

## ● Измерение температуры.

- Классификация приборов. Термометры расширения. Манометрические термометры. Термоэлектрические термометры, преобразователи. Типы градуировки. Вторичные приборы. Термопреобразователи сопротивления, их свойства и принцип действия. Пирометры излучения.

## ● Классификация термометров

- **Контактные приборы и методы** по принципу действия разделяются на:
  - А) **Термометры контактные волюметрические** - изменение объема (*volume*) жидкости или газа меняется с изменением температуры.
  - Б) **Термометры дилатометрические**, в которых о температуре судят по удлинению различных материалов при изменении температуры. Например - датчик это пластинка, изготовленная из двух металлов с разными температурными коэффициентами расширения и изгибающаяся при нагревании или охлаждении.
  - В) **Термопары** - два разнородных, спаянных по концам проводника. При изменении температуры спая в проводниках возникает электрический ток, который и служит мерой изменения температуры. Температура измеряется по термоЭДС или по величине силы тока термопары.
  - Г) **Термосопротивления** - изменение сопротивления проводника с изменением температуры.
- **Неконтактные методы**, в основе которых лежит регистрация собственного теплового или оптического излучения, можно представить следующими направлениями:
  - А) **Радиометрия** - измерение температуры по собственному тепловому излучению тел. Для невысоких и комнатных температур это излучение в инфракрасном диапазоне длин волн.
  - Б) **Тепловидение** - радиометрическое измерение температуры с преобразованием температурного поля в телевизионное изображение иногда с цветовым контрастом. Позволяет измерять градиенты температуры, температуру среды в замкнутых объемах, например температуру жидкостей в резервуарах и трубах.
  - В) **Пирометрия** - измерение температуры самосветящихся объектов: пламен, плазмы, астрофизических объектов. Используется принцип сравнения либо яркости объекта со стандартом яркости (яркостный пирометр и яркостная температура), либо цвета объекта с цветом стандарта (цветовой пирометр и цветовая температура), либо тепловой энергии, излучаемой объектом с энергией, испускаемой стандартным

- **В 17 веке термоскоп был заполнен спиртом флорентийским ученым Торричелли. Прибор был перевернут шариком вниз. Действие прибора основывалось на расширении спирта при нагревании.**

**В 1694 году Карло Ренальдини предложил принять в качестве двух крайних точек температуру таяния льда и температуру кипения воды.**

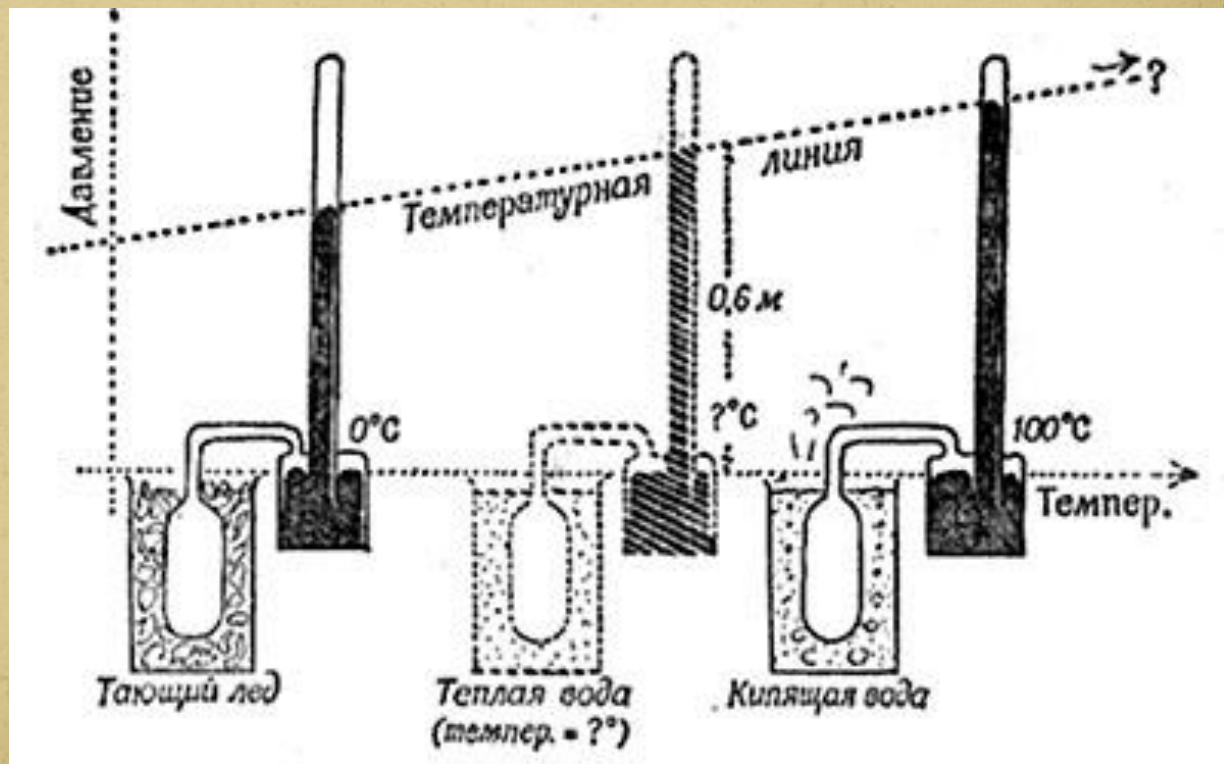
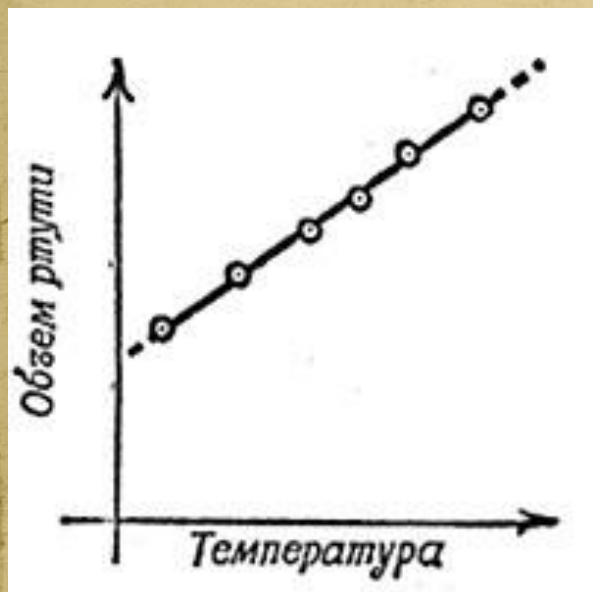
**В 1714 году Д. Г. Фаренгейт изготовил ртутный термометр. Термометром Фаренгейта в США пользуются и до сих пор.**

**В 1742 г., Цельсий (1701-1744 гг.) разделил интервал на 100 частей, но принял за  $100^{\circ}\text{C}$  температуру таяния льда, а за  $0^{\circ}\text{C}$  - температуру кипения воды. Возникает естественный вопрос - почему и Делиль, и Цельсий поставили шкалу "вверх тормашками"? Идея заключалась в том, чтобы при измерении низких температур избежать отрицательных значений градусов. Чем больше мороз, тем больше термометр показывал градусов холода.**

**В 1750 г. Штремер все же "перевернул" шкалу Цельсия, и она приняла современный вид. Однако наименование "градус Цельсия" осталось.**

<b>Описание</b>	<b>Кельвин</b>	<b>Цельсий</b>	<b>Фаренгейт</b>	<b>Ранкин</b>	<b>Ньютон</b>	<b>Реомюр</b>
<b>Абсолютный ноль</b>	<b>0</b>	<b>-273.15</b>	<b>-459.67</b>	<b>0</b>	<b>-90.14</b>	<b>-218.52</b>
<b>Температура таяния смеси Фаренгейта (соль и лед в равных количествах)</b>	<b>255.37</b>	<b>-17.78</b>	<b>0</b>	<b>459.67</b>	<b>-5.87</b>	<b>-14.22</b>
<b>Температура замерзания воды</b>	<b>273.15</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>491.67</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Средняя температура человеческого тела <sup>1</sup></b>	<b>310.0</b>	<b>36.8</b>	<b>98.2</b>	<b>557.9</b>	<b>12.21</b>	<b>29.6</b>
<b>Температура кипения воды</b>	<b>373.15</b>	<b>100</b>	<b>212</b>	<b>671.67</b>	<b>33</b>	<b>80</b>



Тепловое расширение **ртути**, в отличие от большинства жидкостей, - **линейно!**  
Что дает нам еще один повод использовать ртутный термометр, как более точный, нежели спиртовой или глицериновый



# Термометры

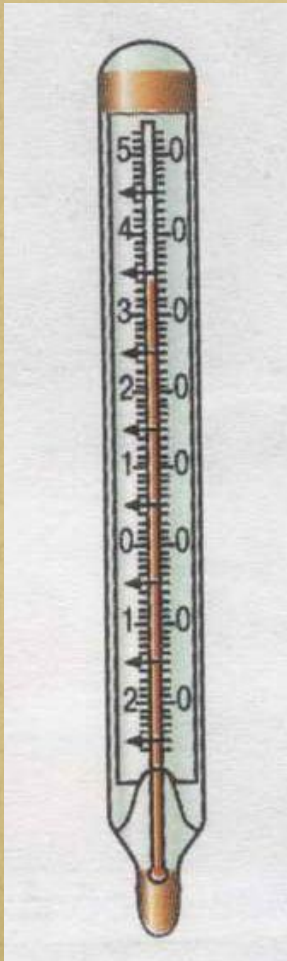


# Термометры расширения

Термометры расширения стеклянные		Биметаллические	Манометрические термометры
Тл-4 лабораторный		ТГП-100М1 газовый	
Тр-1 эталон		ТКП-100М1 конденсационный	
СП -1		ТЖП-100 жидкостный	
ТПК-М электро- контактный			
ТТ,ТТМ прямой или угловой			

# Термометры расширения

**РТУТНЫЙ**



**Спиртовый комнатный  
термометр**

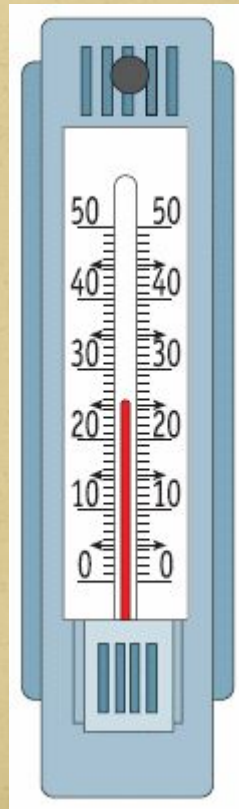
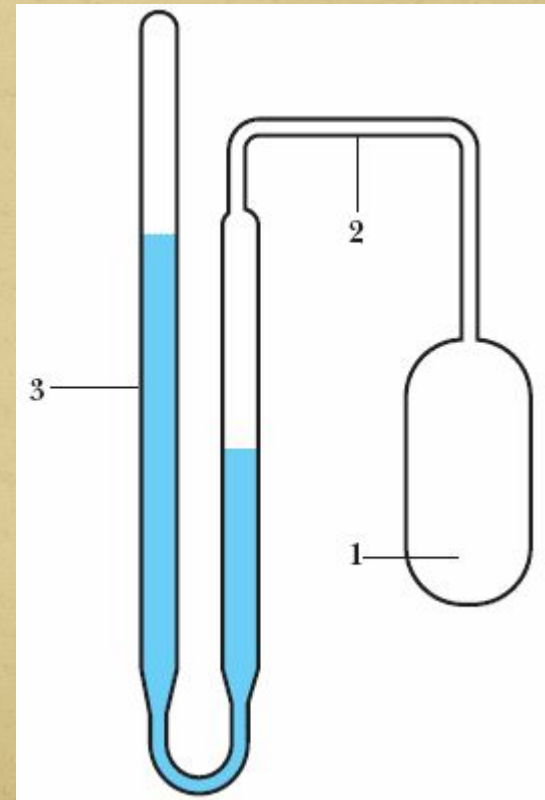


Схема устройства газового  
термометра:

1 – резервуар, заполненный газом;  
2 – соединительный капилляр;  
3 – манометр





**Термометры сопротивления**

ТСМ (медь)

ТСП (платина)

ТСПУ

ТСМУ

КТПТР

Метран 286 выход 4...20мА HART протокол

Термистор



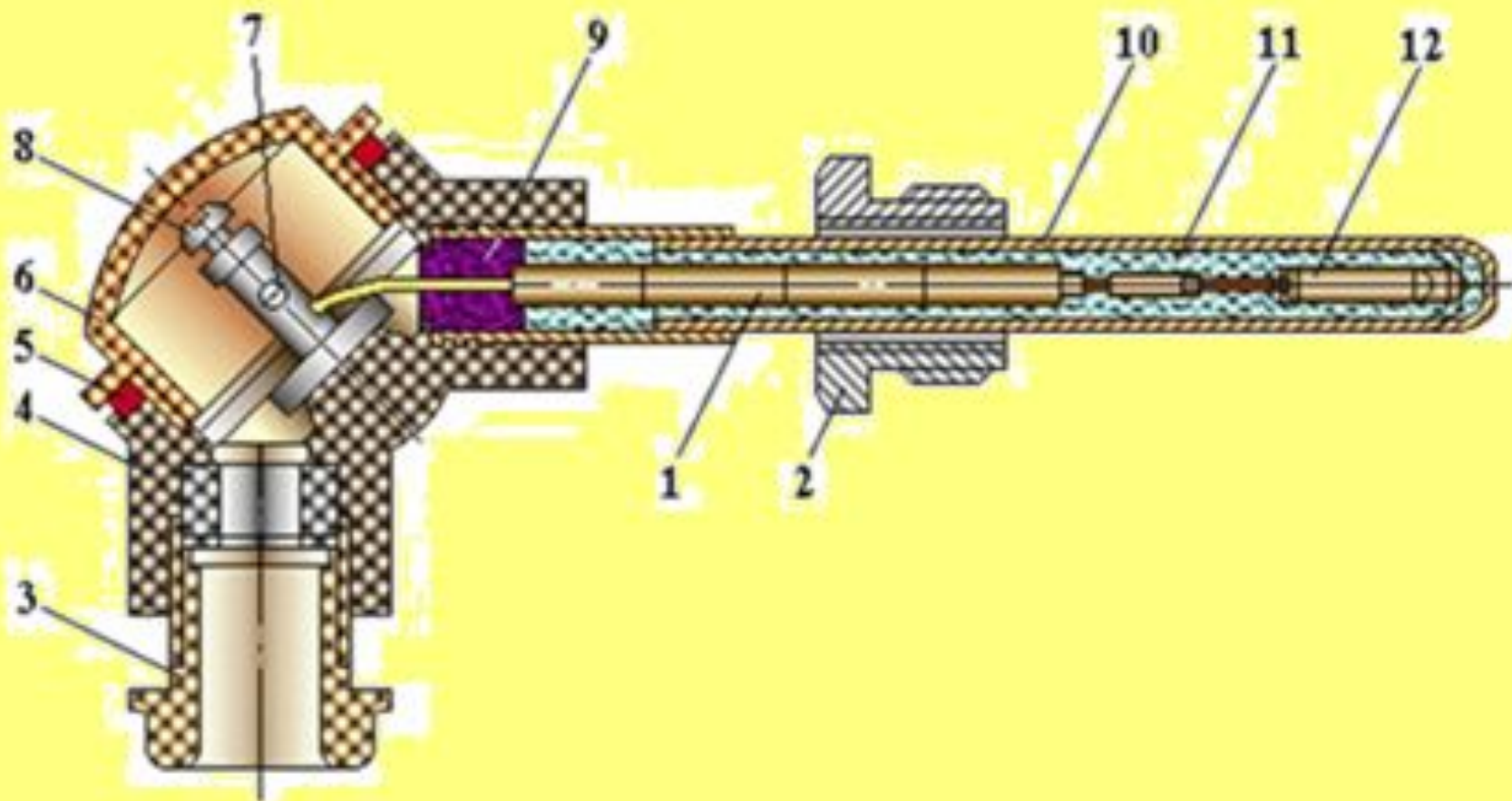
**термистор**



**Установка термосопротивления**

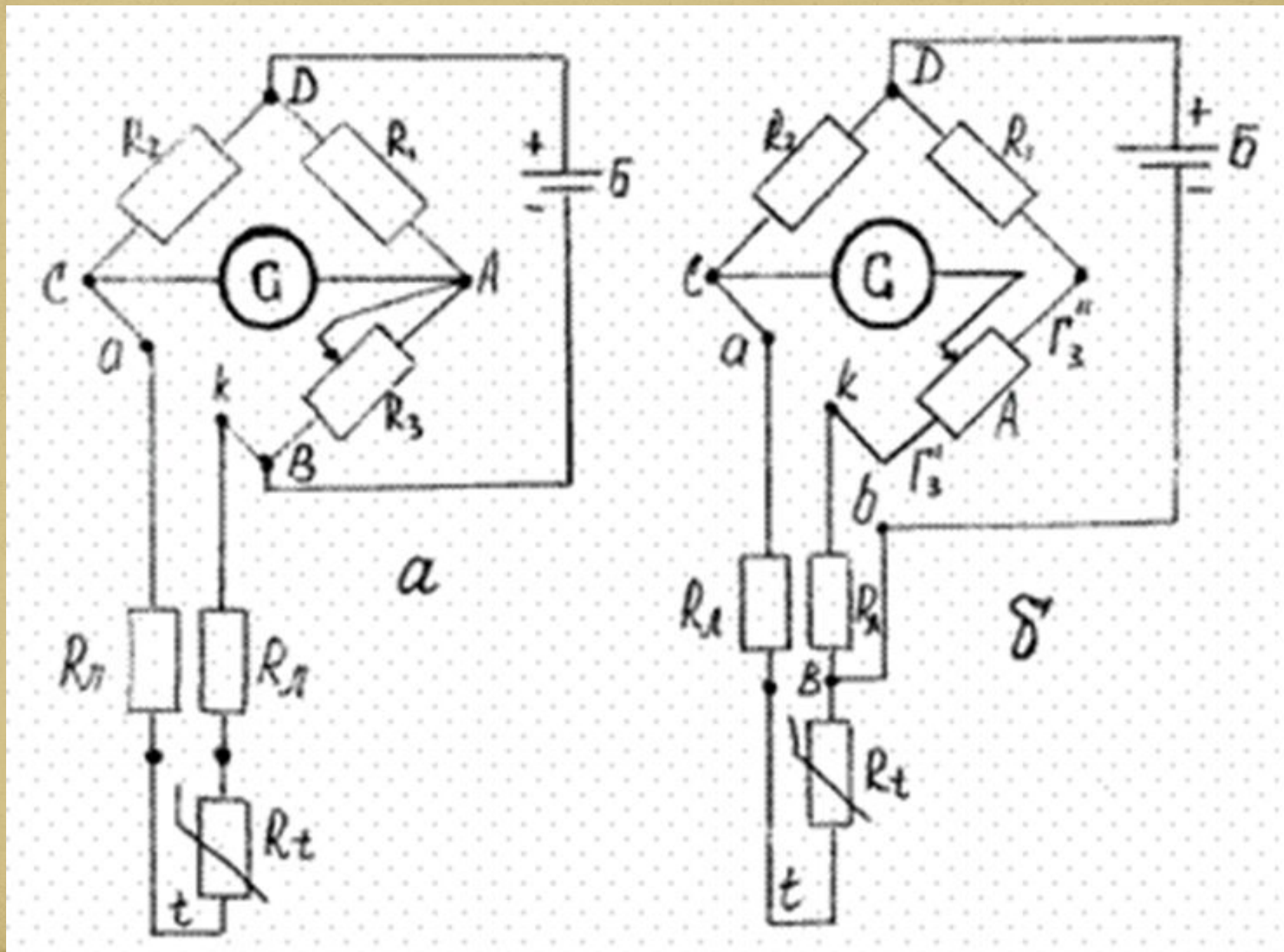


## Термопреобразователь сопротивления



1 – фарфоровый изолятор; 2, 3 – штуцер; 4 – головка; 5 – прокладка;  
6 – крышка; 7 – контактная клемма; 8 – контакт для подсоединения  
измерительного прибора; 9 – компаунд; 10 – защитная гильза; 11 – окись  
алюминия; 12 – чувствительный элемент

# Схема включения в электрическую цепь термосопротивления

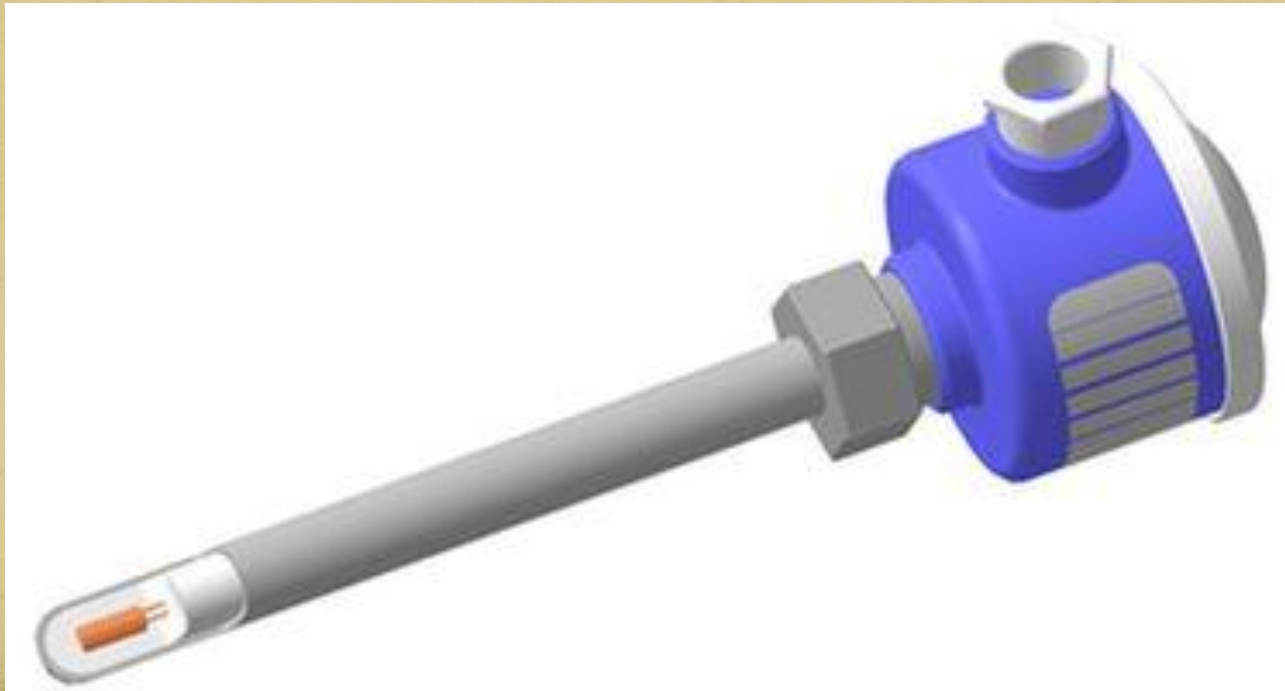


**ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЯ БЫВАЮТ ПЛАТИНОВЫЕ (ТСП) И МЕДНЫЕ (ТСМ)**



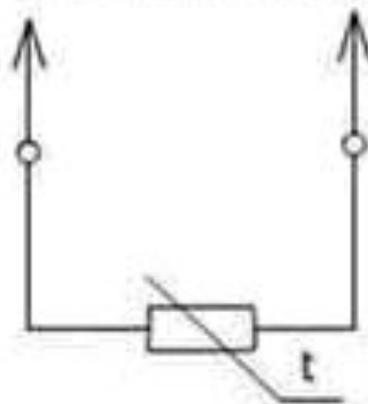
Термосопротивление - катушка, с намотанной тонкой (0,05 или 0,063 мм) медной или платиновой проволокой. Катушка помещается внутрь металлической гильзы с герметизирующей засыпкой или заливкой.

Градуировка датчиков 50М, 50П, 100М, 100П, Pt100, 500М и 500П обозначает сопротивление в омах при 0°C



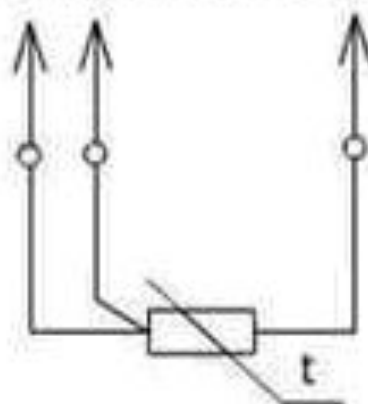
- Подключение датчиков термосопротивления производится по двух, трех ИЛИ четырех проводной схеме. Двухпроводная схема подключения используется крайне редко, так как в этом случае сопротивление соединительных проводов вносит существенную погрешность в измерение. . Датчики термосопротивления чаще всего имеют четыре клеммы для подключения соединительных проводов.

к вторичному прибору



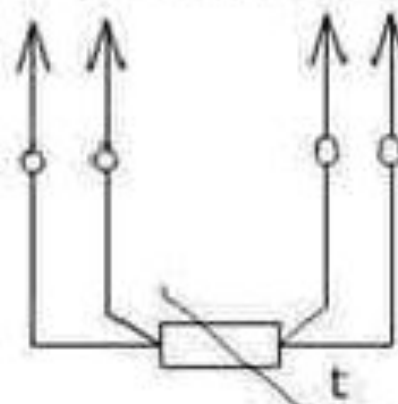
Двухпроводная схема

к вторичному прибору



Трехпроводная схема

к вторичному прибору



Четырехпроводная схема

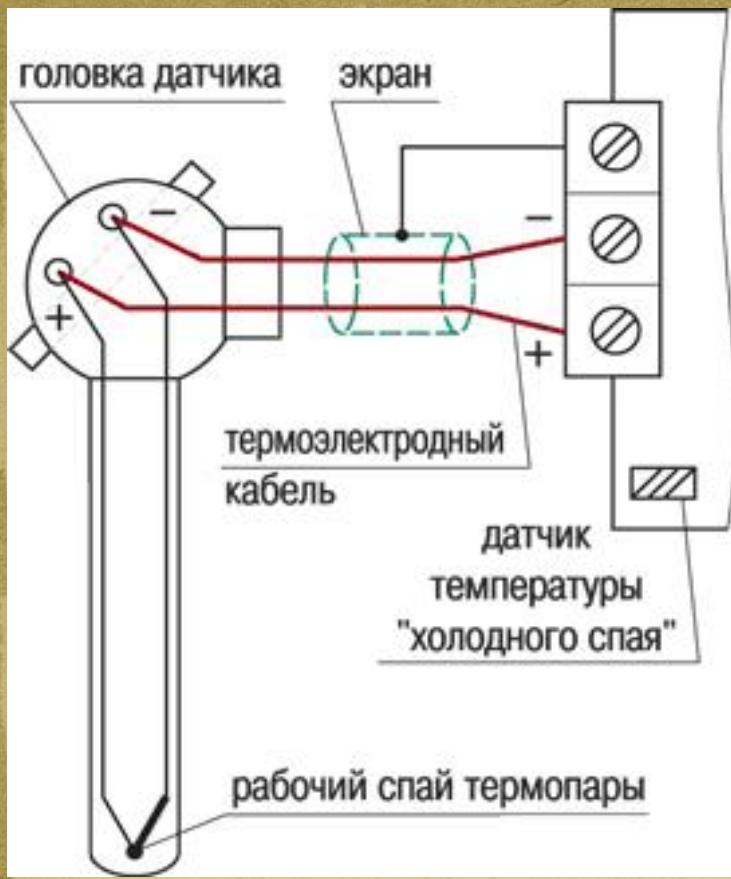
# Зависимость сопротивления платиновых термометров от температуры (градуировочные таблицы)

Температура	Сопротивление R для градуировки, Ом		Температура, °C	Сопротивление для градуировки, Ом	
	гр. 21	гр. 22		гр. 21	гр. 22
-200	7,95	17,28	250	89,96	195,56
—150	17,85	38,80	300	98,34	213,79
-100	27,44	59,65	350	106,60	231,73
- 50	36,80	80,00	400	114,72	249,38
0	46,00	100,00	450	122,70	266,74
50	55,06	119,70	500	130,55	283,80
100	63,99	139,10	550	—	(300,58)
150	72,78	158,21	600	—	(317,06)
200	81,43	177,03	650	—	(333,25)

## Зависимость сопротивления медных термометров от температуры (градуировочные таблицы)

Температура, ° С	Сопротивление для градуировки, Ом		Температура. °С	Сопротивление R для градуировки, ом	
	гр. 23	гр24		гр. 23	гр. 24
—50	41,71	78,70	+ 75	69,93	131,95
-25	47,36	89,35	+100	75,58	142,60
0	53,00	100,00	+125	81,22	153,25
+25	58,65	110,65	+150	86,87	163,90
+50	64,29	121,30	+180	93,64	176,68





# Т ер м о п а р ы

ТВР (А)	(вольфрамовый - вольфрамниевый)
ТПР (В)	(платиновый платиновый)
ТПП (S,R)	(платиновый платиновый)
ТХА (К)	(хромель-алюмелевый)
ТХК L)	(хромель-копелевый)
ТХК (Е)	(хромель-константовый)
ТНН (N)	(никросил-никсильный)
ТМК (Т)	(медь-константовый)
ТЖК (J)	(железо-константовый)



## Термоэлектрические преобразователи (ТЕРМОПАРЫ)

При нагревании двух скрученных проволок из разных металлов возникает термоЭДС, для измерения которой в цепь термопары включается измерительный прибор (милливольтметр, потенциометр).

Если температура свободных концов отлична от нуля, то показания приборов будут ошибочными. Введение поправки на температуру свободных концов может производиться следующими способами:

- 1) применением удлиняющих термоэлектродных проводов, изготовленных из материалов, имеющих ту же термоэлектрическую характеристику,;
- 2) применением компенсирующего моста;
- 3) применением специального медного сопротивления в автоматических потенциометрах;
- 4) охлаждение свободных концов при постоянной температуре  $0^{\circ}\text{C}$ .

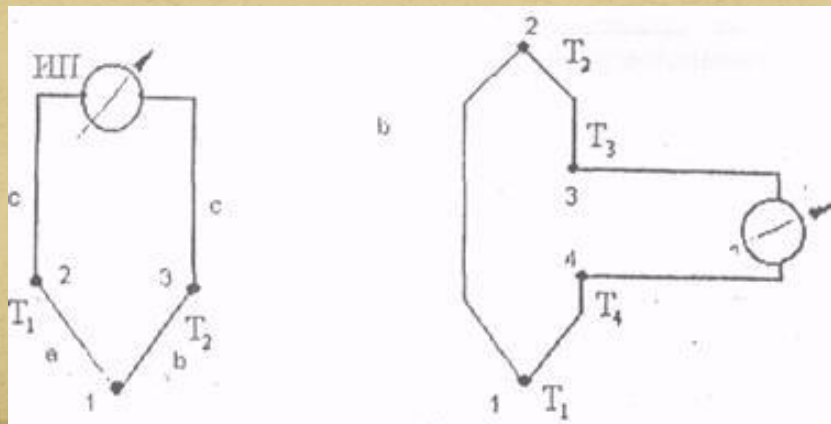


Схема термопары  
защитный чехол 1  
штуцер 2  
корпус 3  
контактное устройство 4 с зажимами для  
соединения термоэлектродов 5 с проводами,  
идушими от измерительного прибора к термометру  
керамические трубки (бусы) 6

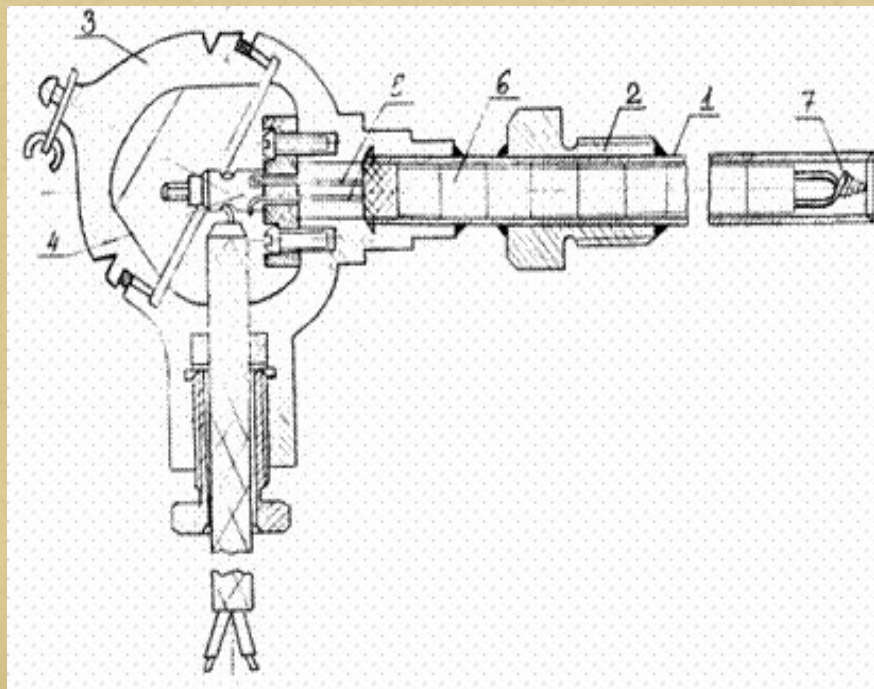
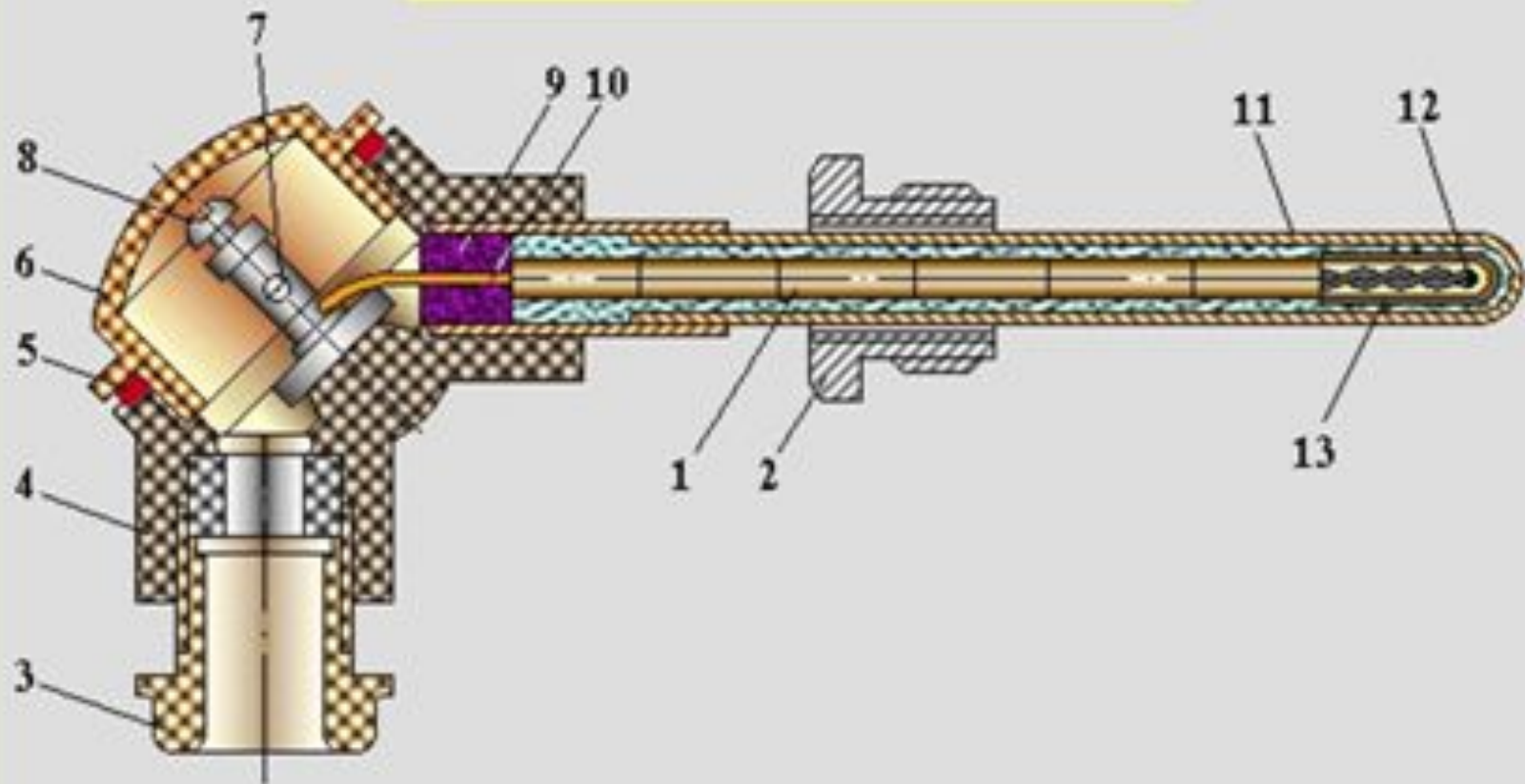


Рис. 4

# Термоэлектрический преобразователь

## термопара



1 – изолятор; 2, 3 – штуцер; 4 – головка; 5 – прокладка; 6 – крышка;  
7 – контактная клемма; 8 – контакт для компенсационных проводов;  
9 – компаунд; 10 – термоэлектрод; 11 – защитная гильза; 12 – горячий спай; 13 – керамический наконечник

# Термометры контактные волюметрические

- Манометрический сигнализирующий термометр «ТКП-160Сг-М2»
- Соединение термобаллона с корпусом для местных термометров осуществляется в двух исполнениях:
- - с радиальным расположением термобаллона;
- - с осевым расположением термобаллона.

Область применения ТКП-160-Сг-М2: Электрические отопительные котлы, водонагреватели, термостаты, масляные трансформаторы, управление температурными режимами нагревательных элементов промышленных и бытовых установок (термопластавтоматы, пресса для изготовления РТИ и пластмассы и т.п.).



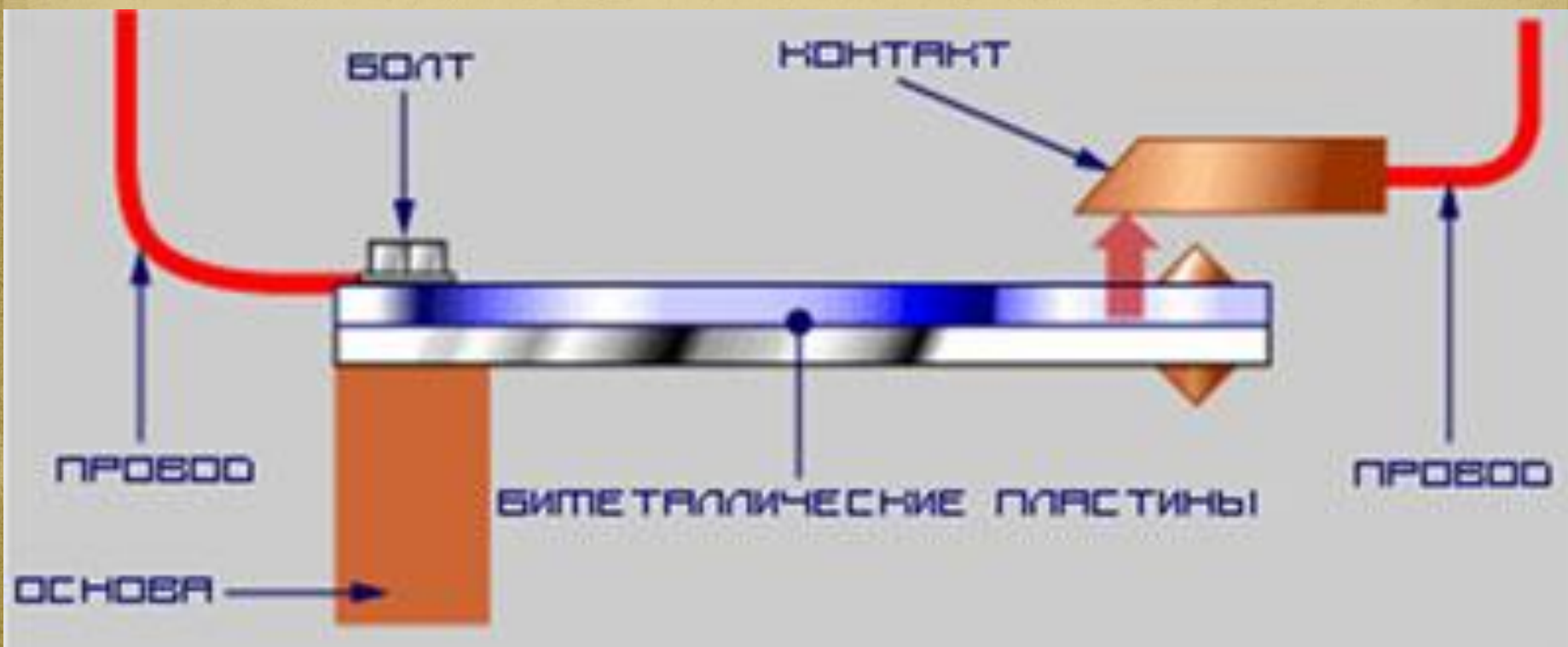
## Термометры контактные дилатометрические

- Биметаллические термометры «R52» предназначены для контроля за температурой среды от нуля до ста шестидесяти градусов



Пластина с черным металлом расширяется сильнее, чем пластина с синим металлом, такое устройство используется в духовке. В холодильнике при повышении температуры синий металл расширяется быстрее, чем черный. Это расширение заставляет пластину сгибаться вверх, соприкасаться с контактом, для того, чтобы потек электрический ток по пластине.

Длинные биметаллические пластины, наматывают в спирали. Это типичное устройство сигнализирующего термометра. С помощью наматывания очень длинной пластины термометр можно сделать гораздо более чувствительным к маленьким изменениям температуры



Кварцевые термометры – это преобразователи, использующие в качестве чувствительного элемента пьезоэлектрический резонатор с сильной зависимостью частоты от температуры.

Измерение температуры с помощью термочувствительных кварцевых резонаторов основано на использовании анизотропии кристалла кварца. Выбирая соответствующую ориентацию среза пьезоэлемента относительно кристаллографических осей, можно изменять его термочастотную характеристику (ТЧХ).



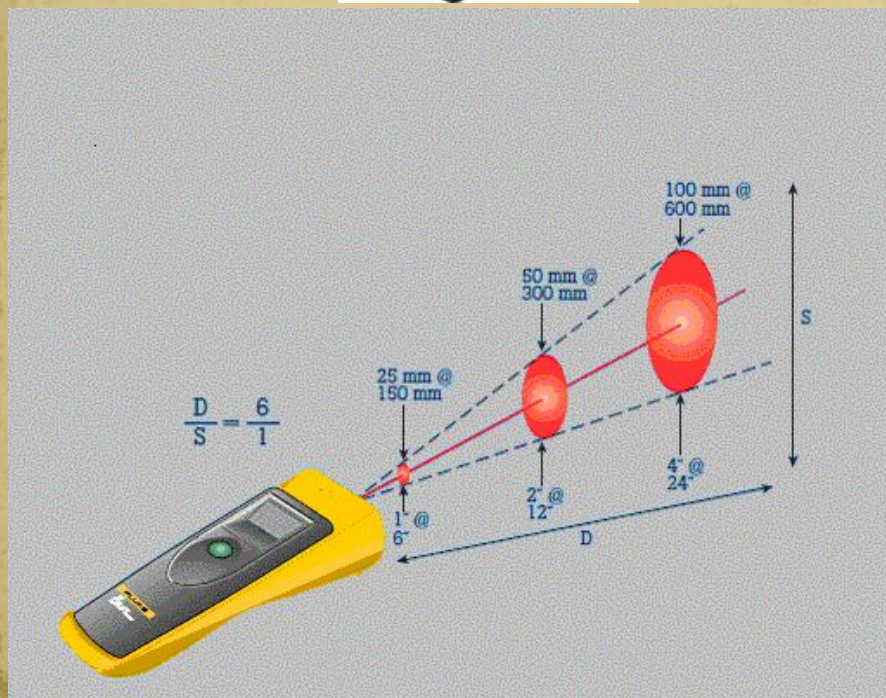
Безконтактный  
метод измерения  
температуры

Пиро  
метр  
ы

Монохроматические

Полного или частичного излучения

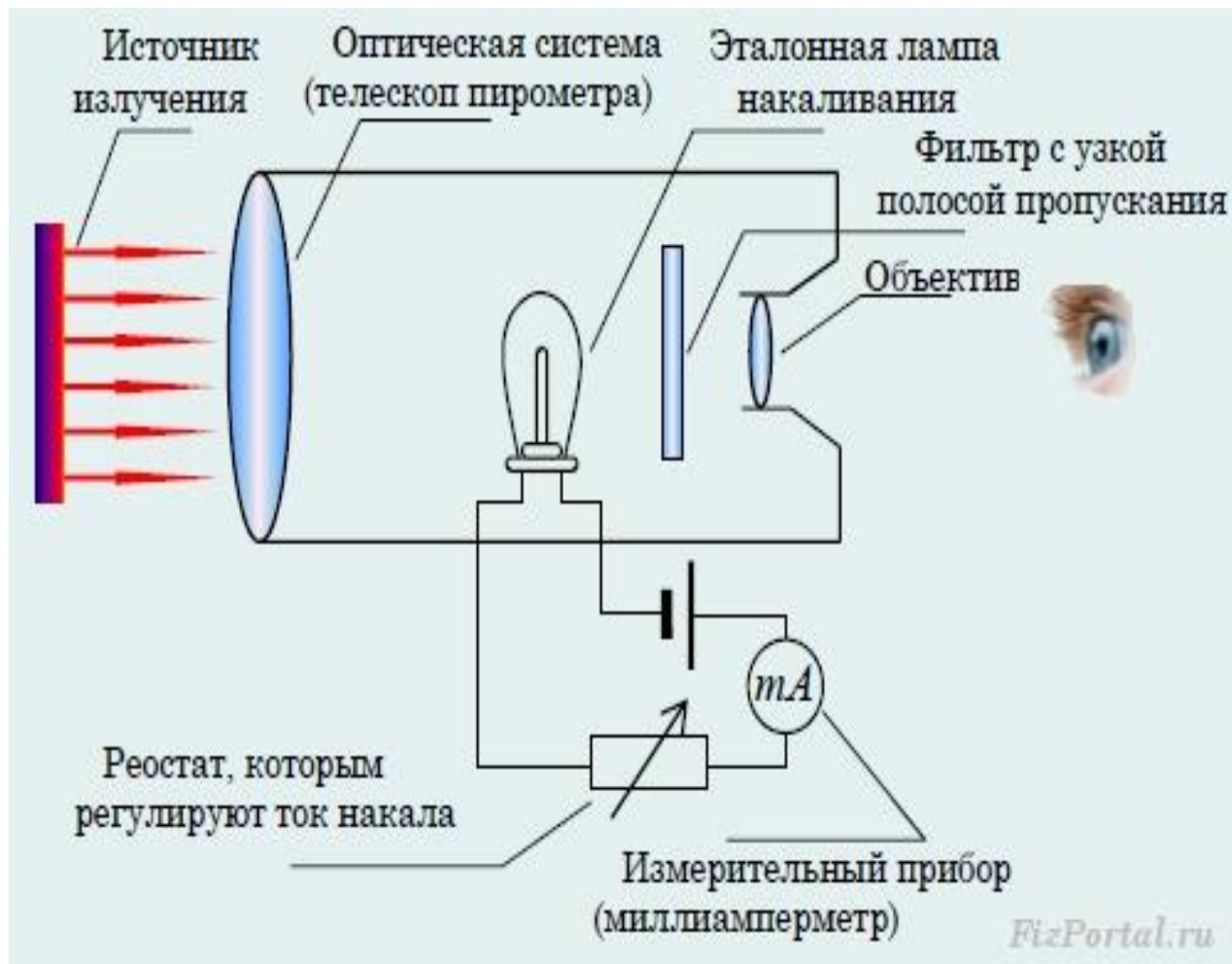
Спектрального отношения



Если нужно измерять температуру объекта с расстояния 4 метра, то ИК термометр с оптическим разрешением 4:1 вряд ли подойдет. Диаметр излучающей поверхности будет слишком большой, и в поле зрения термометра попадут посторонние объекты. Лучше выбрать разрешение, по крайней мере, 50:1. Однако если необходимо принимать излучение с небольшого расстояния, то лучше выбрать термометр с разрешением 4:1, т.к у него будет больше минимальная допустимая площадь излучения. Необходимо иметь ввиду, точность измерений температуры может значительно снижаться, если пользователь ошибочно нацеливает ИК термометр на большую площадь, чем площадь измеряемого объекта. У большинства современных термометров имеется специальный лазерный целеуказатель для точного наведения на объект измерения.

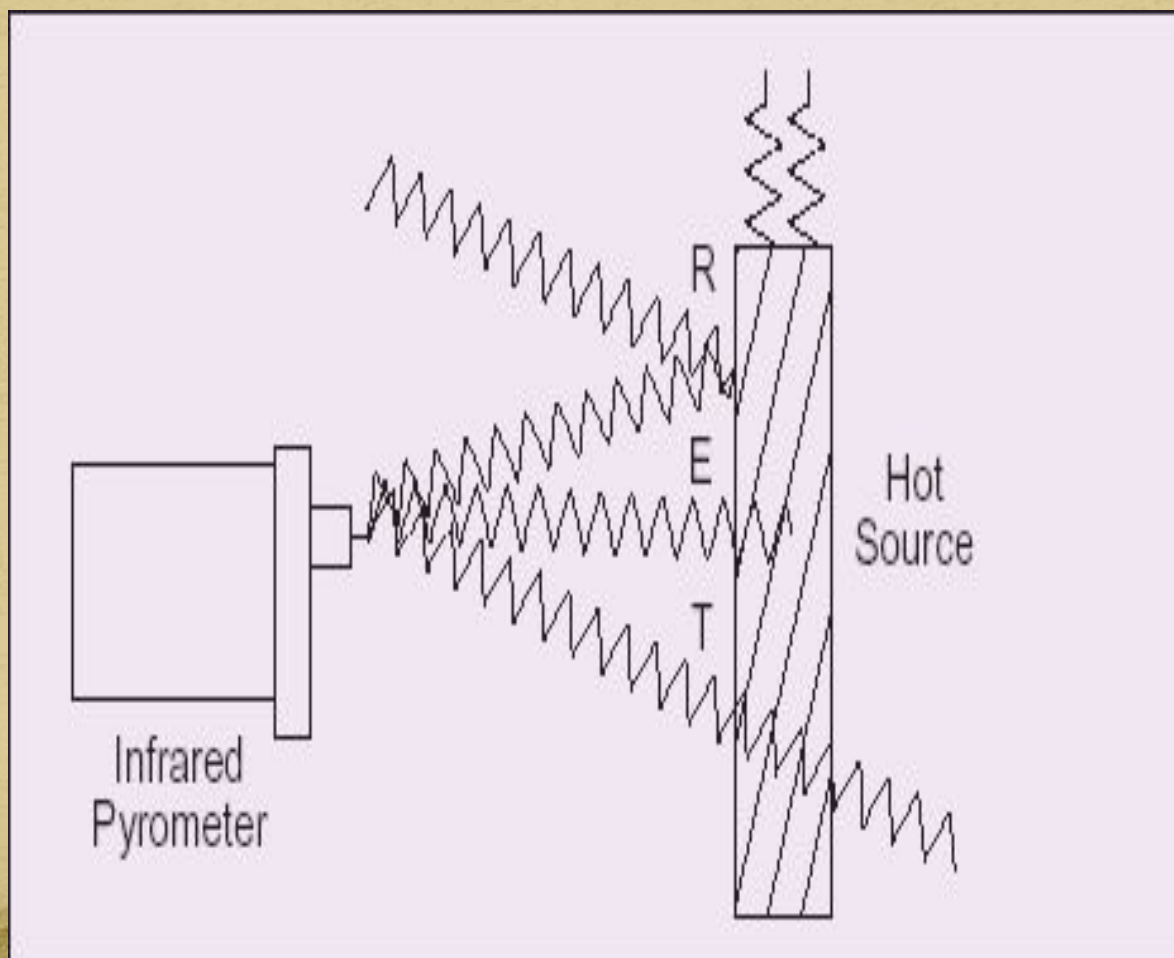
# Яркостной пирометр

- температуру нагретого тела сравнивают с цветом эталонной нагретой нити.



# Радиационные пирометры

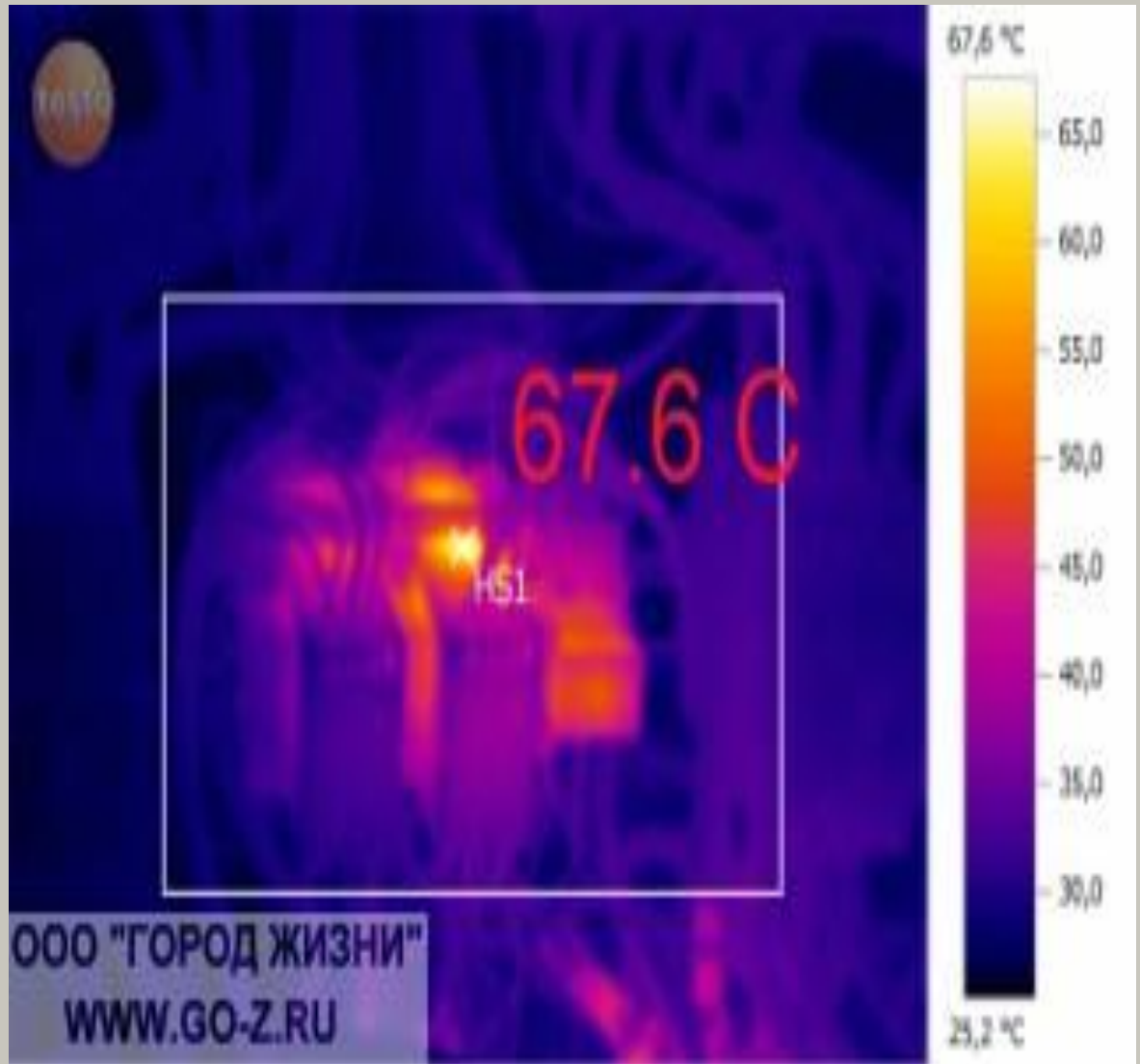
- Температуру оценивают пересчетом показателя мощности теплового излучения.
- Если измерения производят в широкой полосе спектрального излучения, то это пирометр полного излучения.



# Цветовые пирометры

- (мультиспектральные, спектрального отношения).

- Температура объекта, определяется по его тепловому излучению в различных спектрах



# Назначение пирометра

- Пирометры применяют для дистанционного определения температуры объектов в промышленности, быту, сфере ЖКХ, на предприятиях (сталелитейная промышленность, нефтепереработка).



- Определение областей критических температур в различных производственных сферах



<http://chipset.tiu.ru>

# Переносные пирометры

Удобны в эксплуатации в условиях, когда необходима высокая точность измерений, в совокупности с хорошими подвижными свойствами, например для оценки температуры труднодоступных участков трубопроводов. Обычно снабжены небольшим дисплеем, отображающим графическую или тексто-цифровую информацию.



# Стационарные пирометры

- Используются для непрерывного контроля технологического процесса производства расплавов металлов и пластиков.





# Преобразователи

**Преобразователь (датчик)** *устройство, предназначенное для переработки сигнала датчика в форму, удобную для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и хранения.*

**Обычно преобразуется неэлектрическая величина в электрическую**

*преобразователи делятся на три группы:*

**электромеханические (контактные, реостатные, тензометрические, электростатические, электромагнитные);**  
**тепловые и электрохимические (термоэлектрические, термосопротивления, электрохимические);**  
**электронные и ионизационные (электронные, ионные, ионизационные).**

По виду получаемой выходной величины все типы преобразователей можно разделить на две группы: **параметрические** и **генераторные**. Если неэлектрическая величина преобразуется в электрическую ( $R$  - сопротивление,  $L$  - индуктивность,  $M$  - взаимная индуктивность,  $C$  - емкость), с применением источника питания, то преобразователь называется **параметрическим**, если неэлектрическая величина преобразуется в электродвижущую силу (ЭДС), то преобразователь называется **генераторным**.

**К параметрическим измерительным преобразователям относятся:** резистивные, индуктивные и взаимноиндуктивные, магнитоупругие, емкостные, электролитические, фотоэлектрические преобразователи и терморезисторы.

**К генераторным измерительным преобразователям можно отнести:** индукционные, пьезоэлектрические, термоэлектрические и некоторые разновидности электрохимических преобразователей.

● **Указатель** исполняет роль регистрирующего прибора, проградуированного в единицах измерения неэлектрической величины.

По способу снятия отсчета указатели делятся на:

**визуальные**, в качестве которых используются магнитно-электрические механизмы, электроннолучевые трубки, автоматические показывающие мосты и потенциометры, а также цифровые приборы;

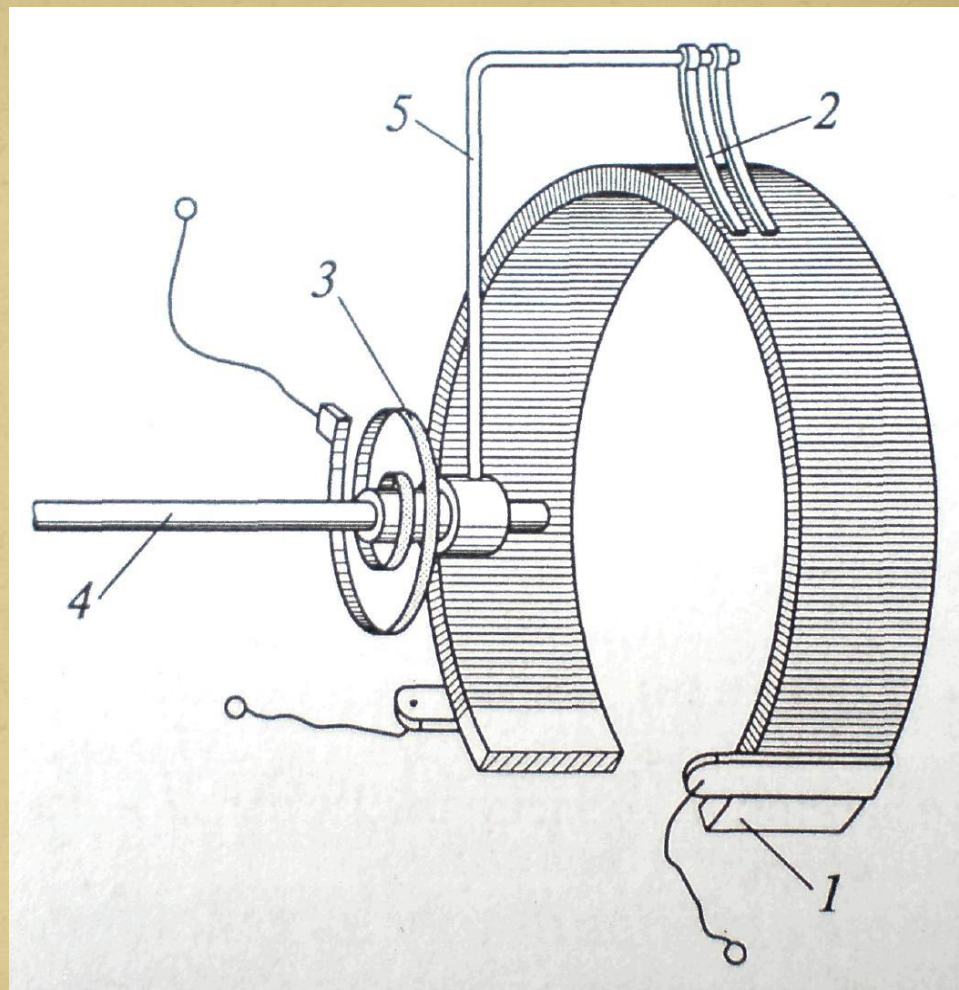
**регистраторы**, назначение которых состоит в записи измеряемой величины в том или другом виде (самопишущие приборы, светолучевые осциллографы и тому подобное).

## Реостатные преобразователи

**Реостатный преобразователь преобразует механическое действие в электрическую величину, создавая зависимость:**

$R=f(x)$ , где  $R$  — сопротивление преобразователя.

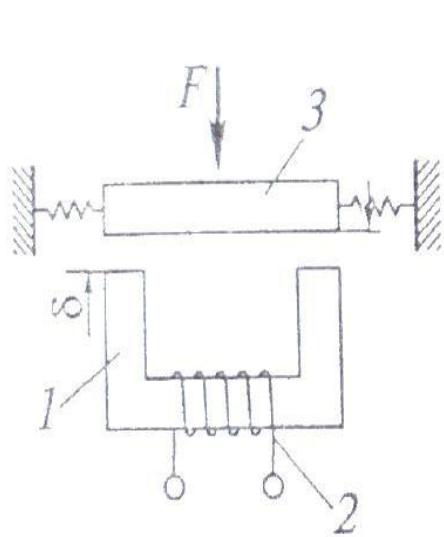
По изогнутой пластине **1** из изоляционного материала (текстолит, пластмасса), на которую намотана проволока с большим удельным сопротивлением из манганина, перемещается контактная щетка **2** поводком **5**, укрепленным на оси **4**, связанной с объектом измерения. Напряжение со щетки снимается через токоподвод **3**.



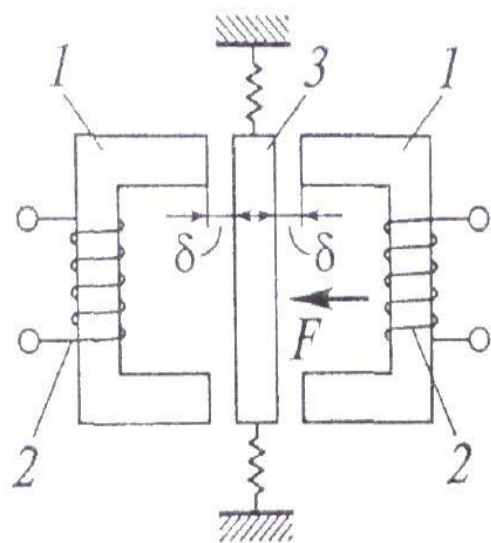
## ● Принципиальные схемы индуктивных преобразователей:

*a* - для измерения малых перемещений; *б* — дифференциальный преобразователь; *в* — для измерения больших перемещений;

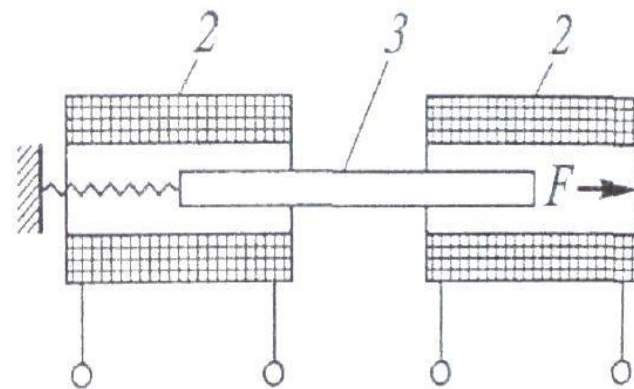
- 1 — электромагниты; 2 — катушки; 3 — якорь



*a*

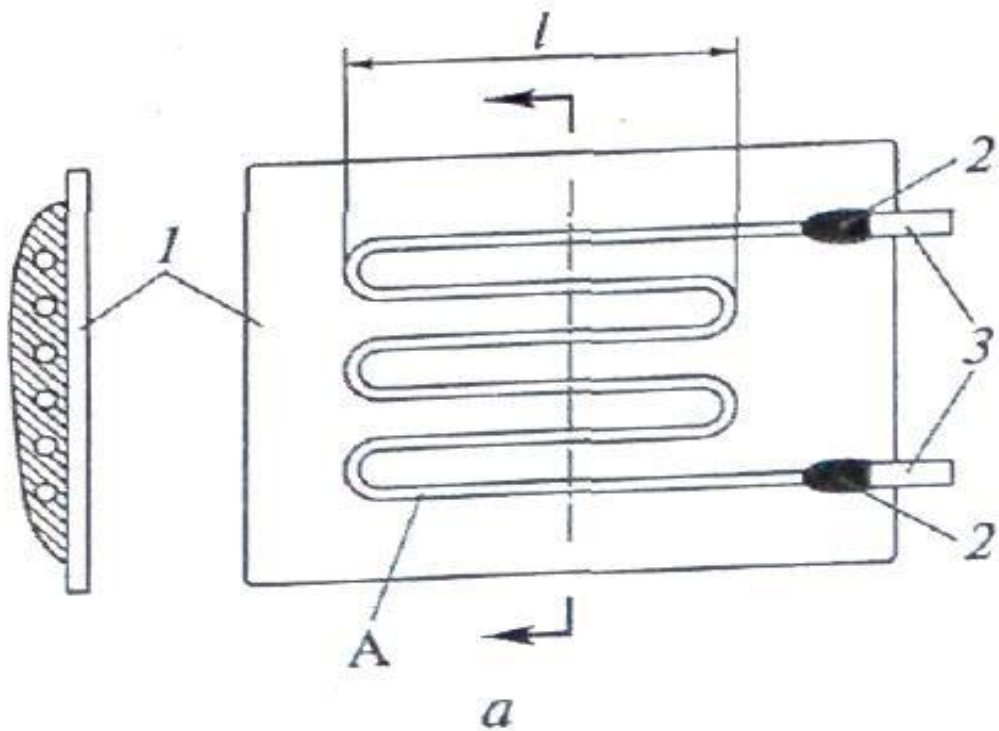


*б*



*в*

- Проволочные преобразователи применяются непосредственно для измерения деформаций. Например, балку с наклеенными тензорезисторами  $R_1$  и  $R_2$  используют для измерения силы  $F$  или перемещений. Тогда деформация балки будет измеряться.



*a* — схема тензометра; *б* — схема расположения тензометра для измерения силы и деформации;  
А — проволока;  
I — бумага;  
2 — сварка;  
3 — выводы

