Системы управления химико-технологическими процессами

Лекция №2.

Автоматизация технологического контроля

Измерение температуры

Определение №1.

Температура – физическая величина, характеризующая термодинамическую систему и количественно выражающая понятие о различной ***степени нагретости*** тел.

Представление о температуре основано на теплообмене между двумя телами, находящимися в тепловом контакте.

Определение №2.

Температура – условная величина, прямо пропорциональная средней кинетической энергии частиц вещества (молекул или атомов).

Измерить температуру какого-либо тела непосредственно невозможно, т.к. не существует эталона или образца единицы температуры.

Определение температуры вещества производят посредством наблюдения за изменением физических свойств другого, так называемого ***термометрического* (рабочего) *вещества***, которое приводится в соприкосновение с нагретым телом, и вступает с ним через некоторое время в тепловое равновесие.

Классификация приборов для измерения температуры по способу измерения

- **контактный** способ: термометры
  - термометры сопротивления
  - термоэлектрические термометры
  - термометры расширения
- **бесконтактный** способ: пирометры или инфракрасные термометры
  - оптические
  - цветовые
  - радиационные

1.Термометры сопротивления

- состоят из датчика, усилителя сигнала, регистрирующего и вспомогательных устройств
- В качестве датчика используются термопреобразователи сопротивления (ТС)
- Измерение температуры с помощью ТС основано на использовании зависимости электрического сопротивления R чувствительного элемента (ЧЭ) от температуры T, при этом материал ЧЭ подбирается таким образом, чтобы зависимость $R=f(T)$ имела по возможности прямо пропорциональный характер.

Характеристики ТС:

- **диапазон измерений:** Диапазон температур, в котором выполняется нормированная зависимость сопротивления ТС от температуры в пределах соответствующего класса допуска
- **класс допуска:** класс точности ТС
- **допуск:** Максимально допустимое отклонение от номинальной статической характеристики, выраженное в градусах Цельсия.
- **номинальная статическая характеристика** (НСХ): Зависимость сопротивления ТС от температуры
- **рабочий диапазон температур**: Диапазон температур, находящийся внутри диапазона измерений или равный ему, в пределах которого изготовителем установлены показатели надежности ТС

Характеристики ТС

- **номинальное сопротивление ТС**: Нормированное изготовителем сопротивление ТС при 0°С, R_0, Ом, округленное до целых единиц, указанное в его маркировке и рекомендуемое для выбора из ряда: 10, 50, 100, 500, 1000 Ом.
- **температурный коэффициент сопротивления (ТКС) α, °С$^{-1}$**: Коэффициент, определяемый по формуле

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \cdot 100^\circ C}$$

Где R_0,R_{100} – значения сопротивления термопреобразователя сопротивления по номинальной статической характеристике соответственно при 100°С и 0°С и округляемый до пятого знака после запятой.

Виды термопреобразователей сопротивления

- Два основных вида этих датчиков - металлические терморезисторы и полупроводниковые (термисторы).

Виды металлических ТС:

- Платиновые
- Медные
- Никелевые

Сравнительная характеристика меаллических ТС:

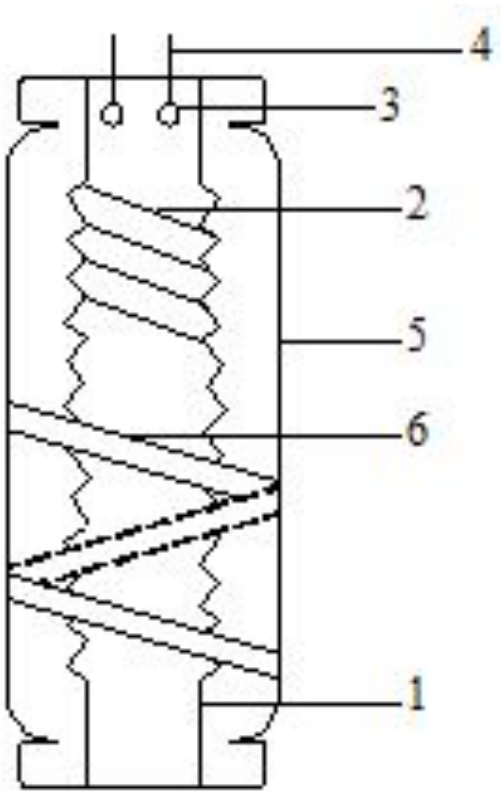
	Платиновые	Медные
Обозначение	ТСП	ТСМ
Диапазон	- 200 ~ + 850 ^{0}C	- 180 ~ + 200 ^{0}C
Градуировка	1П(R_0=1 Ом); 5П(R_0=5 Ом); 10П (R_0=10 Ом); 100П(R_0= 100 Ом); 500П(R_0=500 Ом).	10М (R_0=10 Ом); 50М (R_0=50 Ом); 100М(R_0= 100 Ом);
НСХ	Диапазон 0 ~ 850 ^{0}C: $R_t=R_0(1+at+bt^2)$. Диапазон - 200 ~ 0 ^{0}C: $R_t=R_0(1+at+bt^2)+c(t-100)t^3$. a,b,c –постоянные коэффициенты. R_0 – сопротивление платины при t =	$R_t=R_0(1+at)$ R_0 – сопротивление меди при t =
ТКС (температурный коэффициент сопротивления)	$\alpha = 3{,}9\cdot10^{-3}$ град$^{-1}$	$\alpha = 4{,}28\cdot10^{-3}$ град$^{-1}$
Достоинства	Высокая надежность работы в воздушной среде, большой диапазон измеряемых величин	Низкая стоимость, легкость получения меди в чистом виде, линейная зависимость $R = f(t)$
Недостатки	Высокая стоимость	Легкая окисляемость при температуре выше 100 ^{0}C

Никелевые ТС

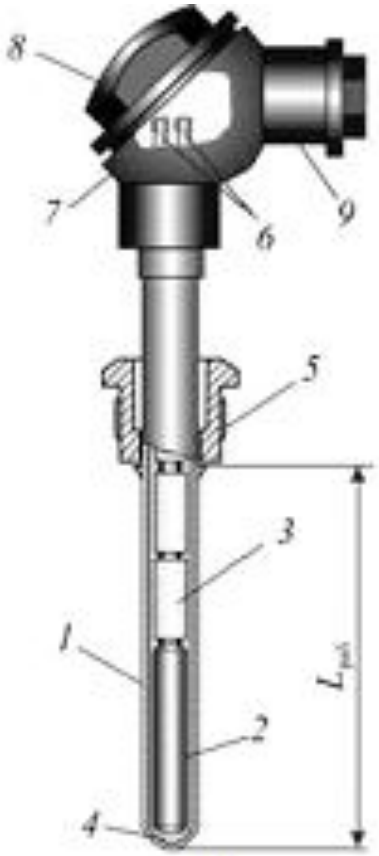
- Температурный коэффициент 0,00617 $^{\circ}C^{-1}$
  Рабочий диапазон температур: $-60^{\circ}C...180^{\circ}C$
- Достоинства: наиболее высокий температурный коэффициент, наибольший выходной сигнал сопротивления.
- Недостатки: если превышена точка Кюри ($352^{\circ}C$), может возникать непредсказуемый гистерезис характеристики.
- Используются значительно реже, чем платиновые и медные термометры

Внешний вид металлических термометров сопротивления

Платиновые ТС



а



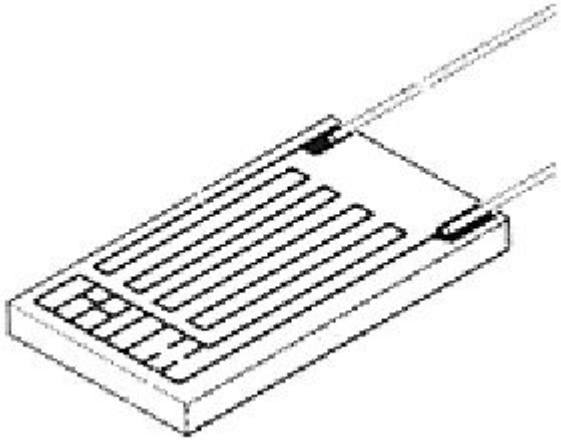
б

- *а* - схема чувствительного элемента: 1 – плоская слюдяная пластина, 2 – платиновая проволока, 3 – спай проволоки с выводами, 4 – серебряные проволочные выводы, 5 – плоские слюдяные накладки, 6 – серебряная лента.
- *б* – Конструкция термопреобразователя ТСП: 1 - защитный чехол; 2 - чувствительный элемент; 3 - изоляционные бусы; 4 - порошок; 5 - штуцер; 6 - розетка с клеммами; 7 - головка; 8 - крышка; 9 - штуцер под кабель.

- Чувствительные элементы ТСП (рис. *а*) изготавливают из платиновой проволоки диаметром 0,04 – 0,07 мм и длиной около 2 м, бифилярно намотанной на слюдяную пластину с зубчатыми краями, которая сверху закрывается слюдяными накладками для обеспечения изоляции и придания механической прочности. Все три слюдяные пластины скреплены в пакет серебряной лентой. Выводы делают из серебряной проволоки диаметром 1 мм, изолируют фарфоровыми бусами.
- Для защиты от повреждений чувствительные элементы помещают в защитные чехлы.
- Некоторые фирмы выпускают ЧЭ из платиновой проволоки, покрытой стеклом. Это обычно довольно дорогие термометры сопротивления. Преимуществом является полная герметизация чувствительного элемента, стойкость к условиям повышенной влажности, недостатком – ограниченный диапазон рабочих температур.

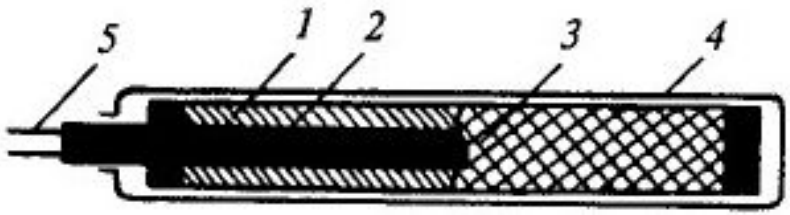
Пленочные платиновые чувствительные элементы

- изготавливается нанесением тонкого слоя платины на керамическую подложку. Обычно слой имеет толщину порядка 10-8 см. Слой платины сверху покрывается эпоксидным или стеклянным изоляционным слоем. Технология изготовления освоена многими зарубежными фирмами, в настоящее время пленочный платиновый ЧЭ – это самый дешевый и самый широко продаваемый сенсор. Большим преимуществом является малый размер и масса ЧЭ, это позволяет устанавливать такие ЧЭ в миниатюрные корпуса и получать быструю скорость реагирования на изменение температуры объекта. Благодаря малым размерам, пленочные ЧЭ могут изготавливаться с повышенным номинальным сопротивлением. Уже разработаны и производятся ЧЭ с сопротивлением 1000 Ом. Это позволяет значительно снизить влияние сопротивления выводов при подключении по 2-х проводной схеме. По стабильности пленочные ЧЭ все еще уступают проволочным, но их технология постоянно совершенствуется, и в последнее время отчетливо наблюдается прогресс в повышении стабильности сопротивления ЧЭ и расширении температурного диапазона



Медные ТС

- Чувствительный элемент каркасного медного термопреобразователя сопротивления состоит из медной изолированной проволоки диаметром 0,1 мм, намотанной на каркас
- Намотка должна быть безындуктивной, т.е. индуктивное сопротивление ЧЭ должно быть минимальным. Для обеспечения безындуктивности обычно выполняется бифилярная намотка — намотка вдвое сложенным проводом.
- Поверхность намотки покрывается слоем лака. К концам проволоки припаиваются медные выводы диаметром 1... 1,5 мм. ЧЭ помещается в металлическую защитную оболочку, засыпанную изолирующим порошком и герметизированную.



ЧЭ с каркасной намоткой: 1 — намотка; 2 — каркас; 3 — слой лака; 4 — защитная оболочка; 5 — выводы

Классы допуска ТС

Класс допуска	Допуск, °С	Диапазон измерений, °С			
		Платиновый ТС, ЧЭ		Медный ТС, ЧЭ	Никелевый ТС, ЧЭ
		проволочный	пленочный		
AA W 0.1 F 0.1	± (0,1+0,0017 | t |)	От -50 до +250	От -50 до +150	-	-
A W 0.15 F 0.15	± (0,15+0,002| t |)	От -100 до +450	От -30 до +300	От -50 до +120	-
B W 0.3 F 0.3	± (0,3+0,005| t |)	От -196 до +660	От -50 до +500	От -50 до +200	-
C W 0.6 F 0.6	± (0,6+0,01 | t |)	От -196 до +660	От -50 до +600	От -180 до +200	От -60 до +180

Полупроводниковые ТС (термисторы)

- Резистивный элемент термистора изготавливают методом порошковой металлургии из оксидов, галогенидов, халькогенидов некоторых металлов. Конструктивное исполнение различно, например в виде стержней, трубок, дисков, шайб, бусинок, тонких пластинок, и размерами от 1-10 микрометров до нескольких сантиметров.

По типу зависимости сопротивления полупроводника от температуры различают:

- **NTC-термисторы** (от слов «Negative Temperature Coefficient») – терморезисторы с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления
- **PTC-термисторы** (от слов «Positive Temperature Coefficient») или **позисторы** – с положительным температурным коэффициентом сопротивления.
- У позисторов с повышением температуры их сопротивление растёт, у NTC-термисторов - падает.
- NTC-термисторы производят из смеси поликристаллических оксидов переходных металлов (например, MnO, CoOx, NiO и CuO), полупроводников типа $A^{III}B^{V}$, стеклообразных, легированных полупроводников (Ge и Si), и других материалов.
- Позисторы производят из твёрдых растворов на основе $BaTiO_3$, что даёт положительный ТКС.

Зависимость электрического сопротивления терморезисторов от температуры выражается уравнением:

$$R = A \cdot e^{B/T}$$

где A, B - постоянные коэффициенты, зависящие от свойств полупроводника

Характеристики термисторов

- рабочий температурный диапазон: от -100…+300 °С;
- Достоинствами терморезисторов являются: высокая чувствительность, малая инерционность, небольшие размеры и высокий температурный коэффициент электрического сопротивления $\alpha = (3 - 4) \cdot 10^{-2}$ град$^{-1}$.
- Недостатками терморезисторов являются: нелинейная зависимость сопротивления от температуры; взаимозаменяемость только в узком диапазоне температур ; систематическое изменение сопротивления со временем и связанная с этим невысокая воспроизводимость показаний.

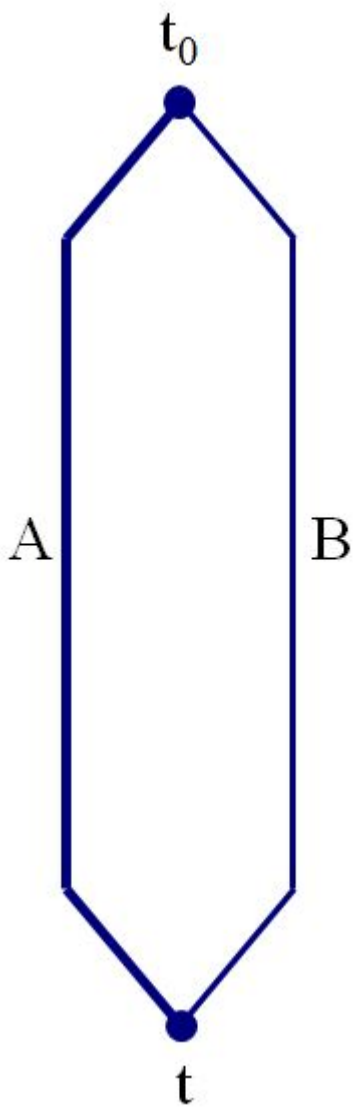
2. Термоэлектрические термометры

Состав:

- датчик: термоэлектрический преобразователь температуры (ТПТ) – термопара;
- канал связи (термоэлектродные провода);
- вторичный прибор: милливольтметр или потенциометр.

Термопара состоит из двух разнородных проводников.

Принцип действия основан на **термоэлектрическом эффекте**, т.е. на возникновении в замкнутой цепи из двух разнородных проводников электрического тока в том случае, если места их спаев имеют разную температуру.



ТермоЭДС (мВ) – электродвижущая сила, обусловленная неодинаковыми температурами мест соединений (спаев).

Измерительный спай– на который воздействует измеряемая температура t (**горячий** или **рабочий** спай).

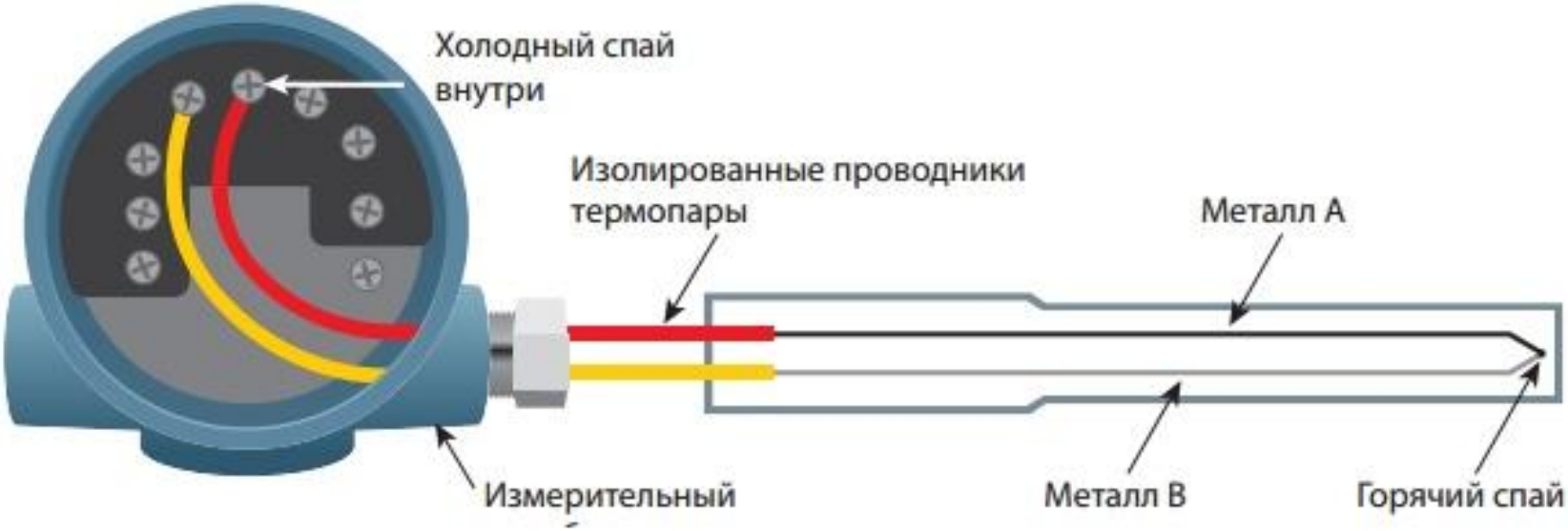
Соединительный спай– на который воздействует контрольная (фиксированная) температура t_0 (**холодный** или **свободный** спай).

Проводники А и В – **термоэлектроды**.

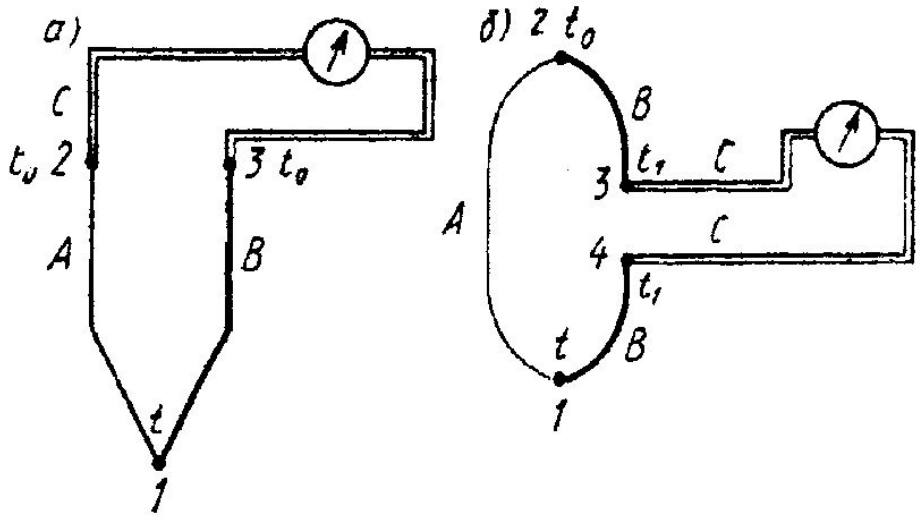
ТермоЭДС:

$E_{AB}(t, t_0) = f(t)$ при $t_0 = const$

Внешний вид термоэлектрических термометров



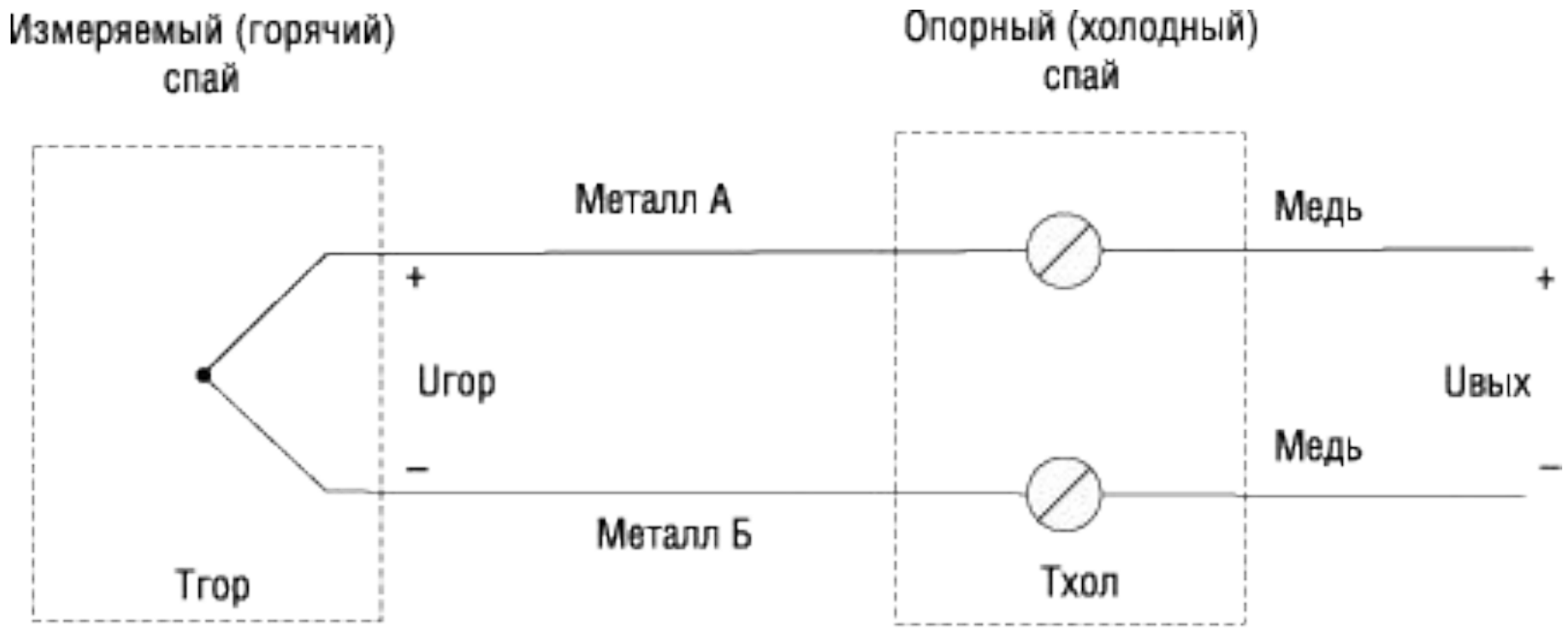
ТермоЭДС не меняется от введения в цепь термопары третьего проводника, если температуры концов этого проводника одинаковы.



а – цепь с третьим проводником, включенным в разрыв холодного спая;
б – цепь с третьим проводником, включенным в разрыв термоэлектрода

Термоэлектродные провода предназначены для удаления холодных спаев термопары как можно дальше от объекта измерения.

Термоэлектродные провода и термоэлектроды термопары из неблагородных металлов выполняются, как правило, из одних и тех же материалов.



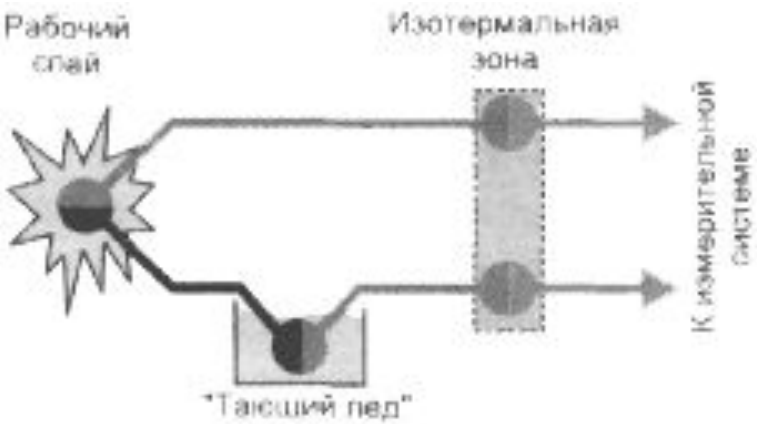
Способы компенсации изменения температуры холодных спаев термопары

Классическая термокомпенсация

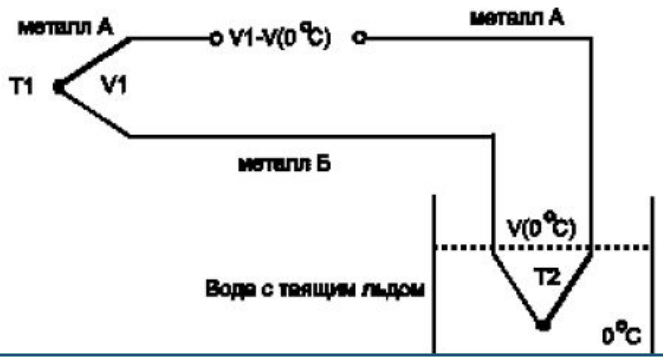
- Выходное напряжение термопары (Uвых) определяется по отношению к температуре холодного спая, равной 0°С. То есть, термопара имеет Uвых=0 мВ при температуре рабочего спая 0 °С.
- Поэтому классическая термокомпенсация заключается в помещении холодного спая в ванночку с тающим льдом. Однако такой способ неудобно использовать в промышленных условиях.

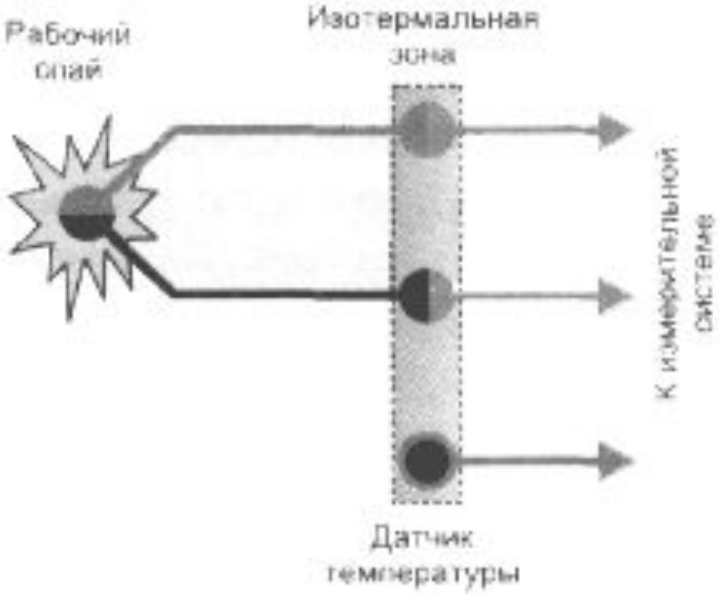
Термокомпенсация с использованием термодатчика

- вместо ванночки с тающим льдом используется другой термодатчик (например, термопреобразователь сопротивления), который измеряет температуру холодного спая, и его сигнал используется для введения напряжения (Uкомп) в измерительную цепь термопары. Этот сигнал компенсирует разность между действительной температурой холодного спая и ее идеальной величиной 0°С.

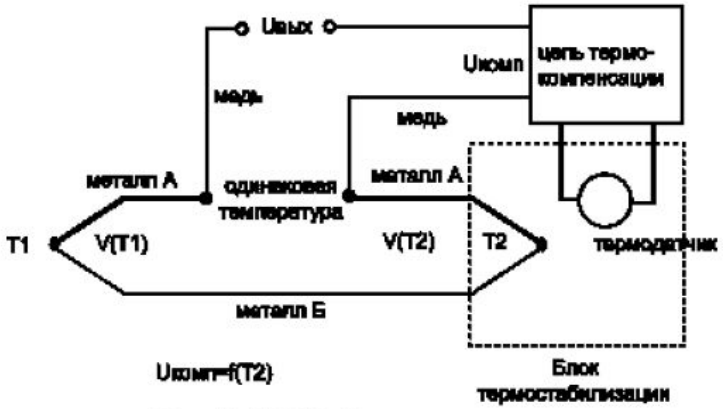


Классическая компенсация напряжения холодного спая с использованием тающего льда





Использование термодатчиков для компенсации напряжения холодного спая



Uкомп=f(T2)

Uвых=V(T1)-V(T2)+Vкомп

если Uкомп=V(T2)-V(0 °C), то

Uвых=V(T1)-V(0 °C)

Типы и характеристики термопар

В зависимости от материала проводников ТП подразделяют на:

- вольфрамрений-вольфрамрениевые (ТВР) - термопара типов А-1, А-2, А-3;
- платинородий-платинородиевые (ТПР) - термопара типа В;
- платинородий-платиновые (ТПП) - термопара типов R, S;
- хромель-алюмелевые (ТХА) - термопара типа K;
- хромель-копелевые (ТХК) - термопара типа L;
- хромель-константановые (ТХК) - термопара типа T;
- никросил-нисиловые (ТНН) - термопара типа N;
- медь-константановые (ТМК) - термопара типа T;
- железо-константановые (ТЖК) - термопара типа J.

.

Пределы диапазона измеряемых температур: -270… 2500 °С

Номинальная статическая характеристика термопары – зависимость термоЭДС от температуры рабочего конца при постоянной заданной температуре свободных концов.

НСХ ТП определяется типом применяемой термопары.

Допускаемое отклонение от НСХ - это максимальное отклонение от зависимости термоэлектродвижущей силы от температуры, выраженное в градусах Цельсия.

Тип термопары	Пределы допускаемых отклонений от НСХ (в диапазоне температур), °С		
	Класс 1	Класс 2	Класс 3
T	±0,5 От -40 до +125 °С $\pm 0{,}004 \cdot |t|$ От 125 до 350 °С	±1 От -40 до +135 °С $\pm 0{,}0075 \cdot |t|$ От 133 до 350 °С	±1 От -67 до +40 °С $\pm 0{,}015 \cdot |t|$ От -200 до -67 °С
E	±1,5 От -40 до +375 °С $\pm 0{,}004 \cdot |t|$ От 375 до 800 °С	±2,5 От -40 до +333 °С $\pm 0{,}0075 \cdot |t|$ От 333 до 900 °С	±2,5 От -167 до +40 °С $\pm 0{,}015 \cdot |t|$ От -200 до -167 °С
J	±1,5 От -40 до +375 °С $\pm 0{,}004 \cdot |t|$ От 375 до 750 °С	±2,5 От -40 до +333 °С $\pm 0{,}0075 \cdot |t|$ От 333 до 750 °С	-
K, N	±1,5 От -40 до +375 °С $\pm 0{,}004 \cdot |t|$ От 375 до 1000 °С	±2,5 От -40 до +333 °С $\pm 0{,}0075 \cdot |t|$ От 333 до 1200 °С	±2,5 От -167 до +40 °С $\pm 0{,}015 \cdot |t|$ От -200 до -167 °С
R, S	±1 От 0 до 1100 °С $\pm (1 + 0{,}003|t - 1100|)$ °С От 1100 до 1600 °С	±1,5 От 0 до 600 °С $\pm 0{,}025 \cdot |t|$ От 600 до 1600 °С	-
B		$\pm 0{,}025 \cdot |t|$ От 600 до 1700 °С	±4 От 600 до 800 °С $\pm 0{,}005 \cdot |t|$ От 800 до 1700 °С

ТЕРМОМЕТРЫ РАСШИРЕНИЯ

Действие основано на использовании зависимости удельного объема вещества от температуры измеряемой среды, в которую он помещено

Классификация термометров расширения

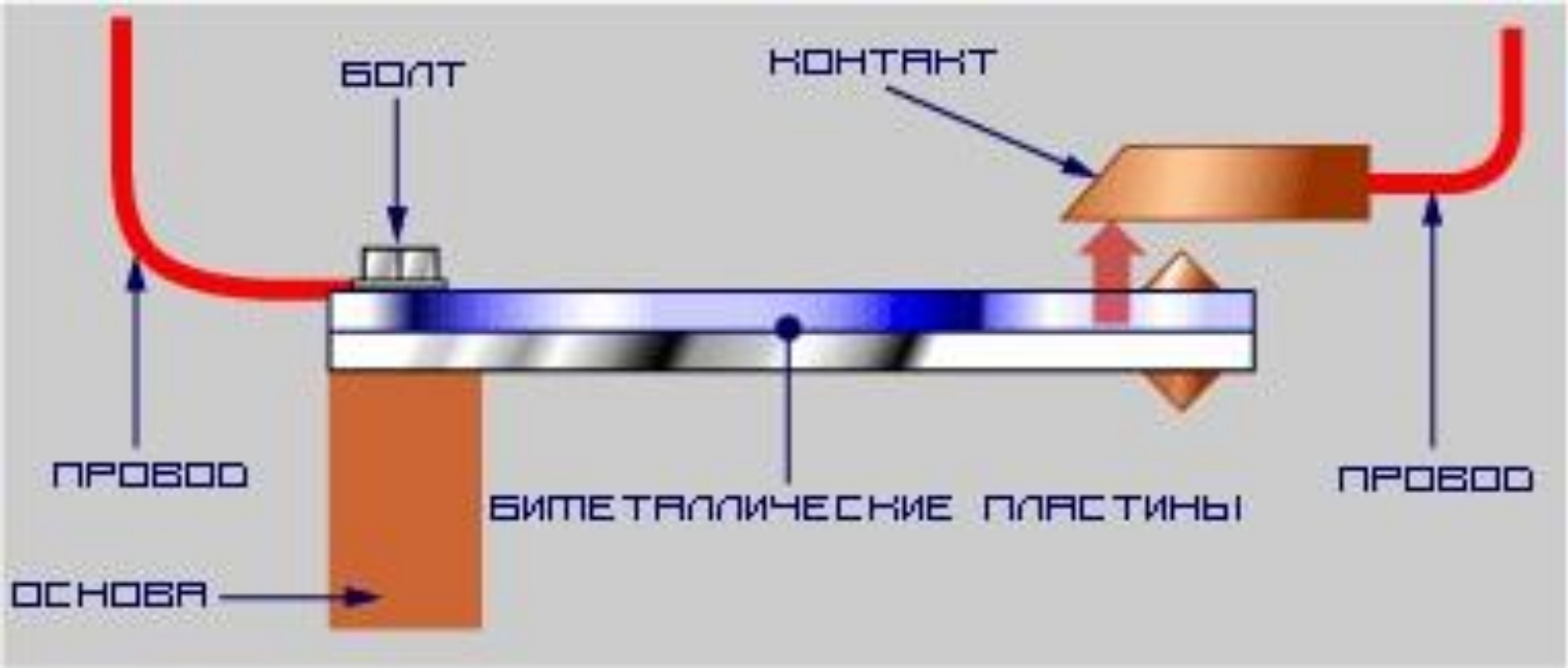
Термометры расширения

- **Жидкостные (-200°С÷750°С)**
- **Механические (-150°С÷700°С)**
  - **биметаллические**
  - **дилатометрические**
- **Манометрические (-120°С÷600°С)**
  - **жидкостные**
  - **газовые**
  - **конденсационные**

Биметаллические термометры

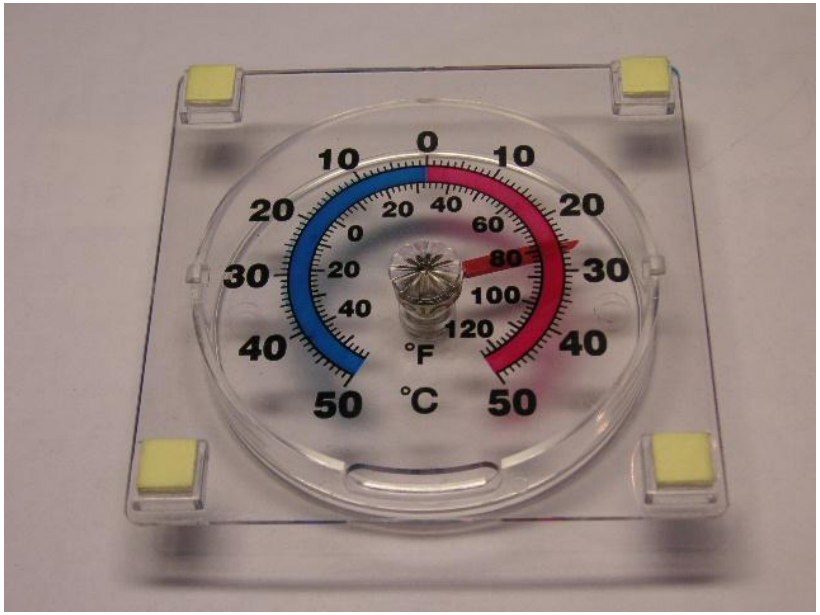
Принцип действия биметаллического термометра

- основан на использовании в его чувствительном элементе двух металлов с различными температурными коэффициентами линейного расширения. Металлические пластины прочно соединяются между собой, в основном путем сварки, и образуют биметаллическую пружину, которая при нагревании расширяется и замыкает контакт или вращает стрелку термометра.



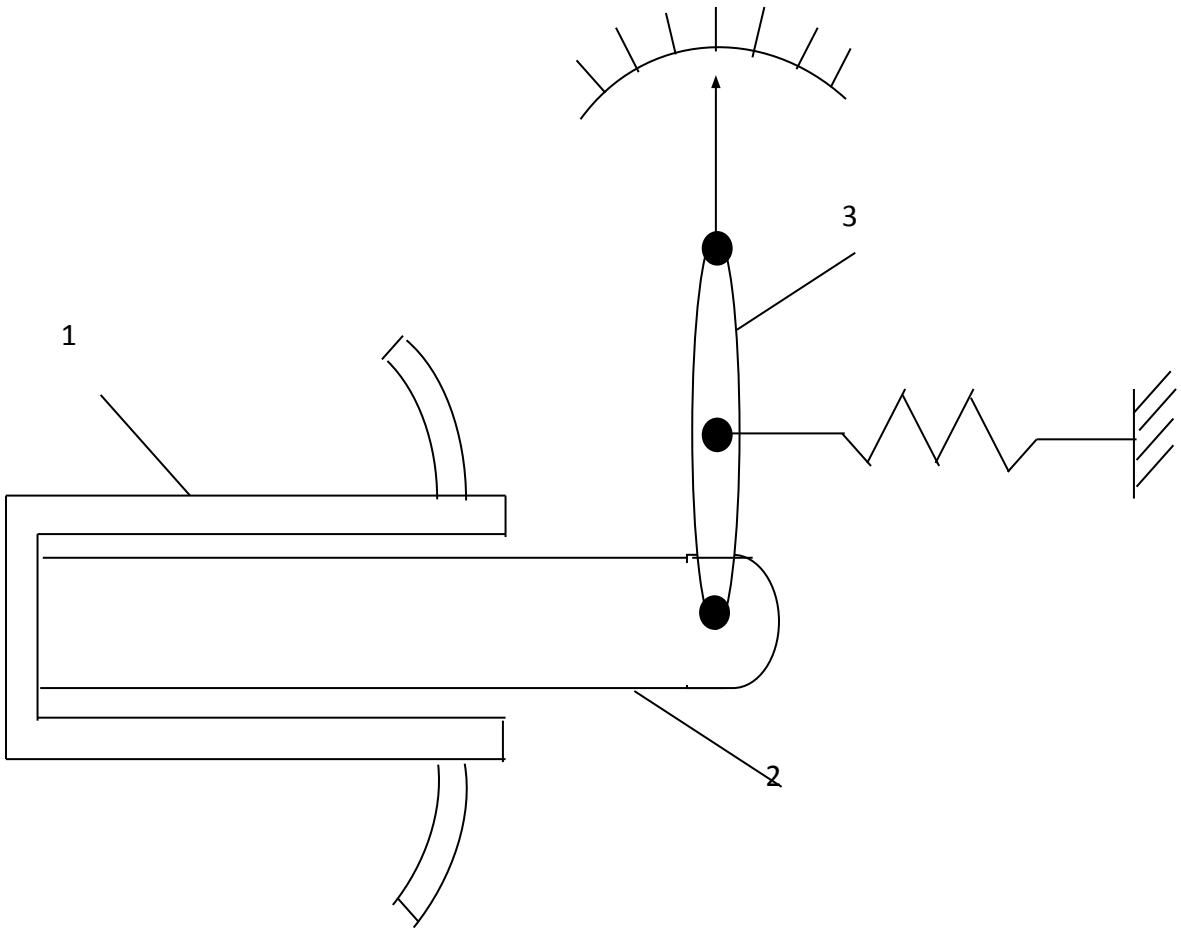
Конструкции биметаллических термометров

- В самой распространенной конструкции длинная свёрнутая спиралью лента из биметалла закрепляется в центре. Другой (внешний) конец спирали кинематически связан со стрелкой и перемещается вдоль шкалы. Такой термометр совершенно нечувствителен к изменениям внешнего давления и механически прочен.
- Диапазон показания термометра от -70°до и +600°С.



Для низких температурных пределов (от -70 до 100 °С) погрешность находится обычно в пределах 1 °С.
При высоких температурах до 600 °С погрешность может достигать 10 °С.

Дилатометрические термометры



- Действие основано на использовании разности удлинений трубки 1 и стержня 2 при нагреве вследствие различия их коэффициентов линейного расширения

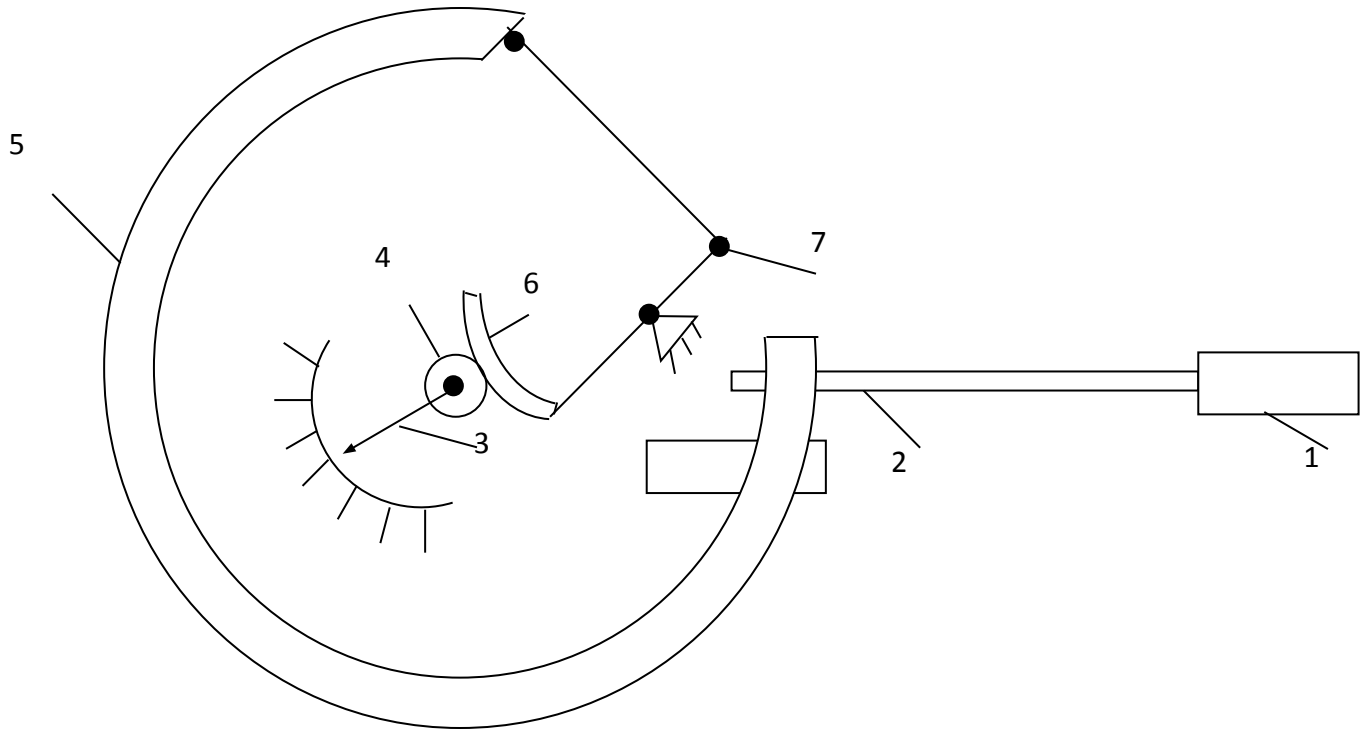
- Трубка изготавливается из материала с малым коэффициентом линейного расширения (кварц, инвар), а стержень - с большим (латунь, медь, алюминий, сталь), поэтому при нагреве стержень удлиняется больше трубки. Движение стержня передается стрелке 3.
- *Дилатометрические термометры* как указатели температуры обычно не применяют. Они служат чувствительными элементами (датчиками) в системах автоматического регулирования и сигнализации температуры

ТУДЭ-М1 терморегулятор дилатометрический, (внешний вид)

Манометрические термометры

- Действие основано на зависимости давления рабочего вещества в замкнутом объеме от температуры.

Конструкция МТ



- 1 – термобаллон, 2 – капилляр, 3 – стрелка, 4 – зубчатое колесо,5 – манометрическая трубка, 6 – сектор, 7 – тяга.

- Конструктивно **манометрические термометры** представляют собой герметичную систему, состоящую из баллона, соединённого капилляром с манометром. Термобаллон погружается в измеряемую среду. При изменении температуры рабочего вещества в термобалоне происходит изменение давления во всей замкнутой системе, которое через капиллярную трубку передается на манометр.
- Капилляр манометрического термометра обычно представляет собой латунную трубку с внутренним диаметром в доли миллиметра. Это позволяет удалить манометр от места установки термобаллона на расстояние до 60 м.
- При необходимости передачи результатов измерений на большое расстояние манометрические термометры снабжают промежуточными преобразователями с унифицированными выходными пневматическими или электрическими сигналами

Виды манометрических термометров

В зависимости от рабочего вещества различают газовые, жидкостные и конденсационные термометры.

- **Газовые манометрические термометры** заполняются азотом или гелием. Диапазон измерения температур от -200 до +800°С (ГОСТ 16920-93)
- **Жидкостные манометрические термометры** заполняются ртутью, толуолом, ксилолом, метиловым или пропиловым спиртом. Диапазон измерения температур от -150 до 400 °С.
- В **конденсационных манометрических термометрах** применяются легкокипящие жидкости пропан, хлористый этил, этиловый эфир, ацетон, бензол и т.д. Конденсационные манометрические термометры обладают высокой чувствительностью. Диапазон измерения температур -50 до +300 °С

достоинства	недостатки
•легкость в использовании и обслуживании; •устойчивость к вибрациям; •возможность регистрировать показания; •взрывобезопасность; •невысокая стоимость.	•большая инерционность, •относительно невысокая точность измерений, •трудность ремонта при разгерметизации термосистемы, необходимость частых поверок

Измерение уровня

ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

Уровень – высота заполнения технологического аппарата рабочей средой (жидкостью или сыпучим телом).

Уровнемер – прибор для непрерывного измерения уровня.

Сигнализатор уровня – прибор для сигнализации одного или нескольких фиксированных (дискретных) значений уровня.

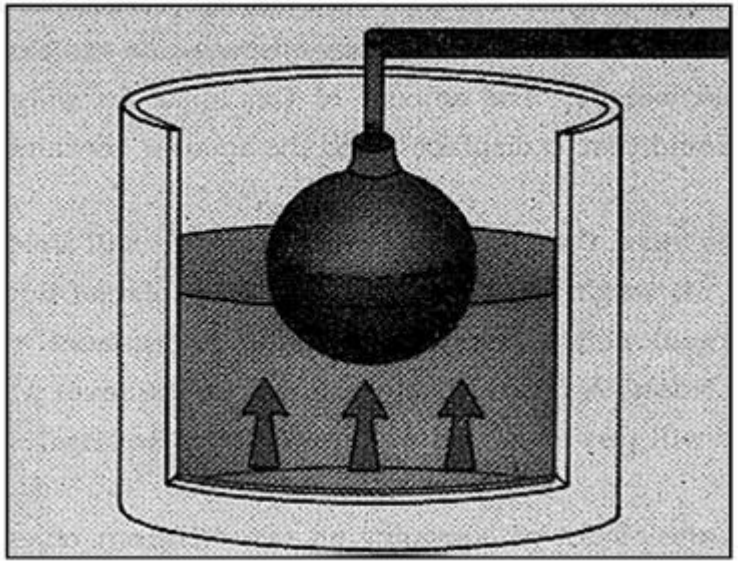
Типы уровнемеров в зависимости от физического метода измерения.

Наибольшее распространение в промышленном использовании получили следующие виды уровнемеров:

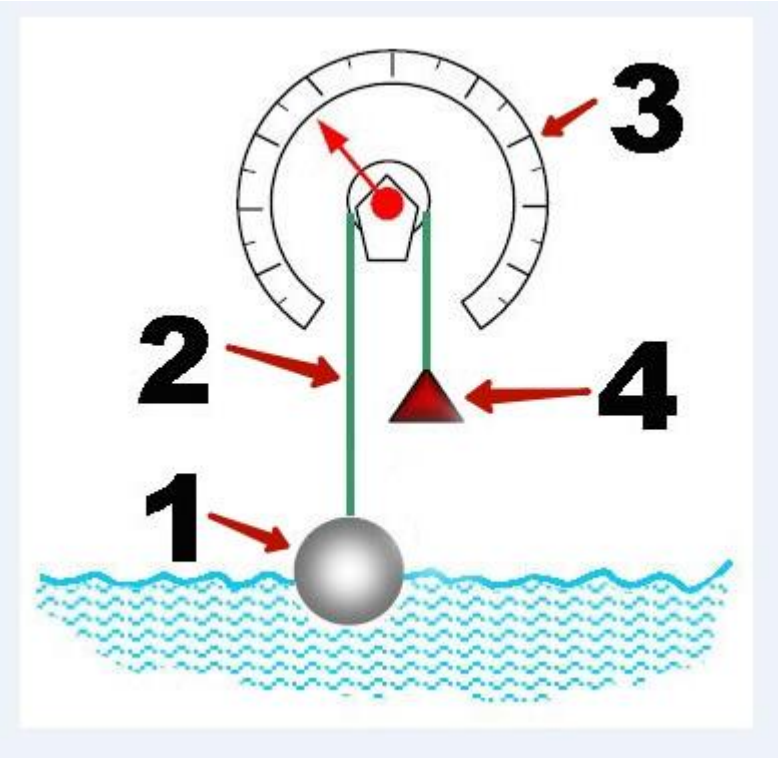
- поплавковые,
- буйковые,
- пьезометрические,
- гидростатические,
- электрические
- ультразвуковые

Поплавковые уровнемеры

- Действие основано на *принципе плавучести* - свойстве погружённого в жидкость тела оставаться в равновесии, не выходя из воды и не погружаясь дальше, то есть плавать.
- Измеряется перемещение чувствительного элемента - *поплавка*, плавающего на поверхности жидкости за счет действия подъемной силы, равной по величине весу вытесненной жидкости.



Обычно поплавок связан с указателем уровня гибкой механической связью. В качестве поплавков применяют преимущественно полые шаровидные или сферо-цилиндрические тела, выполненные из полипропилена, устойчивого к воздействию неконцентрированных кислот и щелочей, большинства растворителей, спирта, бензина, воды, консистентных смазок и масел.



Поплавковый уровнемер **широкого** диапазона.

1 – поплавок;

2 – трос;

3 – шкала;

4 – противовес

Типы поплавковых уровнемеров

- Чтобы измерять уровень жидкостей, имеющих невысокую температуру и которые находятся под низким давлением, чаще всего применяют уровнемеры типа УДУ. Они имеют довольно высокий показатель точности, их погрешность составляет порядка четырех миллиметров, при этом глубина сосуда может достигать двадцати метров. Измерения можно производить при температуре от -50 градусов по Цельсию до +50 градусов по Цельсию, а избыточное давление может составлять от 1,5 до 3 кПа.
- В случаях, когда жидкость находиться под большим давлением, или если ее температура находится вне допустимого диапазона измерения ее уровня при помощи уровнемера типа УДУ, используют поплавковый уровнемер типа ПМП, в конструкции которого используется **магнитный преобразователь**. Точность измерения достигает пяти миллиметров, а глубина сосуда может достигать шести метров.

Внешний вид поплавкового уровнемера

- Наиболее часто поплавковые уровнемеры используют для измерения уровней однородных жидкостей в больших открытых резервуарах, а также в закрытых резервуарах с низким давлением.
- Основные достоинства: простота, прочность невысокая стоимость.
- Недостатки: поплавковые уровнемеры непригодны для вязких жидкостей из-за залипания поплавка, обволакивания его вязкой средой. Погрешность измерения зависит от изменений (колебаний) плотности жидкости. Плавучесть зависит от размеров поплавка

Гидростатические уровнемеры

Предназначены для измерения гидростатического давления P столба жидкости, зависящего от его высоты h:

$$P = \rho \cdot g \cdot h,$$

ρ – плотность жидкости;
g – ускорение свободного падения.

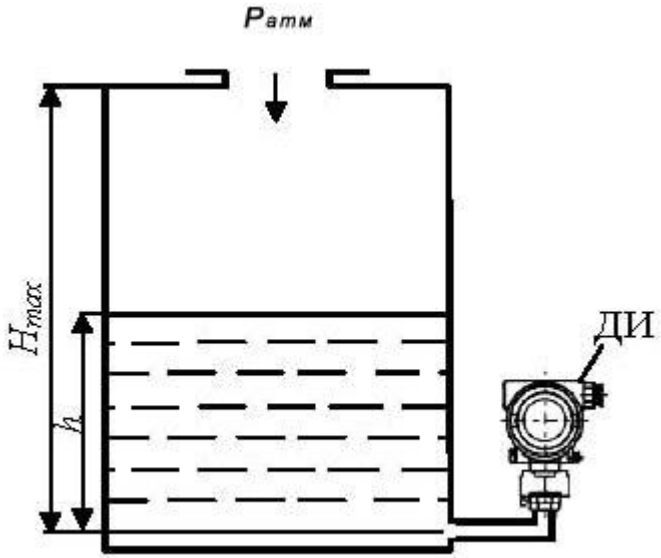
Измерение давления осуществляется *манометром* (прибором для измерения избыточного давления). Гидростатические уровнемеры по способу монтажа разделяют на фланцевые, врезные и погружные.

Врезные и фланцевые гидростатические уровнемеры

Уровень измеряется:

- манометром или датчиком давления, которые подключаются к резервуару на высоте, равной нижнему предельному значению уровня.
- Дифференциальным манометром, который подключается к резервуару на высоте, равной нижнему предельному значению уровня, и к газовому пространству над жидкостью.

Измерение уровня в резервуаре при помощи датчика избыточного давления ДИ:



При измерении уровня гидростатическим способом погрешности измерения определяются классом точности измерительного прибора, изменениями плотности жидкости и колебаниями атмосферного давления.

Погружные гидростатические уровнемеры

- имеют в своем составе измерительный элемент, расположенный на кабеле и погружаемый в жидкость. В отличие от врезных и фланцевых датчиков уровня, данные устройства не требуют доступ в нижней части емкости, что позволяет применять их в труднодоступных местах

- Достоинства гидростатических уровнемеров : имеют простую конструкцию, большой диапазон измерения, высокую точность, отличаются невысокой стоимостью и надежностью работы, работают с вязкими жидкостями и при большом избыточном давлении.
- Ограничения: гидростатические уровнемеры врезного и фланцевого типа подходят только в условиях возможности непосредственного контакта устройств с нижней частью емкости или резервуара.
- Недостатки: на точность измерения влияют колебания плотности жидкости; движение жидкости вызывает изменение давления и также приводит к ошибкам измерения; чувствительный элемент не находится в непосредственном контакте с измеряемой средой.

Внешний вид гидростатического уровнемера

Внешний вид гидростатического уровнемера

Электрические уровнемеры

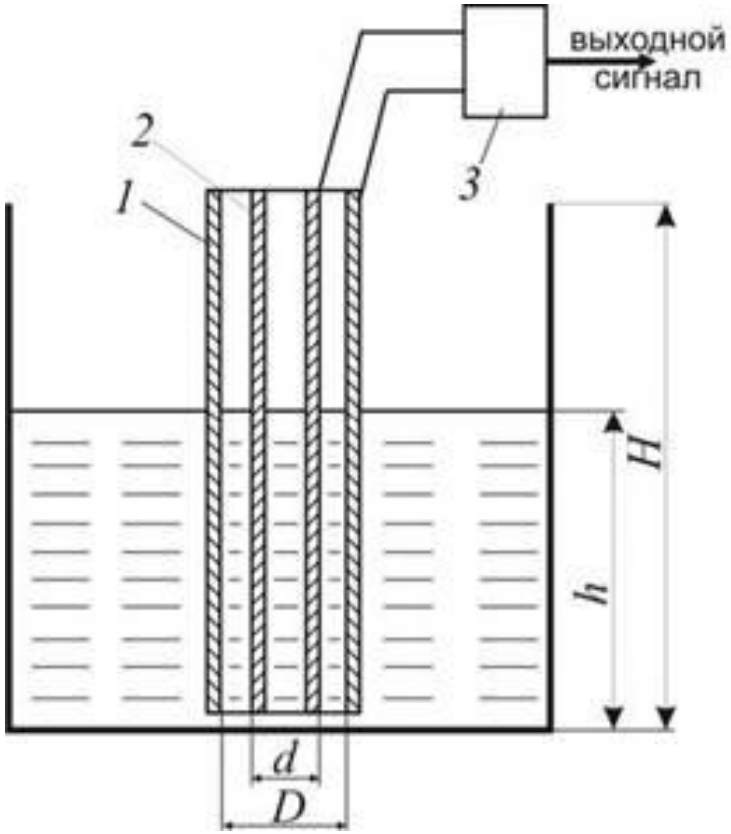
Принцип действия электрических уровнемеров основан на различии электрических свойств жидкостей и газов. При этом жидкости, уровень которых измеряется, могут быть как проводниками, так и диэлектриками; газы, находящиеся в нажидкостном пространстве, всегда диэлектрики.

В зависимости от вида электрического сигнала, в который преобразуется уровень, электрические уровнемеры делят на:

- кондуктометрические,
- емкостные,
- индуктивные
- вибрационные

Ёмкостные уровнемеры

- Принцип действия основан на различии диэлектрической проницаемости жидкости и воздуха. В связи с этим по мере погружения электродов датчика уровнемера в жидкость изменяется ёмкость между ними пропорционально уровню жидкости в резервуаре.



В сосуд с контролируемой жидкостью опущен преобразователь, который представляет собой электрический конденсатор, состоящий из двух обкладок (электродов) 1 и 2.
На схеме показан цилиндрический конденсатор, диаметры электродов которого *D* и *d*.
Емкость конденсатора зависит от уровня электропроводящей жидкости. Изменение емкости фиксируется электронным блоком 3, который вырабатывает выходной сигнал.

Достоинства и недостатки

Достоинства :

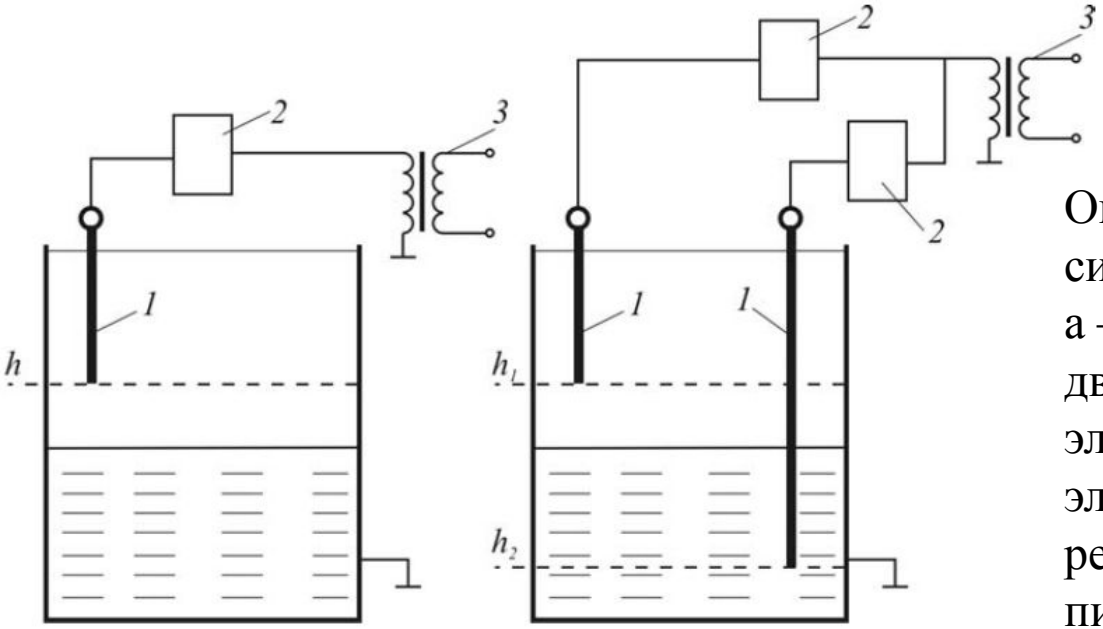
- простота, удобство монтажа и обслуживания, надежность, высокая точность (известны емкостные уровнемеры, основная погрешность которых не превосходит 0,1-0,2 %). Емкостные уровнемеры могут измерять уровень не только жидкостей, но и твердых сыпучих материалов: цемента, извести и т. п.

Недостатки :

- высокая чувствительность к изменению электрических свойств жидкостей, обусловленных изменением их состава, температуры и т. п.;
- образование на элементах датчика электропроводящей или непроводящей пленки вследствие химической активности жидкости, конденсации ее паров, налипания самой жидкости на контактирующие в ней элементы и т. п.
- Оба указанных недостатка обусловливают появление существенных дополнительных погрешностей. С первым из них борются, применяя различные компенсационные схемы; второй устраняют, используя адгезионные покрытия элементов датчика, вводя специальные присадки в жидкость, применяя „снос" образующейся пленки и т. д.

Кондуктометрические (омические) уровнемеры

Принцип действия заключается в использовании разницы показателей электропроводимости воздуха и контролируемой жидкой среды.
В простейшем исполнении датчик состоит из корпуса с резьбовым штуцером, изоляции, герметизирующего колпачка и погружного элемента, подключаемого к реле вместе с общим электродом, функции которого выполняют стенки металлического бака или дополнительный контрольный стержень, погружаемый как можно ближе к дну или нижнему пределу измерения .
В качестве электродов применяют металлические стержни или трубки и угольные электроды (для агрессивных жидкостей).



Омические сигнализаторы уровня: а – одного уровня; б – двух уровней; 1 – электрод; 2 – электромагнитное реле; 3 – источник питания

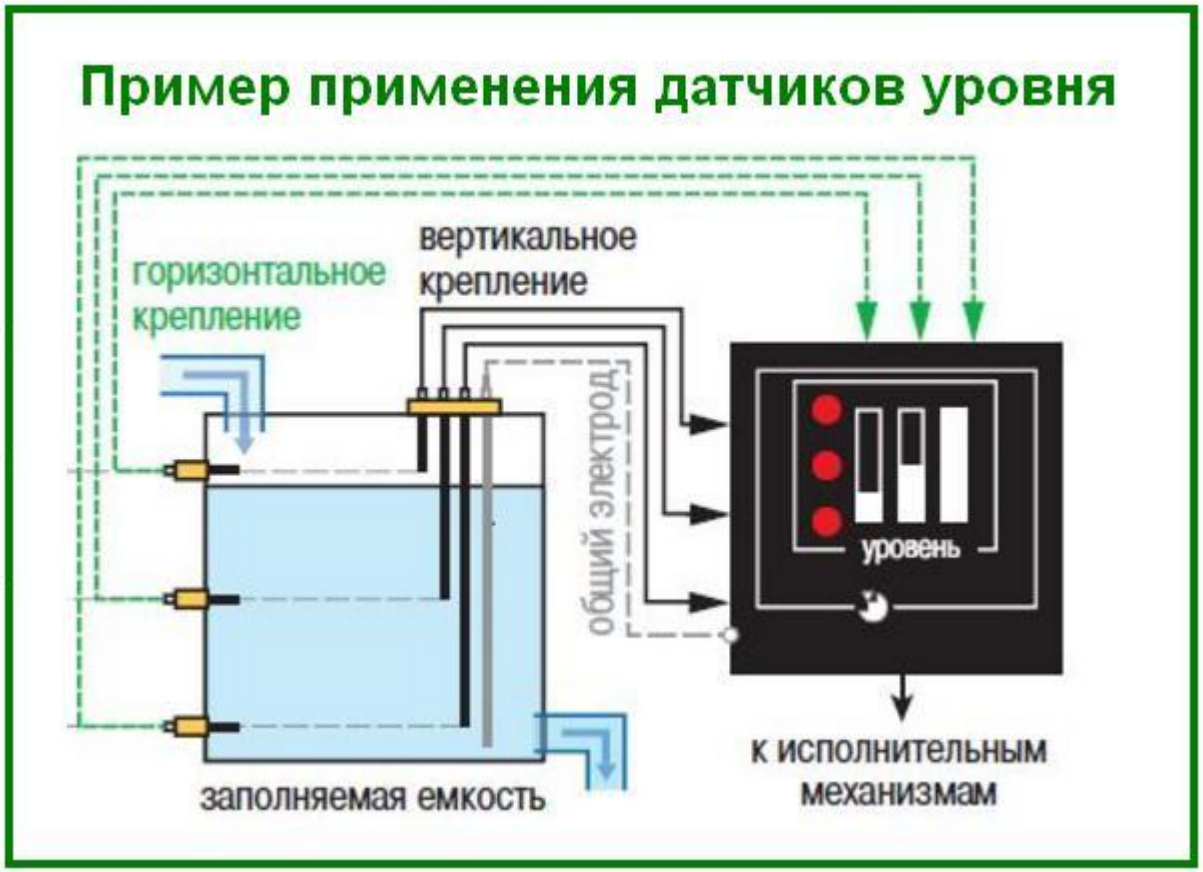
Достоинства :

- устойчивость к турбулентности и напору контролируемой среды;
- наличие прочного и компактного корпуса, возможность наращивания длины погружных частей;
- отсутствие движущихся узлов
- Замыкаемая или размыкаемая цепь является слаботочной
- простота настройки и обслуживания, безопасность

Недостатки :

- Основные факторы, ограничивающие точность кондуктометрических уровнемеров — непостоянство площадей поперечных сечений электродов (и вследствие этого непостоянство удельных сопротивлений по длине электродов),
- Кроме того, на точность кондуктометрических уровнемеров существенное влияние оказывает изменение электропроводности рабочей жидкости, поляризация среды вблизи электродов.
- Образование на электродах пленки (окисла, соли) с высоким удельным сопротивлением приводит к резкому неконтролируемому снижению чувствительности датчика.
- Вследствие этого погрешности кондуктометрических методов измерения уровня (даже при использовании различных компенсационных схем) достаточно высоки (5—10 %),

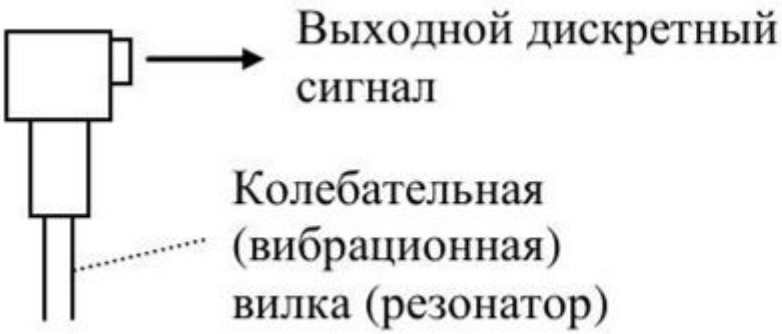
Кондуктометрические уровнемеры используют главным образом для сигнализации и поддержания в заданных пределах уровня электропроводных жидкостей.

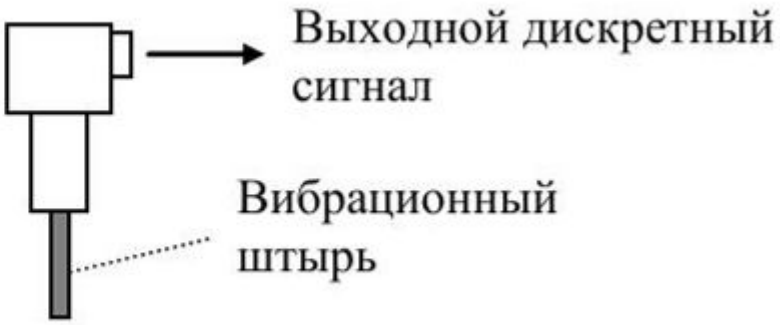


Вибрационные уровнемеры

Используются в качестве сигнализаторов уровня

- Принцип действия основан на различии резонансных колебаний вибрирующего чувствительного элемента – камертонного резонатора в газовой (воздушной) среде и в жидкости (сыпучем материале). Чувствительный элемент приводится в действие пьезоэлектрическим методом и вибрирует с механической резонансной частотой приблизительно 1200...1300 Гц. При погружении вибрирующего элемента в измеряемую среду частота изменяется.
- Для датчика, используемого для жидкостей, измеряется частота колебаний, а для датчиков сыпучих материалов - измеряется амплитуда колебаний. Эти параметры воспринимаются встроенным приемником, а затем подаются на усилитель. Изменения собственной частоты колебания резонатора отслеживаются прибором, и при каких-либо изменениях подаётся сигнал оповещения о достижении предельного нижнего или верхнего уровня.





Вибрационные уровнемеры отличаются надежностью и широкой областью применения. Конструкция и принцип действия данных устройств снижает до минимума их восприимчивость к химическим и физическим свойствам измеряемого вещества. Также вибрационные уровнемеры показывают точные результаты при турбулентности, наличии пузырьков воздуха в жидких средах, и прочих неблагоприятных условиях работы.