

**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

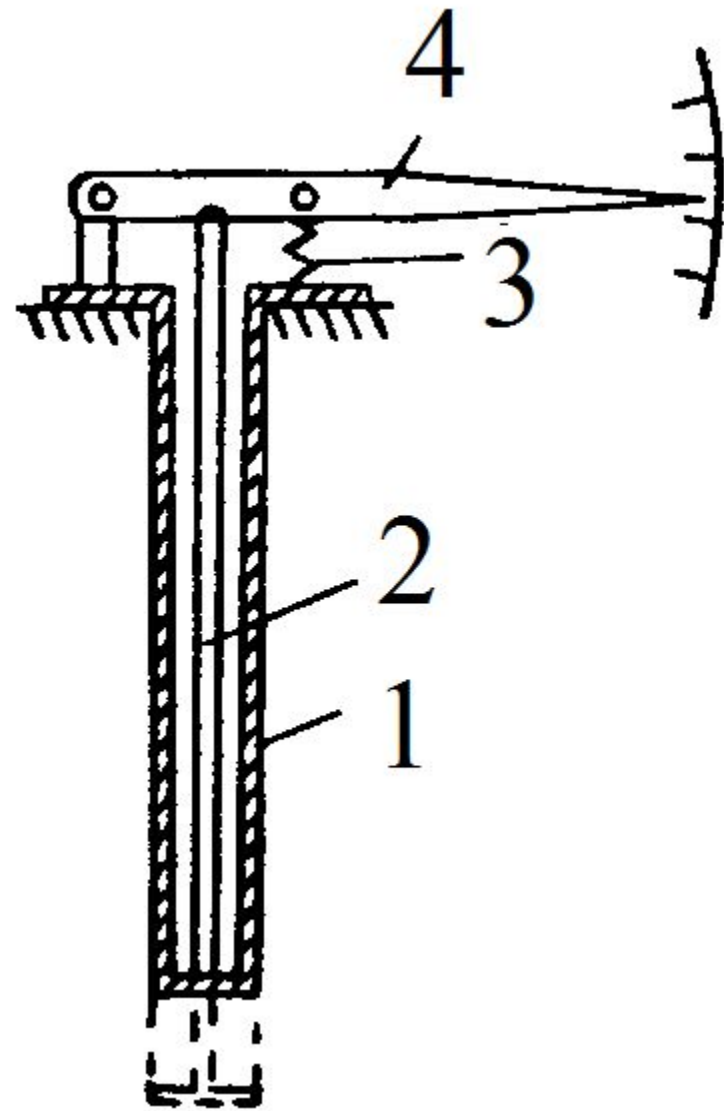
действие основано на различных коэффициентах теплового расширения жидкости и оболочки, в которой она находится



Деформационные термометры

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

Дилатометрический термометр

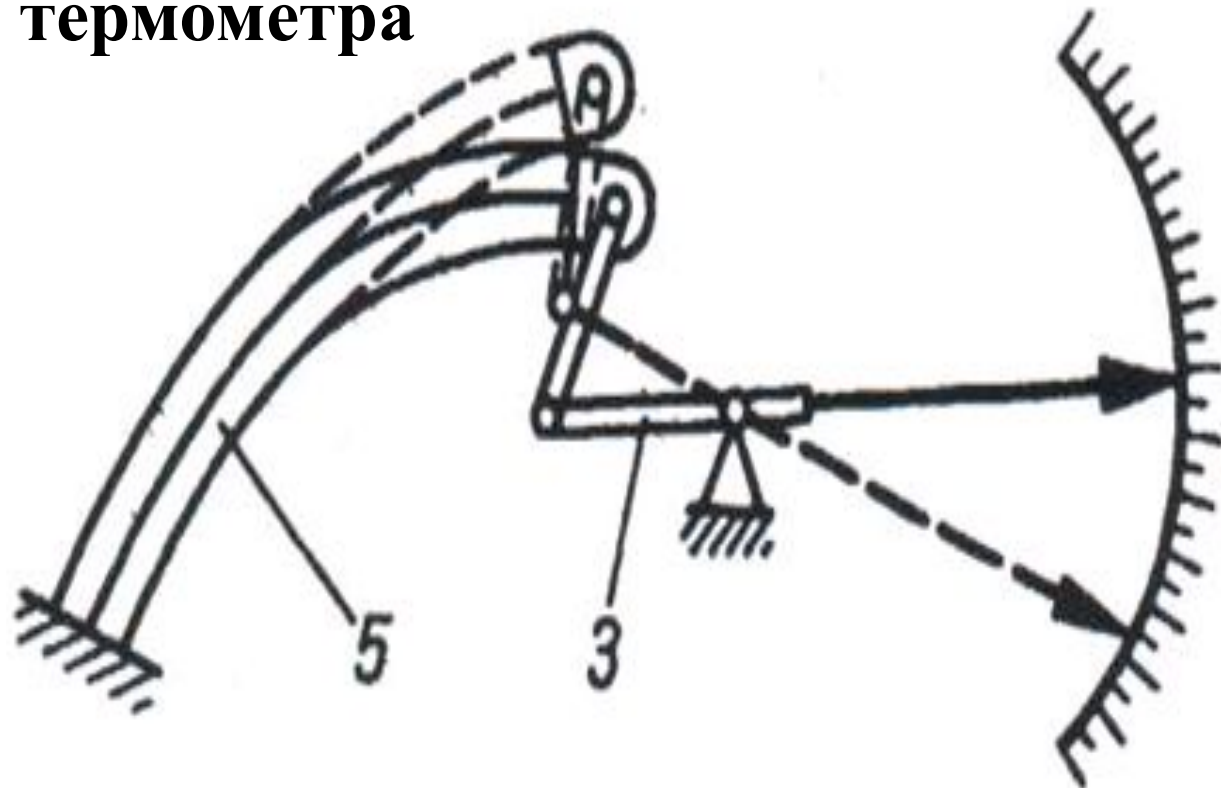


Состоит из трубки (1), выполненной из материала с большим коэффициентом линейного расширения. В трубку вставлен стержень (2) с малым коэффициентом линейного расширения. Стержень прижимается к дну трубки рычагом, скрепленным с пружиной 3. При изменении температуры трубка изменяет свою длину, а стержень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

Биметаллический термометр

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

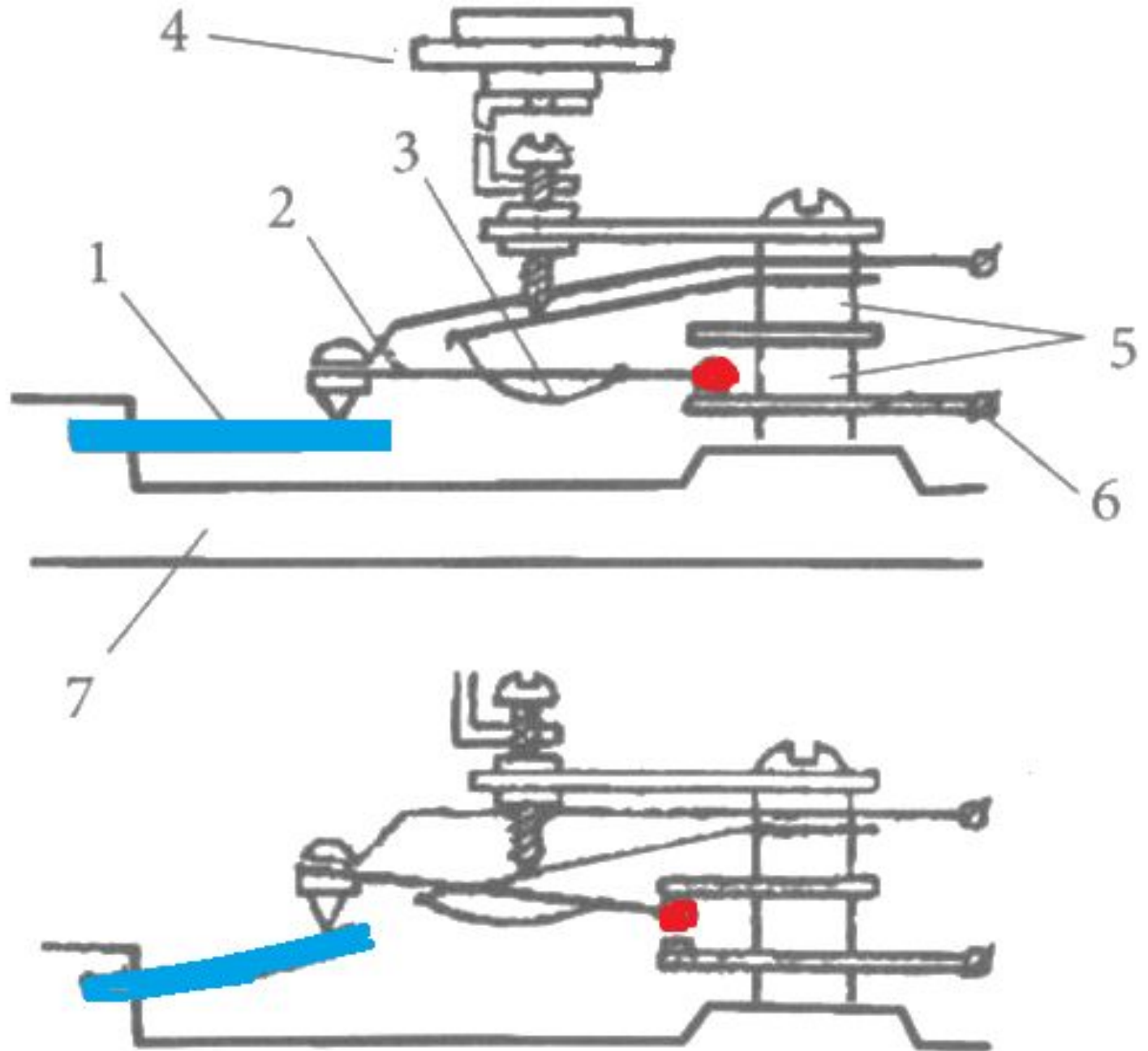
При изменении температуры пружина изгибается и вращает стрелку термометра





**Внешний вид деформационных термометров
и тепловых реле**

ТЕРМОРЕГУЛЯТОР УТЮГА

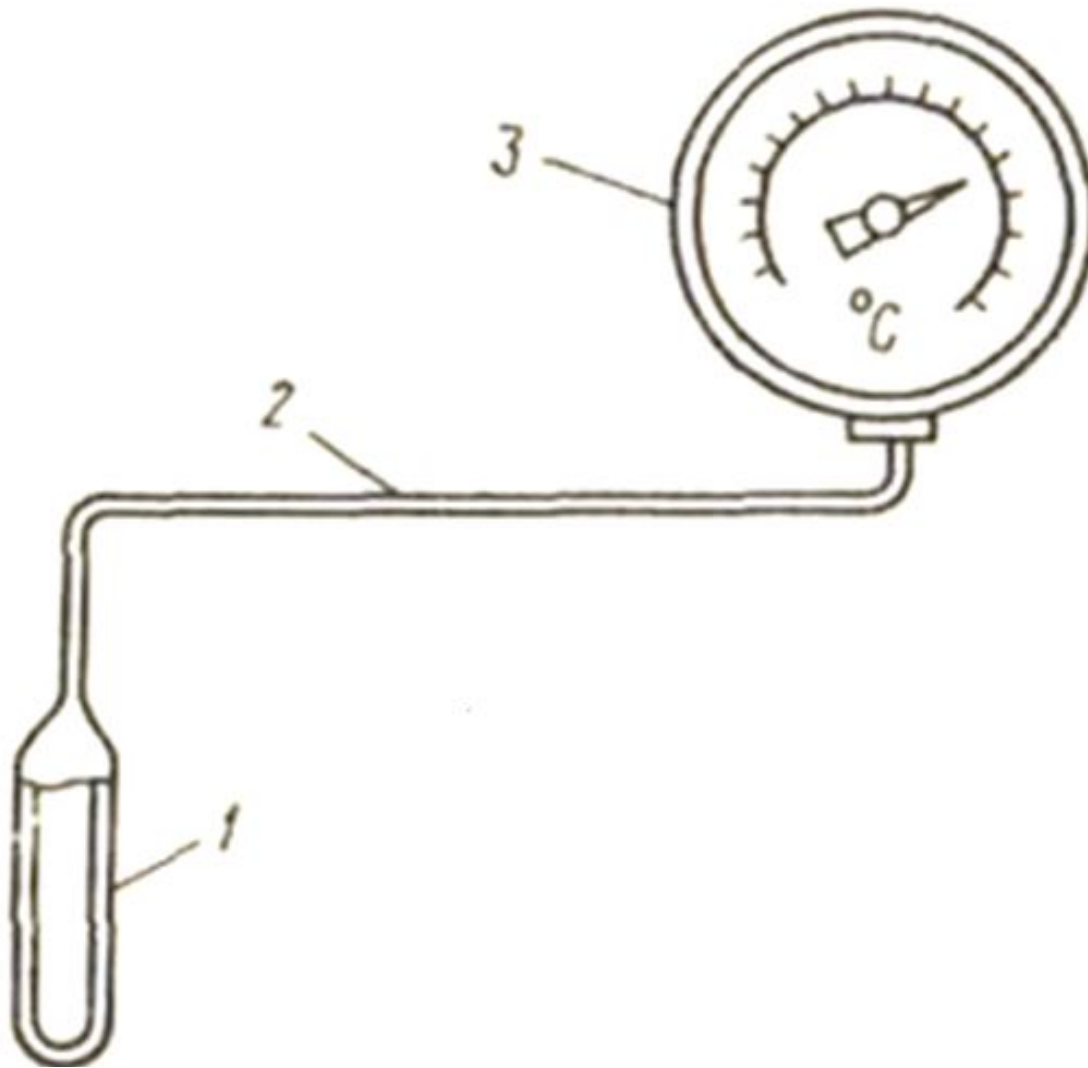


2.

**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;
 α – коэффициент температурного сопротивления.

ПЛАТИНА

Удельное электрическое сопротивление

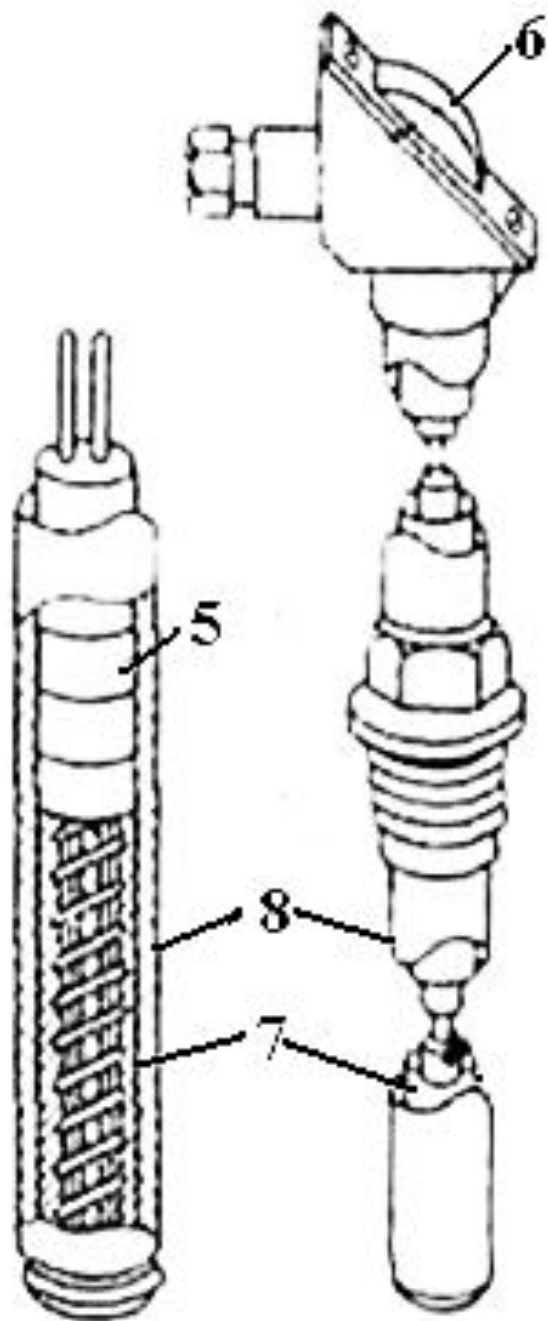
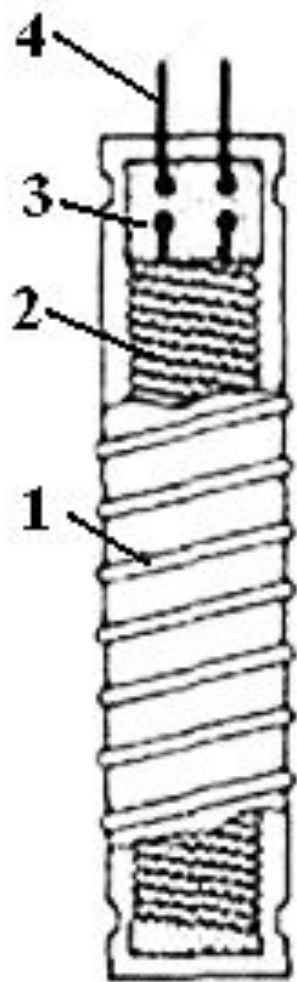
$$\rho = 0,107 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$$

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

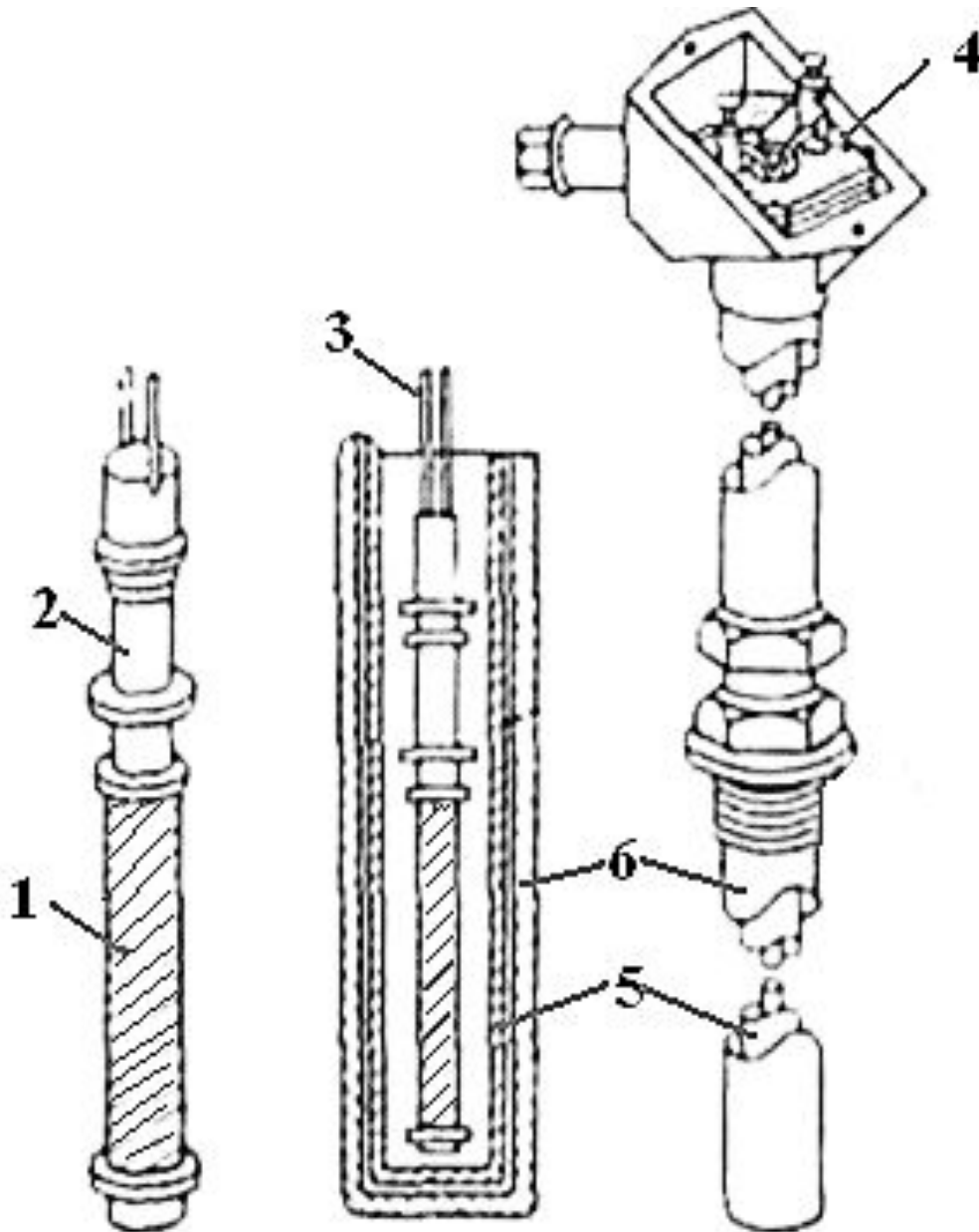
$$\rho = 0,018 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$$

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.

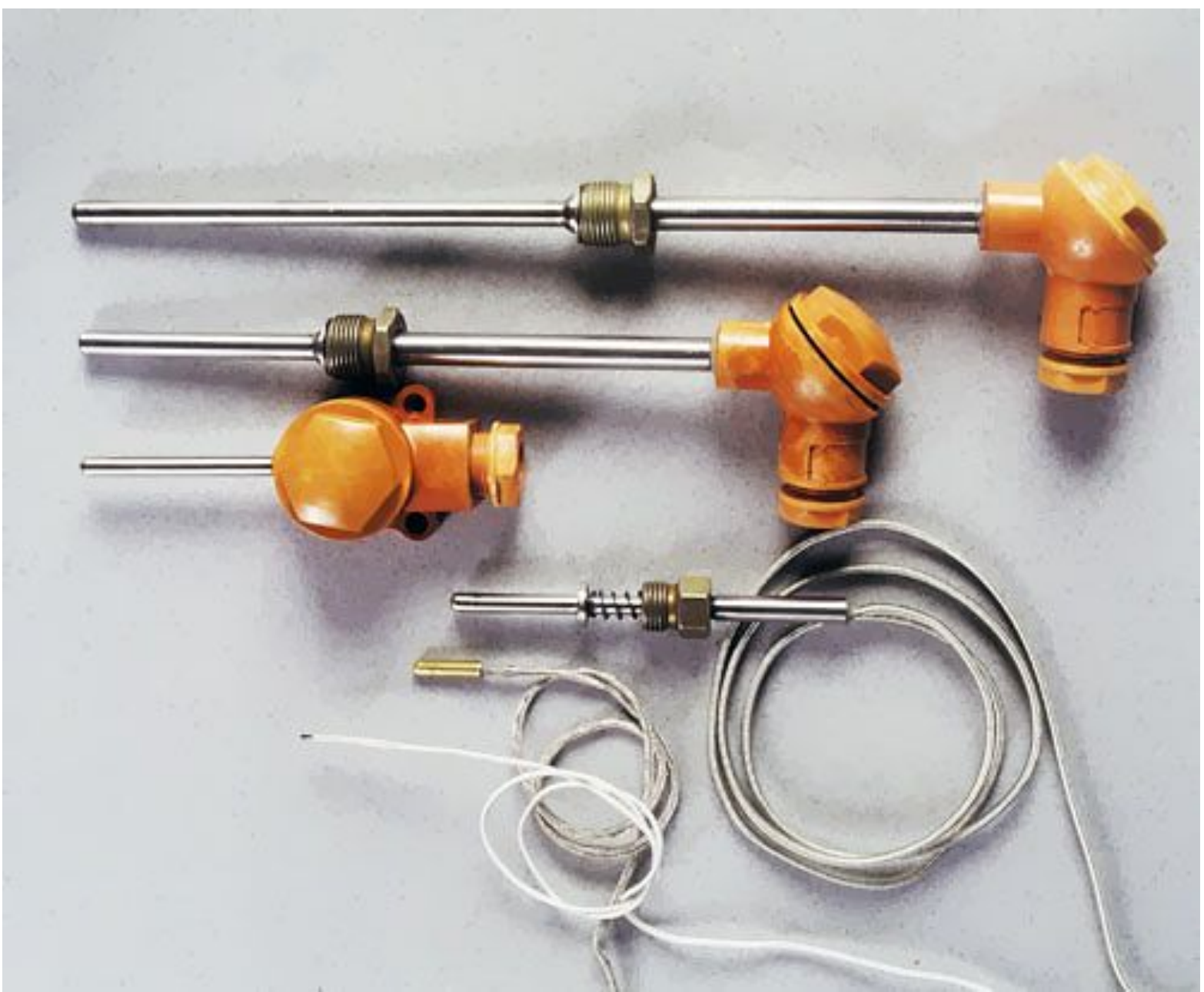
МЕДНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ ТСМ

Предел измерения минус 50 - плюс 180 °С.

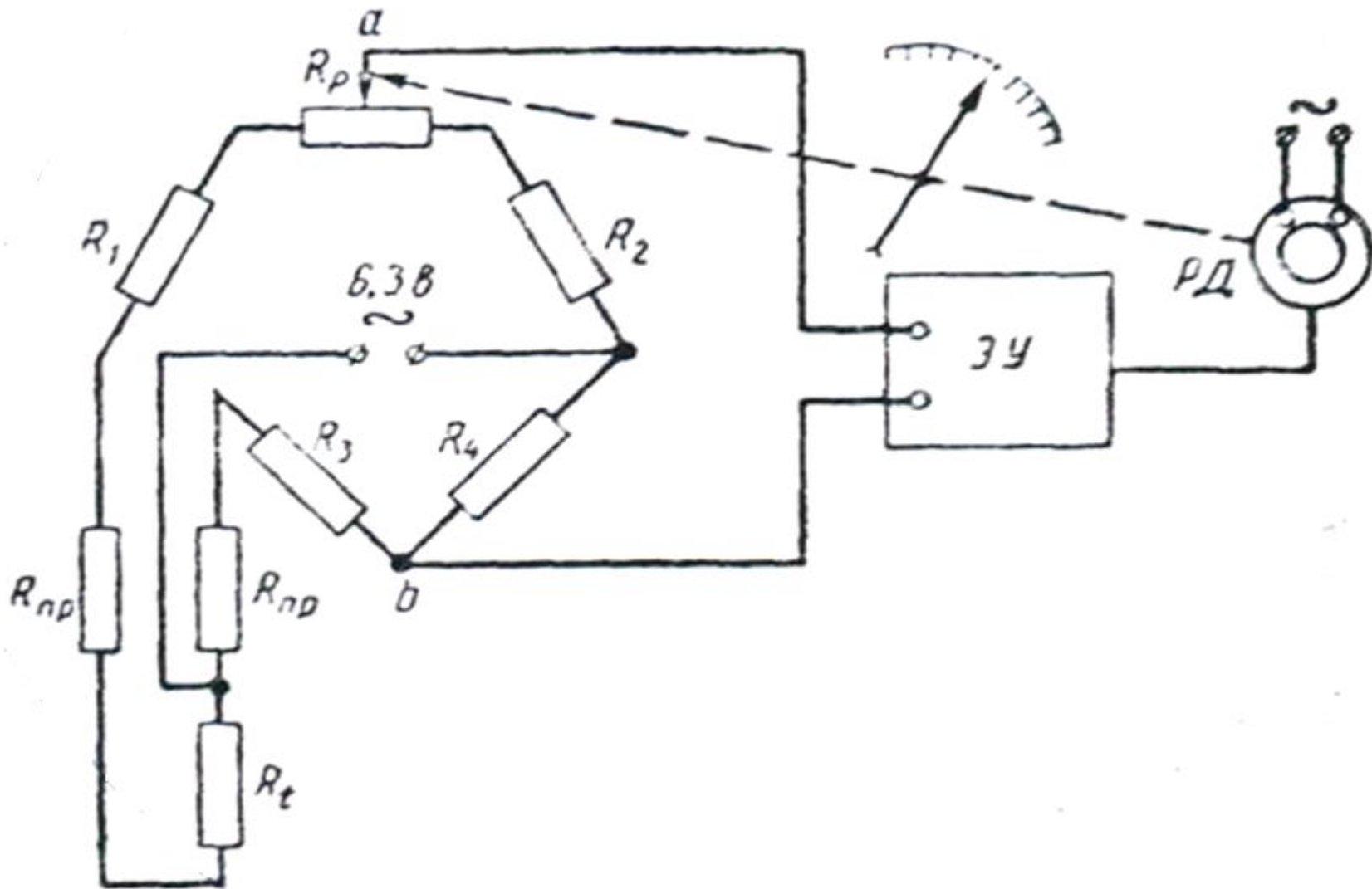
Серийно выпускаются:

ТСМ 50М и ТСМ 100М, т.е. при 0° С

сопротивление термометров 50 и 100 ом.



Внешний вид термометра сопротивления

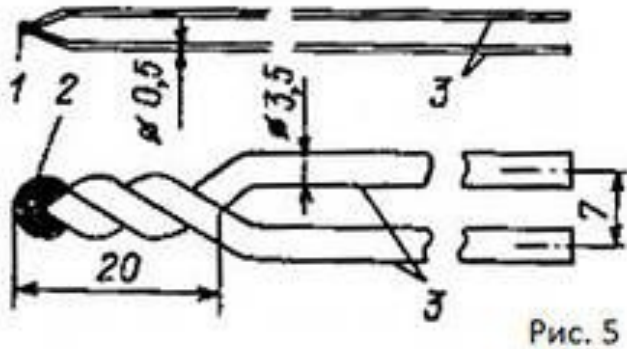


Принципиальная схема автоматического электронного уравновешенного моста

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

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

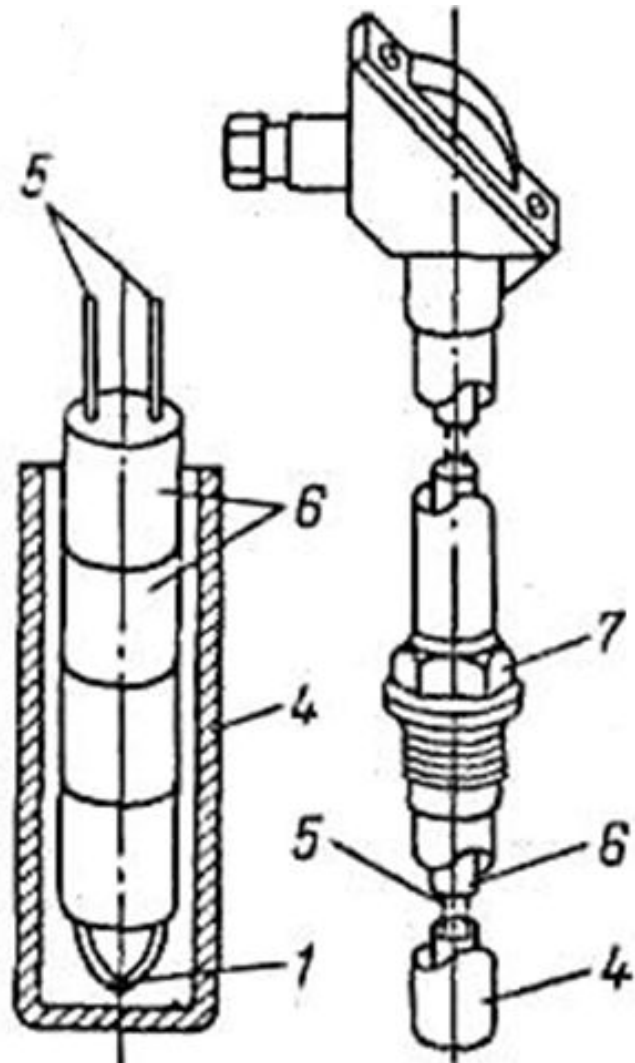
где $E_{AB}(tt_0)$ – суммарная ТДЭС; $e_{AB}(t)$ и $e_{AB}(t_0)$ – ТДЭС, обусловленные контактной разностью потенциал и разностью температур концов проводников А и В.

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

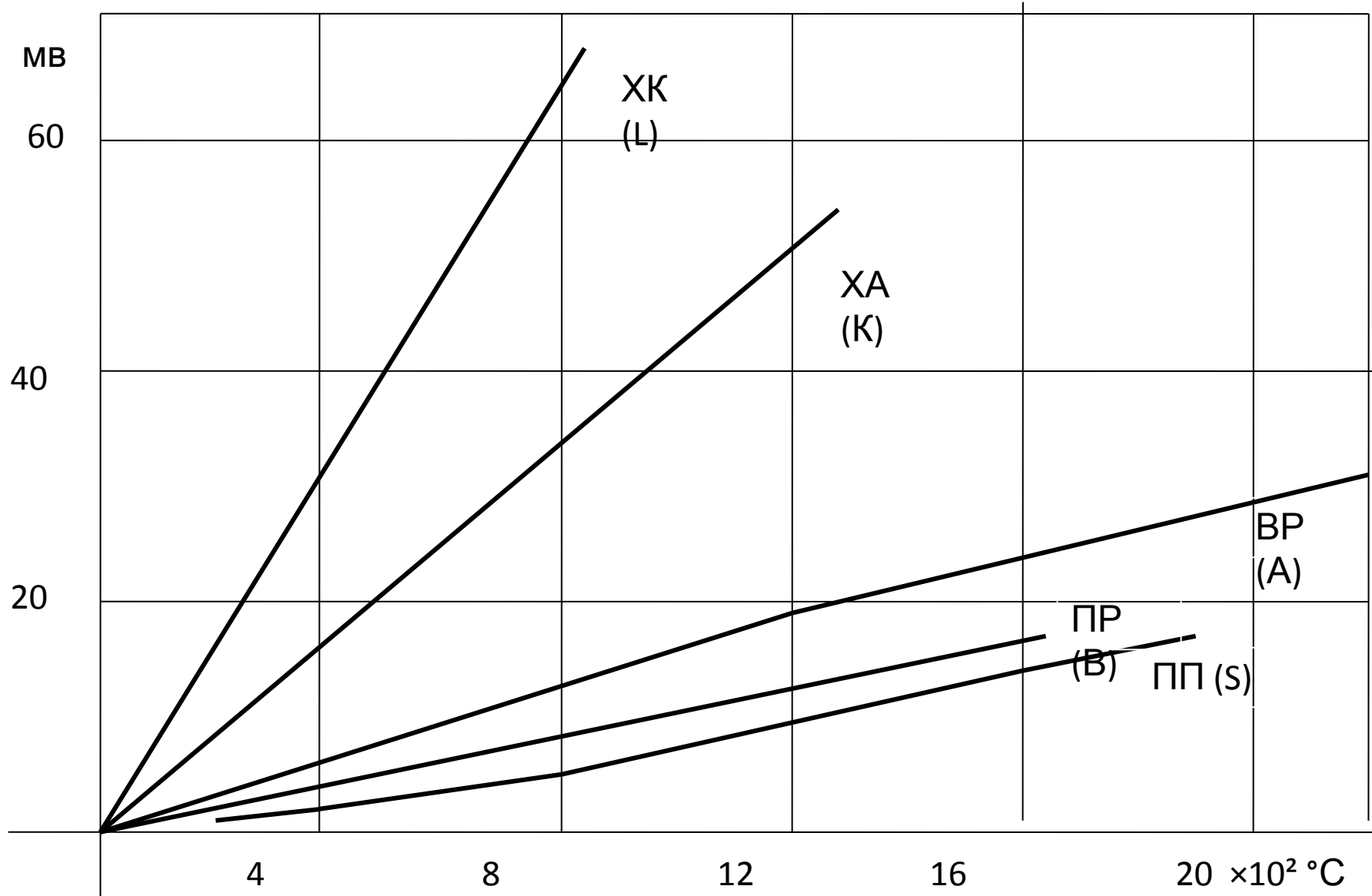
$$E_{AB}(tt_0) = f(t) - \text{const} = f(t) \quad (3)$$



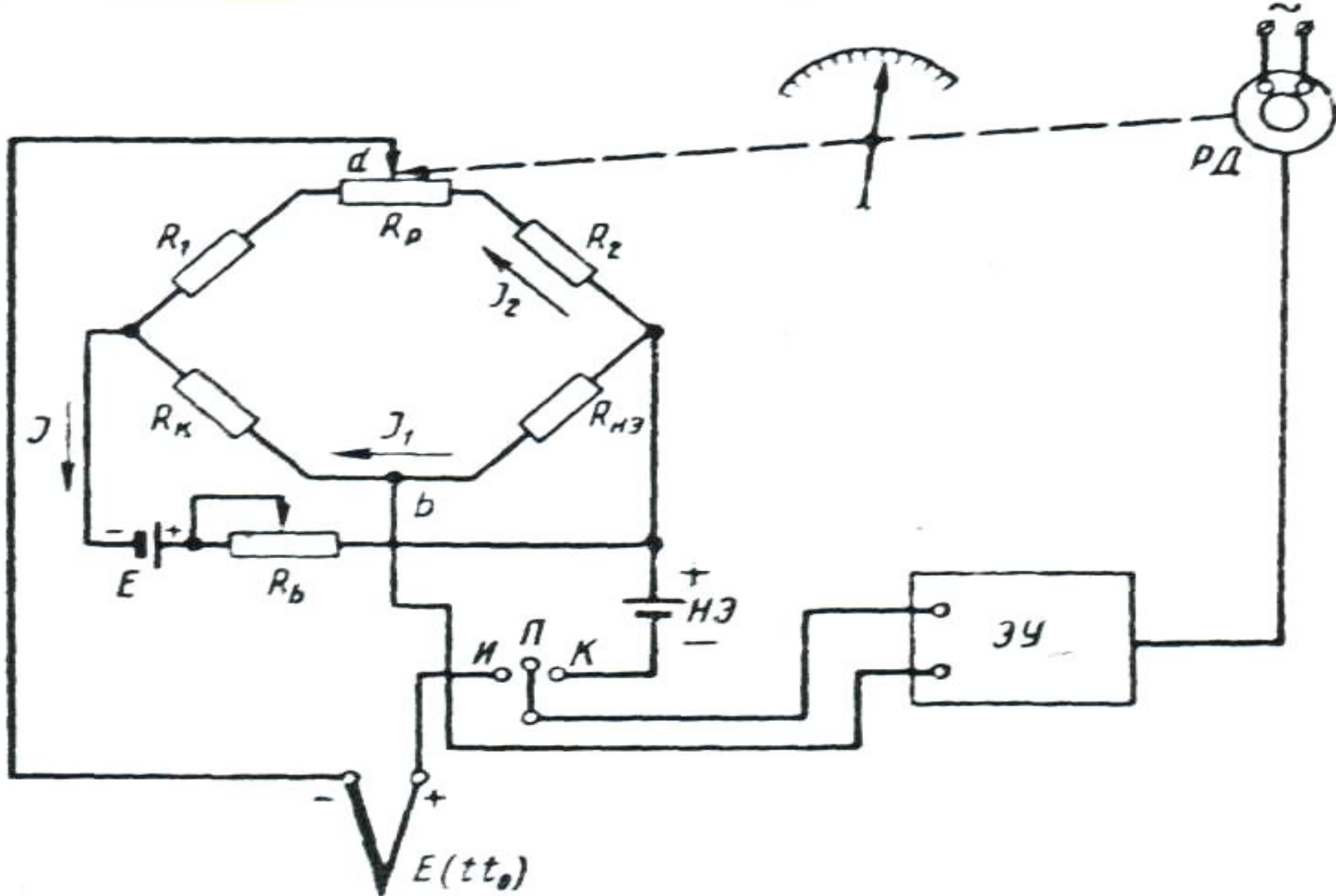
Технические термоэлектрические преобразователи (ТЭП):
1 – рабочий спай, 2 – фарфоровый защитный чехол, 3 – фарфоровая трубка, 4 – металлическая трубка, 5 – термоэлектроды, 6 – фарфоровые бусы, 7 – неподвижный штуцер.

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