

# ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Преподаватель ВО УПЦ  
Смирнов В.А.

**Температурой** называется физическая величина характеризующая тепловое состояние тела и пропорциональна средней кинетической энергии молекул тела.



В 1742 году шведский ученый  
Андрес Цельсий разработал температурную  
шкалу, которой  
мы пользуемся до настоящего  
времени в бытовых целях  
(шкала Цельсия).

**0** – тройная точка воды;

**100** – точка кипения воды;

**1/100** была принята за единицу измерения и получила название **градус Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ).**



в 1847 году английский физик лорд Кельвин предложил точную и равномерную шкалу с названием термодинамической шкалы (шкалы Кельвина).

Термодинамическая шкала начинается с абсолютного нуля (абсолютным нулем считается температура при которой отсутствует движение молекул, давление газа равно нулю).

Температура обозначается (**T**),  
градус (**K**).

Связь между температурами  $t$  по Цельсию и  $T$  по Кельвину определяется следующим уравнением:

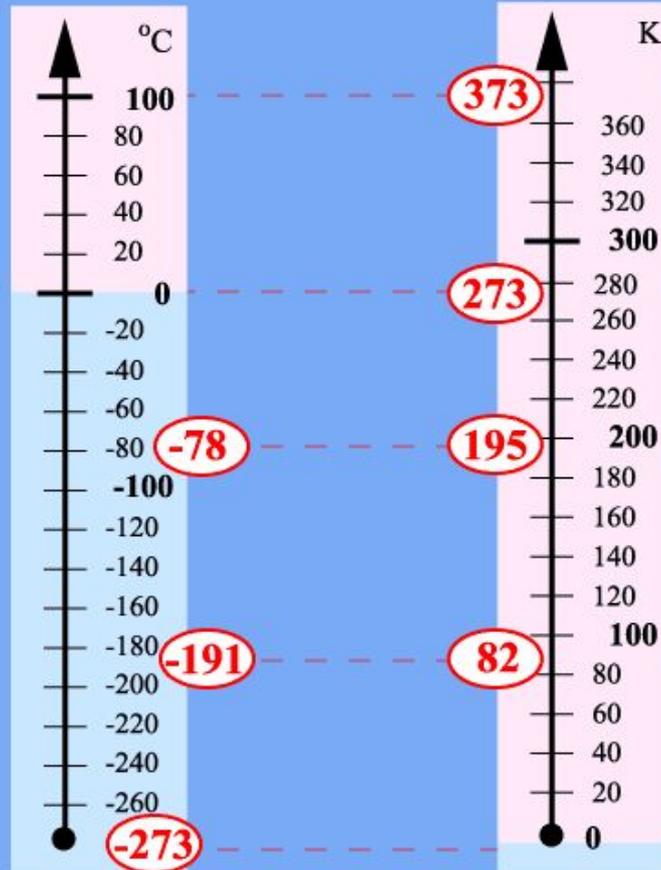
$$t = T - 273,16.$$

### Шкала Цельсия

$$t = T - 273$$

### Термодинамическая шкала

$$T = t + 273$$



*кипение воды*



*плавление льда*



*сухой лед (CO<sub>2</sub>)*



*жидкий воздух*



*абсолютный ноль*



**Для практических целей, связанных с измерением температуры, принята Международная практическая температурная шкала (МПШТ-68), которая является обязательной для метрологических органов. Она применяется для градуировки всех приборов, предназначенных для измерения температуры.**

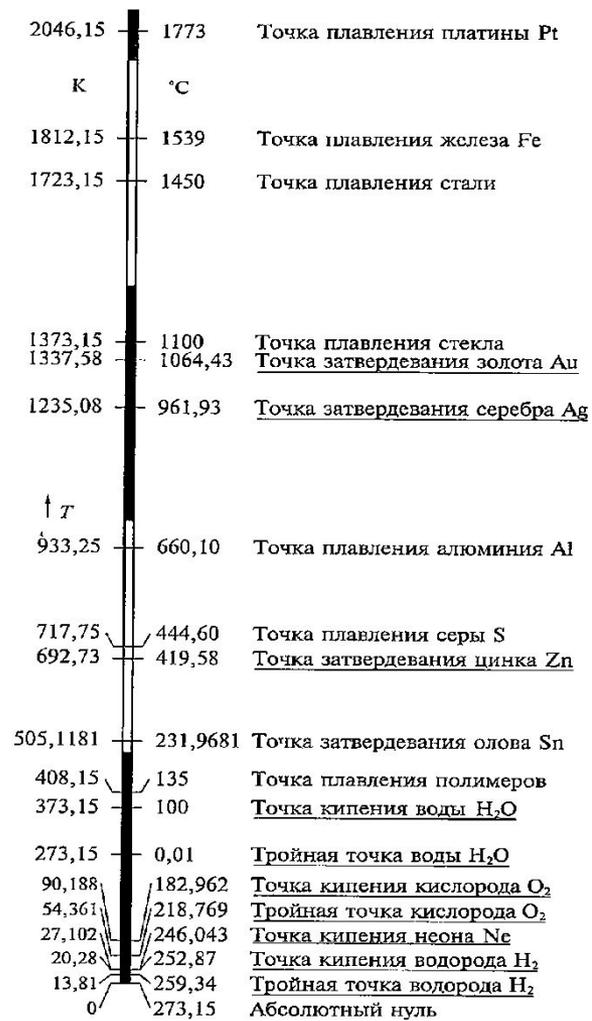


Рис. 2.75. Международная практическая температурная шкала (МПТШ-68) с реперными точками (подчеркнуты)

# Приборы измерения температуры

**Для измерения температуры используется явление изменения физических параметров тел при их нагревании.**

**Изменение объема тела, его линейных размеров или электрических параметров может служить мерой измерения температуры.**

- **жидкостные стеклянные термометры;**
- **стержневые или дилатометрические термометры;**
- **биметаллические термометры;**

- манометрические термометры;
- термоэлектрические термометры  
(термопары);
- термометры сопротивления;
- пирометры излучения.

# Жидкостные стеклянные термометры

**Жидкостные термометры** представляют собой устройство, в котором расширяющаяся под воздействием тепла жидкость поднимается по капиллярному столбику.

По величине подъема жидкости судят о температуре среды, в которую погружен термометр.

**Диапазон измерения**  
**от – 90 до + 650°С**

**Жидкостные стеклянные термометры  
конструктивно делятся на:**

**- палочные;**

**- технические со вложенной шкалой;**

**В качестве термометрической жидкости  
применяют органические наполнители: **ртуть,**  
**толуол, этиловый спирт, керосин, пентан.****

**Жидкостные термометры** состоят из резервуара с жидкостью, капиллярной трубки, присоединенной к резервуару и закрытой с противоположного конца, шкалы и защитной оболочки.

Термометрическая жидкость заполняет резервуар и часть капиллярной трубки.

**Чувствительность жидкостных термометров зависит от размеров резервуара, капилляра и применяемой термометрической жидкости.**

Наибольшее распространение получили **ртутные термометры** благодаря своей простоте, сравнительно высокой точности измерения.

Диапазон измерения температур **от -35 °С до +650 °С.**

# Дилатометрические термометры

К дилатометрическим термометрам относятся ***стержневой*** и ***пластинчатый*** (биметаллический) термометры, действие которых основано на относительном удлинении под влиянием температуры двух твердых тел, имеющих различные температурные коэффициенты линейного расширения.

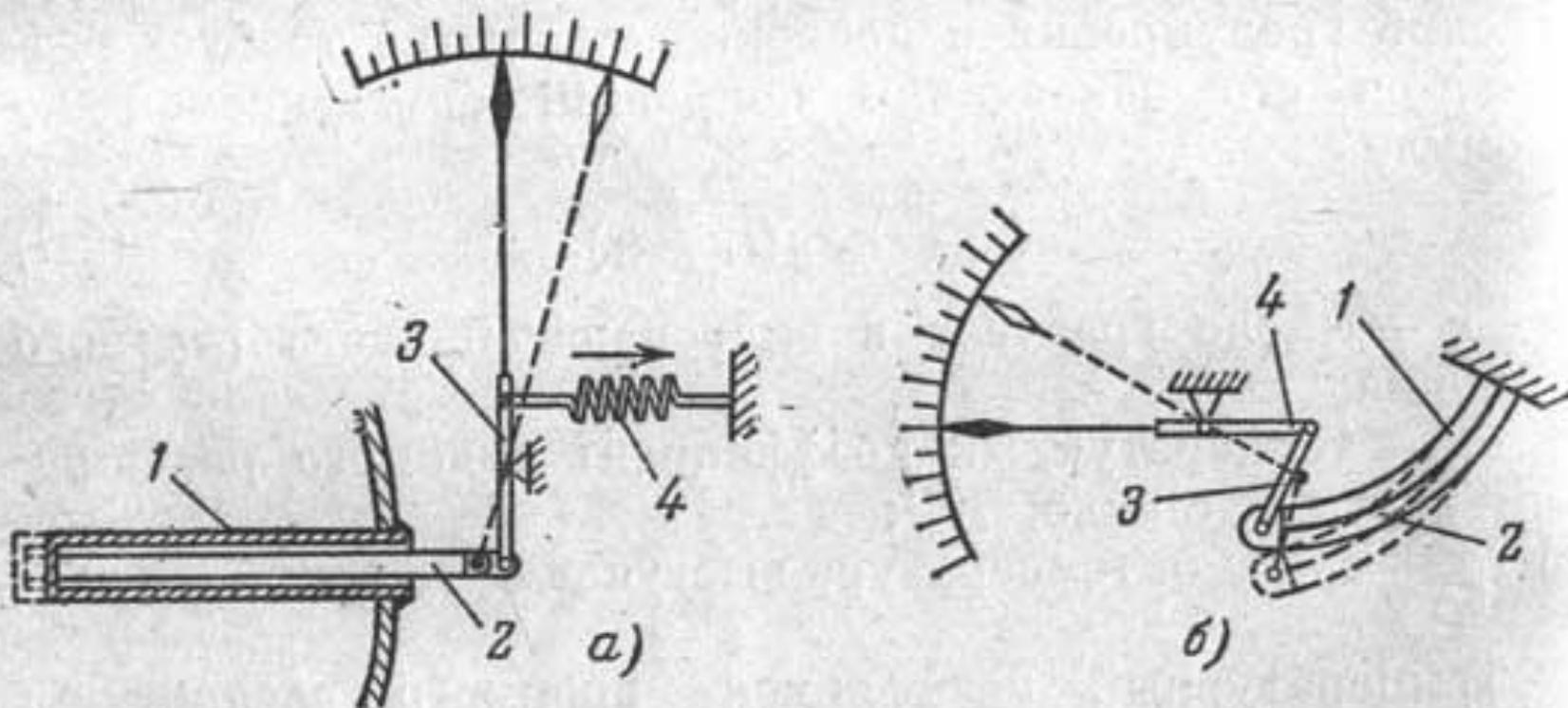


Рис. 2-7. Дилатометрические термометры.  
а — стержневой; б — пластинчатый.

**Стержневой термометр имеет закрытую с одного конца трубку, помещаемую в измеряемую среду и изготовленную из материала с большим коэффициентом линейного расширения.**

**В трубку вставлен стержень, прижимаемый к ее дну рычагом, скрепленным с пружиной.**

**Стержень изготовлен из материала с малым коэффициентом расширения. При изменении температуры трубка изменяет свою длину, что приводит к перемещению в ней стержня, сохраняющего почти постоянные размеры и связанного посредством рычага с указательной стрелкой прибора.**

Материал		Материал	
Алюминий	24	Латунь	18,5
Железо	12,5	Никель	14
Инвар (64% Fe, 36% Ni)	3,5	Сталь немагнитная (X18H10T)	17
Кварц плавленный	0,55	Фарфор	3,5

**Пластинчатый термометр состоит из двух спаянных между собой по краям металлических полосок, из которых одна полоска имеет большой коэффициент линейного расширения, а другая - малый. Биметаллическая пластина в зависимости от температуры меняет степень своего изгиба, величина которого при помощи тяги, рычага и соединенной с ним стрелки указывается по шкале прибора.**



# Манометрические термометры

**Действие манометрических термометров основано на зависимости давления жидкости, газа или пара с жидкостью в замкнутом объеме (термосистеме) от температуры.**



**В зависимости от заключенного в термосистеме рабочего вещества манометрические термометры разделяются на *газовые, жидкостные и конденсационные.***

**Термосистема прибора, заполненная рабочим веществом, состоит из термобаллона, погружаемого в измеряемую среду, манометрической трубчатой пружины, воздействующей посредством тяги на указательную стрелку, и капилляра, соединяющего пружину с термобаллоном.**

**При нагреве термобаллона увеличение давления рабочего вещества передается через капилляр трубчатой пружине и вызывает раскручивание последней до тех пор, пока действующее на нее усилие, не уравновесится силой ее упругой деформации.**

- **барометрическая**, связанная с изменением атмосферного давления;
- **температурная** (у газовых и жидкостных термометров), возникающая при колебаниях температуры окружающего воздуха;
- **гидростатическая** (у жидкостных и конденсационных термометров), появляющаяся при установке термобаллона и пружины на разных высотах.

**Газовые манометрические термометры  
заполняются азотом.**

**Диапазон измерения до 600°C.**

**Класс точности 1 и 1,5.**

**На показания газовых термометров оказывают влияние отклонения температуры воздуха, окружающего пружину и соединительный капилляр.**

**Для уменьшения температурной погрешности внутренний объем термосистемы выбирают таким, чтобы объем термобаллона в несколько раз превышал общий объем пружины и капилляра.**

**Газовые манометрические термометры часто выполняются с температурной компенсацией.**

**Для этого между подвижным концом пружины и указательной стрелкой включается небольшая изогнутая дилатометрическая пластинка (компенсатор).**

**Газовые термометры изготавливаются с  
длиной капилляра **1,6 - 40 м.****

**Жидкостные манометрические термометры  
заполняются органическими жидкостями.  
Температурная погрешность несколько больше,  
чем у газовых, поэтому длина капилляра у  
них не превышает **10 м.****

**Для уменьшения барометрической погрешности  
термометры заполняются жидкостью при  
начальном давлении  
1,5 - 2 МПа.**

**Гидростатическая погрешность устраняется  
путем изменения корректором нуля  
начального положения конца трубчатой  
пружины (указательной стрелки) после  
установки прибора.**

**Конденсационные манометрические термометры  
имеют в качестве рабочего вещества  
низкокипящие органические жидкости  
(хлористый метил, ацетон и фреон).**

**Термобаллон конденсационных термометров на  $2/3$  залит рабочей жидкостью, над которой находится образующийся из нее насыщенный пар.**

**Капилляр и пружина термометра заполнены той же жидкостью, что и термобаллон. Для обеспечения постоянного заполнения капилляра жидкостью конец его опускается до дна термобаллона.**

**Конденсационные термометры имеют узкий диапазон показаний и неравномерную шкалу, сжатую вначале.**

**Жидкостные и конденсационные манометры  
предназначены для измерения и  
сигнализации температуры в диапазоне  
до **300 °С**.**

**Класс точности:**

- **жидкостных 1,5;**
- **конденсационных 2,5.**

# Термометры сопротивления

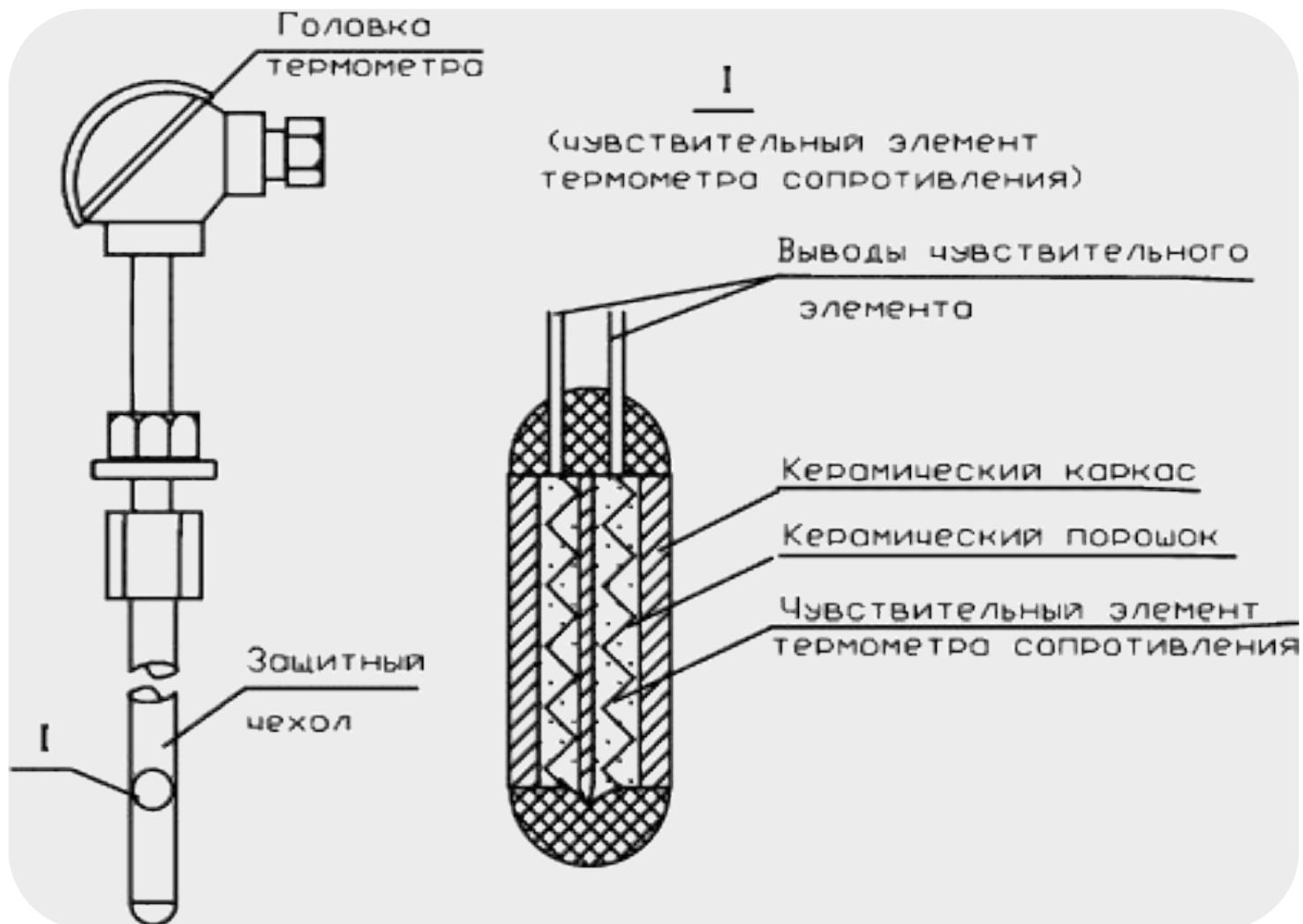
**Действие термометров сопротивления основано на изменении электрического сопротивления металлических проводников в зависимости от температуры.**

**Термометры сопротивления  
изготавливаются двух видов:**

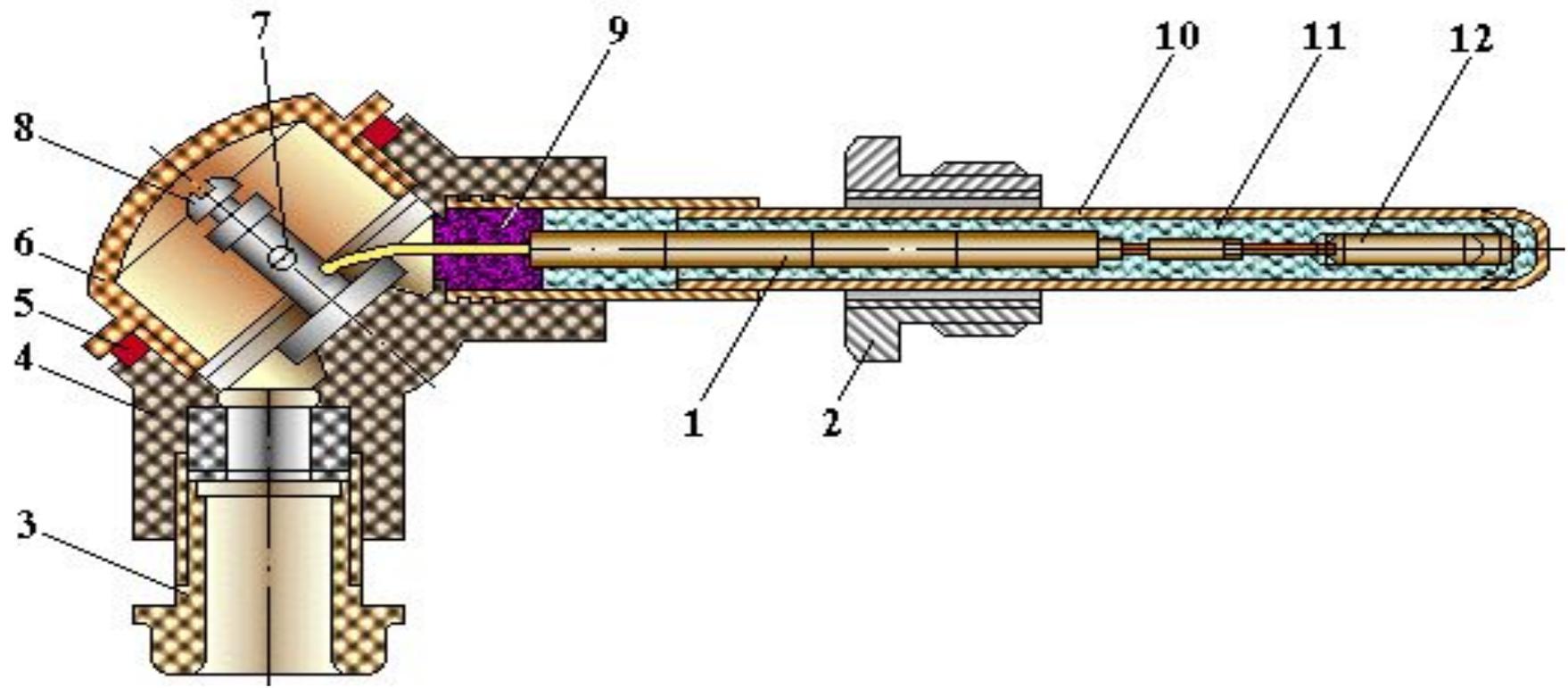
- платиновые (ТСП);**
- медные (ТСМ).**

**Термометр сопротивления состоит из чувствительного элемента и арматуры которая защищает его от вредного воздействия окружающей среды, обеспечивает необходимую прочность термометра и возможность закрепления его в месте установки.**

**Чувствительный элемент термометра представляет собой платиновую или медную спираль из тонкой проволоки, помещенную в фарфоровую трубку. С торцов трубка плотно закрыта пробками. К концам спирали припаяны выводные провода.**



**Чувствительный элемент вставлен в стальной защитный чехол наружным диаметром 10 мм. Выводные провода изолированы фарфоровыми бусами. Свободное пространство чехла заполнено окисью алюминия. Защитный чехол присоединен к водозащищенной головке. В головке выводные провода припаяны к двум винтовым зажимам для подключения внешних проводов.**



**Длина чувствительного элемента у платиновых термометров сопротивления составляет 30 - 120 и у медных 60 мм.**

**Термометры сопротивления бывают *одинарные* и *двойные*, в последнем случае в общем защитном чехле расположены два одинаковых чувствительных элемента, подключаемых к двум отдельным вторичным приборам, установленным в разных местах.**

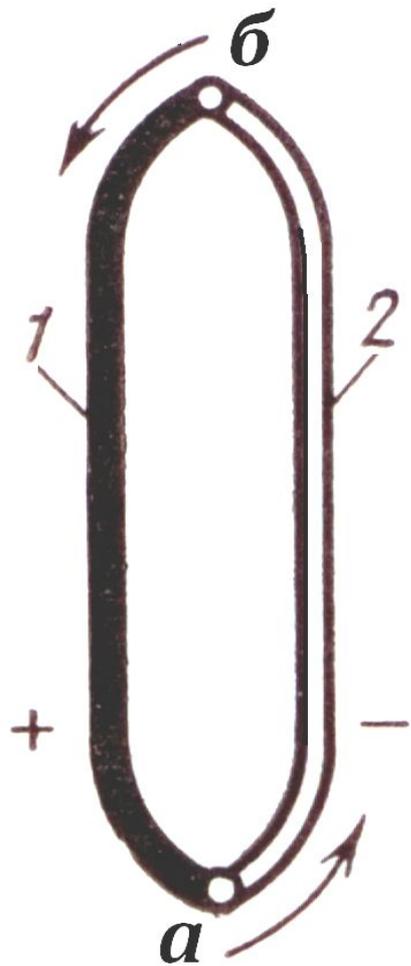
**высокая точность измерения, возможность получения приборов с безнулевой шкалой на узкий диапазон температур, легкость осуществления автоматической записи и дистанционной передачи показаний и возможность присоединения к одному вторичному прибору при помощи переключателя нескольких однотипных термометров.**

**потребность в постороннем источнике  
тока.**

# Термоэлектрические термометры

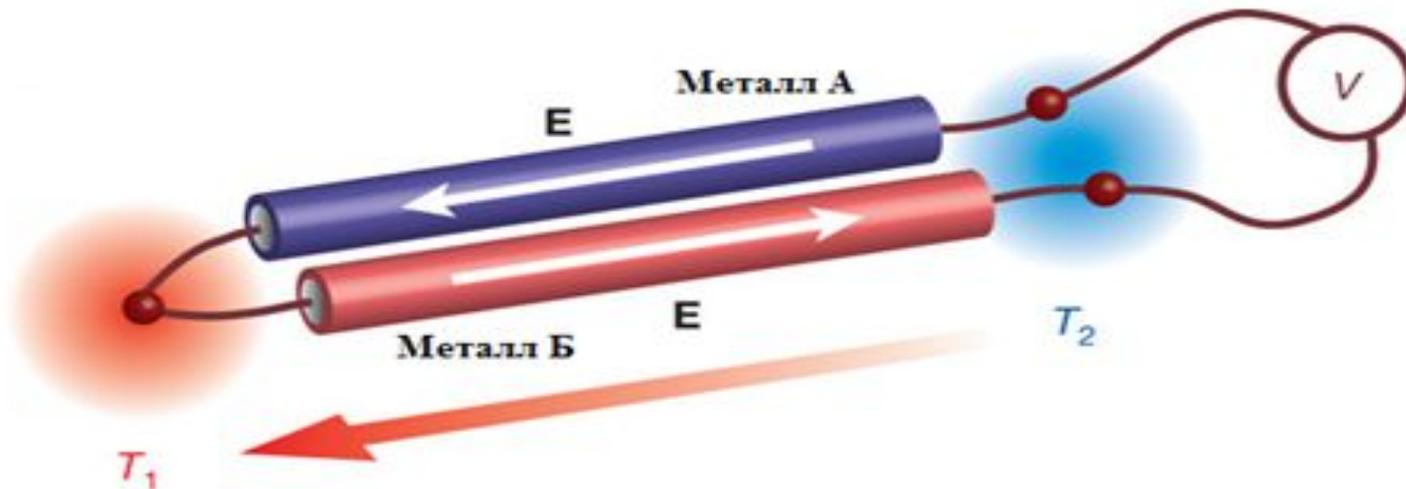


**Явление  
термоэлектричества  
было открыто  
немецким физиком  
Т. Зеебеком в 1821 г.**



**Если соединить два проводника (термоэлектрода), чтобы они образовали замкнутую электрическую цепь, и затем поддерживать места контактов (спаи) при различной температуре, то в цепи будет протекать постоянный ток.**

Электродвижущая сила, вызывающая этот ток, называется **термоЭДС** и зависит от материала термоэлектродов и разности температур спаев.



**Контакт (спай), помещаемый в измеряемую среду, называется рабочим или горячим, а в месте подключения термопары к измерительному прибору – холодный или свободный.**

**Термоэлектроды термометра  
обозначаются знаками **+** и **—** .  
Положительным термоэлектродом  
считается тот, по которому ток течет  
от рабочего конца к свободному.**

**В обозначениях термопар первым указывается положительный электрод.**

**На условных графических изображениях положительный электрод обозначается тонкой линией, отрицательный – толстой.**

**Рабочий конец термометров в большинстве случаев образуется скруткой и сваркой концов термоэлектродов в пламени электрической дуги или гремучего газа. Иногда применяется спайка концов термоэлектродов серебряным припоем.**

- рабочий спай поместить в контролируруемую среду, а температуру свободного спаия стабилизировать;
  - измерить термоЭДС развиваемую термопарой;
- иметь градуировочную характеристику;

**Зависимость термоЭДС от температуры  
рабочего спая при нулевой  
температуре свободных концов  
называется **номинальной статической  
характеристикой преобразования (НСХ).****

Тип термопары	Буквенное обозначение НСХ*	Материал термоэлектродов		Коэффициент термоЭДС, мкВ/°С (в диапазоне температур, °С)	Диапазон рабочих температур, °С	Предельная температура при кратковременном применении, °С
		положительного	отрицательного			
ТЖК	J	Железо (Fe)	Сплав константен (45% Cu + 45% Ni, Mn, Fe)	50-64 (0-800)	от -200 до +750	900
ТХА	K	Сплав хромель (90,5% Ni + 9,5% Cr)	Сплав алюмель (94,5% Ni + 5,5% Al, Si, Mn, Co)	35-42 (0-1300)	от -200 до +1200	1300
ТМК	T	Медь (Cu)	Сплав константан (55% Си + 45% Ni, Mn, Fe)	40-60 (0-400)	от -200 до +350	400
ТХКи	E	Сплав хромель (90,5% Ni + 9,5% Cr)	Сплав константан (55% Cu + 45% Ni, Mn, Fe)	59-81 (0-600)	от -200 до +700	900
ТХК	L	Сплав хромель (90,5% Ni + 9,5% Cr)	Сплав копель (56% Си + 44% Ni)	64-88 (0-600)	от -200 до +600	800
ТНН	N	Сплав никросил (83,49% Ni + 13,7% Cr + 1,2% Si + 0,15% Fe + 0,05% C + 0,01% Mg)	Сплав нисил (94,98% Ni + 0,02% Cr + 4,2% Si + 0,15% Fe + 0,05% C + 0,05% Mg)	26-36 (0-1300)	от -270 до +1300	1300
ТПП13	R	Сплав платина-родий (87%Pt + 13%Rh)	платина (Pt)	10-14 (600-1600)	от 0 до +1300	1600
ТПП10	S	Сплав платина-родий (87% Pt —	платина (Pt)	10-14 (600-	от 0 до	1600

		13% Rh)		1600)	+1300	
ТПР	В	Сплав платина-родий (70% Pt - 30% Rh)	Сплав платина-родий (94% Pt-6%Rh)	10-14(1000-1800)	от 600 до+1700	1800
ТВР	А-1 А-2 А-3	Сплав вольфрамовый (95% W - 5% Re)	Сплав вольфрамовый (80% W-20% Re)	14-7 (1300-2500)	от 0 до +2200 от 0 до +1800 от 0 до +1800	2500
ТСС	І	Сплав сикд	Сплав сикн	-	от 0 до +800	900

**Примечание:** НСХ — номинальные статические характеристики преобразования по международной классификации ТСС

**Спасибо за внимание.**

**Преподаватель ВО УПЦ  
Смирнов В.А.**