

4 ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Температурой называется физическая величина, характеризующая степень нагретости тела. Это понятие связано со способностью тела с более высокой температурой передавать свою теплоту телу с более низкой температурой до тех пор, пока их температуры не сравняются. Одновременно с изменением температуры тел меняются и их физические свойства.

Приборы для измерения температуры классифицируются в зависимости от того, какой метод измерения положен в основу их конструкции: контактный (метод непосредственного соприкосновения измерительного прибора с измеряемой средой) и неконтактный (метод, основанный на расположении измерительного прибора на расстоянии от измеряемой среды).

К приборам, основанным на контактном методе измерений, относятся жидкостные стеклянные термометры, термометры расширения твердых тел, манометрические термометры, термоэлектрические термометры (термопары), термопреобразователи (термометры) сопротивления. Термометры расширения твердых тел применяют реже других приборов, и в книги они не рассматриваются.

К приборам, основанным на неконтактном методе измерений, относятся пирометры излучения.

Жидкостные стеклянные термометры состоят из двух основных частей: резервуар 1 с термометрической жидкостью и соединенной с ним капиллярной трубки 2 (капилляра). Сзади капилляра расположена пластинка 3 из молочного стекла, на которой нанесены деления шкалы. Термометрическая жидкость заполняет резервуар и часть капилляра, представляющего собой тонкую стеклянную трубку.

При измерении температуры объема жидкости изменяется, вследствие чего столбик жидкости в капилляре поднимается или опускается пропорционально изменению температуры. Положение верхней части (мениска) столбика жидкости определяет измеряемую температуру.

Для технически стеклянных термометров (ГОСТ 9177-99) в качестве термометрической жидкости используют тоуол (для измерения температур от -90 до 30°), ртуть (от -30 до 500°C), полиэтилсилоксан, керосин или другие органические жидкости (от -60 до 200°C).

Термометры с ртутным заполнением могут быть снабжены контактами для сигнализации. Такие термометры называются контактными или термосигнализаторами. Контакты обычно впаивают в капилляр: один у нижней точки шкалы, а другие на определенных её отметках. Замыкание контактов происходит в момент повышения температуры среды при соприкосновении их с ртутью.

В промышленных условиях стеклянные термометры с ртутным заполнением устанавливают в оправках для предохранения их от механических повреждений. Промышленность выпускает оправы нескольких видов: допускающие непосредственное соприкосновение резервуара термометра с измеряемой средой (их применяют при давлениях измеряемой среды, близких к атмосферному) и изолирующие резервуар термометра от непосредственного соприкосновения с измеряемой средой.

Манометрические термометры подразделяют на жидкостные, парожидкостные и газовые. Чувствительным элементом у них служит трубчатая (манометрическая) пружина, упругая деформация которой зависит от измерения объема (в жидкостных термометрах) или давления (в парожидкостных и газовых термометрах) рабочего вещества в замкнутой системе под действием температуры.

В жидкостном термометре термобаллон цилиндрической формы, металлическая капиллярная труба и трубчатая манометрическая пружина образуют замкнутую систему. В измеряемую среду помещают термобаллон, плотностью заполненный термометрической жидкостью. При повышении температуры измеряемой среды в термобаллоне образуются избыточный объем жидкости, который поступает в манометрическую пружину. Увеличение объема в замкнутой системе приводят к росту давления, отчего манометрическая пружина

стремится выпрямится, её свободный конец перемещается и через систему рычагов и зубчатых колес перемещает стрелку по шкале. По положению стрелки судят о измеряемой температуре.

В парожидкостных термометрах термобаллон частично заполнен термометрической жидкостью с низкой температурой кипения (ацетон, метилхлорид). Остальная часть системы заполнена насыщенными парами этой жидкости. Давление насыщенного пара изменяется в зависимости от температуры и передаётся на трубчатую пружину по капилляру посредством сконденсировавшейся жидкости. Давления насыщенных паров изменяется не пропорционально температуре, поэтому парожидкостных термометров шкала неравномерная.

В газовых термометрах вся система заполнена инертным газом (азотом, гелием). Изменение температуры вызывает в таком термометре изменения давления инертного газа при постоянном его объёме в замкнутой систем (термобаллон - капилляр – трубчатая пружина). Чем выше температура, тем большим будет давление газа в системе, вследствие чего трубчатая пружина, стремясь выпрямится, будет поворачивать через систему рычагов стрелку по шкале.

Давление жидкости и инертных газов возрастает пропорционально увеличению температуры, поэтому шкалы жидкостных и газовых термометров равномерные.

Термоэлектрические термометры являются первичными преобразователями, выходной сигнал которых измеряется магнитоэлектрическими или автоматическими потенциометрами.

Термоэлектрический термометр представляет собой чувствительный элемент, выполненный в виде двух проводников из разных металлов (или полупроводник) со спаянными концами. Сущность термоэлектрического эффекта заключается в том, что в месте соединения двух проводников из разных металлов возникает электродвижущая сила, называемая термоэлектродвижущей (сокращенно термо-ЭДС).

Термо – ЭДС зависит от материала проводников А и Б, составляющих термоэлектрический термометр, а также от температуры горячего спая, называемого свободным концом 1. Свободный конец термоэлектрического термометра должен находиться в зоне постоянной температуры, имеющий определённое (известное) значение. При этом условия термо – ЭДС термоэлектрического термометра, а значит, и показания измерительного прибора будут зависеть только от температуры рабочего конца 2. Фактически свободный конец термоэлектрического термометра, как правило, находятся в зоне переменной температуры, поэтому в качестве соединительных применяют так называемые компенсационные провода, позволяющие перенести свободный конец в зону с постоянной известной температурой.

Для предохранения от повреждений термоэлектрические термометры заключают в защитную арматуру.

Термоэлектрические термометры имеют стабильную характеристику: термо – ЭДС, развиваемая ими, стандартизована, что делает термоэлектрические термометры взаимозаменяемыми.

Предусмотрено изготовление пяти типов термоэлектрических термометров; вольфрамрений (5% рения) – вольфрамрениевые (20% рения) типа ТВР; платинородий – платиновые типы ТПП; платинородий (30% родия) – платинородиевые (6% родия) типы ТПР; хромель – алюмелевые типы ТХА; хромель – копелевые типа ТХК. Кроме того, промышленность изготавливает нестандартные вольфраммолибденовые термоэлектрические термометры типа ВМ.

Верхний предел температур, измеряемых термоэлектрическими термометрами, зависит от их типа. Так, термометр ТВР применяют для измерения температур до 2200°C , ТПП – до 1300 , ТПР – до 1300 , ТХА – до 1000 и ТХК – до 600°C .

Автоматические электронные потенциометры. В основу их положен компенсационный (потенциометрический) метод измерения, при котором измеряемая термо – ЭДС термоэлектрического термометра уравнивается известной разностью потенциалов на калиброванном сопротивлении (реохорде).

К источнику точка Б (сухой элемент с номинальным напряжением $1,5\text{ В}$) присоединен реохорд R_p

Термоэлектрический термометр T , термо – ЭДС которого необходимо измерить, через нуль-прибор НП присоединяют к началу реохорда R_p в точке a и к контакту c , который может передвигаться по реохорду R_p .

По реохорду R_p потечет ток $I = E \setminus R_p$.

Если ЭДС источник B и сопротивление реохорда R_p будут неизменны, то значение I будут постоянно. В этом случае падение напряжения на реохордов R_p (т.е. разность потенциалов U между точкой a и любой другой точкой, где будет находится контакт c) может быть определено по форме $U_{ac} = IR_{ac}$ где R_{ac} – сопротивление электрической цепи точками a и c .

Стрелка нуль – прибора НП в случае неравенства между термо – ЭДС E_t термоэлектрического термометра и разности потенциалов U_{ac} на реохорде R_p будет отклоняться, а в случае их равенства установится на нулевой отметки.

Если подсчитать падение напряжения U_{ac} в милливольтгах на единицу длины реохорда и нанести соответствующие отметки шкалу, расположенную вдоль реохордов (т. е. отградуировать её в милливольтгах (мВ) и соответственно в градусах с учетом градуировки термоэлектрического термометра), а показывающую стрелку 2 прикрепить к контакту c , получится элементарная измерительная схема потенциометра.

Для правильной работы потенциометра необходимо обеспечить постоянство силы тока, проходящего через реохорд, которая должна составлять 2 мА. контролируют и периодически устанавливают силы тока в потенциометре компенсационным методом с помощью нормального элемента $HЭ$ и реостата. Для этого термоэлектрический термометр T периодически отключают от потенциометра с помощью переключателя $П$ и вместо него к концам резистора $R_{н.э.}$ подключают нормальный элемент $HЭ$, ЭДС которого в течение продолжительного времени остается практически неизменной и при температуре 20^0C равна 1,0195В.

Если сопротивление резистора $R_{н.э.}$ выбрано таким, что при прохождении по нему тока от батареи B падение напряжения на нем равно ЭДС нормального элемента, то в цепи последнего тока не будет и стрелка нуль-прибора $HП$ станет на нулевой отметке шкалы. В случае уменьшения с течением времени ЭДС батареи сила тока уменьшается и через нуль-прибор пойдет ток, так как падение напряжения на резисторе $R_{н.э.}$ будет меньшим, чем ЭДС нормального $HЭ$, а стрелка нуль-прибора $HП$ отклонится от нуля.

Промышленность выпускает автоматические электронные потенциометры, в которых регулировка силы тока в измерительной схеме, а также измерения термо-ЭДС производятся автоматически.

Термопреобразователи широко применяют во всех отраслях промышленности для измерения температуры в трубопроводах, технологическом оборудовании, электрических вращающихся машинах, нагревательных печах, а также в производственных помещениях. Действие термопреобразователей сопротивления основанном на свойстве применяемых в них проводниковых материалов (химически чистые платины или меди) изменять свое электрическое сопротивление при изменении температуры.

Платиновые термопреобразователи сопротивления применяют для измерения температуры от -260 до 750^0C . Чувствительный элемент такого термопреобразователя (рис.12) изготовлен из платиновой проволоки 1 диаметром 0,05-0,08 мм, намотанной на слюдяную пластинку 5 (каркас) зубчатой нарезкой, и помещен в защитную арматуру 8.

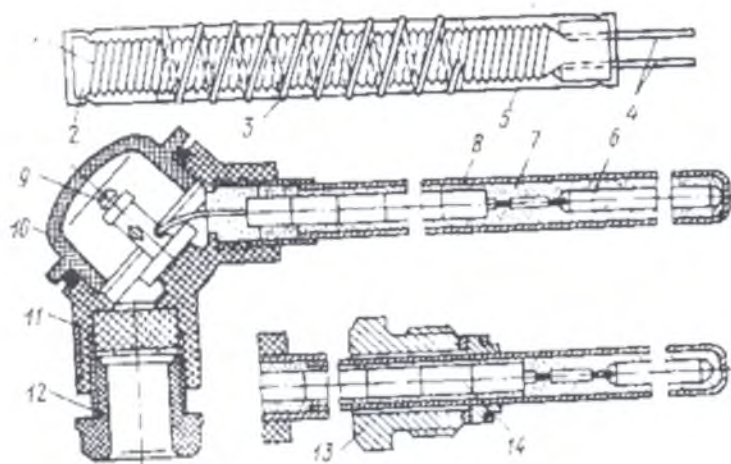


Рисунок 8 - Платиновый термпреобразователь сопротивления: 1 – платиновая проволока, 2 – каркас, 3 – серебряная лента, 4 – выводы, 5 – слюдяная пластинка, 6 – чувствительный элемент, 7 – оксид аммония, 8 – защитная арматура, 9 – зажим, 10 – крышка, 11 – головка, 12,13 – штуцера под кабель и штуцер для крепления оправы, 14 – изоляторы

Медные термпреобразователи сопротивления для измерения температуры от -50 до 180°C изготавливают из медной изолированной проволоки диаметром $0,1 - 0,2$ мм, а выводы из медной луженой проволоки диаметром $1-1,5$ мм.

5 ИЗМЕРЕНИЕ УРОВНЯ

Поплавковые уровнемеры применяют измерения уровня жидкости в открытых резервуарах с низким внутренним давлением.

Эти приборы выполняют с поплавками, которые легче или тяжелее жидкости. Работа первых основана на следящем действии поплавка, плавающего на поверхности жидкости, а во-вторых – на изменении массы поплавка, погруженного жидкость. Поплавок может быть расположен внутри резервуара (уровнемеры внутреннего монтажа) или в выносной камере (камерные уровнемеры), соединенной с аппаратом с помощью труб. Диапазон изменения уровня, измеряемый камерными уровнемерами, 250 мм. Их применяют редко, и они в настоящем учебнике не рассматриваются.

В уровнемере внутреннего монтажа УДУ поплавок 1, плавающий на поверхности жидкости в резервуаре, связан с мерным шкивом 5 перфорированной лентой 2, перекинутой через ролики 3 и 4. Контргруз 7 уравнивает массу поплавка.

При изменении уровня жидкости изменяется положение поплавка, шкив поворачивается, и лента наматывается или сматывается с него. На оси шкива закреплена стрелка 6, поворачивающаяся вместе с ним. Прибор рассчитан так, что на 1 м изменения уровня стрелка совершает один оборот.

От оси шкива вращение передается через зубчатую передачу на шестерню шкалы метров, которая совершает $1/24$ оборота при одном обороте шкива. Метры отсчитывают по вращающейся шкале, а сантиметры – по неподвижной шкале с помощью стрелки. Одновременно вращение шкива передается на дистанционную приставку, которая имеет реохорд со щетками и контактную систему для сигнализаций крайних положений уровня.