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

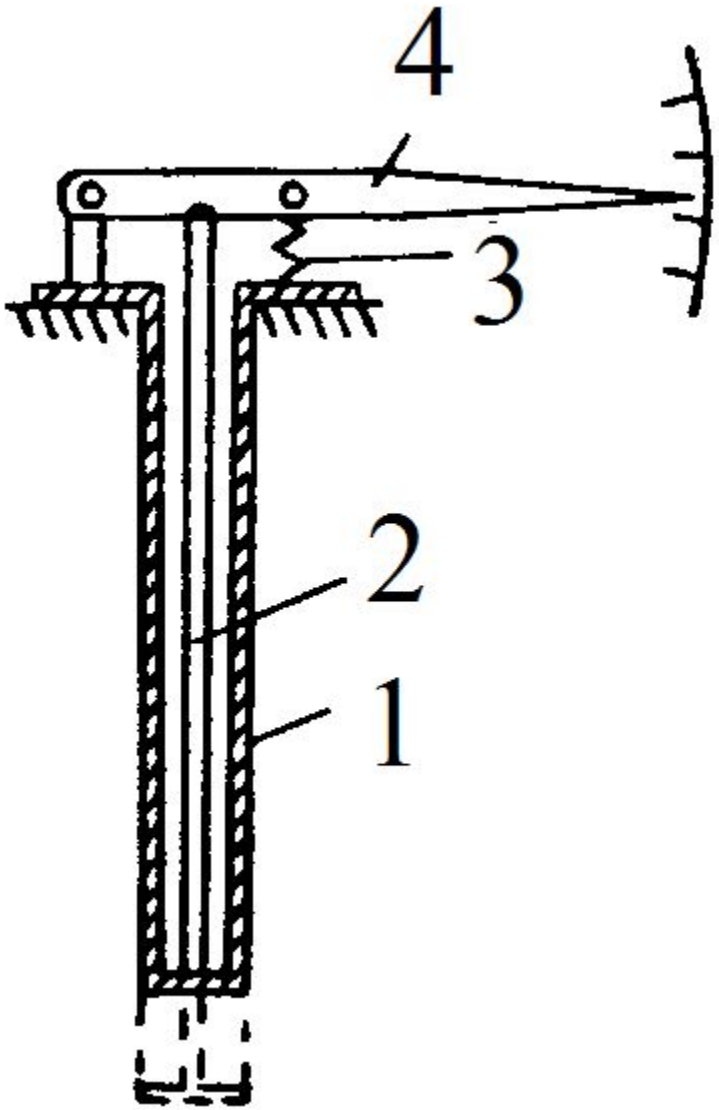
ЖИДКОСТНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ

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

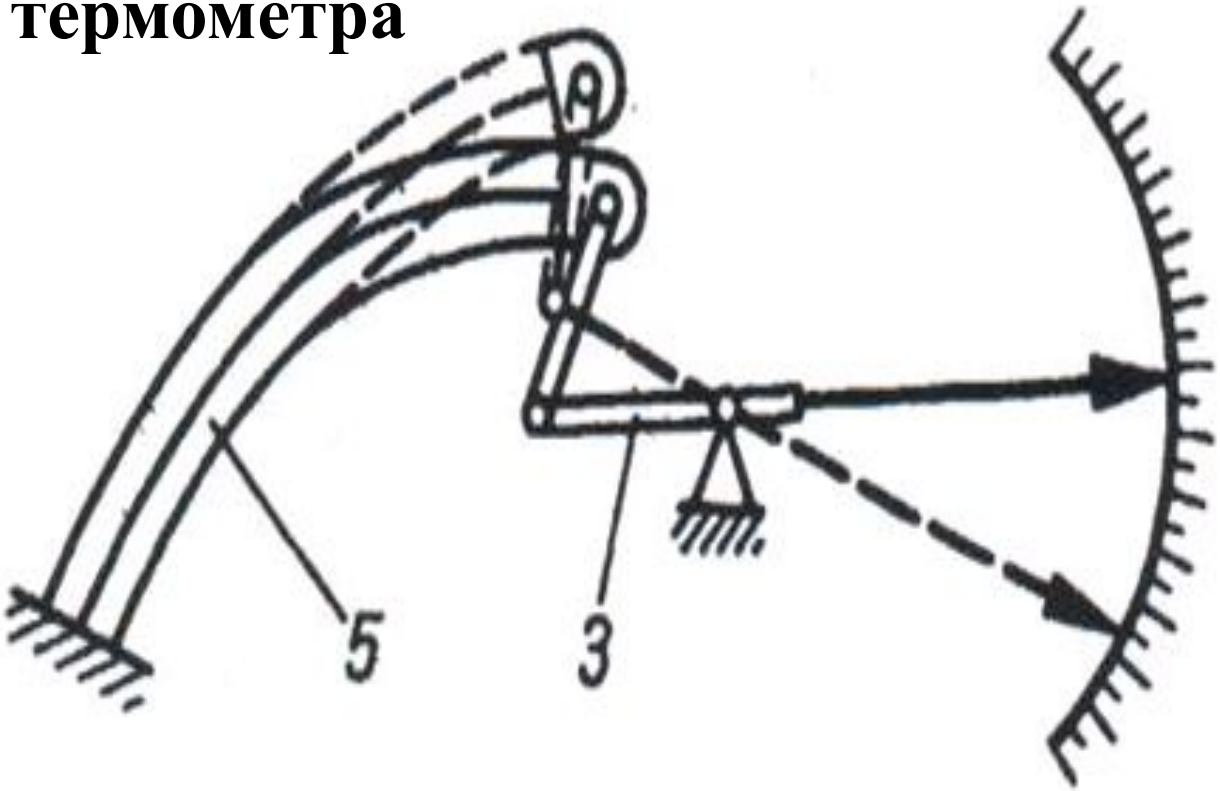


Состоит из трубки (1), выполненной из материала с большим коэффициентом линейного расширения. В трубку вставлен стержень (2) с малым коэффициентом линейного расширения. Стержень прижимается к дну трубки рычагом, скрепленным с пружиной 3. При изменении температуры трубка изменяет свою длину, а стержень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

Биметаллический термометр

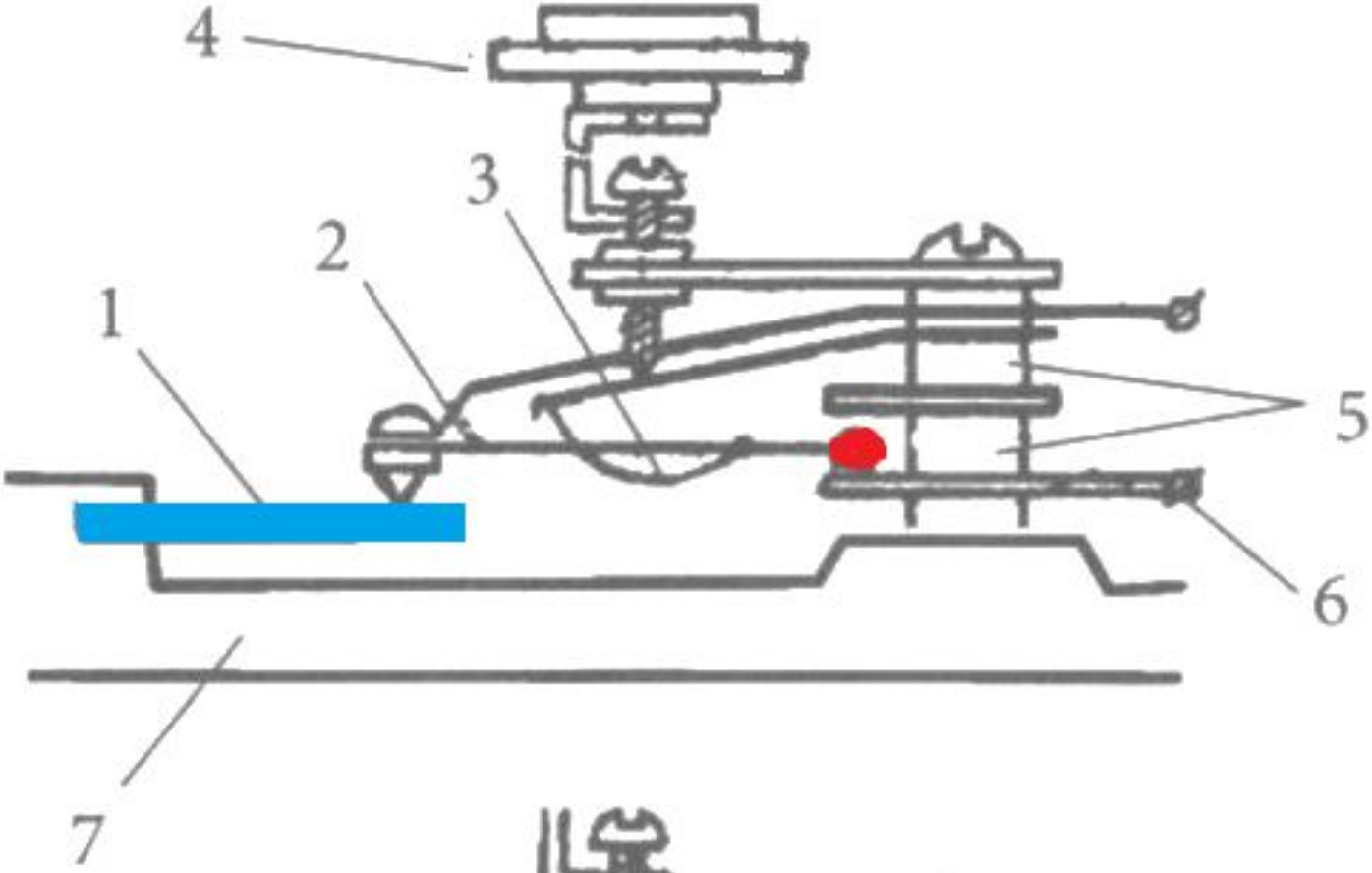
Изготавливается из двух прочно соединенных металлических пластин, имеющих различные температурные коэффициенты линейного расширения.

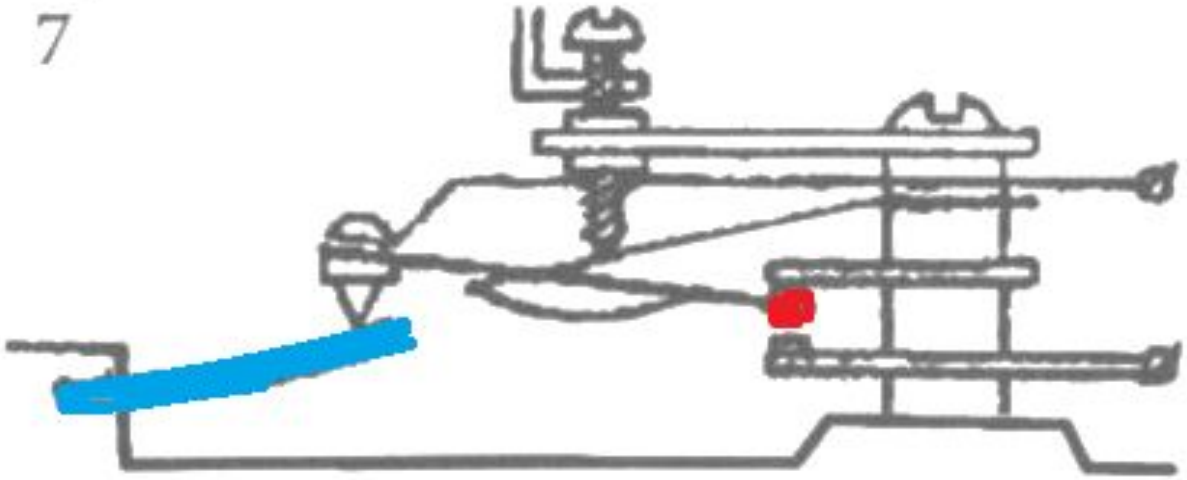
При изменении температуры пружина изгибается и вращает стрелку термометра



Внешний вид деформационных термометров и тепловых реле

ТЕРМОРЕГУЛЯТОР УТЮГА



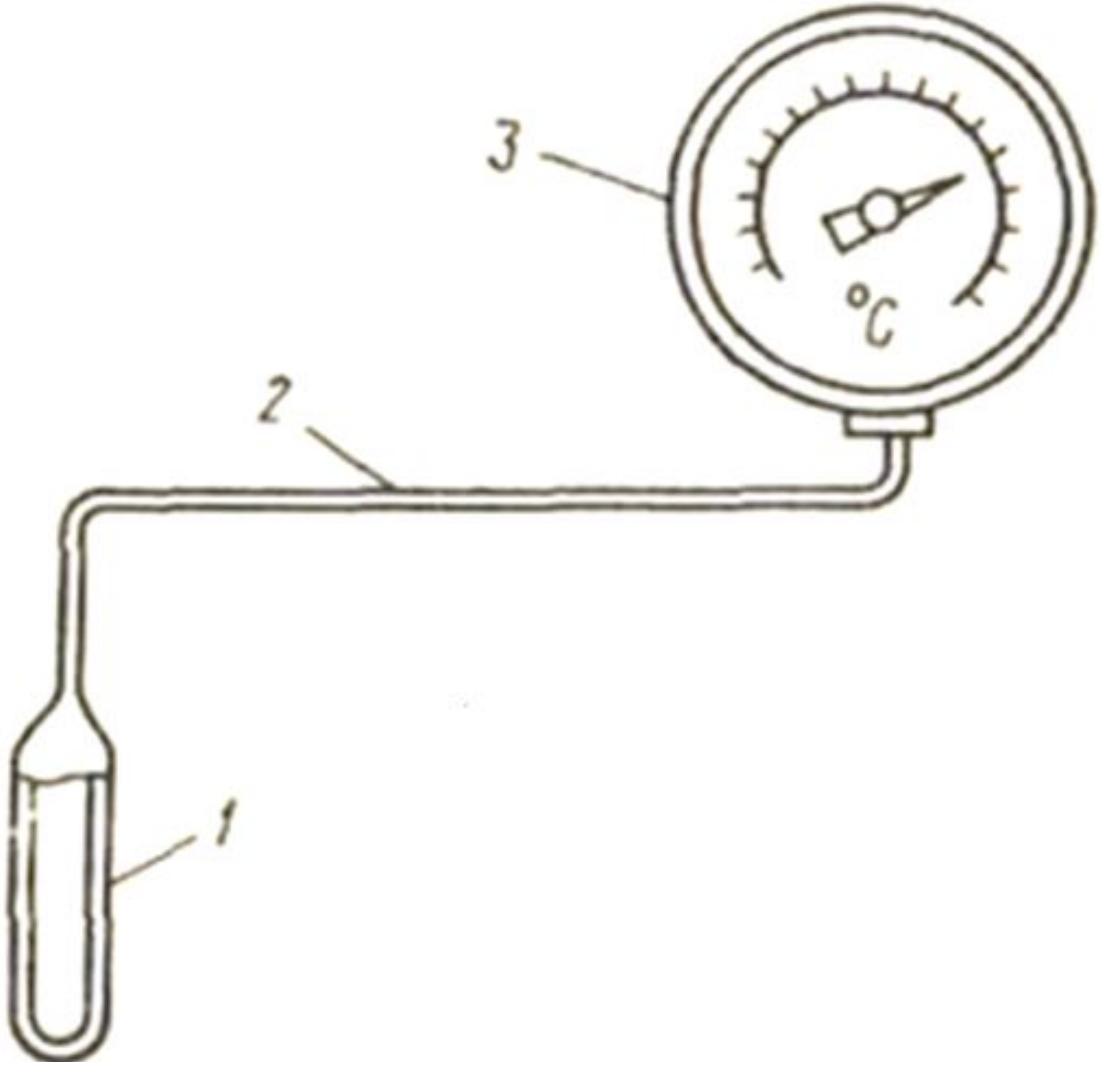


2.

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:

$$\Delta t_{М} = \frac{V_{М}}{V_{Б}}(t_{М} - t_{0})$$

- капиллярной трубки

$$\Delta t_{К} = \frac{V_{К}}{V_{Б}}(t_{К} - t_{0})$$

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 ºС

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

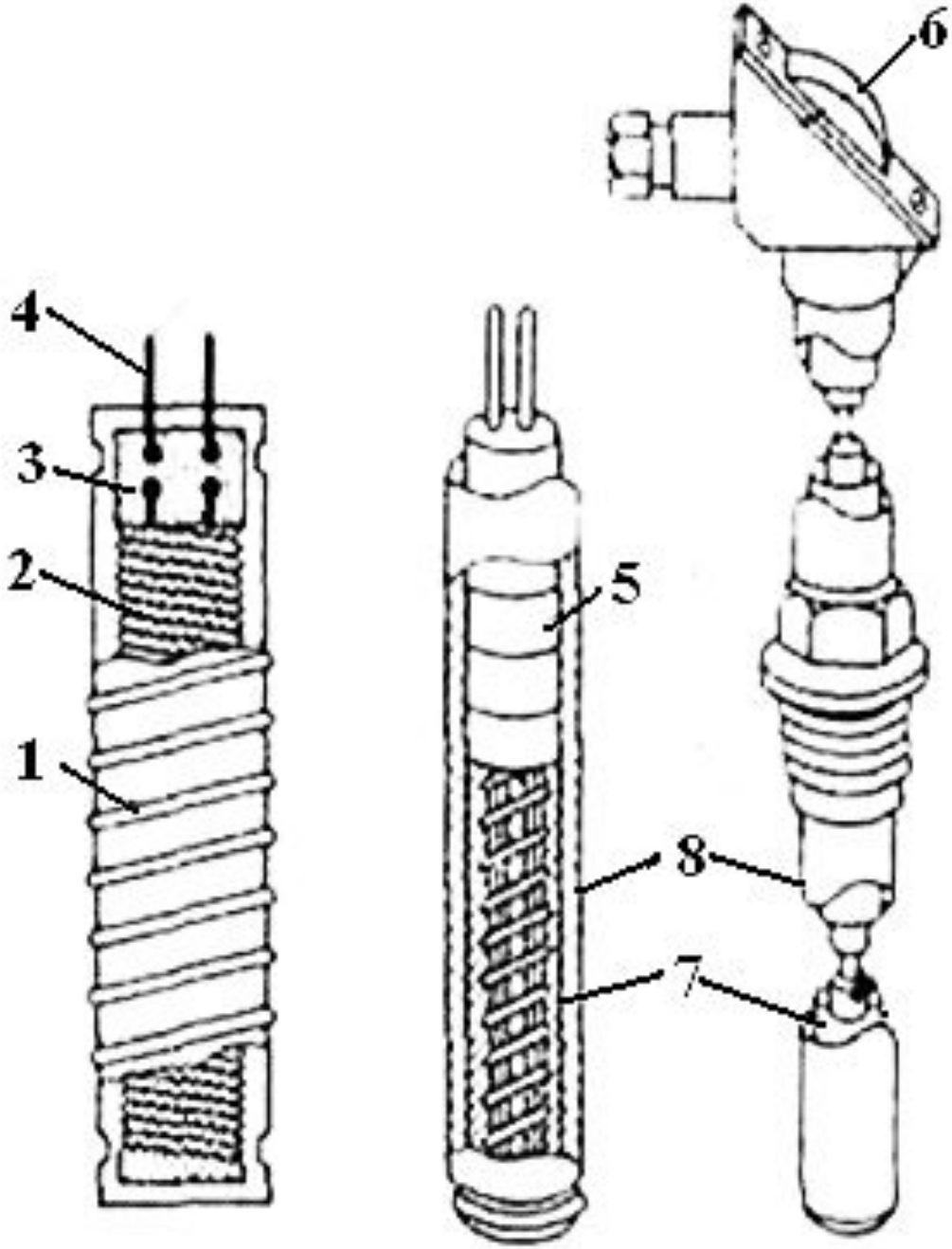
Удельное электрическое сопротивление

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

Температурный коэффициент сопротивления

$$\alpha = 3{,}9\cdot10^{-3}\ 1/\text{град}$$

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

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

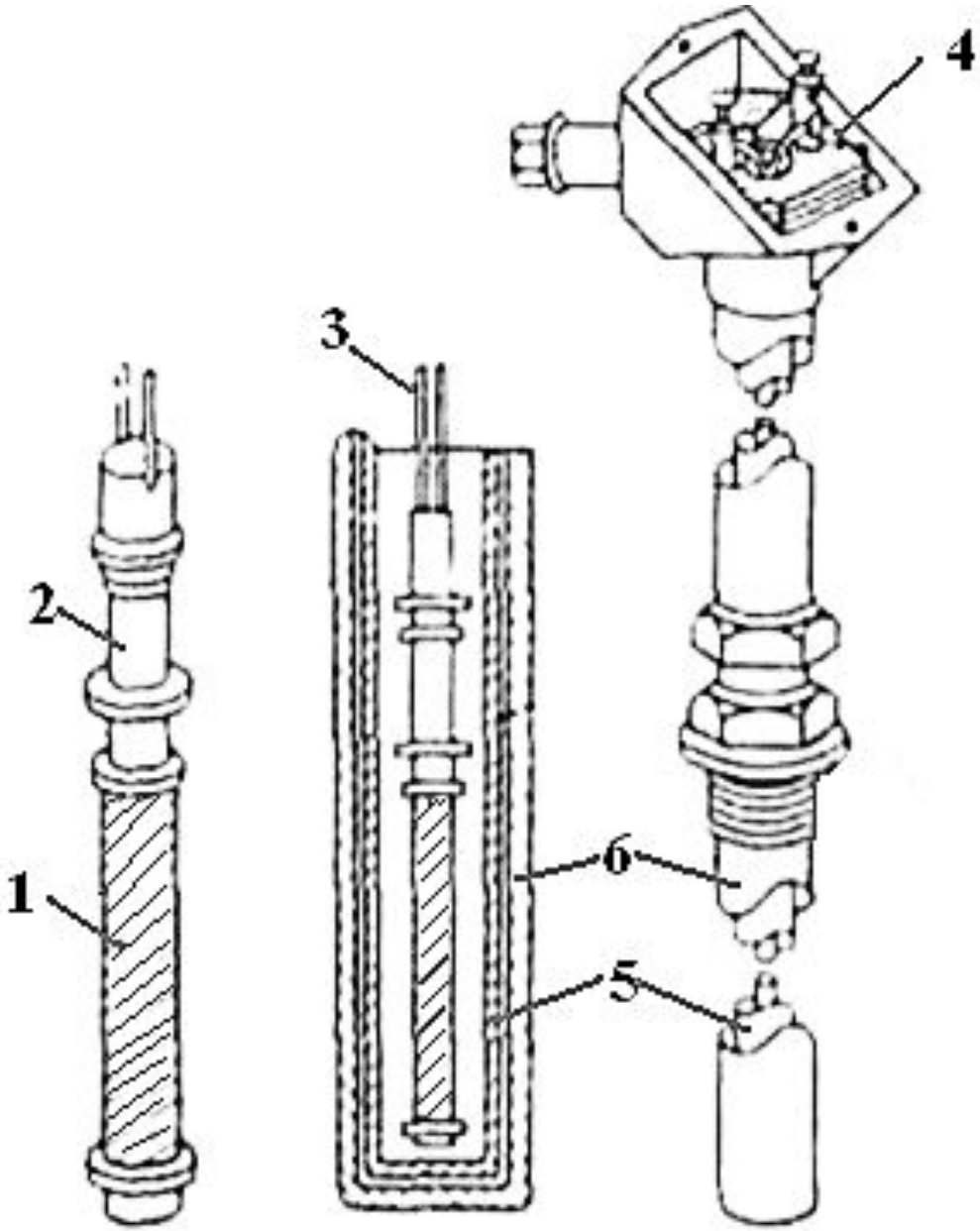
Температурный коэффициент сопротивления

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

board.com.ua

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°С;**
- **Одинаковыми статическими характеристиками;**
- **Одинаковой чистотой металлов и одинаковыми коэффициентами температурного сопротивления**

ПЛАТИНОВЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ ТСП

Предел измерения минус 200 - плюс 600 °С.

Серийно выпускаются:

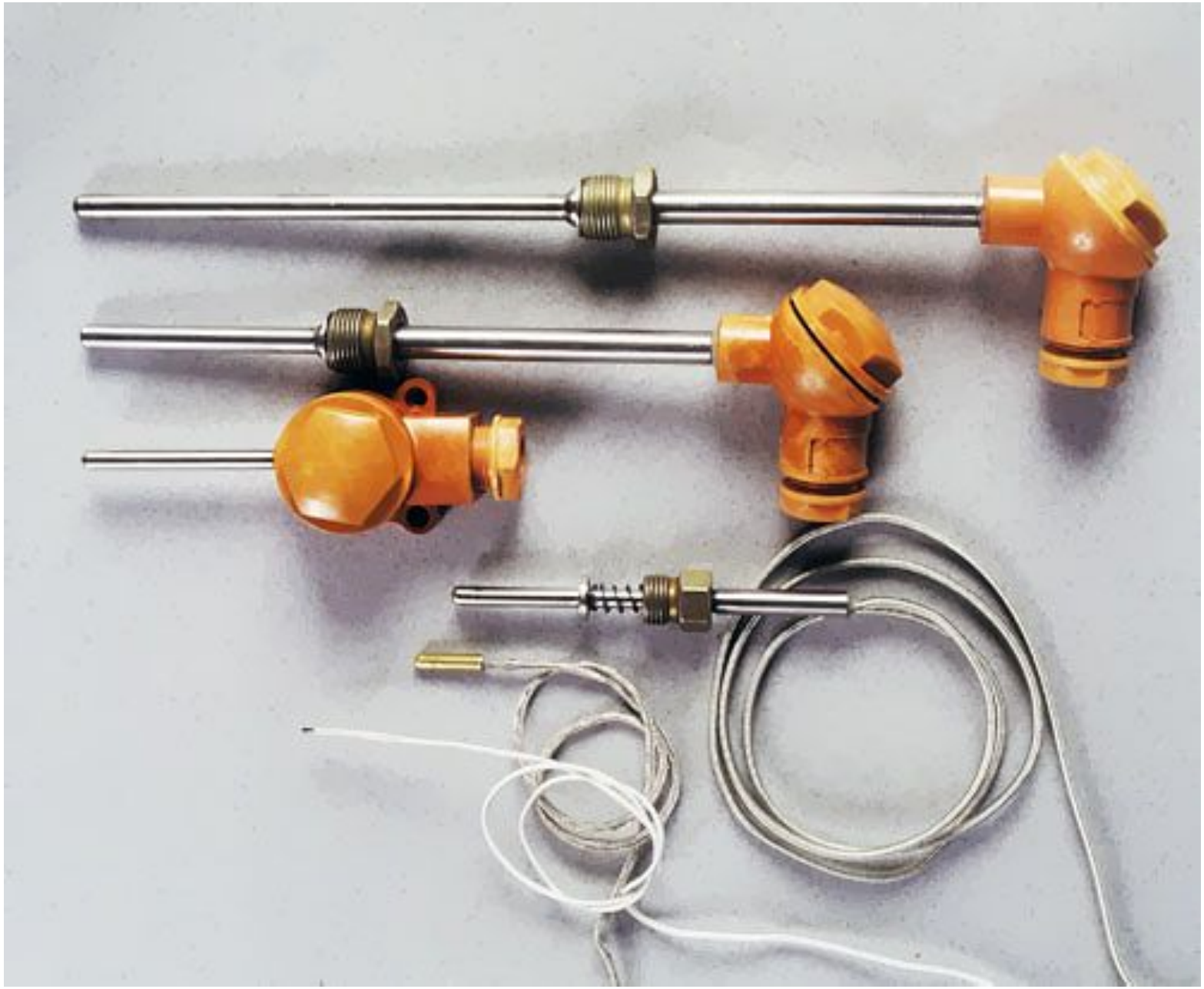
ТСП 50П и ТСП 100П, т.е. при 0° С сопротивление термометров 50 и 100 ом.

МЕДНЫЕ ТЕРМОМЕТРЫ ТСМ

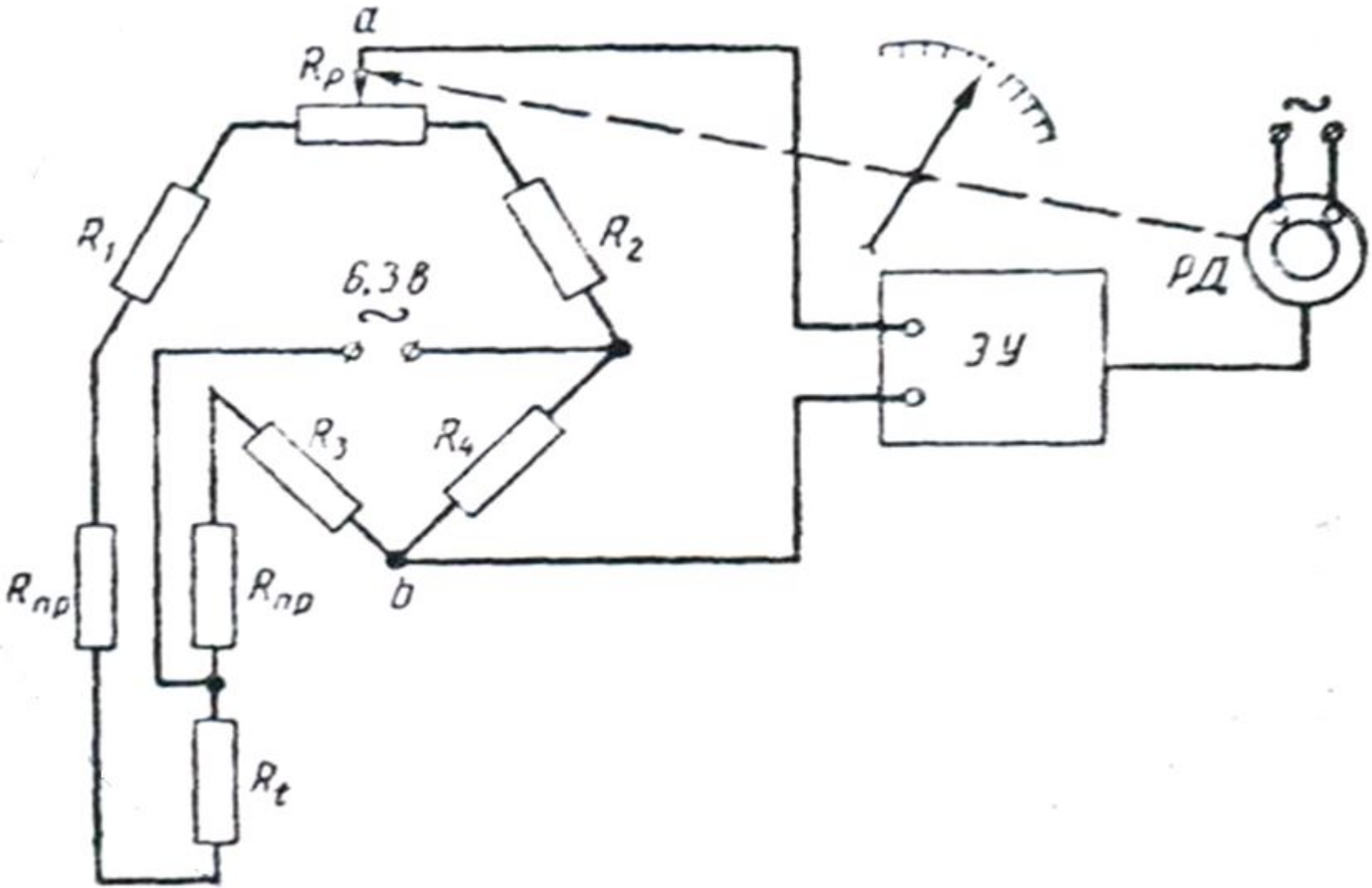
Предел измерения минус 50 - плюс180 °С.

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

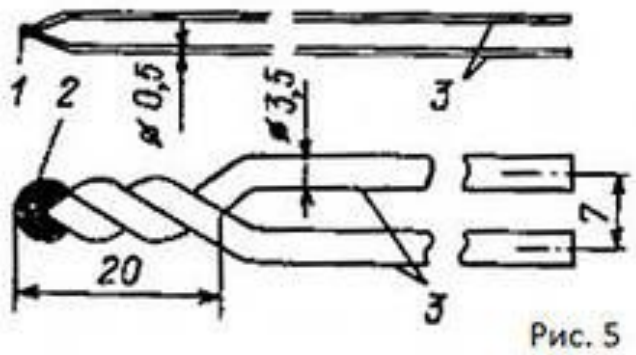


Рис. 5

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, спаи которой нагреты до температуры t и t_0 можно выразить уравнением

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

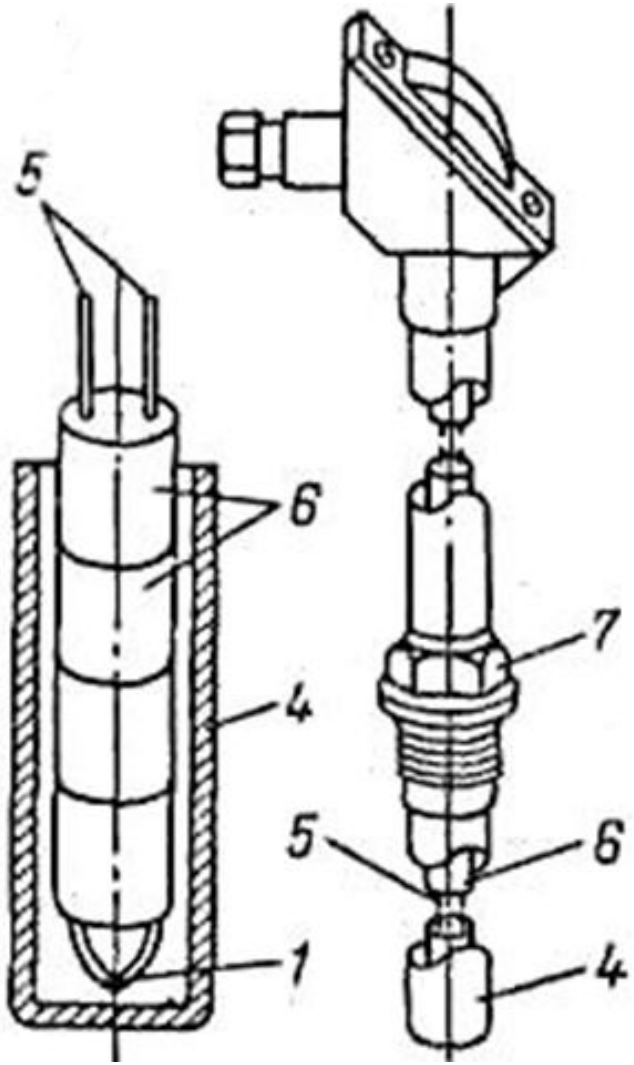
где $E_{AB}(tt_0)$ – суммарная ТДЭС; $e_{AB}(t)$ и $e_{AB}(t_0)$ – ТДЭС, обусловленные контактной разностью потенциал и разностью температур концов проводников А и В.

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

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

Поддерживая температуру одного из спаев постоянной t_0 = const и $f(t_0)$ = const, получим

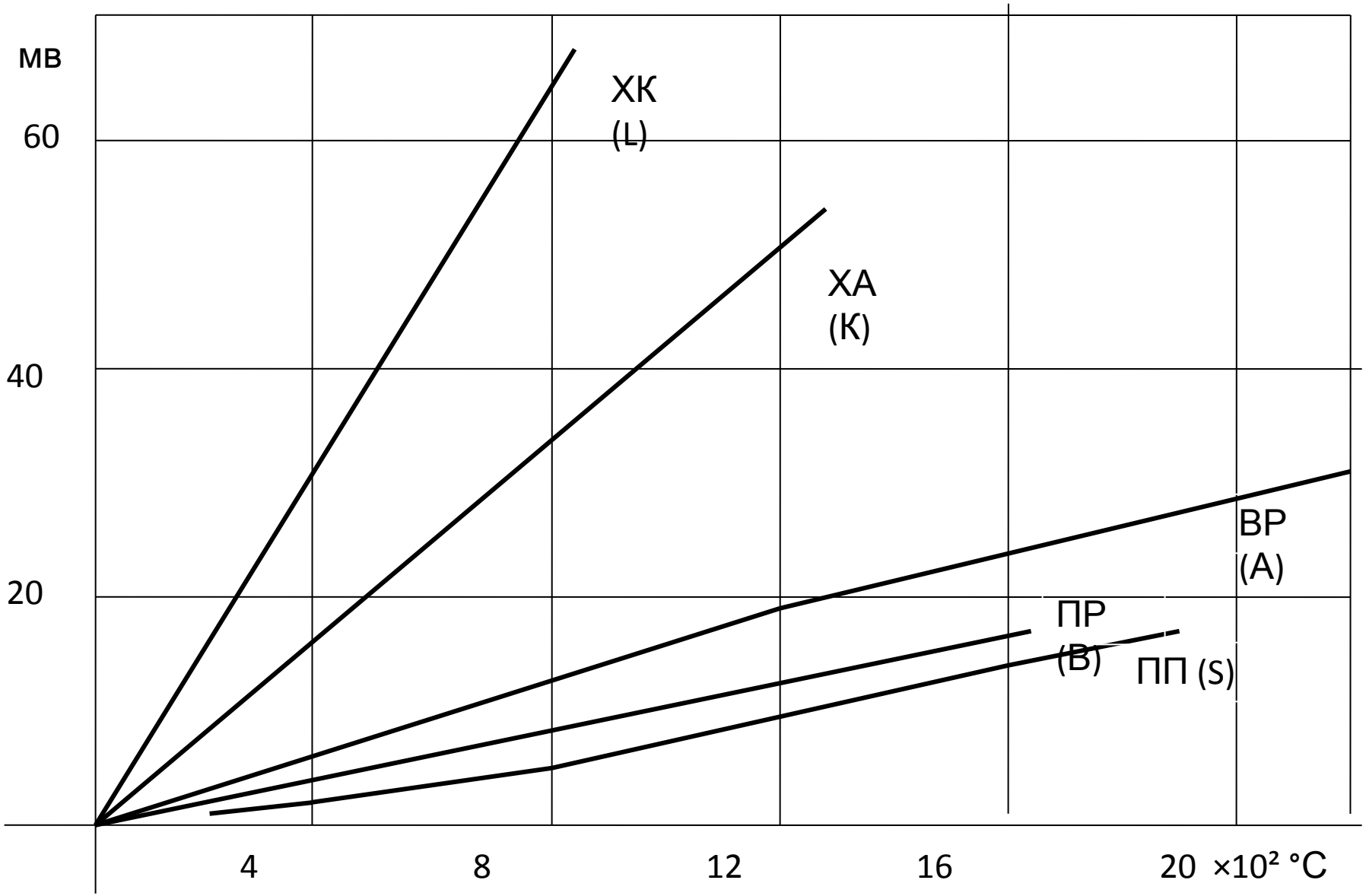
$$E_{AB}(tt_0) = f(t) - const = f(t) \qquad (3)$$



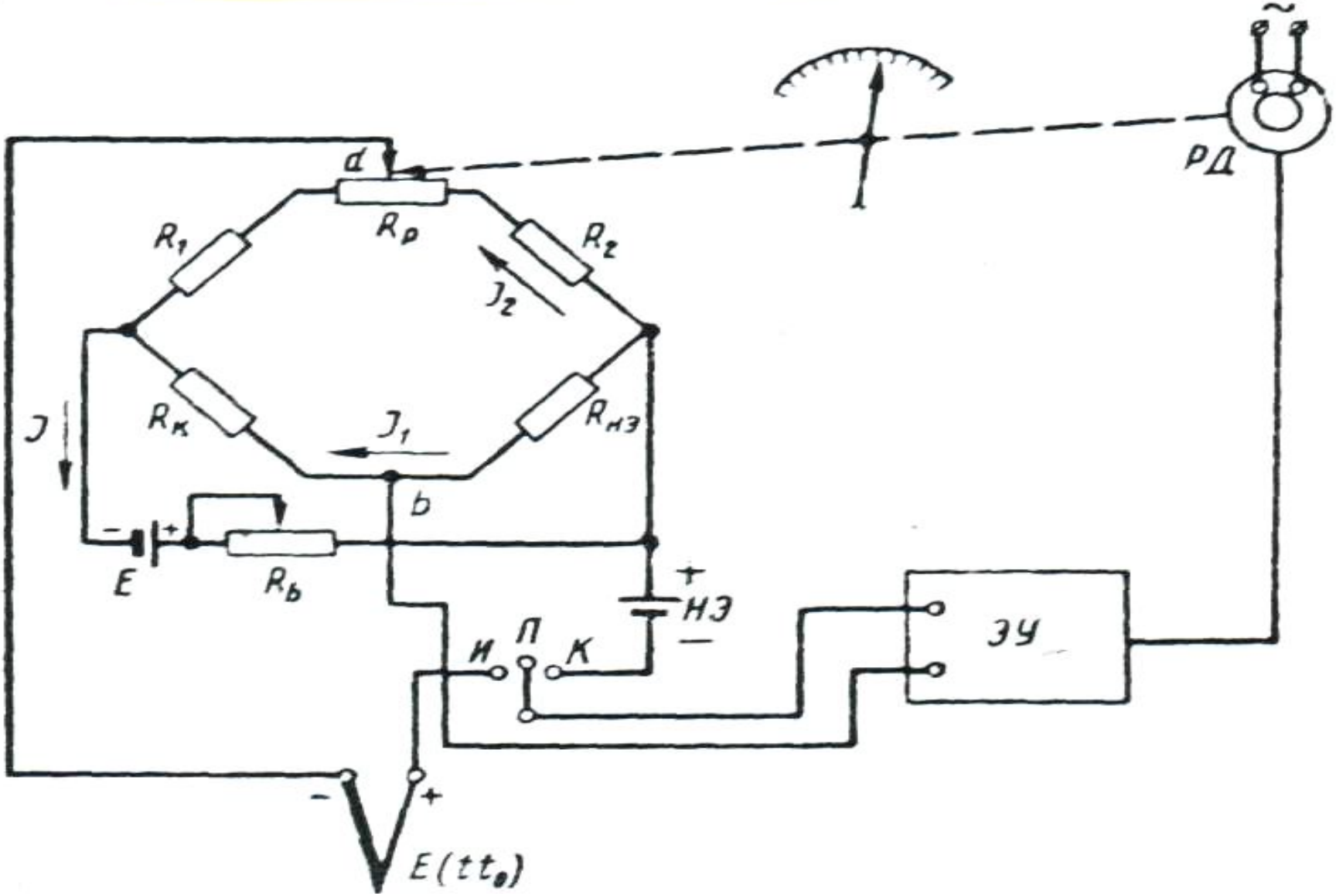
Технические термоэлектрические преобразователи (ТЭП):
1 – рабочий спай, 2 – фарфоровый защитный чехол, 3 – фарфоровая трубка, 4 – металлическая трубка, 5 – термоэлектроды, 6 – фарфоровые бусы, 7 – неподвижный штуцер.

Типы термоэлектрических преобразователей

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



Номинальные статические характеристики термоэлектрических преобразователей



Принципиальная схема автоматического потенциометра

Внешний вид ТЭП