

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: $T \text{ К} = t \text{ °С} + 273,16 \text{ °С}$.

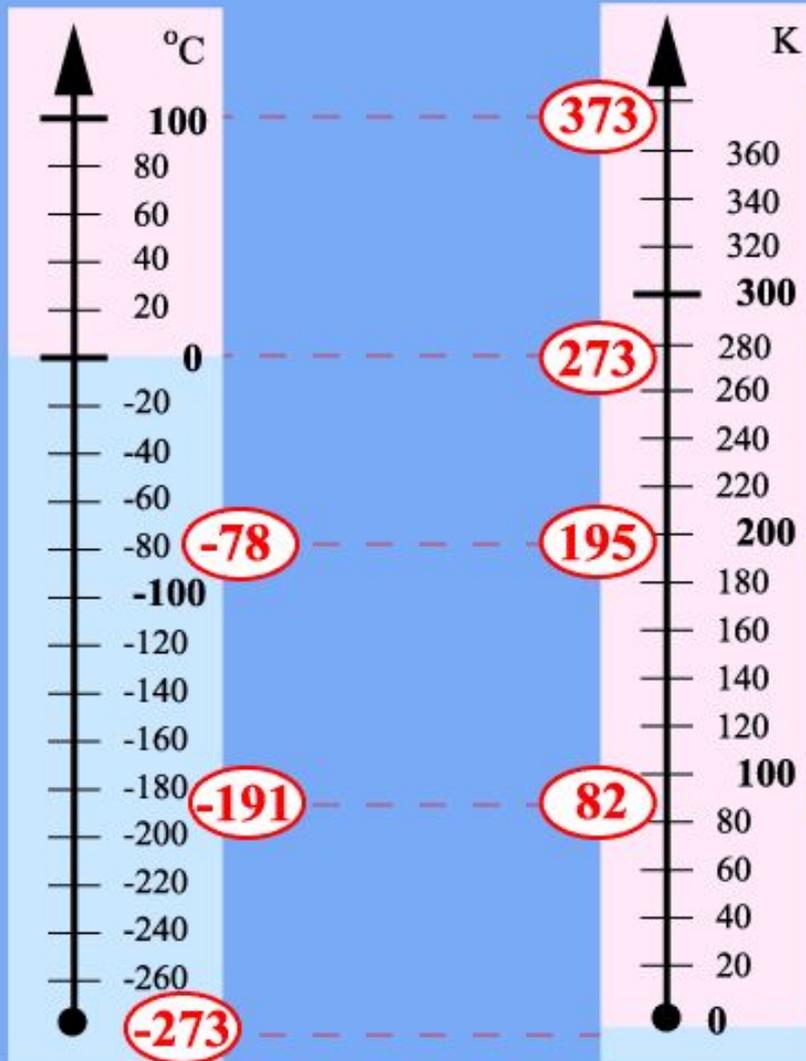
Например, если температура объекта, измеренная по шкале Цельсия, составляет 100 °С, то по шкале Кельвина она будет равна: $T \text{ К} = 100 \text{ °С} + 273,16 = 373,16$.

Шкала Цельсия

Термодинамическая шкала

$$t = T - 273$$

$$T = t + 273$$



кипение воды



плавление льда



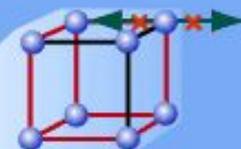
сухой лед (CO₂)



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

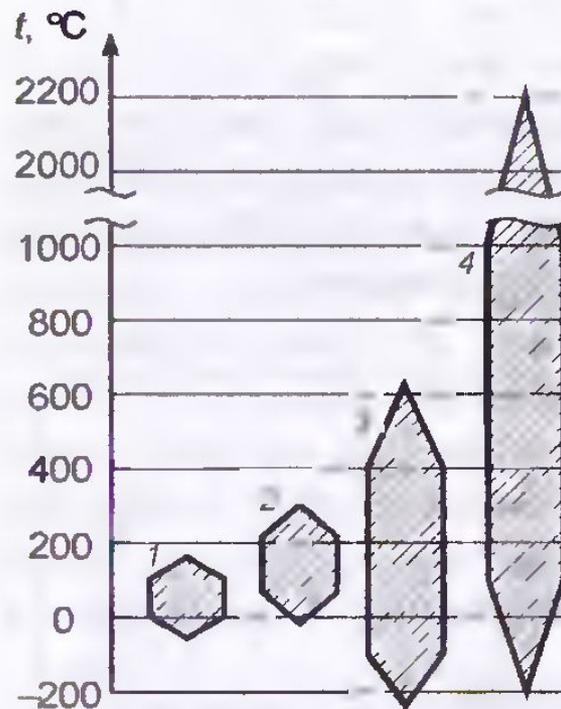


Рис. 5.58. Область применения контактных и бесконтактных термометров:

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

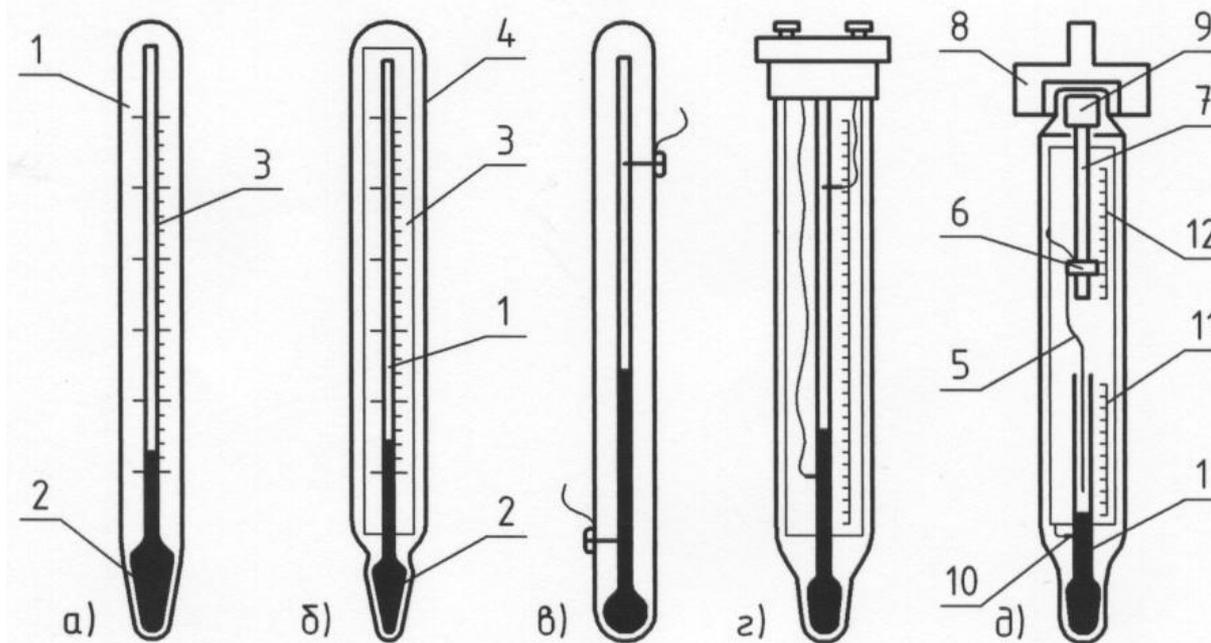
При использовании *контактного метода* измерения температуры определяют величину одного из параметров первичного измерительного преобразователя (ПИП), зависящего от его температуры. При этом предполагают, что температура ПИП равна температуре измеряемого объекта, которую *хотели бы измерить*. Для выполнения 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°C , V_t — объем жидкости при нагревании на $t^\circ\text{C}$; γ — 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°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°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

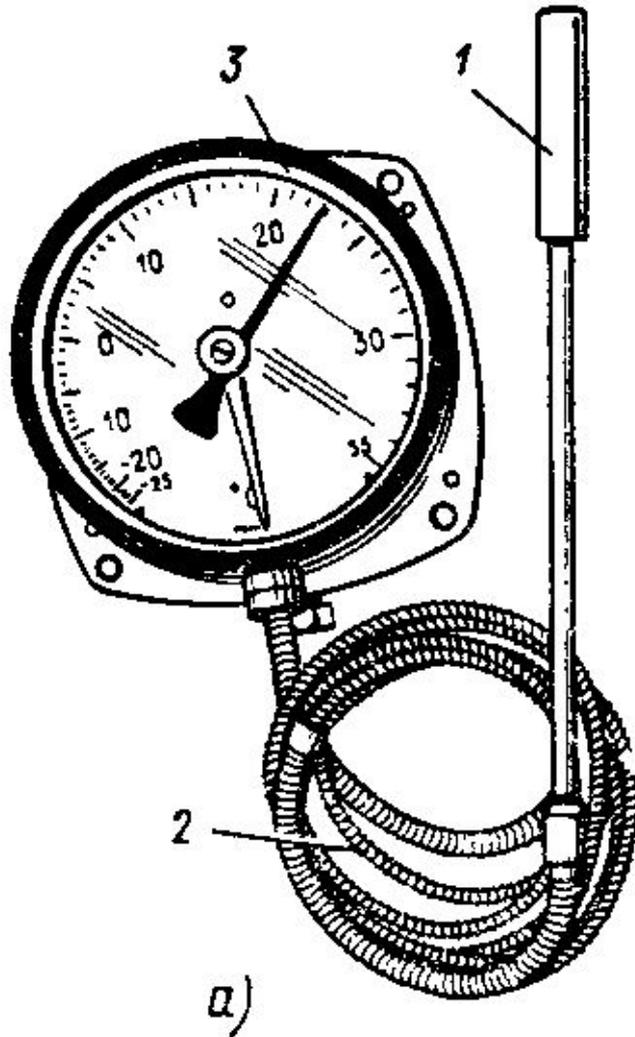


МАНОМЕТРИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

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 повышается 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 (термо-баллон) 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; α — 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°C до $+600^{\circ}\text{C}$
(кратковременно 800°C);
2. ТХА - термопара хромель – алюмель, от -50°C до $+1000^{\circ}\text{C}$
(кратковременно 1300°C);
3. ТПП - термопара платинародий – платина от -20°C до $+1300^{\circ}\text{C}$
(кратковременно 1600°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°C)

Градуировки термопар

Гр. ХК; Гр. ХА; Гр. ПП; Гр. ПР_{30/6}; Гр. ВР_{5/20}.

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!