

# Лекція

## Методи та засоби вимірювання температури

### 1. Класифікація термометрів.

**Температура речовини** - величина, що характеризує ступінь нагрівання, яка визначається внутрішньою кінетичною енергією теплового руху молекул. Вимірювання температури практично можливо тільки методом порівняння ступеня нагрівання двох тіл.

Для порівняння нагрівання цих тіл використовують зміни яких-небудь фізичних властивостей, які залежать від температури і легко піддаються вимірюванню.

За властивістю термодинамічного тіла, використовуваного для вимірювання температури, можна виділити наступні типи термометрів:

- термометри розширення, засновані на властивості температурного розширення рідких тіл;
- термометри розширення, засновані на властивості температурного розширення твердих тіл;
- термометри газові манометричні;
- термометри рідинні манометричні;
- конденсаційні;
- електричні;
- термометри опору;
- оптичні монохроматичні пірометри;
- оптичні колірні пірометри;
- радіаційні пірометри.

### 2. Термометри розширення. Рідинні скляні.

Теплове розширення рідини характеризується порівняльним **коефіцієнтом об'ємного розширення**, значення якого визначається як

$$\beta_{t_1, t_2} = \frac{V_{t_1} - V_{t_2}}{V_0(t_2 - t_1)} \text{ 1/град}$$

де  $V_0$ ,  $V_{t_1}$ ,  $V_{t_2}$  - об'єми рідини при  $0^\circ\text{C}$ , температурах  $t_1$  і  $t_2$  відповідно.

Чутливість термометра залежить від різниці коефіцієнтів об'ємного розширення термометричної рідини і скла, від об'єму резервуару і діаметру капіляра. Чутливість термометра зазвичай лежить в межах  $0,4\dots 5 \text{ мм/}^\circ\text{C}$  (для деяких спеціальних термометрів  $100\dots 200 \text{ мм/}^\circ\text{C}$ ).

Для захисту від пошкоджень технічні термометри вмонтовуються в металевій оправі, а нижня погрузна частина закривається металевою гільзою.

### 3. Термометри, засновані на розширенні твердих тіл.

До цієї групи приладів відносяться дилатометричні і біметалічні термометри, засновані на зміні лінійних розмірів твердих тіл із зміною температури.

1) Конструктивне виконання дилатометричних термометрів засноване на перетворенні вимірюваної температури в різницю абсолютних значень подовжень двох стрижнів, виготовлених з матеріалів з істотно різними термічними коефіцієнтами лінійного розширення:

$$\beta_{t_1, t_2} = \frac{l_{t_1} - l_{t_2}}{l_0(t_2 - t_1)} \text{ 1/град}$$

де  $l_0$ ,  $l_{t_1}$ ,  $l_{t_2}$  - лінійні розміри тіла при  $0^\circ\text{C}$ , температурах  $t_1$  і  $t_2$  відповідно.

Дилатометричні термометри застосовуються в пристроях сигналізації і регулювання температури.

2) Біметалічні термометри засновані на деформації біметалічної стрічки при зміні температури. Зазвичай застосовуються біметалічні стрічки, зігнуті у вигляді плоскої або гвинтової спіралі. Один кінець спіралі укріплений нерухомо, другий - на осі стрілки. Кут повороту стрілки рівний куту закручування спіралі, який пропорційний зміні температури.

Біметалічні термометри забезпечують зміну температури з відносними похибками 1 - 1,5%.

### 4. Газові манометричні термометри.

В основу принципу дії манометричного термометра покладена залежність між температурою і тиском термометричної (робочої) речовини, позбавленої можливості вільно розширюватися при нагріванні.

Манометричні термометри зазвичай включають термобаллон, капілярну трубку і трубчасту пружину з повідцем, зубчатим сектором і стрілкою. Вся система заповнюється робочою речовиною. При нагріванні термобаллона, встановленого в зоні вимірюваної температури, тиск робочої речовини усередині замкнутої системи збільшується. Збільшення тиску сприймається манометричною пружиною, яка впливає через передавальний механізм на стрілку або перо приладу.

Газові манометричні термометри засновані на залежності температури і тиску газу, ув'язненого в герметично замкнутій термосистемі.

Переваги: шкала приладу практично рівномірна.

Недоліки: порівняно велика інерційність і великі розміри термобаллона.

### 5. Рідинні манометричні термометри.

В якості манометричної рідини в приладах цього типу застосовується метиловий спирт, ксилол, толуол, ртуть і т. д.

Рідинні манометричні термометри мають рівномірну шкалу.

## 6. Конденсаційні манометричні термометри.

Конденсаційні манометричні термометри реалізують залежність пружності насиченої пари низькокиплячої рідини від температури. Оскільки ці залежності для використовуваних рідин (хлористий метил, етиловий ефір, хлористий етил, ацетон і ін.) нелінійні, отже, і шкали термометрів нерівномірні. Проте, ці прилади володіють вищою чутливістю, ніж газові рідинні.

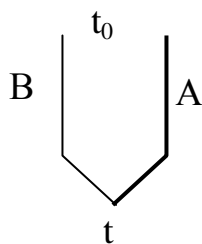
## 7. Електричні термометри.

Принцип дії цього типу термометрів заснований на залежності ТЕРМО-ЕРС (ТЕРС) ланцюга від зміни температури.

У термоелектричному ланцюзі, що складається з двох провідників А і В (див. мал. 2.1) виникають 4 різні ТЕРС: 2 ТЕРС в місцях спаїв провідників А і В, ТЕРС на кінці провідника А і ТЕРС на кінці провідника В. Сумарна ТЕРС, що виникає при нагріві спаїв провідників до температур  $t$  і  $t_0$ :

$$E_{AB}(t, t_0) = e_{AB}(t) + e_{BA}(t_0),$$

де  $e_{BA}$  і  $e_{AB}$  - ТЕРС, обумовлена контактною різницею потенціалів і різницею температур кінців А і В.



ТЕРС  $E_{AB}(t, t_0)$  є функцією від температури гарячого спаю  $t$  за умови постійності температури холодного спаю  $t_0$ .

Термопари градууються при певній постійній температурі  $t_0$  (зазвичай  $t_0 = 0$  °С або  $20$  °С). При вимірюваннях температура  $t_0$  може відрізнитися від градуювального значення. В цьому випадку вводиться відповідна поправка в результат вимірювання:

Мал. 2.1

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, t_0') + E_{AB}(t_0', t_0).$$

Поправка  $E_{AB}(t_0', t_0)$  рівна ТЕРС, яку розвиває дана термопара при температурі гарячого спаю  $t_0'$  і градуювальному значенні температури холодних спаїв. Поправка береться позитивною, якщо  $t_0' > t_0$  і негативною, якщо  $t_0' < t_0$ .

Величина поправки може бути взята з градуювальної таблиці.

*Конструктивне* виконання термопар різноманітне і залежить головним чином від умов їх застосування. При необхідності вимірювання невеликої різниці температур або отримання великої ТЕРС застосовуються диференціальні термопари і термобатарей, що являють собою декілька послідовно сполучених термопар.

*Компенсація* зміни температури холодних спаїв термопар. Правильне вимірювання температури можливе лише при постійності температур вільних спаїв  $t_0$ . Воно забезпечується за допомогою сполучних проводів і спеціальних термостатуючих пристроїв. Сполучні дроти в даному випадку призначені для перенесення вільних кінців термопари в зону з відомою постійною температурою, а також для під'єднання вільних кінців термопари до затисків вимірювальних приладів. Сполучні дроти повинні бути термоелектрично подібні до термоелектродам термопари.

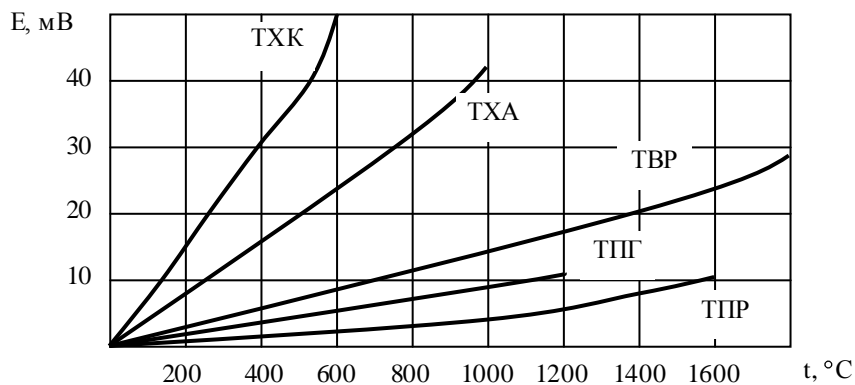
Як правило, сполучні дроти для термопар, виготовлених з неблагородних металів, виконуються з тих же самих матеріалів, що і термоелектроди.

Вимоги до термопар:

- 1) відтворюваність
- 2) висока чутливість
- 3) надійність
- 4) стабільність
- 5) достатній температурний діапазон.

Таблиця 2.1 - Матеріали, використовувані для виготовлення термопар.

| Назва        | Склад             | ТЕРС, мВ<br>(при $t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $t_1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) | Максимальна<br>темпер. межа, $^{\circ}\text{C}$ |
|--------------|-------------------|--|---|
| хромель      | 10% Cr + 90 % Ni  | +2,95  | 1000  |
| платинородій | 90 % Pt + 10 % Rh | +0,86  | 1300  |
| мідь         | Cu                | +0,76  | 350   |
| платина      | Pt                | 0  | 1300  |
| алюмель      | 95 % Ni + 5 % Al  | -1,2   | 1000  |
| копель       | 56 % Cu + 44 % Ni | -4   | 600   |
| константан   | 60 % Cu + 40 % Ni | -3,4   | 600   |



Мал. 2.2 – Градувальні характеристики термопар

Методи і засоби для вимірювання ТЕРС:

- 1) Метод безпосередньої оцінки ( за допомогою мілівольтметра);
- 2) Компенсаційний метод (за допомогою потенціометрів).