

**СРЕДСТВА  
ИЗМЕРЕНИЯ  
ТЕМПЕРАТУРЫ**

# Методы измерения температуры

1. Контактный метод (термометры).
2. Бесконтактный метод:
  - по яркости нагретого тела при определенной длине волны (яркостные пирометры);
  - по тепловому действию нагретого тела во всем спектре длин волн (радиационные пирометры).

# **СИ термометры контактным методом**

- Термометры расширения
- Манометрические термометры
- Преобразователи сопротивления
- Преобразователи термоэлектрические

**1. ТЕРМОМЕТРЫ**

**РАСШИРЕНИЯ**

# ЖИДКОСТНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ

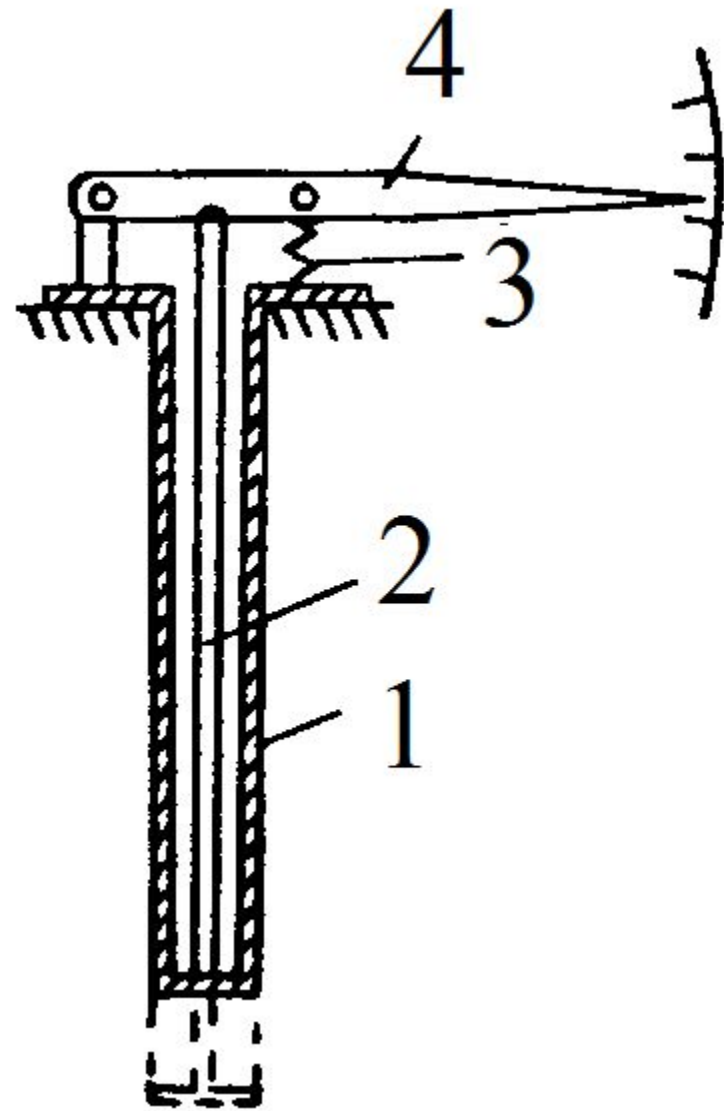
действие основано на различных коэффициентах теплового расширения жидкости и оболочки, в которой она находится



# Деформационные термометры

**действие основано на различии коэффициентов  
линейного расширения твердых тел, из которых  
выполнен чувствительный элемент**

# Дилатометрический термометр

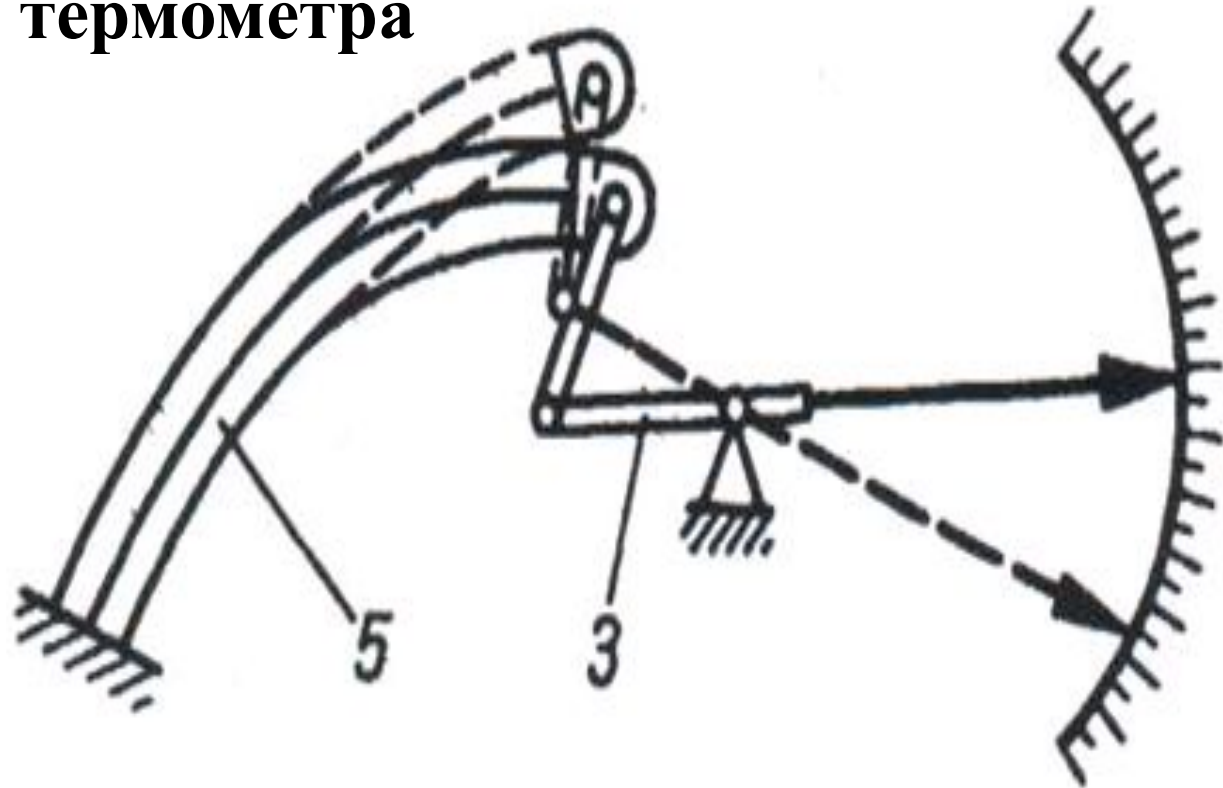


Состоит из трубки (1), выполненной из материала с большим коэффициентом линейного расширения. В трубку вставлен стержень (2) с малым коэффициентом линейного расширения. Стержень прижимается к дну трубки рычагом, скрепленным с пружиной 3. При изменении температуры трубка изменяет свою длину, а стержень в ней перемещается, вызывая перемещения стрелки (4)

# Биметаллический термометр

Изготавливается из двух прочно соединенных металлических пластин, имеющих различные температурные коэффициенты линейного расширения.

При изменении температуры пружина изгибается и вращает стрелку термометра

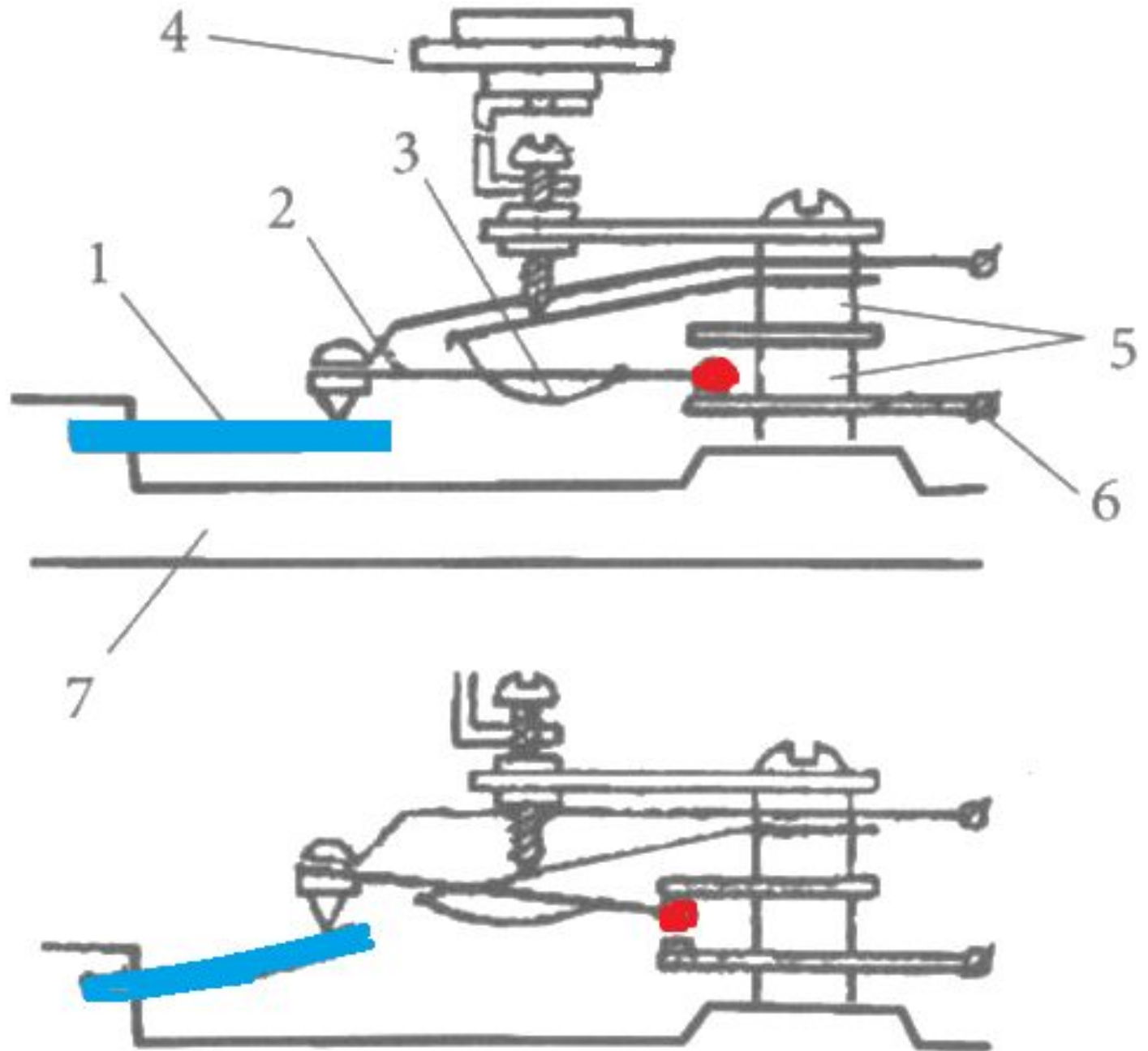






**Внешний вид деформационных термометров  
и тепловых реле**

# ТЕРМОРЕГУЛЯТОР УТЮГА

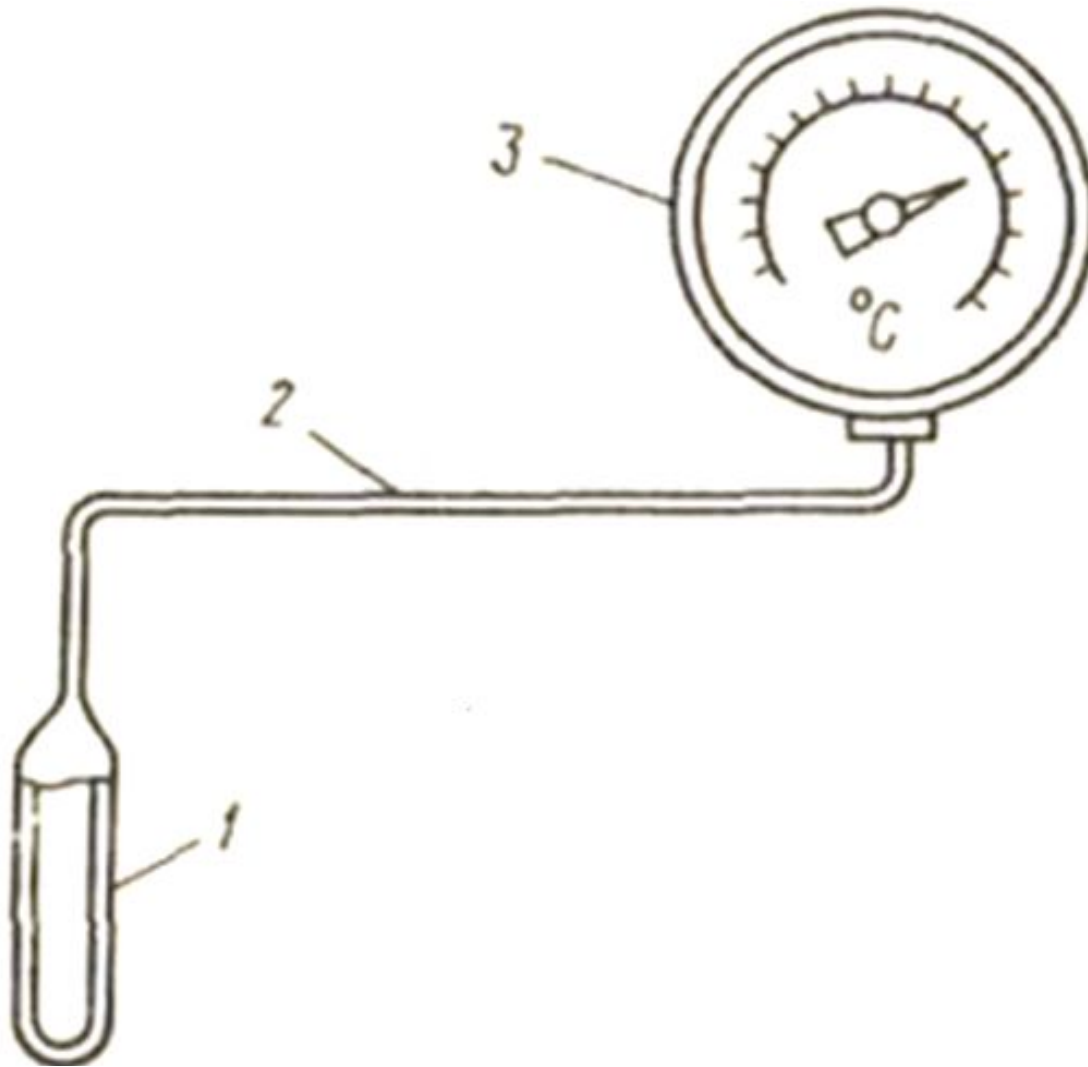


**2.**

**МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ  
ТЕРМОМЕТРЫ**

**Действие основано  
на изменении давления  
газа, жидкости или  
парожидкостной смеси,  
находящихся в замкнутом  
объеме, при изменении  
температуры**

# Манометрический термометр:



1 – термобаллон, 2 – капиллярная трубка,  
3 – манометрическая часть

# Газовые манометрические термометры – ТГП

**Рабочее вещество – азот**

**Начальное давление: 10-50 ат**

**Длина капиллярной трубки: 1,6- 40 м**

**Размеры термобаллона:**

**Диаметр: 12 – 20 мм;**

**Длина: 25 -250 мм.**

**Пределы измерения:**

**минус 200 – плюс 600 °С**

# **ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ГАЗОВЫМИ МАНОМЕТРИЧЕСКИМИ ТЕРМОМЕТРАМИ**

- **Изменение атмосферного давления**
- **Изменение температуры окружающего воздуха**

❖ **Влияние колебаний атмосферного давления минимизировано высоким начальным давлением газа в системе.**

❖ **Температурные погрешности минимизируют соотношением объема баллона, капилляра и манометрической части**



# Расчет погрешностей при изменении температуры

- манометрической части:

$$\Delta t_M = \frac{V_M}{V_B} (t_M - t_0)$$

- капиллярной трубки

$$\Delta t_K = \frac{V_K}{V_B} (t_K - t_0)$$

# *Недостатки газовых манометрических термометров*

- большая тепловая инерция, обусловленная низким коэффициентом теплообмена между стенками термобаллона и наполняющим его газом и малой теплопроводностью газа;
- большие размеры термобаллона, затрудняющие его установку на трубопроводах малого диаметра.

# Жидкостные манометрические термометры ТЖП

**Рабочее вещество – силиконовая  
жидкость**

**Начальное давление: 15-20 ат**

**Длина капиллярной трубки: 0,6- 10 м**

**Размеры термобаллона:**

**Диаметр: 12 – 16 мм;**

**Длина: 80 -400 мм.**

**Пределы измерения:**

**минус 50 – плюс 300 °С**

# Качество измерения

- Изменения атмосферного давления не влияют на показания прибора, т.к. жидкость практически несжимаема.
- Изменение температуры окружающей среды оказывает большее влияние на показания жидкостных термометров, чем газовых.

# Конденсационные

## манометрические термометры

### ТКП

**Рабочее вещество – низкокипящие органические жидкости**

**Длина капиллярной трубки: до 25 м**

**Размеры термобаллона:**

**Диаметр: 16 мм;**

**Длина: 125 - 400 мм.**

**Пределы измерения:**

**минус 25 – плюс 300 °С**

# Качество измерения

- **Высокая чувствительность.**
- **Отсутствует погрешность от колебания температуры окружающей среды.**
- **Неравномерная шкала**



Внешний вид манометрических термометров

# **3. ТЕРМОМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ**

**Действие основано на изменении  
сопротивления проводников с изменением  
температуры**



**При увеличении температуры сопротивление проводников увеличивается.**

**Зависимость сопротивления металла от температуры:**

$$R_{t,2} = R_{t,1}[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

где  $R_{t,2}$  – сопротивление металла при температуре  $t_2$ ;  
 $R_{t,1}$  – сопротивление металла при температуре  $t_1$ ;  
 $t_2 - t_1$  – интервал изменения температуры;  
 $\alpha$  – коэффициент температурного сопротивления.

# ПЛАТИНА

Удельное электрическое сопротивление

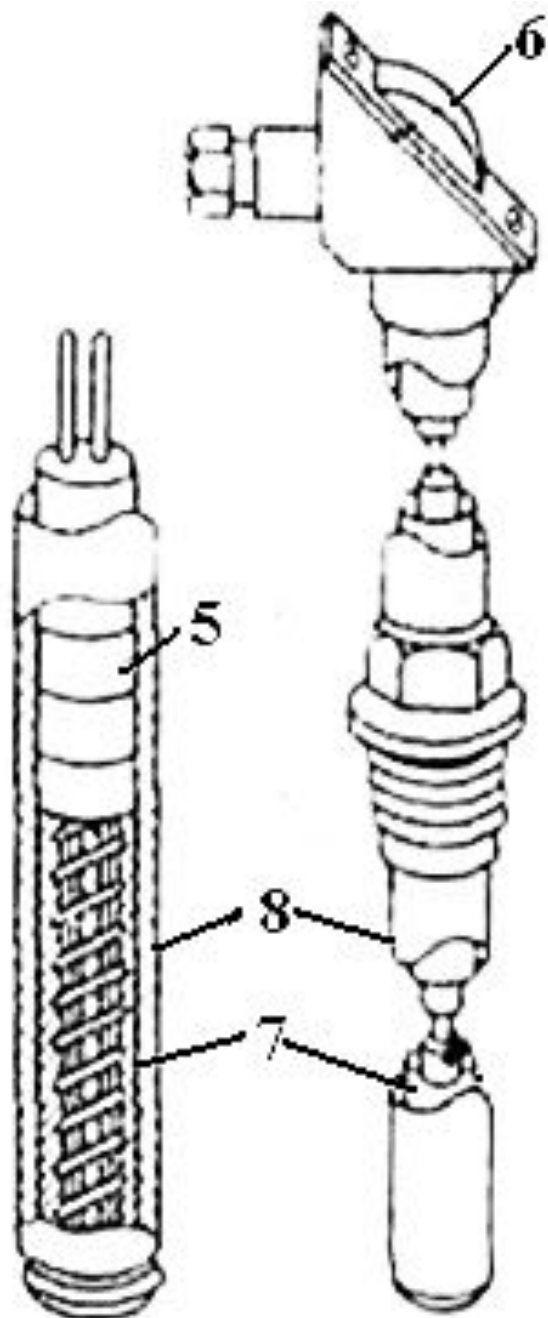
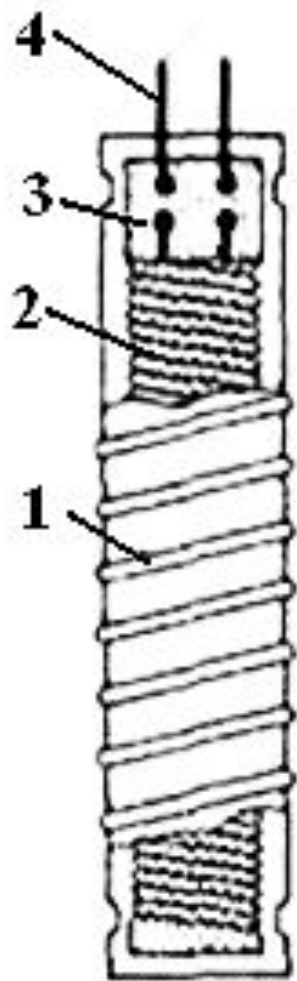
$$\rho = 0,107 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$$

Температурный коэффициент сопротивления

$$\alpha = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ 1/град}$$

# ПЛАТИНОВЫЙ ТЕРМОМЕТР СОПРОТИВЛЕНИЯ

## ТСП



- 1 – серебряная лента,
- 2- платиновая проволока,
- 3 – слюдяная пластика,
- 4 – подводящая серебряная проволока,
- 5 - фарфоровые бусы,
- 6 – пластмассовая головка,
- 7 – тонкостенная защитная трубка,
- 8 – защитный чехол

# МЕДЬ

**Удельное электрическое сопротивление**

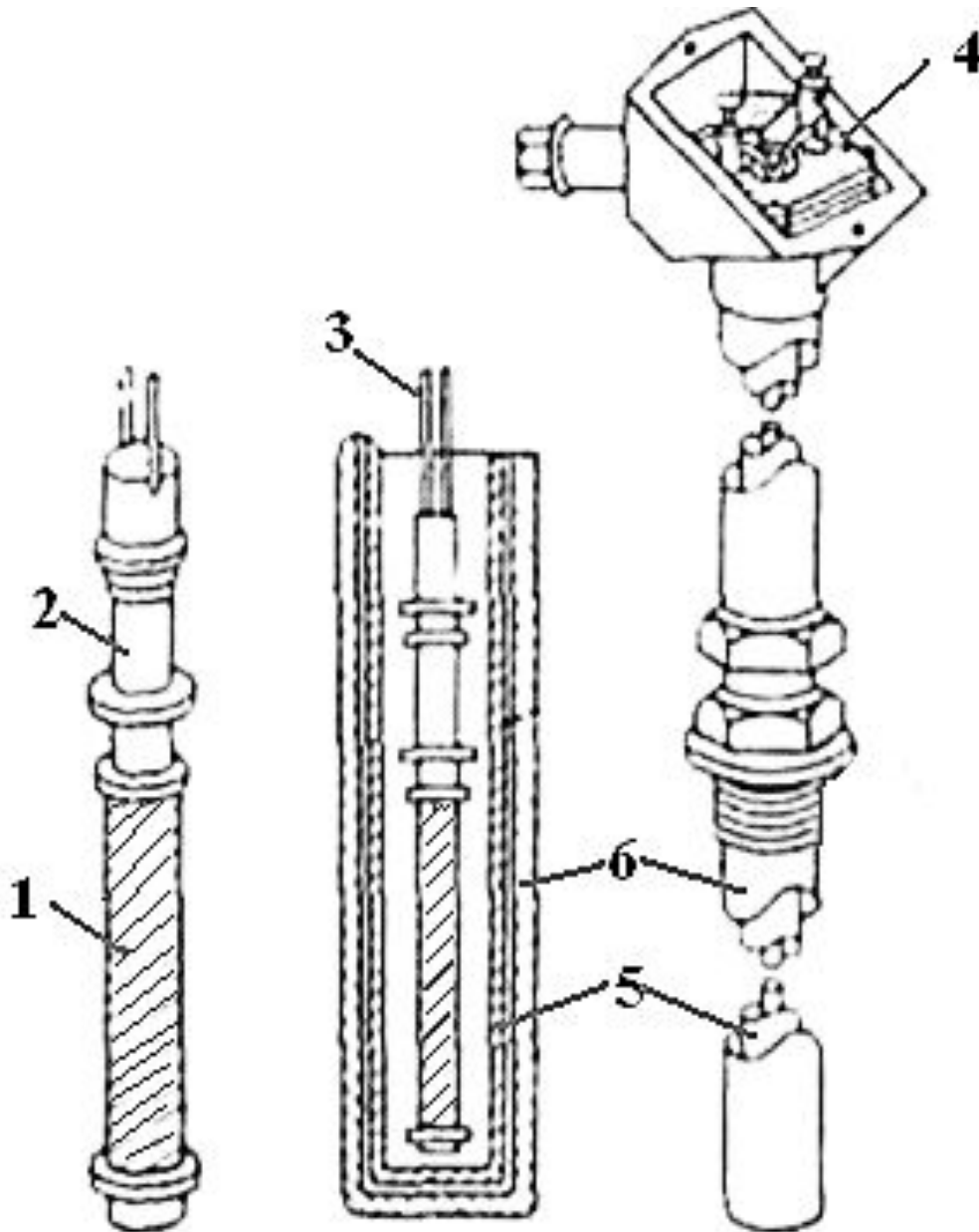
$$\rho = 0,018 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$$

**Температурный коэффициент сопротивления**

$$\alpha = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ 1/град}$$

# МЕДНЫЙ ТЕРМОМЕТР СОПРОТИВЛЕНИЯ

ТСМ



- 1 – медная проволока,
- 2 – пластмассовый стержень,
- 3 – медные подводящие провода,
- 4 – пластмассовая головка,
- 5 – тонкостенная защитная трубка,
- 6 – защитный чехол

# **Взаимозаменяемость термометров**

**сопротивления достигается :**

- Одинаковым сопротивлением при 0°C;**
- Одинаковыми статическими характеристиками;**
- Одинаковой чистотой металлов и одинаковыми коэффициентами температурного сопротивления**

## ПЛАТИНОВЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ ТСП

Предел измерения минус 200 - плюс 600 °С.

Серийно выпускаются:

ТСП 50П и ТСП 100П, т.е. при 0° С

сопротивление термометров 50 и 100 ом.

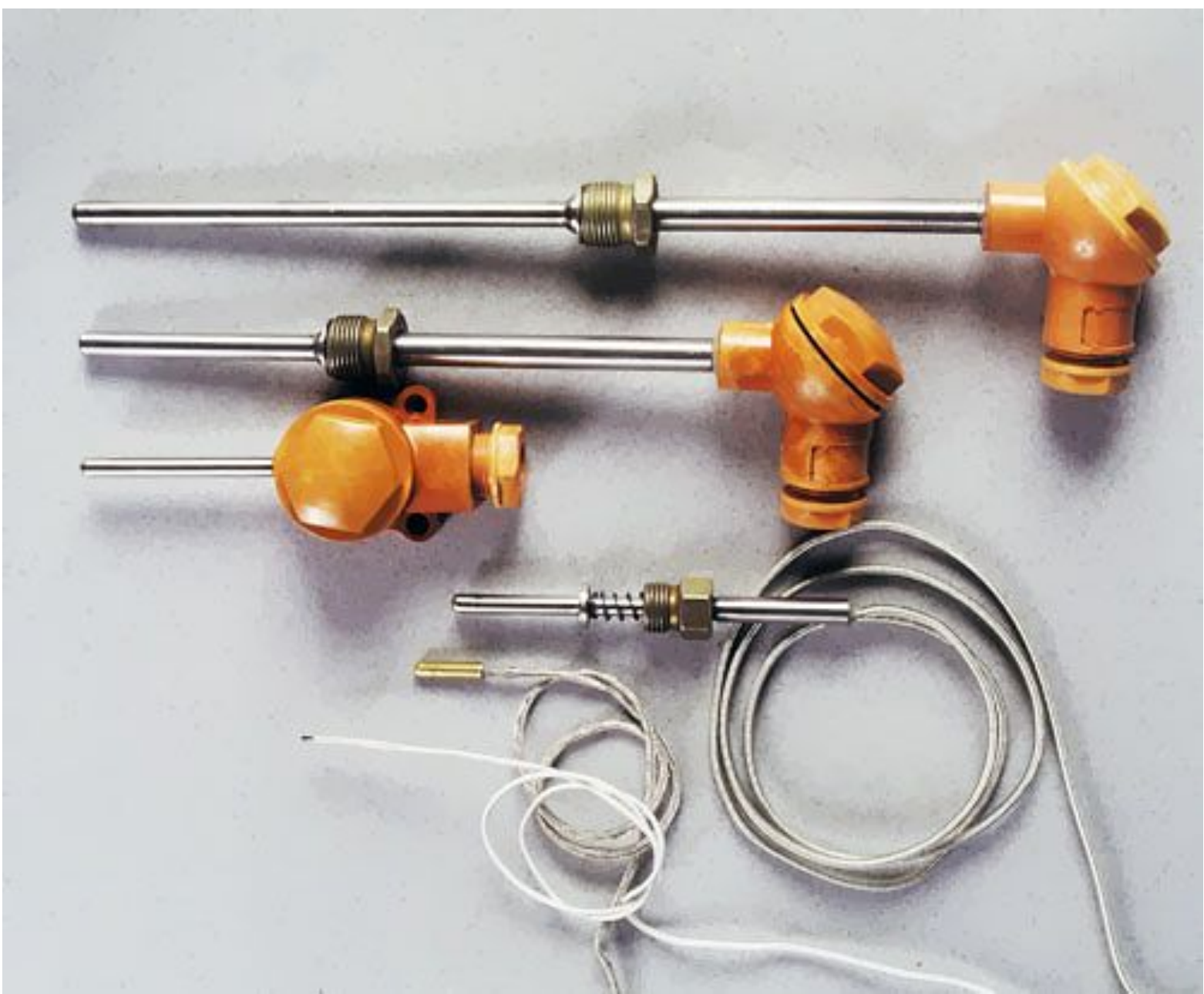
## МЕДНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ ТСМ

Предел измерения минус 50 - плюс 180 °С.

Серийно выпускаются:

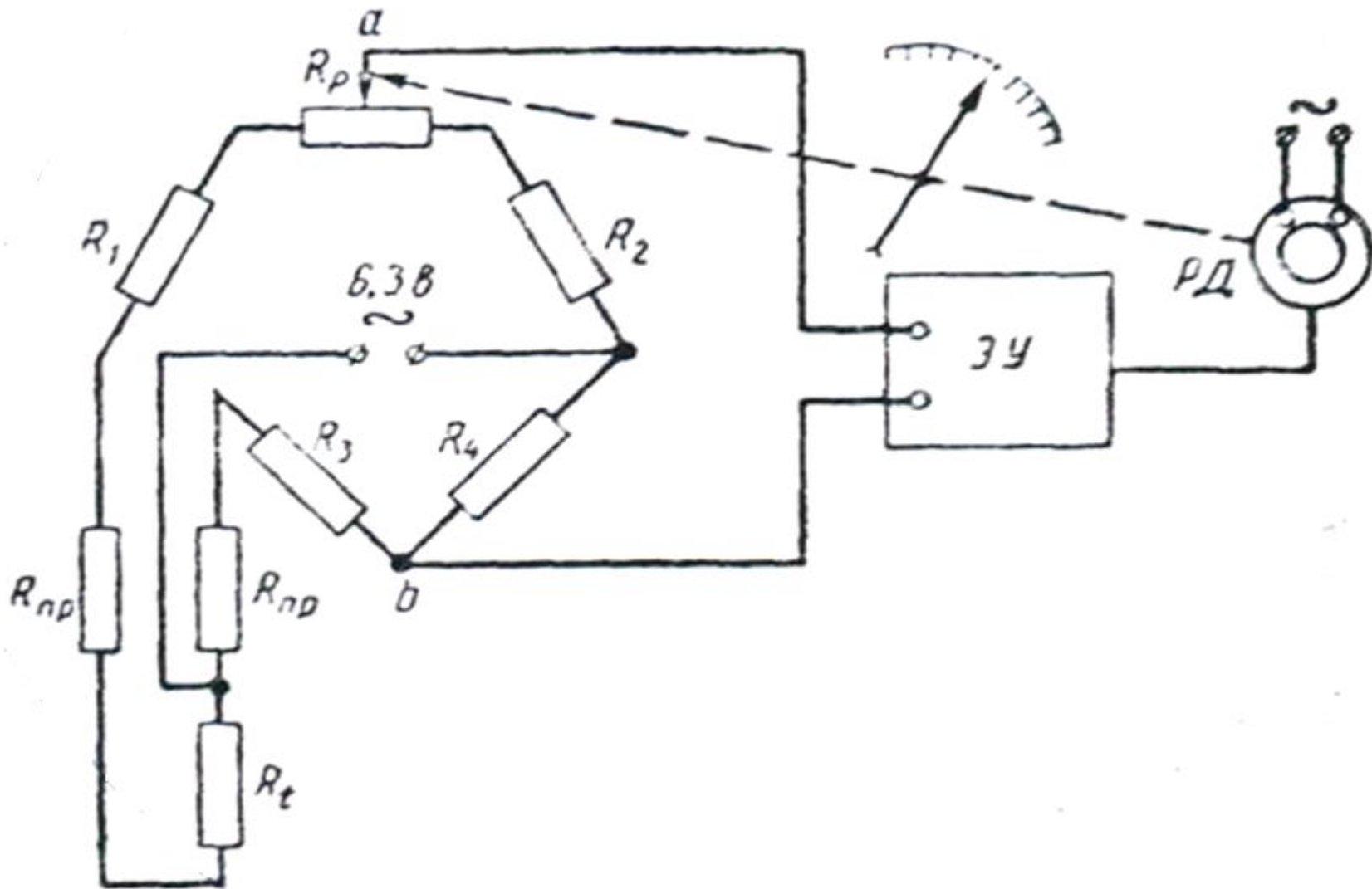
ТСМ 50М и ТСМ 100М, т.е. при 0° С

сопротивление термометров 50 и 100 ом.



Внешний вид термометра сопротивления



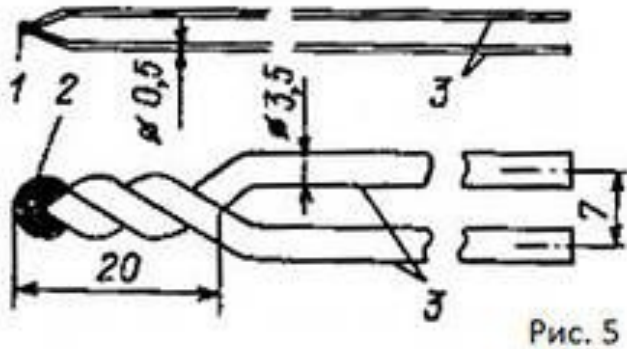


Принципиальная схема автоматического электронного уравновешенного моста

**3.**

**ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ  
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ  
(ТЭП)**

**Принцип действия основан на  
термоэлектрическом эффекте**



## Первичный преобразователь (ТЭП) - термопара.

***Термопара*** — пара проводников из различных материалов, соединенных на одном конце и формирующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения температуры.  
(Международный стандарт на термопары МЭК 60584 )

**В замкнутой цепи ТЭП возникает электрический ток, если места соединения (спая) проводников имеют разные температуры.**

**Суммарную термоэлектродвижущую силу (ТЭДС) замкнутой цепи ТЭП, спая которой нагреты до температуры  $t$  и  $t_0$  можно выразить уравнением**

$$E_{AB}(tt_0) = e_{AB}(t) - e_{AB}(t_0) \quad (1)$$

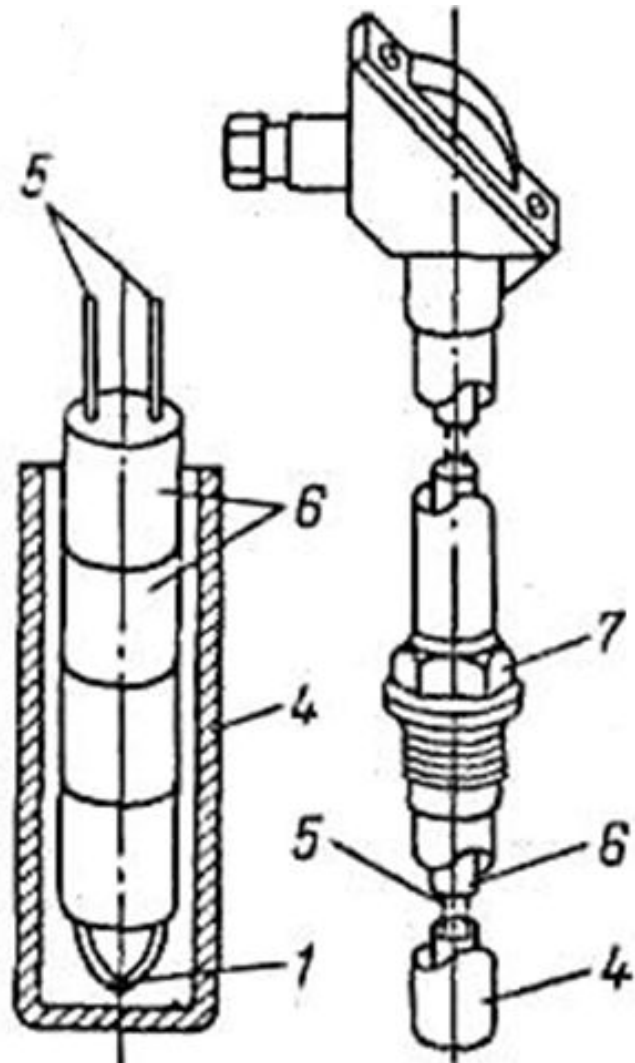
**где  $E_{AB}(tt_0)$  – суммарная ТДЭС;  $e_{AB}(t)$  и  $e_{AB}(t_0)$  – ТДЭС, обусловленные контактной разностью потенциал и разностью температур концов проводников А и В.**

**Так как потенциал спаев зависит от температуры, суммарная ТДЭС является разностью функций температуры**

$$E_{AB}(tt_0) = f(t) - f(t_0) \quad (2)$$

**Поддерживая температуру одного из спаев постоянной  $t_0 = \text{const}$  и  $f(t_0) = \text{const}$ , получим**

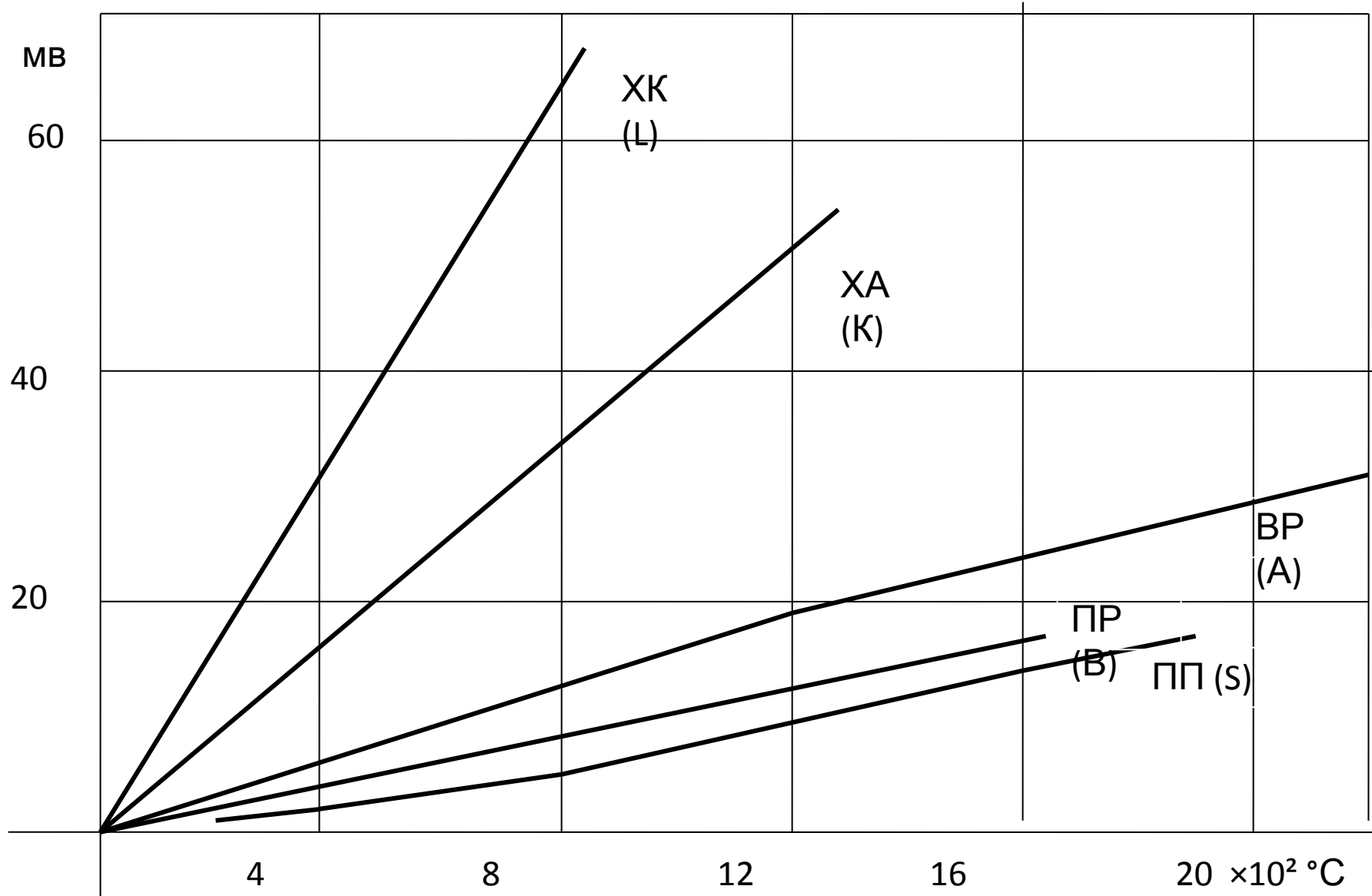
$$E_{AB}(tt_0) = f(t) - \text{const} = f(t) \quad (3)$$



Технические термоэлектрические преобразователи (ТЭП):  
1 – рабочий спай, 2 – фарфоровый защитный чехол, 3 – фарфоровая трубка, 4 – металлическая трубка, 5 – термоэлектроды, 6 – фарфоровые бусы, 7 – неподвижный штуцер.

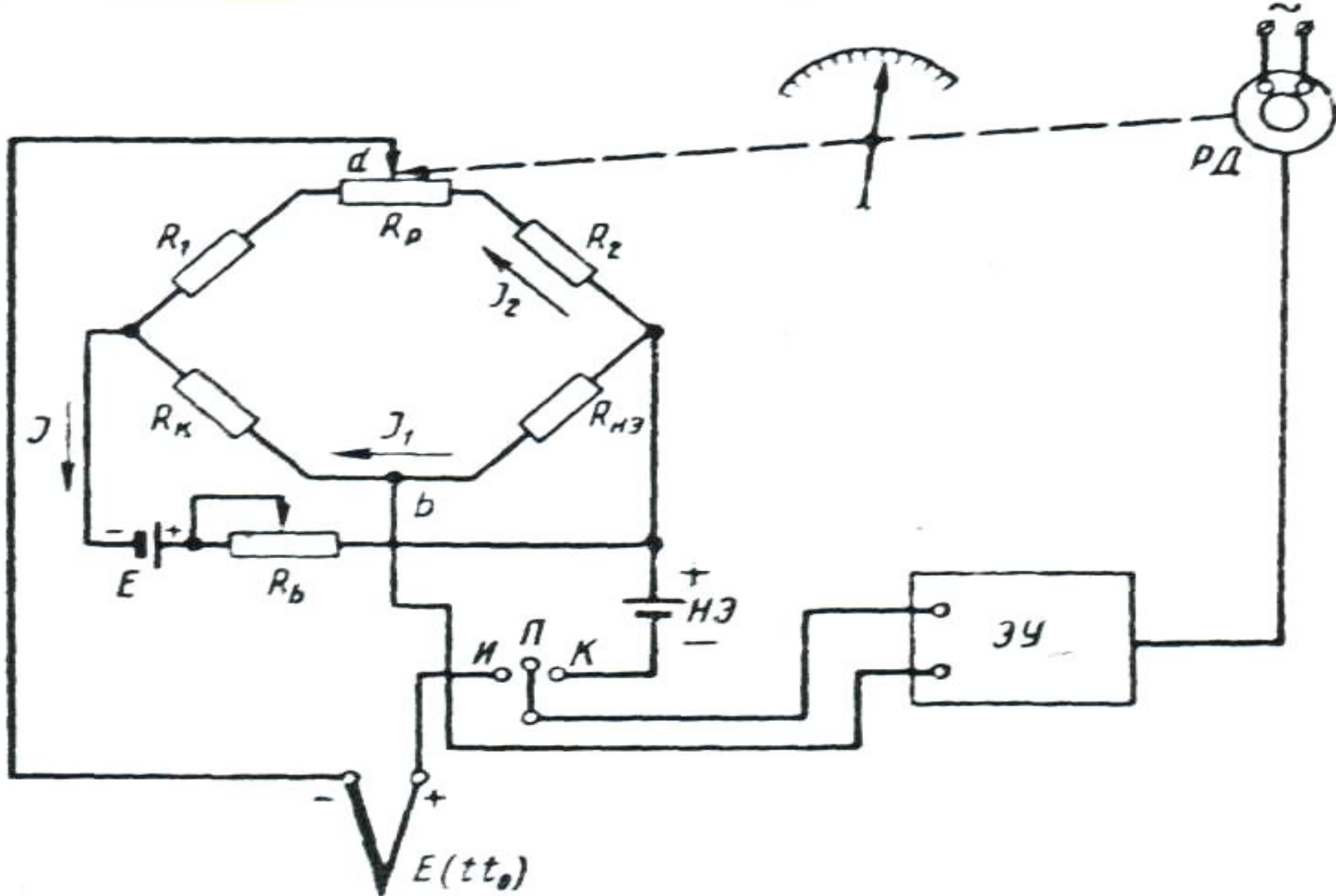
# Типы термоэлектрических преобразователей

ТХК	ХК(L)	От минус 50 до 600° С	Хромель-копелевый
ТХА	ХА(K)	От минус 50 до 1000° С	Хромель-алюмелевый
ТПП	ПП(S)	От 0 до 1300° С	Платинородий-платиновый
ТПР	ПР(B)	От 300 до 1800° С	Платинородий-платинородиевый
ТВР	ВР(Ф)	От 100 до 1800° С	Вольфрам-рениевый



Номинальные статические характеристики термоэлектрических преобразователей





Принципиальная схема автоматического  
потенциометра



Внешний вид ТЭП