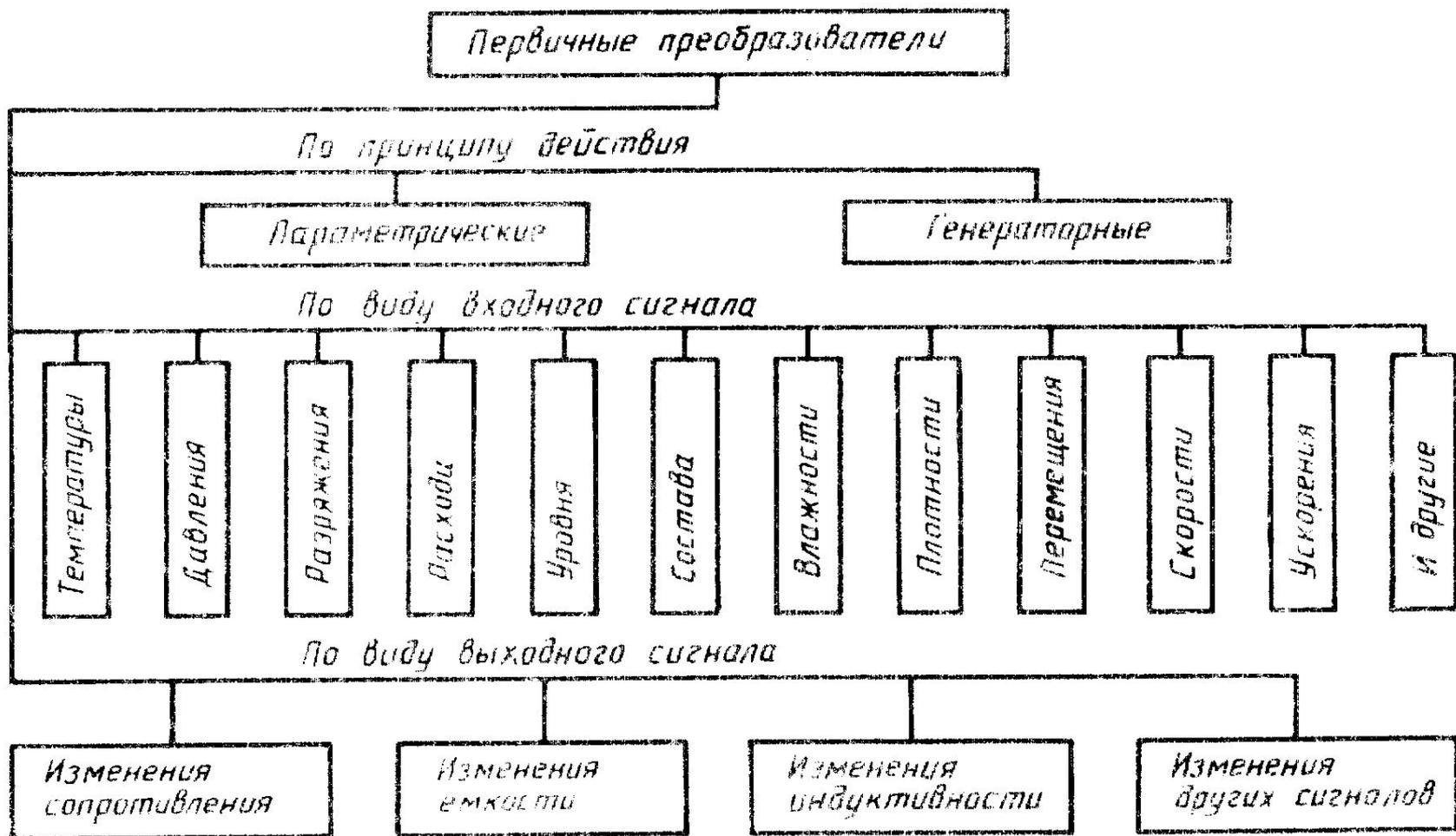


Рис. 3. Классификация первичных преобразователей

Параметрические преобразователи преобразуют контролируемую величину в один из параметров электрической цепи: проводимость (сопротивление), индуктивность. емкость. Следовательно, для их работы необходимо подводить от внешнего источника электрическую энергию. К параметрическим относят следующие типы преобразователей: потенциометрические, индуктивные, емкостные и тензометрические и др.

В генераторных преобразователях непосредственно преобразуется неэлектрическая энергия входного сигнала в электрическую энергию, значение которой пропорционально значению контролируемого параметра.

К генераторным относятся термоэлектрические (термопары), фотоэлектрические, пьезоэлектрические и тахометрические преобразователи. Они работают автономно, т. е. не нуждаются в подводе внешней электроэнергии.

2. Датчики сопротивления.

В системах автоматики для измерения усилий, моментов сил, линейных и угловых перемещений и иных величин широкое применение находят датчики электрического (активного) сопротивления (контактные, реостатные, тензометрические и др.).

2.1 Контактные датчики.

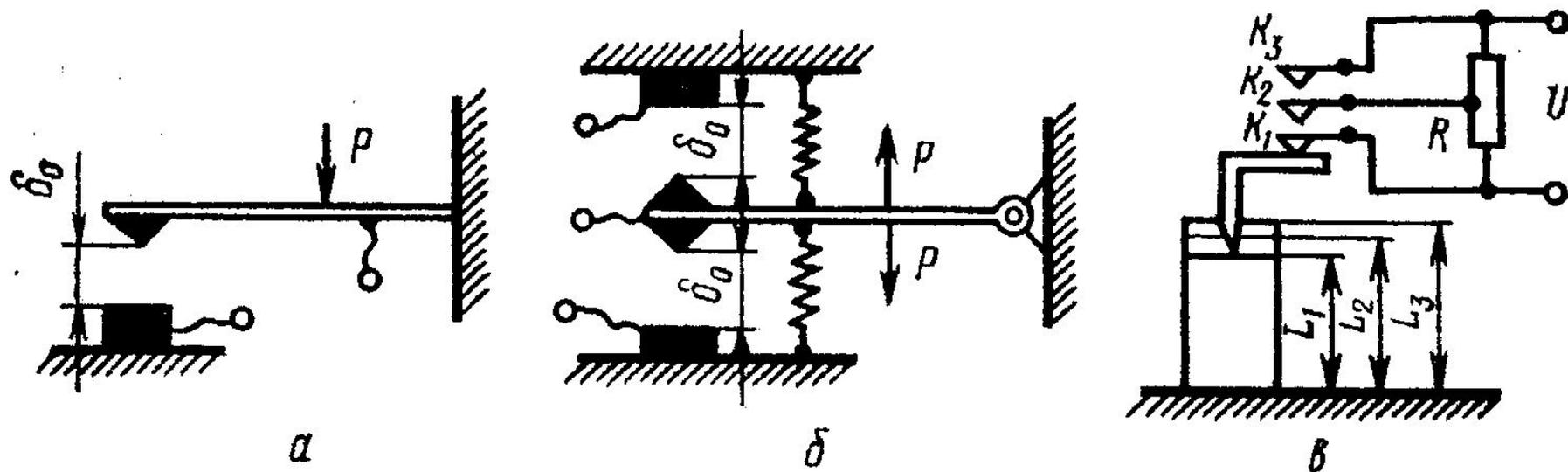


Рис. 10. Контактные датчики:

a — одностороннего действия; *б* — двухстороннего действия; *в* — много-
предельный.

В контактных датчиках в результате различных воздействий происходит замыкание и размыкание контактов, включенных в какую-либо электрическую цепь. Контактные датчики бывают *одностороннего действия* (рис. 10, а) с одним неподвижным и одним подвижным контактами и *двухстороннего* (рис. 10, б) с одним подвижным и двумя неподвижными контактами, а также многопредельными, то есть с несколькими последовательно замыкающимися друг за другом контактами (рис. 10, в).

Несмотря на простоту, контактные датчики могут контролировать линейные размеры с высокой точностью. Все дело в самих контактах и в том, в какую цепь они включены. Чем меньше ток цепи, в которую введен контактный датчик, тем выше его точность. Весьма точные результаты можно получить, включая датчик в сеточную цепь электронной лампы, поскольку эта цепь потребляет очень небольшой ток.

Нечувствительность контактных датчиков определяется начальным зазором δ_0 между контактами.

Выходная величина датчика будет равна нулю до тех пор, пока подвижная часть контактов под действием измеряемой величины P не преодолет зазор δ_0 .

Основной недостаток рассматриваемых датчиков — ограниченный срок службы контактов, которые подвергаются действию электрической дуги, обгорают, изменяют свои свойства и размеры.

2.2 Потенциометрические датчики.

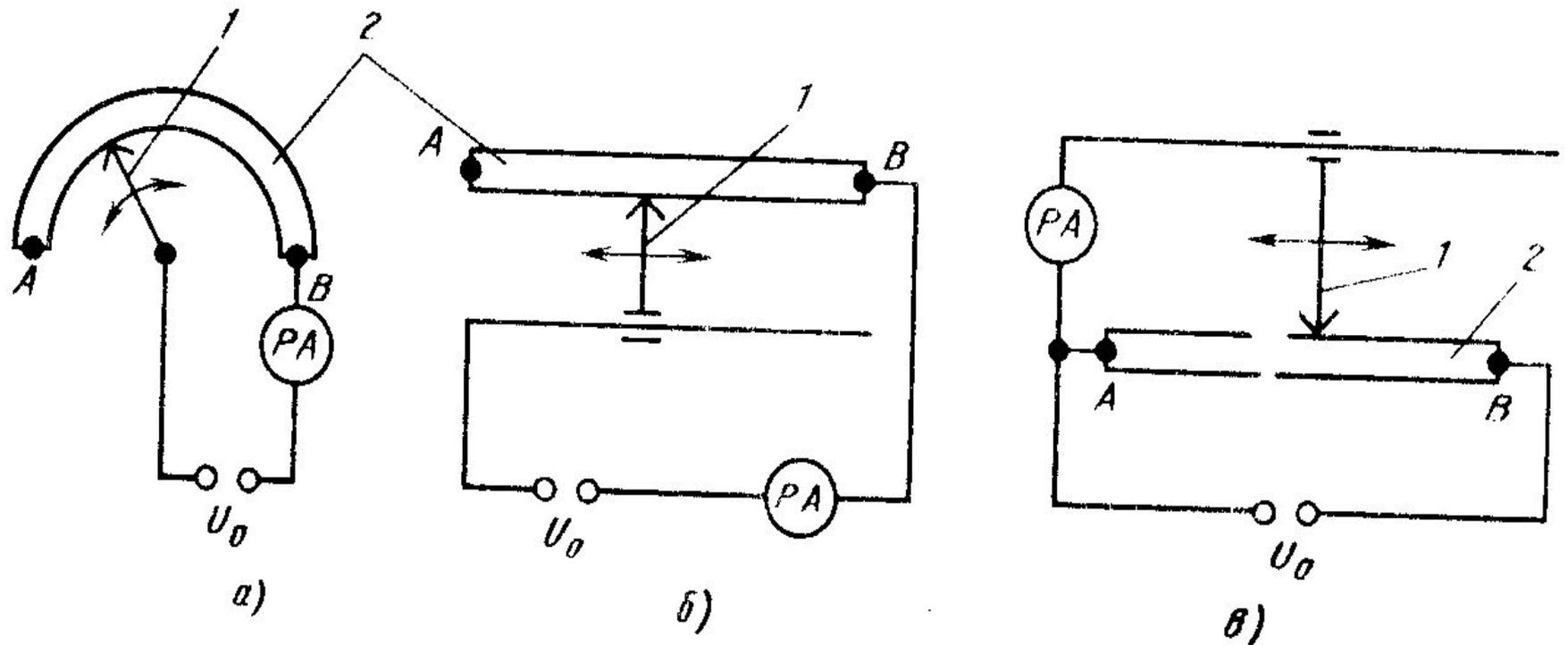
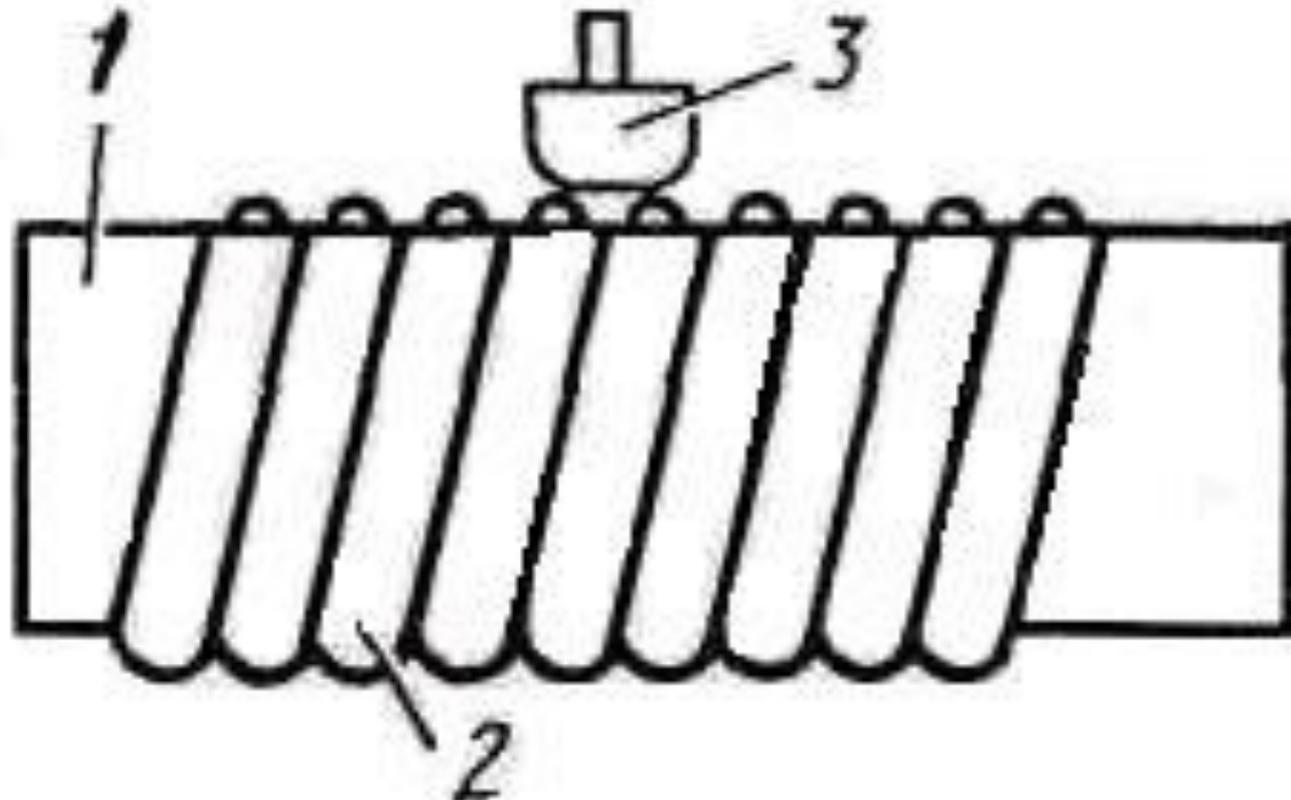
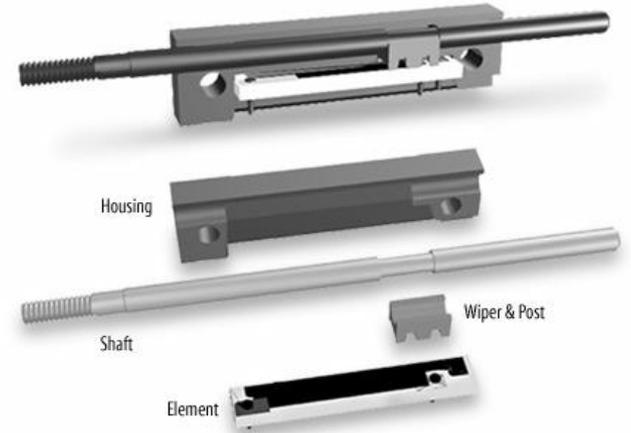


Рис. 4. Потенциометрические преобразователи:

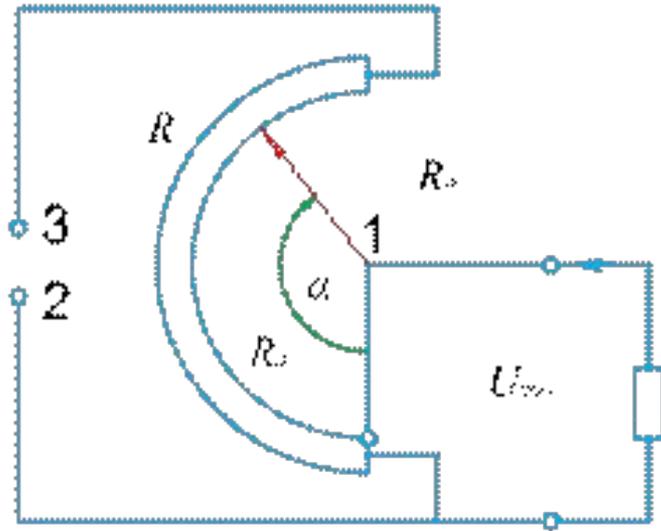
а — с угловым перемещением контакта; б — с линейным перемещением контакта; в — включенный по схеме делителя напряжения



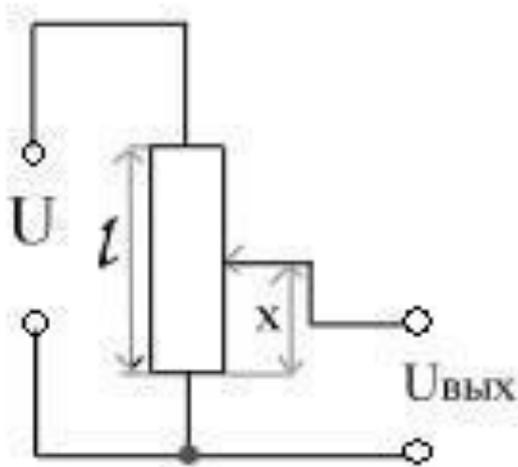
- Конструктивно потенциметрический датчик состоит из каркаса *1*, на который намотана в один слой обмотка *2* из тонкого провода. По виткам обмотки скользит подвижный контакт *3*, который механически связан с объектом, перемещение которого надо измерить.



Датчик углового перемещения



На выводы 2-3 подается входное постоянное или переменное напряжение.



Потенциометрический преобразователь преобразует перемещение чувствительного элемента (подвижного контакта) в постоянный или переменный ток вследствие изменения своего электрического сопротивления. Различают преобразователи с угловым (рис. 4, *а*) и линейным (рис. 4, *б*) перемещением подвижного контакта. Потенциометрический преобразователь состоит из реохорда 2 и подвижного контакта 1. При различных положениях подвижного контакта сопротивление между ним и точкой *В* изменяется, что вызывает изменение напряжения U_0 , подаваемого от источника питания на клеммы измерительного прибора.

Реохорд датчика представляет собой каркас из изоляционного материала с намотанным на него в один ряд проводом. Для намотки используют проволоку без изоляции из константана, нихрома, фехраля и других сплавов с высоким омическим сопротивлением. По поверхности намотки скользит подвижный контакт.

В зависимости от конструкции реохорда различают два типа потенциометрических преобразователей: линейные и функциональные.

Линейные потенциометрические преобразователи имеют постоянные сечения каркаса, диаметр проволоки и шаг намотки.

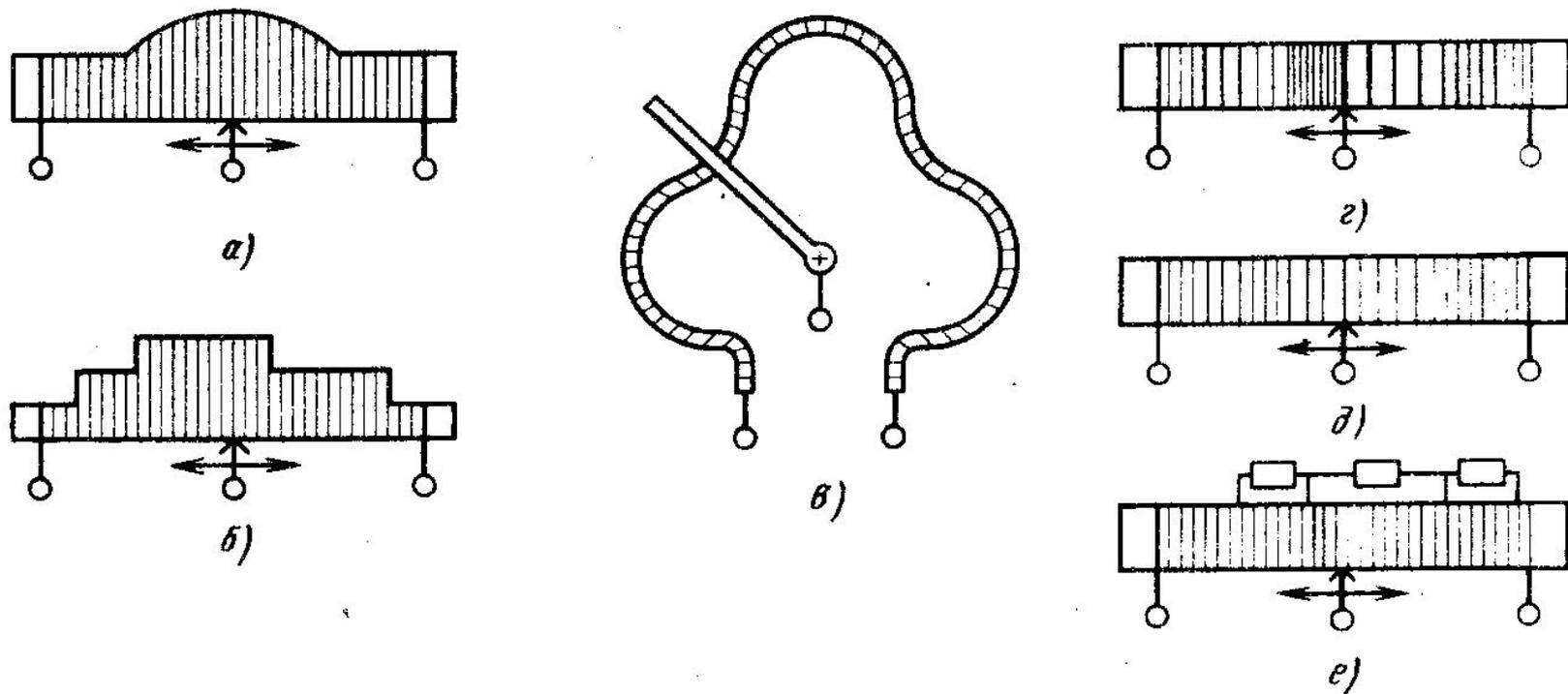


Рис. 37. Функциональные потенциометры:

а — профильный; *б* — ступенчатый; *в* — с некруглым каркасом; *г* — с переменным шагом намотки; *д* — с секциями, выполненными из провода различного сечения; *е* — с шунтирующими резисторами

Напряжение питания и длина намотки являются постоянными величинами, поэтому выходные напряжения прямопропорциональны значению перемещения подвижного контакта.

Функциональные потенциометрические преобразователи обладают нелинейной характеристикой, что обеспечивается намоткой проволоки на каркасы с переменным сечением.

К недостаткам потенциометрических преобразователей можно отнести наличие подвижного контакта и трудности получения линейной характеристики.

Однако простота конструкции и возможность отказа от усилителя компенсируют отмеченные недостатки. Потенциометрические преобразователи получили широкое распространение в схемах автоматики для преобразования механических перемещений.

2.3. Тензометрические датчики.

Работа тензометрического преобразователя (тензорезистора) основана на изменении электрического сопротивления проводников при упругих деформациях растяжения или сжатия. Они применяются для преобразования деформаций, усилий и напряжений в электрический сигнал.

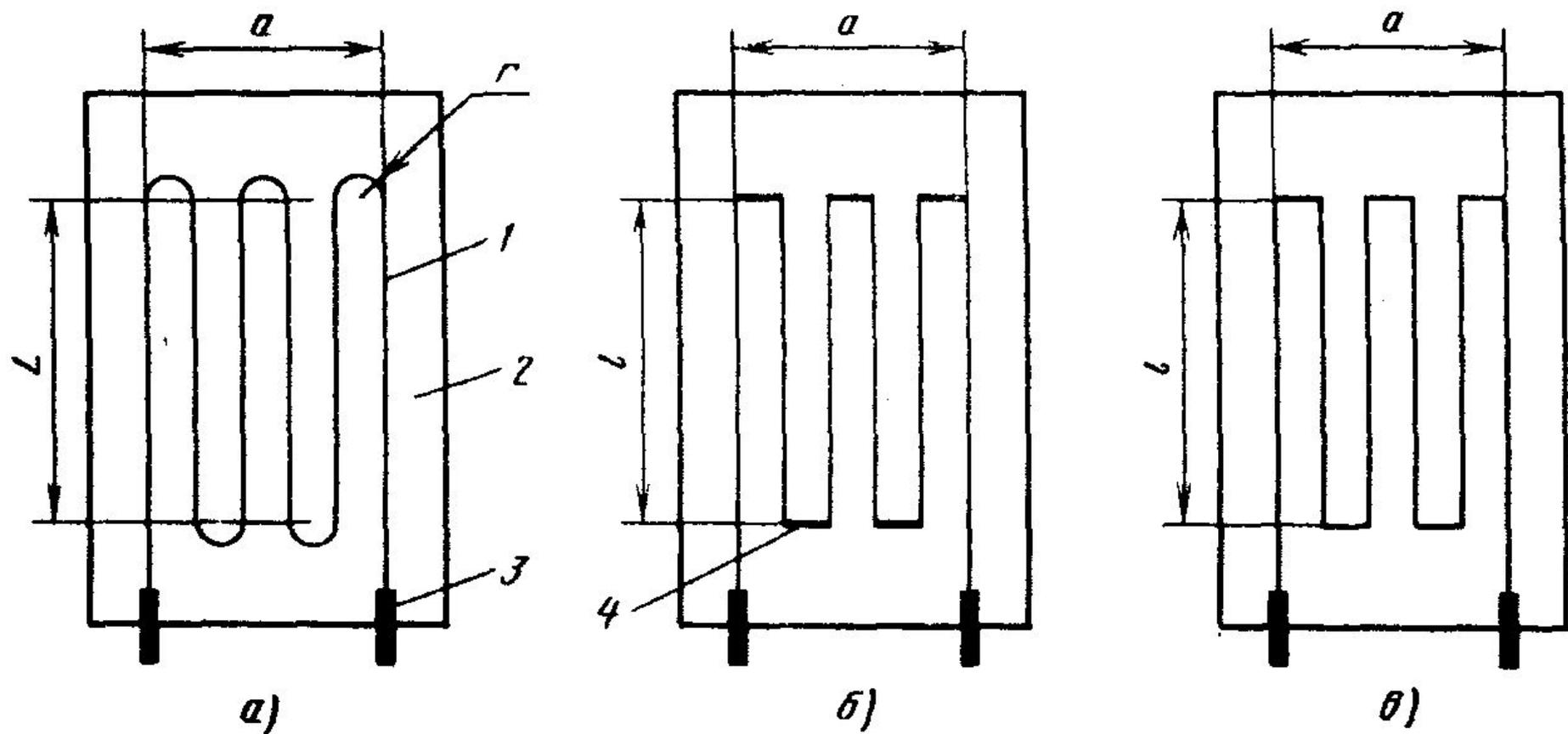


Рис. 9. Тензометрические преобразователи:

a — проволочные; $б$ — с медными перемычками; $в$ — фольговые

В зависимости от конструкции и материала чувствительного элемента тензорезисторы подразделяются на проволочные, фольговые, полупроводниковые и тензолитовые.

Простейшим проволочным тензорезистором может служить отрезок тонкой проволоки. При деформации детали одновременно будет деформироваться и наклеенная проволока. Изменение электросопротивления ΔR проволоки при ее растяжении или сжатии связано с относительной деформацией ε соотношением

$$\Delta R = k\varepsilon R$$

где R — номинальное сопротивление проволоки, Ом; k — коэффициент чувствительности.

Коэффициент чувствительности k зависит от вида материала и технологии изготовления преобразователя; его значение определяют экспериментально. Наибольшее распространение получили константан и нихром, для которых $k = 1,9—2,1$.

Размеры детали часто не позволяют закрепить на ней преобразователь в виде прямолинейного отрезка проволоки большой длины. Поэтому промышленность изготавливает тензометрические преобразователи в виде спирали (решетки) из нескольких петель проволоки (рис. 9, *a*).

Проволоку 1 наклеивают на подложку 2 из тонкой бумаги или лаковой пленки и сверху наклеивают такую же тонкую бумагу. К проволоке приваривают (или припаивают) выводы 3, выполненные из тонких полосок медной фольги. Недостатком данной конструкции решетки является чувствительность преобразователя к поперечным деформациям. Для устранения этого недостатка петли между рядами заменяют медными перемычками 4 (рис. 9, б). Проволочные тензорезисторы просты по конструкции, имеют малую массу и невысокую стоимость. Их статическая характеристика линейна и реверсивна.

К недостаткам проволочных тензорезисторов относятся низкая чувствительность и одноразовость действия. Они подвержены влиянию окружающей среды (температура и влага).

Фольговые тензорезисторы по принципу действия и основным параметрам сходны с проволочными преобразователями и отличаются только конструкцией решетки (рис. 9, в) и способом ее получения. Для фольговых тензорезисторов применяется фольга толщиной 4 ... 12 мкм из константана, нихрома, титан-алюминиевого или золото-серебряного сплавов.

Решетку фольговых тензодатчиков получают методом фотолитографии, который позволяет изготавливать преобразователи любой конструкции (линейные, розеточные, мембранные и т. п.) с высокой повторяемостью параметров. Фольговые тензорезисторы по сравнению с проволочными имеют ряд преимуществ. Они более чувствительны и точны за счет лучшей передачи деформации от детали к фольге, имеют хороший механический контакт с контролируемой деталью и позволяют пропускать через фольгу большой ток.

В настоящее время нашли применение полупроводниковые тензопреобразователи, изготовленные из полупроводниковых материалов — кремния, германия, мышьяка, галия и др.

В отличие от проволочных и фольговых преобразователей, изменение сопротивления при деформации у полупроводниковых происходит благодаря изменению удельного сопротивления.

Основным преимуществом полупроводниковых преобразователей является высокая чувствительность (почти в 100 раз выше, чем у проволочных).

Они имеют большой выходной сигнал, что позволяет в некоторых случаях отказаться от применения усилителя. Однако у них большой разброс параметров и низкая механическая прочность, т. е. они хрупки.