

# Приборы для измерения температуры

2.1 Понятие о температуре и единицах измерения

2.2 Классификация приборов для измерения  
температуры

2.3 Жидкостные стеклянные термометры

2.4 Манометрические термометры

2.5 Датчики – преобразователи температуры

2.6 Вторичные приборы для измерения температуры

# Цепочка схем контроля и регулирования



- **Первичный измерительный преобразователь**, установленный на объекте, преобразует измеряемую величину в выходной сигнал, удобный для передачи. (Есть чувствительный элемент)
- **Канал связи** служит для передачи сигнала от ПИП ко вторичному прибору
- **Вторичный прибор** – устройство воспроизводящее сигнал от ПП и выражающее его в удобном виде.

# Понятие о температуре и единицах измерения

Температура — физическая величина, характеризующая степень нагретости тела.

Для определения температуры установлены температурные шкалы: международная практическая (стоградусная) и абсолютная термодинамическая — шкала Кельвина. Исходными значениями при построении шкалы температуры и определении единицы измерения (градуса) являются температуры перехода чистых веществ из одного агрегатного состояния в другое.

В Международной системе измерений СИ единицей измерения температуры является градус Кельвина ( $T$  К).

В промышленных измерениях отсчет температуры ведется по шкале Цельсия ( $t$  °С). Для шкалы Кельвина температура абсолютного нуля соответствует  $-273,16$  °С. Поэтому температурную шкалу Кельвина ( $T$  К) и шкалу Цельсия ( $t$  °С) связывает следующее соотношение:  $T \text{ К} = t \text{ °С} + 273,16 \text{ °С}$ .

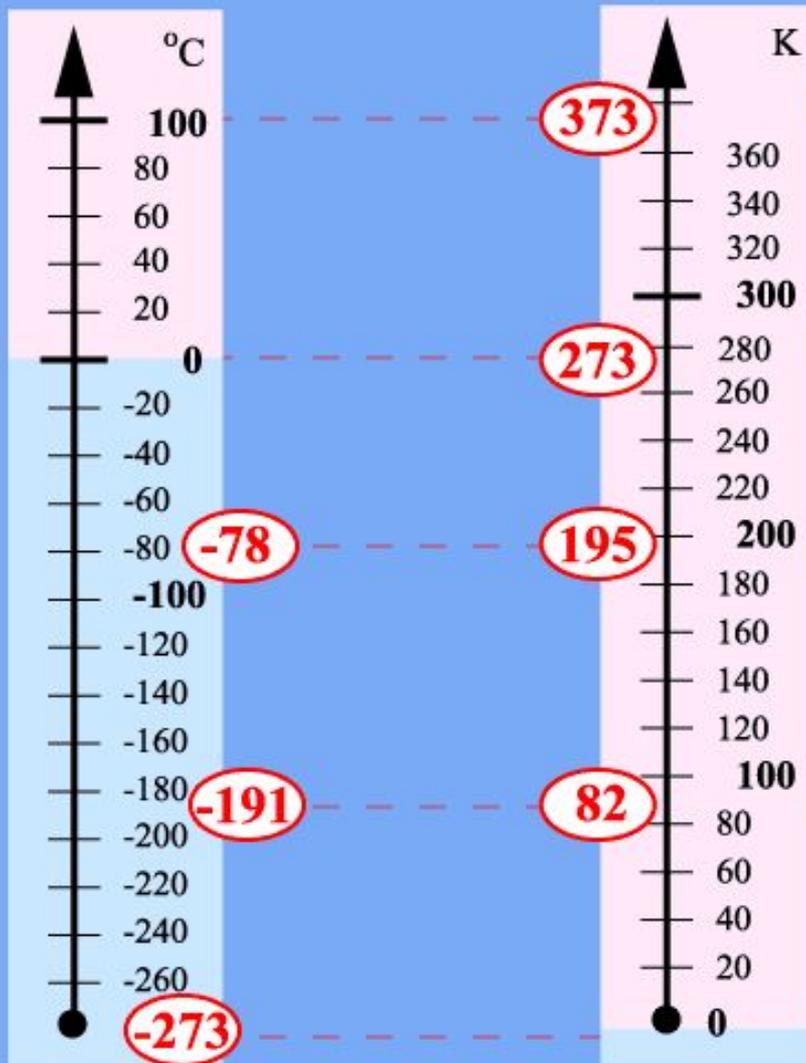
Например, если температура объекта, измеренная по шкале Цельсия, составляет  $100$  °С, то по шкале Кельвина она будет равна:  $T \text{ К} = 100 \text{ °С} + 273,16 = 373,16$ .

# Шкала Цельсия

# Термодинамическая шкала

$$t = T - 273$$

$$T = t + 273$$



*кипение воды*



*плавление льда*



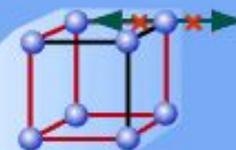
*сухой лед (CO<sub>2</sub>)*



*жидкий воздух*



*абсолютный ноль*



## **Классификация приборов для измерения температуры**

В зависимости от методики измерений все типы термометров делятся на 2 класса: контактные и бесконтактные.

**Контактные** – их отличительной особенностью является необходимость теплового контакта между датчиком термометра и средой, температура которой измеряется.

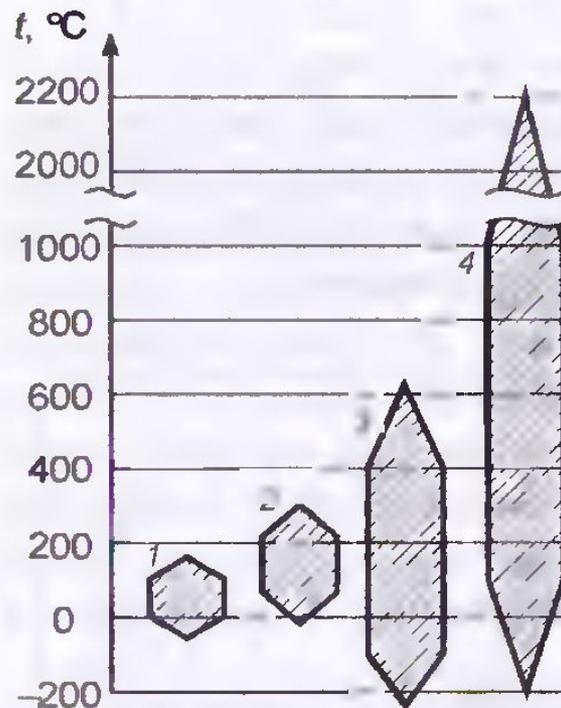
**Контактные приборы по принципу измерения делятся на:**

1. Термометры расширения.
2. Манометрические термометры.
3. Термометры сопротивления.
4. Термопары.

**Бесконтактные** - это такие термометры, для измерения которыми нет необходимости в тепловом контакте среды и прибора, а достаточно измерений собственного теплового или оптического излучения.

**Бесконтактные делятся на:** пирометры излучения; радиометры; тепловизоры.

# Измерение температуры контактным методом



**Рис. 5.58.** Область применения контактных и бесконтактных термометров:

1 — термисторы; 2 — пьезоэлектрические; 3 — термопреобразователи сопротивления; 4 — термоэлектрические преобразователи (термопары)

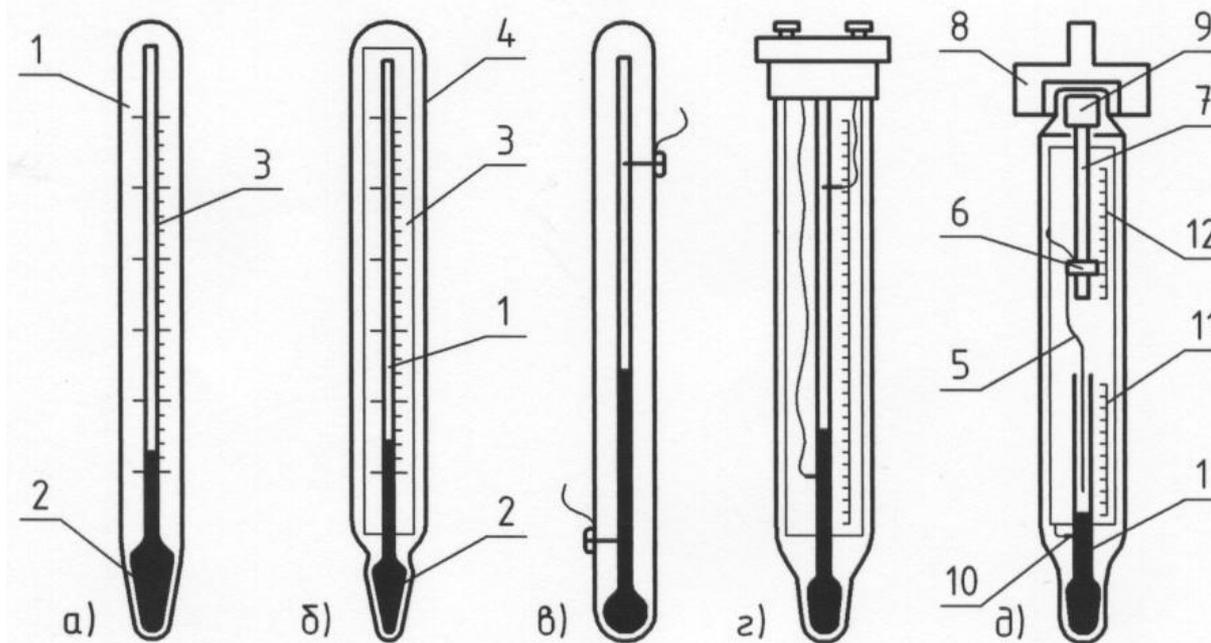
При использовании *контактного метода* измерения температуры определяют величину одного из параметров первичного измерительного преобразователя (ПИП), зависящего от его температуры. При этом предполагают, что температура ПИП равна температуре измеряемого объекта, которую *хотели бы измерить*. Для выполнения этого условия необходимо обеспечить хороший *тепловой контакт* между ПИП и измеряемым объектом, что и дало название методу измерения.

К контактному методу относится измерение температуры термометрами расширения, манометрическими термометрами, термометрами сопротивления, термоэлектрическими термометрами.

Температурные диапазоны применения наиболее распространенных контактных термометров представлены на рис. 5.58.

# Жидкостные стеклянные термометры

Принцип действия термометров основан на объемном расширении жидкости, находящейся в стеклянном расширителе, под действием температуры. В качестве рабочей жидкости, помещенной в стеклянный расширитель, используется ртуть, спирт, толуол, керосин и т. д. Рабочая часть термометра (расширитель) устанавливается в зону контролируемой температуры; при нагревании расширителя жидкость увеличивается в объеме:  $V_t = V_0 (1 + \gamma t)$ , где  $V_0$  — объем жидкости при  $0^\circ\text{C}$ ,  $V_t$  — объем жидкости при нагревании на  $t^\circ\text{C}$ ;  $\gamma$  — коэффициент объемного расширения,  $t$  — разность температур,  $^\circ\text{C}$ .



При увеличении температуры объекта увеличивается объем жидкости в расширителе, за счет этого жидкость поднимается вверх по капилляру и устанавливается на соответствующей высоте, пропорционально температуре нагрева. Отсчет температуры производится по шкале, отградуированной в градусах Цельсия.

Цена деления шкалы зависит от внутреннего диаметра капилляра и типа рабочей жидкости.

Стеклянные термометры выпускают двух видов: технические и лабораторные. Для защиты приборов от механических повреждений используют защитные оправы типов А, Б, В. Эта маркировка соответствует рабочему давлению измеряемой среды — низкое, среднее, высокое.

В основном такая группа приборов используется для местного контроля температуры технологических объектов, трубопроводов и т. д.

Они получили большое распространение, благодаря простоте отсчета температуры, широкому температурному интервалу (от  $-190^{\circ}\text{C}$  до  $+1000^{\circ}\text{C}$ ) и достаточной точности измерения.

Измерение температуры основано на изменении объема термометрической жидкости. Термометрической жидкостью служит: ртуть, толуол, этиловый спирт, пентан и др., но лучшей жидкостью является ртуть, которая не смачивает стекло, а потому дает наиболее точные показания (от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+700^{\circ}\text{C}$ ). Технические термометры градуируют в  $^{\circ}\text{C}$ . Погрешность показаний не превышает 1 деление шкалы. **В зависимости от конструкции** термометры бывают двух типов: палочные и со вложенной шкалой. **В зависимости от назначения** термометры бывают лабораторные, образцовые и технические. Разновидностью ртутных являются **контактные термометры**, их используют для сигнализации температуры.

### ***Недостатки:***

1. Механическая непрочность.
2. Недостаточная четкость и наглядность шкалы.
3. Невозможность регистрации показаний на бумаге и передачи их на расстояние.

# Основные правила монтажа жидкостных стеклянных термометров

1. Правильно выбрать место контроля температуры (нельзя использовать место, значительно удаленное от истинного значения контролируемой  $T$ ; без использования теплоизоляции).
2. Правильно смонтировать гильзу для «отбора» температуры (рабочая часть термометра – расширитель – должна находиться в середине потока измеряемой среды).
3. Установить в гильзу термометр с соответствующей оправой.
4. Для теплопередачи залить гильзу машинным

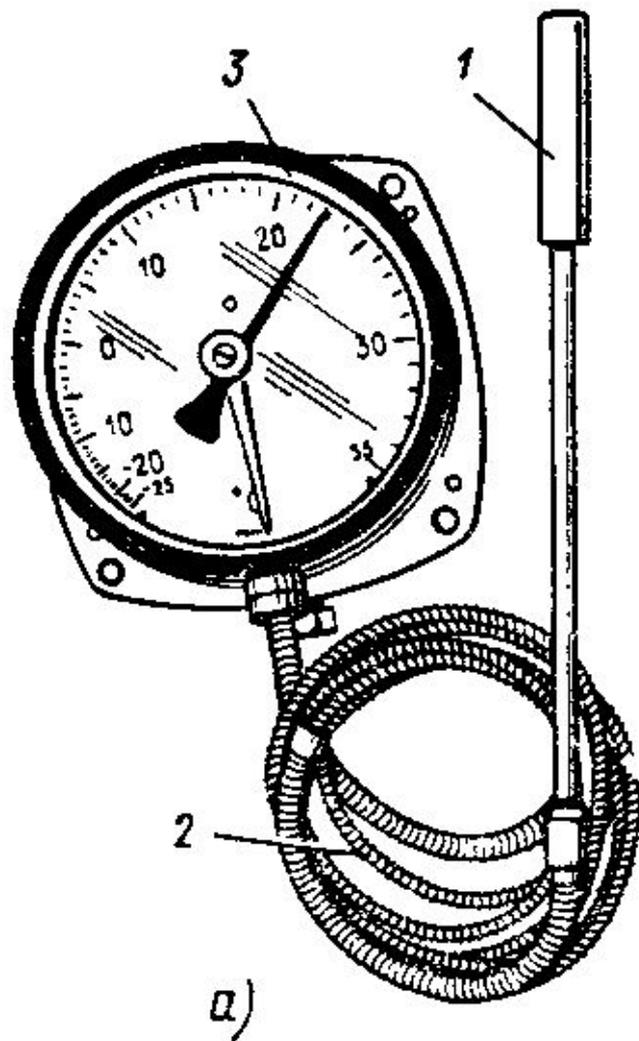


## МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

Принцип действия манометрических термометров основан на зависимости между температурой и давлением рабочего (термометрического) вещества, которое заключено в замкнутую систему и не имеет возможности свободно расширяться от нагревания.

Замкнутую герметизированную систему манометрического термометра составляют (рис. III-8): термобаллон 1, манометр с трубчатой пружиной 2 и капиллярная трубка 3. Эта система заполняется либо газом, либо жидкостью, либо смесью жидкости с ее насыщенным паром, в связи с чем манометрические термометры получили соответственно названия газовых, жидкостных или конденсационных (парожидкостных).

Термобаллон помещается в контролируемую среду. С повышением температуры этой среды возрастет и температура рабочего вещества внутри термобаллона, в результате чего в системе повысится давление и трубчатая пружина манометра деформируется, перемещая стрелку относительно шкалы, градуированной в единицах температуры. При понижении температуры контролируемой среды понизится и температура рабочего вещества, что приведет к уменьшению давления внутри замкнутой системы, вследствие чего стрелка манометра переместится против часовой стрелки и покажет меньшую температуру.



- 1 – термобаллон
- 2 – капилляр
- 3 – прибор

## Основные неисправности манометрических приборов для измерения температуры и способы их устранения

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
<p>Прибор не реагирует на изменение температуры (имеет остаточные показания)</p>	<p>Слабая затяжка стопорных винтов при соединении манометрической пружины с передаточным механизмом</p> <p>Соединительный капилляр имеет замятины, перегибы, скрутки</p> <p>Нарушена герметичность капилляра (обрыв, засорение рабочего сечения)</p> <p>Окислены или обгорели контактные группы</p>	<p>При определенной температуре (например, 50 °С) по образцовому термометру настроить показания прибора, а затем зафиксировать крепеж</p> <p>Произвести правку капилляра, не допуская резких перегибов (радиус скругления не менее 90 мм)</p> <p>Капилляр отремонтировать по заводской конструкции или заменить прибор на резервный</p> <p>Снять фиксатор стекла и стекло. Удалить нагар или окисление фетром. Протереть контакты спиртом</p>

При превышении заданной температуры прибор не выдает сигнала

Нет контакта на колодке зажимов

Неправильно подключены провода на блоке зажимов  
Датчик (термобаллон) установлен в толстостенный карман без заполнения передающей средой (маслом, стружкой и т. д.)

Проверить зачистку проводов на колодке зажимов, подтянуть соединения

Проверить расключение проводов на контактах «максимум» и «минимум»

Устранить дефект — заполнить карман соответствующей средой

Значительная разница в показаниях прибора и действительной температурой объекта

Соединительный капилляр по всей монтажной длине имеет резкие колебания температуры

Затираание в кинематике передаточного механизма

Переложить капилляр с учетом тепловыделений; использовать манометрические термометры с температурной компенсацией

Устранить перекос тяги или другой детали; промыть механизм в бензине

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
	Сильное прижатие пера к диаграмме	Настроить изменением положения рычага правильное прижатие пера к диаграмме
Дребезг контактов	Увеличился зазор между контактодержателями и магнитами	Настроить необходимый зазор

# Датчики

При измерении температуры объектов широко используются датчики температуры — термометры сопротивления и термоэлектрические преобразователи температуры (термопары).

Эти типы датчиков самостоятельно не могут измерять температуру объектов, а работают для этих целей только со специальной группой измерительных приборов.

Термометры сопротивления — датчик для измерения температуры — конструктивно выполняется намоткой медной или платиновой проволоки 2 на изоляционный каркас 1 (рис. 3.4). Для защиты от механических повреждений и удобства монтажа термометры сопротивления заключают в защитную арматуру различных модификаций. Общий вид датчиков представлен на рис. 3.5.



Принцип действия таких датчиков основан на изменении их электрического сопротивления от температуры объекта. В общем виде зависимость имеет вид  $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ , где  $R_t$  — сопротивление датчика при его нагревании на  $t$  °С;  $R_0$  — сопротивление датчика при 0 °С;  $\alpha$  — температурный коэффициент.

Изменение электрического сопротивления термометра сопротивления — датчика с изменением теплового колебания кристаллической решетки металла: чем выше температура датчика, тем выше колебания решетки и степень подвижности свободных электронов, а следовательно, больше электрическое сопротивление.

# Термопары

Термопары являются датчиками температуры и работают в комплекте с вторичными приборами: милливольтметрами и потенциометрами.

Термопара представляет собой спай из двух разнородных металлических проводников (термоэлектродов), которые предназначены для измерения температуры в объекте.

- 1 – «горячий» спай (рабочий);
- 2 - положительный термоэлектрод;
- 3 - отрицательный термоэлектрод;
- 4 - «холодные» концы (свободные);
- 5 – компенсационные провода.

**Принцип действия термопары** основан на термоэлектрическом эффекте (эффект Зеебека). Он гласит: «В замкнутой цепи из двух разнородных металлических проводников возникает электрический ток, если два места соединения (спая) имеют разную температуру». Термо э.д.с. на концах термопары зависит от материала термоэлектродов и температуры «горячего» и «холодного» спаев.



## Для технических измерений применяют термопары из следующих материалов:

1. ТХК - термопара хромель – копель, пределы измерения от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+600^{\circ}\text{C}$   
(кратковременно  $800^{\circ}\text{C}$ );
2. ТХА - термопара хромель – алюмель, от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+1000^{\circ}\text{C}$   
(кратковременно  $1300^{\circ}\text{C}$ );
3. ТПП - термопара платинародий – платина от  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+1300^{\circ}\text{C}$   
(кратковременно  $1600^{\circ}\text{C}$ );
4. ТПР - термопара платинародий - платинародий от  $+300^{\circ}\text{C}$  до  $+1600^{\circ}\text{C}$   
(кратковременно  $+1800^{\circ}\text{C}$ );
5. ТВР - термопара вольфрам – рений (до  $2300^{\circ}\text{C}$ )

### **Градуировки термопар**

Гр. ХК; Гр. ХА; Гр. ПП; Гр. ПР<sub>30/6</sub>; Гр. ВР<sub>5/20</sub>.

Положительным является электрод, материал которого стоит первым в градуировке, отрицательным - второй.

## **Особенности монтажа датчиков температуры и факторы, влияющие на погрешность измерений**

Перед монтажом датчиков температуры необходимо проверить: требуемый тип датчика (градуировку, тип, монтажную длину); отсутствие видимых повреждений самого датчика и его защитной арматуры; отсутствие обрывов и замыканий обмотки датчика; сопротивление изоляции (мегаомметром на 500 В).

На погрешность измерений температуры влияют следующие факторы:

монтажные — неправильный выбор места установки датчика, неправильный выбор монтажной длины датчика, плохое качество уплотнения датчика (утечка среды из отбора), отсутствие теплоизоляции на оборудовании или трубопроводе;

электрические — плохой контакт в соединениях датчика и прибора, попадание влаги и конденсата в обмотку термометра сопротивления или термопары, витковое замыкание части обмотки, неправильно выбрана схема соединения датчика и прибора (без подгонки сопротивления линии, без компенсационного провода), градуировка датчика не соответствует градуировке регистрирующего прибора.

# Вторичные приборы для измерения температуры

**Логометры и милливольтметры в силу своей простоты и надежности широко используются как показывающие и сигнализирующие приборы для местного и дистанционного контроля температуры. Логометры работают только в комплекте с датчиками температуры — термометрами сопротивления соответствующих градуировок; милливольтметры — с термоэлектрическими преобразователями температуры (термопарами).**



**Спасибо за внимание!**