



Методы и приборы для измерения температуры

Классификация термометров

На изменении объёма тела - **термометры**

- изменение линейного размера **расширения** – **дилатометры, биметаллические термометры;**
- изменение давления рабочего вещества в замкнутой камере - **манометрические термометры.**

На изменении сопротивления - **термометры**
сопротивления

- термометры из благородных металлов - платины;
- термометры из неблагородных металлов;
- полупроводниковые термометры (термисторы).

Классификация термометров

Основанные на явлении термоэффекта -
термопары.

Использующие оптические свойства вещества –
оптические термометры или пирометры:

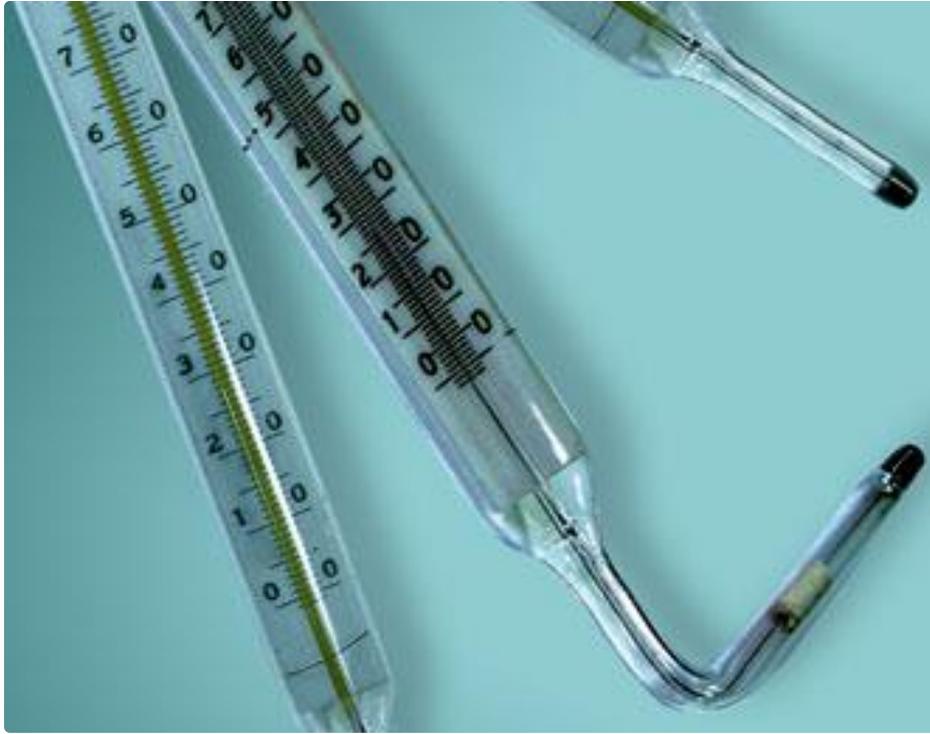
- радиационные пирометры;
- яркостные пирометры;
- цветовые пирометры.

Классификация термометров

Использующие прочие свойства вещества:

- шумовые термометры, использующие зависимость уровня шума от температуры (для измерения низких температур);
- резонансные термометры, использующие зависимость резонансной частоты от температуры;
- термометры, использующие свойства *p-n* переходов.

Термометры расширения. Жидкостные стеклянные.



Измерение температуры жидкостными стеклянными термометрами основано на различии коэффициентов объемного расширения жидкости и материала оболочки термометра.

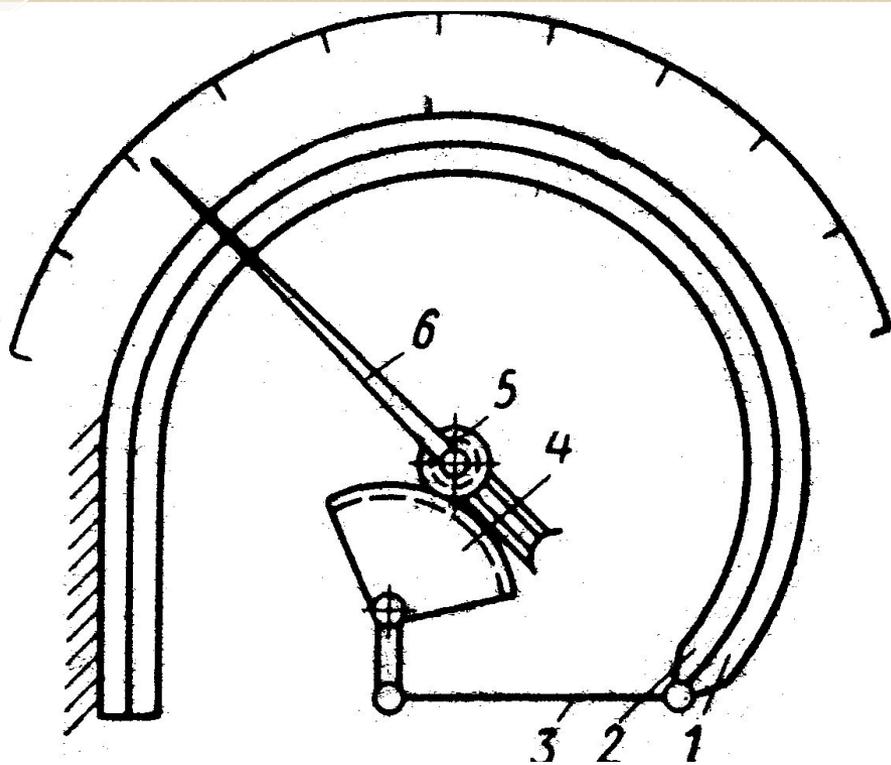
ТЕРМОМЕТРЫ, ОСНОВАННЫЕ НА РАСШИРЕНИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.

К этой группе приборов относятся дилатометрические и биметаллические термометры, основанные на изменении линейных размеров твердых тел с изменением температуры.

Конструктивное исполнение дилатометрических термометров основано на преобразовании измеряемой температуры в разность абсолютных значений удлинений двух стержней, изготовленных из материалов с существенно различными термическими коэффициентами линейного расширения:

$$\beta = (l_{t_1} - l_{t_2}) / l_0 (t_2 - t_1); \text{ л/град}$$

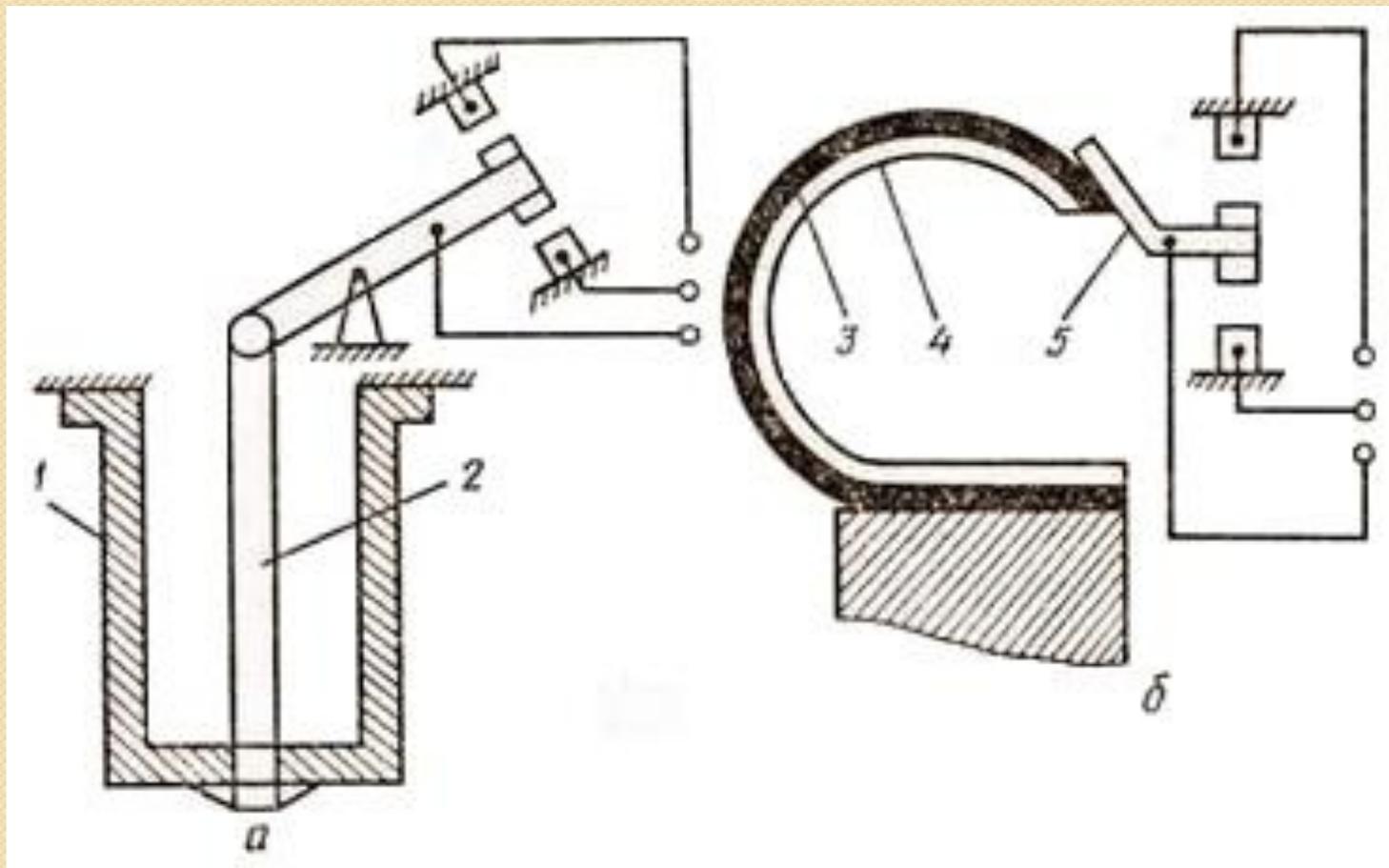
где l_0, l_{t_1}, l_{t_2} - линейные размеры тела при 0°C , температурах t_1 и t_2 соответственно.



Биметаллические термометры

**Термометры,
основанные на
расширении
твёрдых тел.**

ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЙ (А), БИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ (Б) ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ



1 – трубка из материала с большим коэффициентом температурного расширения; 2 – стержень из металла с малым коэффициентом температурного расширения; 3, 4 – полоски металлов с разными коэффициентами температурного расширения; 5 – держатель подвижного контакта

3.4 МАНОМЕТРИЧЕСКИЙ ТЕРМОМЕТР



**1 – металлический термобаллон,
2- рабочий манометр,
3 – металлический капилляр**

Рис. 3.1. Схема (а) и внешний вид (б) манометрического термометра

МАНОМЕТРИЧЕСКИЙ ТЕРМОМЕТР



ПЕРВИЧНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ

В настоящее время для измерения температуры используются различные ПИП:

- терморезистивные,
- термоэлектрические,
- преобразователи на $p-n$ переходе,
- термомагнитные и др.

Терморезистивные ПИП

Принцип действия терморезистивных ПИП (в дальнейшем терморезисторов) основан на изменении сопротивления проводников, полупроводников и диэлектриков под действием температуры.

Терморезистивные ПИП

В терморезистивных ПИП материалы чувствительного элемента должны обладать:

- большим значением температурного коэффициента сопротивления (ТКС);
- стабильностью ТКС во времени и в диапазоне рабочих температур;
- большим значением удельного сопротивления;
- инертностью к воздействию различных сред

Терморезистивные ПИП

- В общем случае зависимость сопротивления чистых металлов от температуры описывается полиномом n -степени

$$R_T = R_0 (1 + \alpha_1 \Delta T + \alpha_2 \Delta T^2 + \alpha_3 \Delta T^3 + \dots),$$

где R_T – сопротивление проводника при температуре T ;

R_0 – сопротивление при определенной эталонной температуре T_0 (например, $T_0 = 273$ К или 0 °С);

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 \dots$ – степенные температурные коэффициенты сопротивления материала; $\Delta T = T - T_0$.

Терморезистивные ПИП

Чувствительность материалов к температуре T характеризуется величиной температурного коэффициента электрического сопротивления материала

$$\alpha_{КС} = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$$

Материалы и основные характеристики проводниковых ТС

основные характеристики проводниковых ТС:

- номинальное сопротивление;
- номинальная статическая характеристика преобразования;
- диапазон измеряемых температур;
- класс допуска;
- номинальное значение отношения сопротивлений W_{100} ;
- показатель тепловой инерции ТС.

Материалы и основные характеристики проводниковых ТС

Номинальное сопротивление R_0 –
сопротивление ТС при $0\text{ }^\circ\text{C}$.

**Номинальная статическая
характеристика преобразования
(НСХ) ТС $R_t = W_t R_0$**

где R_t – сопротивление ТС при
температуре t , Ом;

W_t – значение отношения сопротивлений
при температуре t к сопротивлению при
 $0\text{ }^\circ\text{C}$.

Материалы и основные характеристики проводниковых ТС

Чувствительность W_{100} – номинальное значение W_{100} , определяемое как отношение сопротивления R_{100} ТС при температуре $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ к сопротивлению R_0 при температуре $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$,

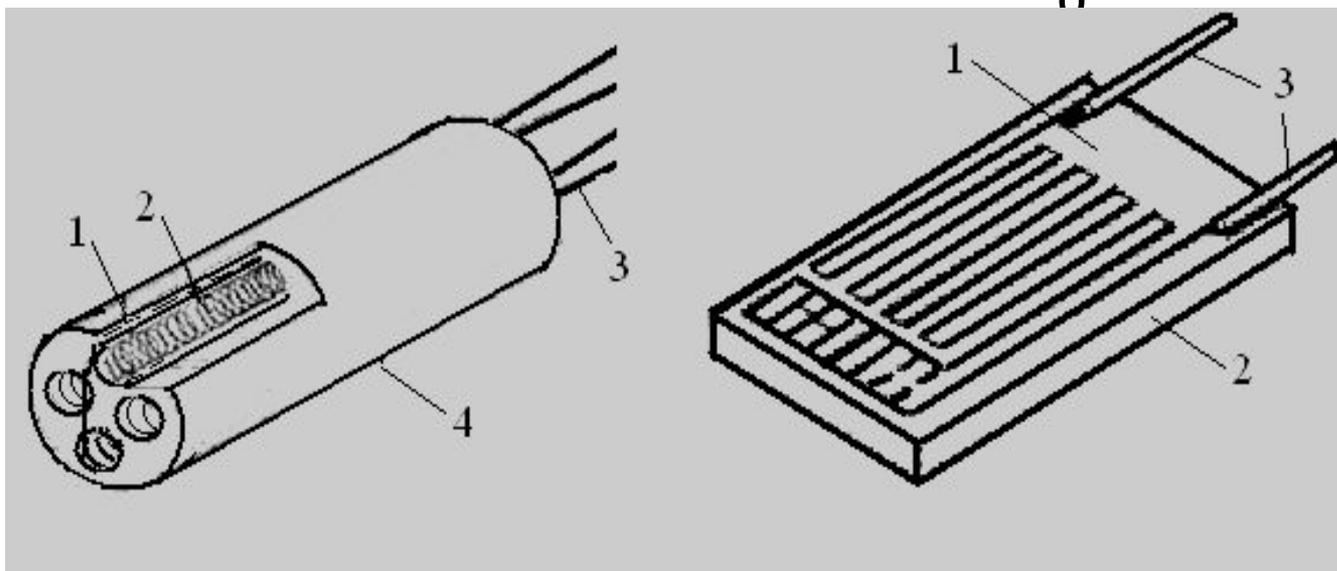
для платины $W_{100} = 1,3910$ (допускается значение $1,3850$),

для меди $W_{100} = 1,4280$ (допускается значение $1,4260$),

для никеля $W_{100} = 1,6170$.

Материалы и основные характеристики проводниковых ТС

Класс допуска определяет допускаемое отклонение сопротивления при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ от номинального значения $\Delta R/R_0$.



Конструкции чувствительных элементов платиновых ТС

Проводниковые термопреобразователи сопротивления



а



б



в



г



д

Достоинствами проводниковых ТС

- широкий диапазон температур,
- высокая точность и временная стабильность;
- близость характеристики к линейной зависимости;
- высокая взаимозаменяемость.

Недостатки ТС

- большое значение тепловой постоянной времени τ для проволочных ТС;
- необходимость использования для точных измерений трех- или четырехпроводной схемы включения

Полупроводниковые терморезисторы

$$R_T = R_0 e^{(-\alpha_T \Delta T)} = R_0 \left(1 - \alpha_T \Delta T + \frac{\alpha_T^2 \Delta T^2}{2} + \dots \right)$$

Термисторы – это по сути термометры сопротивления, выполненные на основе смешанных оксидов переходных металлов

2 вида

- с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (НТС)
- и положительным (РТС)

характеристики термисторов

- уравнение преобразования,
- чувствительность,
- номинальное сопротивление,
- допуск,
- тепловая постоянная времени,
- погрешности.

- 
- + высокая чувствительность, малые размеры и масса
 - большой разброс от образца к образцу значения номинального сопротивления; высокую нелинейность статической характеристики, позволяющей применение их в узком температурном диапазоне.

Конструкции ЧЭ



а



б



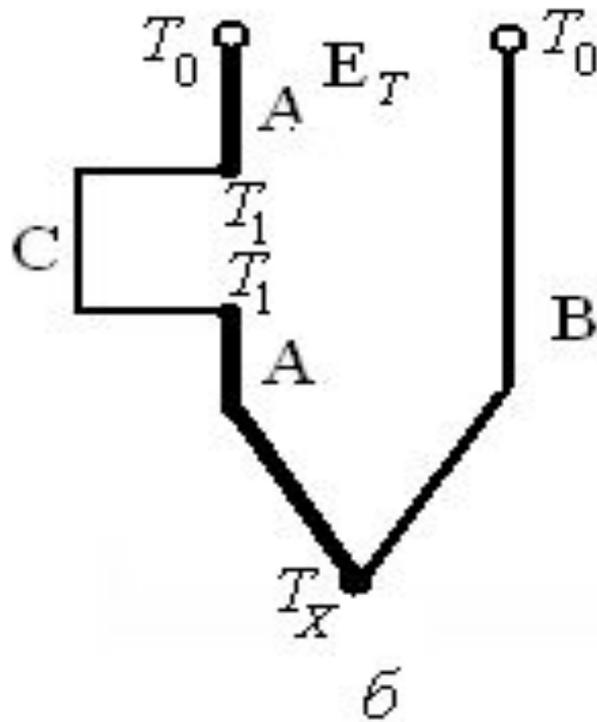
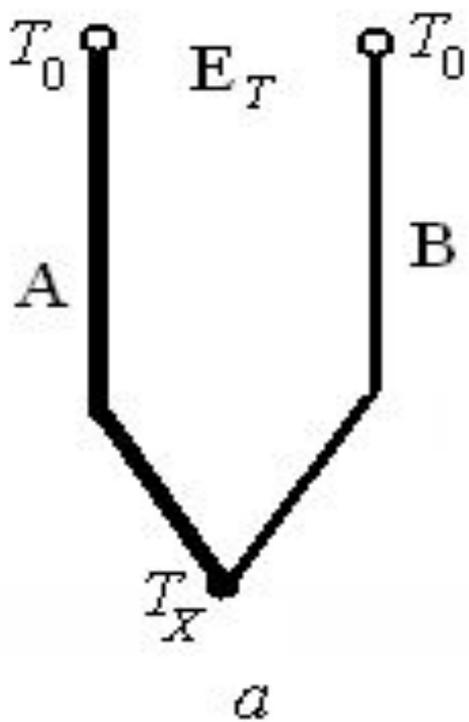
в



датчик температуры Rosemount 248



Термоэлектрические ПИП



В общем случае термоЭДС образуется тремя составляющими:

- 1) **объемной**, обусловленной возникновением разности потенциалов на концах проводника (полупроводника), имеющих разную температуру.
- 2) **контактной**, обусловленной температурной зависимостью контактной разности потенциалов мест соединения проводников;
- 3) **фононной**, обусловленной увлечением электронов фононами, при преобладающем перемещении последних от горячего конца к холодному. Фононы сталкиваются с основными носителями заряда и увлекают их за собой.

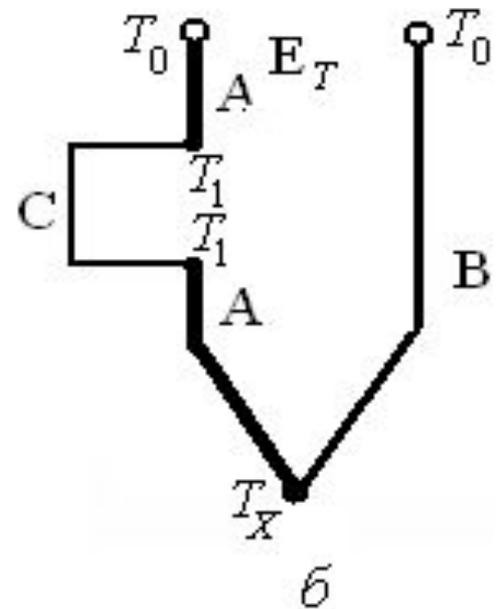
$$E_T = \alpha_1(T_X - T_0) + \alpha_2(T_X - T_0)^2 + \dots + \alpha_n(T_X - T_0)^n$$

$$E_T = \alpha_1(T_X - T_0),$$

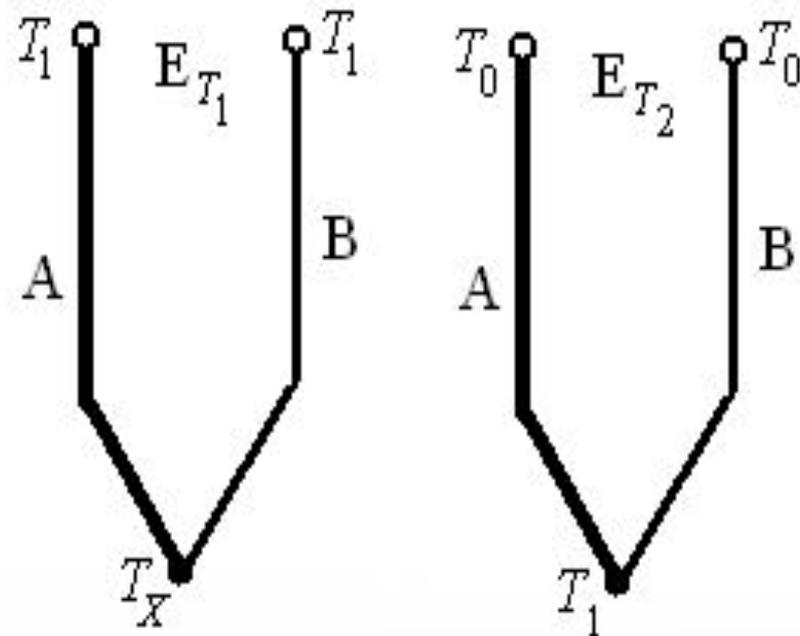
3 основных закона термоэлектричества

1) для получения термоЭДС контур должен состоять из разнородных материалов (проводников или полупроводников);

2) алгебраическая сумма всех термоЭДС в контуре, состоящее из любого количества соединений разных материалов, будет всегда равна нулю, если все соединения находятся при одинаковых температурах.



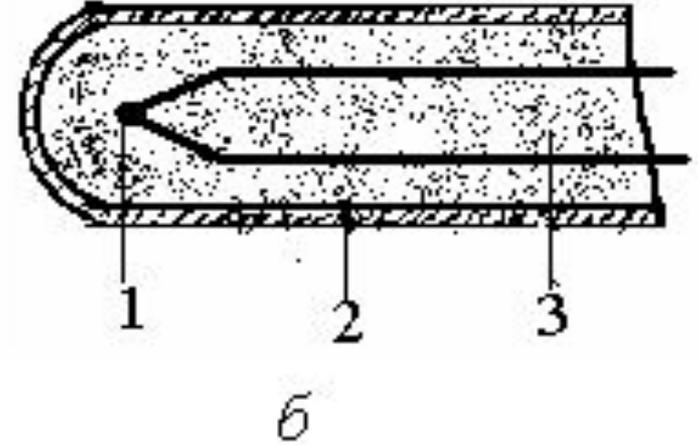
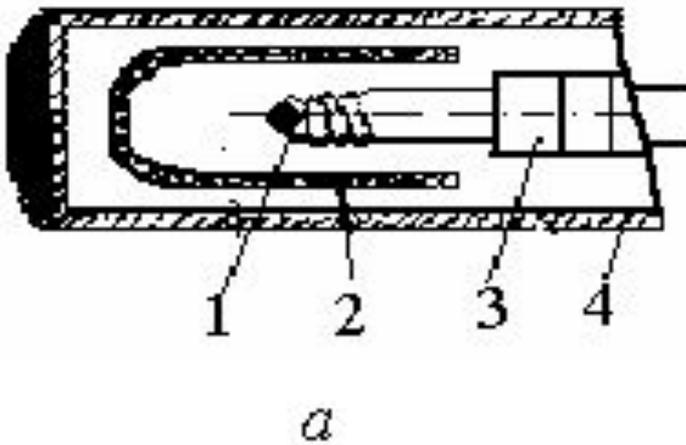
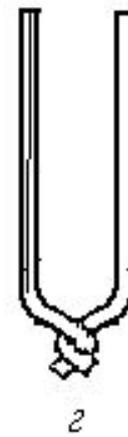
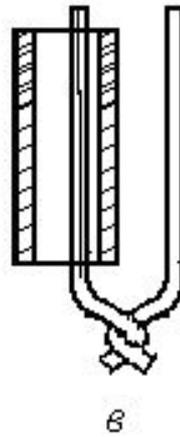
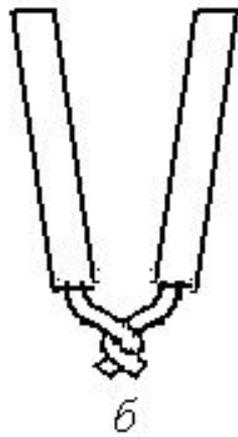
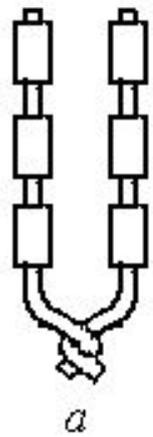
3) если два соединения разных материалов, находящиеся при температурах T_X и T_1 , вырабатывают термоЭДС E_{T_1} , а при температурах T_1 и T_0 термоЭДС равна E_{T_2} , то при температурах T_X и T_0 выходная ЭДС определяется суммой двух ЭДС: $E_T = E_{T_1} + E_{T_2}$.



Материалы и конструкции чувствительных элементов

- однозначную зависимость термоЭДС от температуры;
- высокую стабильность термоэлектрических свойств,
- механическую прочность,
- химическую устойчивость.

Термопарные сборки



Конструкции чувствительных элементов термопар:
1 – рабочий спай; 2 – фарфоровый наконечник; 3 – керамические бусы; 4 – защитная труба.

Основные характеристики термоэлектрических ПИП

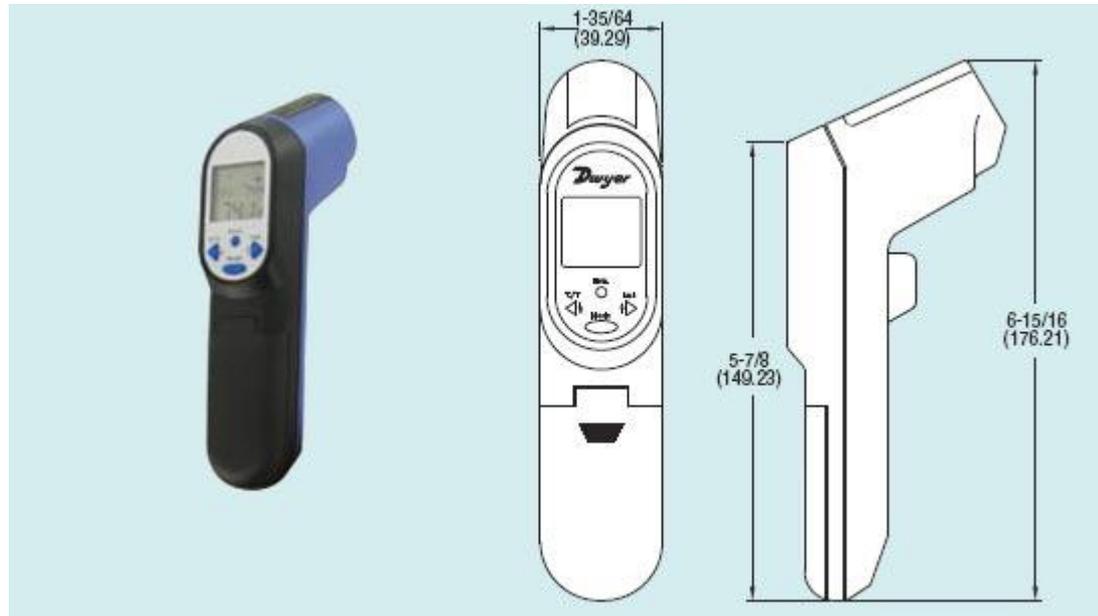
- 1) номинальная статическая характеристика (градуировочная характеристика);
- 2) чувствительность;
- 3) класс допуска;
- 4) показатель тепловой инерции (постоянная времени, время отклика).

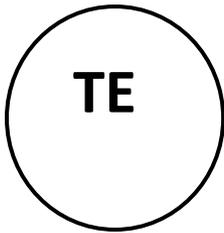
3.7 Пирометры

Яркостные. Позволяют визуально определять, как правило, без использования специальных устройств, температуру нагретого тела, путем сравнения его цвета с цветом эталонной нити.

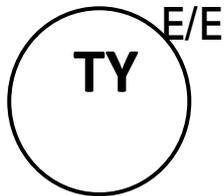
Радиационные. Оценивают температуру посредством пересчитанного показателя мощности теплового излучения. Если пирометр измеряет в широкой полосе спектрального излучения, то такой пирометр называют пирометром полного излучения.

Цветовые (другие названия: мультиспектральные, спектрального отношения) — позволяют делать вывод о температуре объекта, основываясь на результатах сравнения его теплового излучения в различных спектрах.

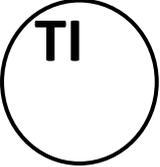
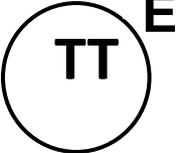
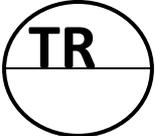
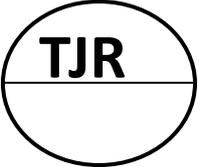




Первичный измерительный преобразователь температуры (термоэлектрический преобразователь (термопара), термопреобразователь сопротивления).



Выходной преобразователь. Y - преобразование сигнала: E/E - не унифицированный электрический сигнал преобразуется в унифицированный электрический сигнал; E/P - унифицированный электросигнал преобразуется в унифицированный пневматический сигнал (электropневмопреобразователь); P/E - унифицированный пневмосигнал преобразуется в унифицированный электрический сигнал. (пневмоэлектропреобразователь).

	<p>Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту (термометр ртутный, термометр манометрический и т.п.; милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т.п.).</p>
	<p>Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний (электрического сигнала), установленный по месту (термометр манометрический или любой другой датчик температуры).</p>
	<p>Прибор для измерения температуры одоточечный, регистрирующий, установленный на щите (самопишущий милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т. п.).</p>
	<p>Прибор для измерения температуры с автоматическим обегаящим устройством, регистрирующий, установленный на щите (многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т. п.).</p>