

Лекція 11

**ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ЗАСОБІВ
ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ**

Зміст лекції

- 1. Вступ
- 2. Методи вимірювання температури
- 3. Контактні вимірювачі температури
 - 3.1. Термометри розширення
 - 3.2. Манометричні термометри
 - 3.3. Термоелектричні термометри
 - 3.4. Термометри опору
- 4. Неконтактні вимірювачі температури
 - 4.1. Яркісні пірометри
 - 4.1. Радіаційні пірометри
- 5. Висновки, урахування впливу воєнного стану.

1. ВСТУП

Пожежна та виробнича автоматика – сукупність технічних елементів та пристроїв, що виявляють і гасять пожежу без участі людини.

Робота пристроїв пожежної і виробничої автоматики бува часто пов'язана з контролем стану технологічних параметрів, або управлінням автоматичними протипожежними системами.

Склад установок та систем пожежної та виробничої автоматики:

- системи сповіщення про пожежу і управління евакуацією;
- системи димовиділення СДВ;
- автоматичні установки пожежогасіння АУПГ;
- системи пожежної сигналізації СПС.

Виміри бувають:

Прямі - безпосередньо оцінюється фізична величина.

7 основних одиниць виміру (системи СІ):

- довжина — метр; (метр — шлях, що пройде світло в вакуумі за $1/299792458$ сек)
- маса — кілограм;
- час — секунда;
- сила струму — ампер;
- температура — Кельвін (Цельсій);
- сила світла — кандела;
- кількість речовини — моль.

2.

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Одиниці виміру температури:

1 градус Кельвина, К

1 градус Цельсия, $^{\circ}\text{C} = 1\text{К}$

1 градус Фаренгейта, $^{\circ}\text{F} = 0,55555556\text{К}$

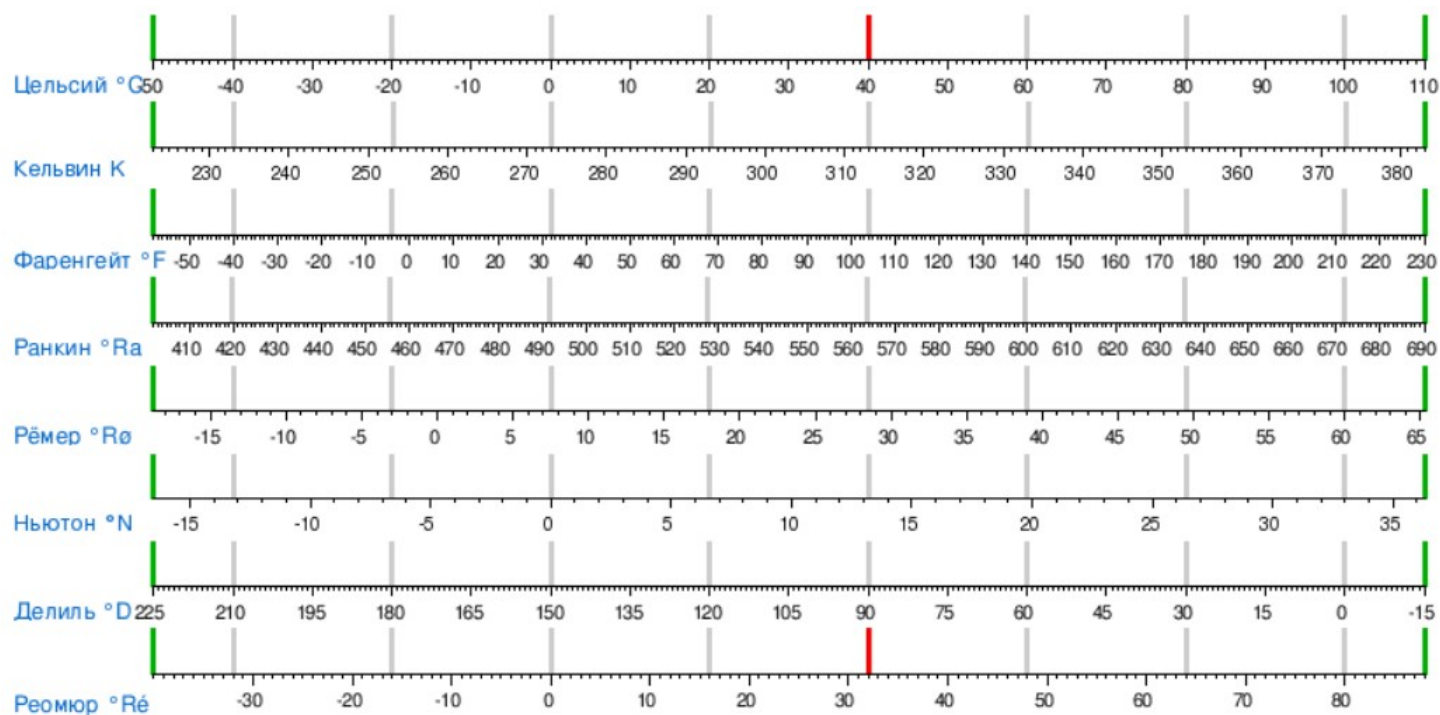
Fahrenheit to Celsius formula

$$F = C \cdot \frac{9}{5} + 32$$

Celsius to Fahrenheit formula

$$C = (F - 32) \cdot \frac{5}{9}$$

	◆ Кельвин ◆	Градус Цельсия ◆	Градус Фаренгейта ◆
Абсолютный ноль	0 K	-273,15 °C	-459,67 °F
Температура кипения жидкого азота	77,4 K	-195,8 °C ^[7]	-320,3 °F
Сублимация (переход из твёрдого состояния в газообразное) сухого льда	195,1 K	-78 °C	-108,4 °F
Точка пересечения шкал Цельсия и Фаренгейта	233,15 K	-40 °C	-40 °F
Температура плавления льда	273,1499 K	-0,0001 °C ^[8]	31,99982 °F
Тройная точка воды	273,16 K	0,01 °C	32,018 °F
Нормальная температура человеческого тела ^[9]	310 K	36,6 °C	97,9 °F
Температура кипения воды при давлении в 1 атмосферу (101,325 кПа)	373,1339 K	99,9839 °C ^[8]	211,971 °F



$$40\text{ °C} = 313,15\text{ K} = 104\text{ °F} = 563,67\text{ °Ra} = 28,5\text{ °Rø} = 13,2\text{ °N} = 90\text{ °D} = 32\text{ °R}$$

МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

КОНТАКТНІ:

- розширення:
 - склянні рідинні;
 - ділатометричні датчики;
 - біметалеві датчики;
- манометричні;
- термоелектричні;
- термометри опору.

БЕЗКОНТАКТНІ:

- пірометри.

3.

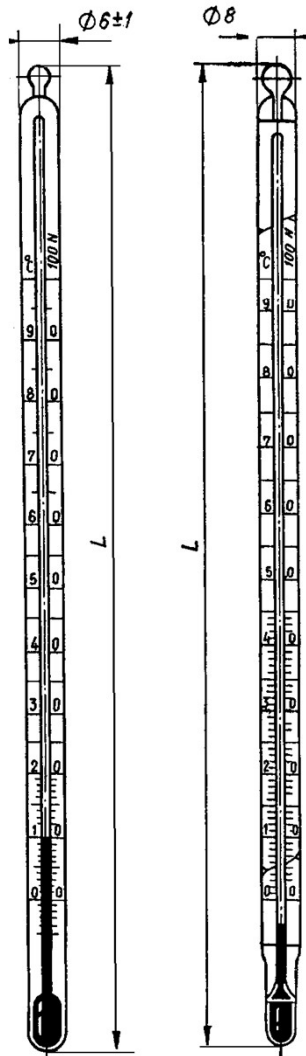
КОНТАКТНІ ВИМІРЮВАЧІ ТЕМПЕРАТУРИ

3.1.

ТЕРМОМЕТРИ
РОЗШИРЕННЯ

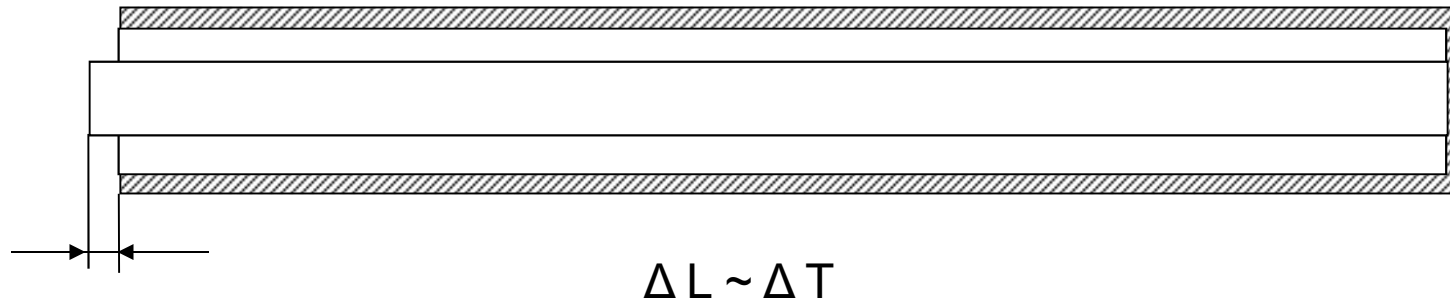
СКЛЯННІ РІДИННІ ТЕРМОМЕТРИ

У рідинних вимірниках температури використовується залежність об'єму рідини від температури (спирт, ртуть, лігроїн)



ДИЛАТОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

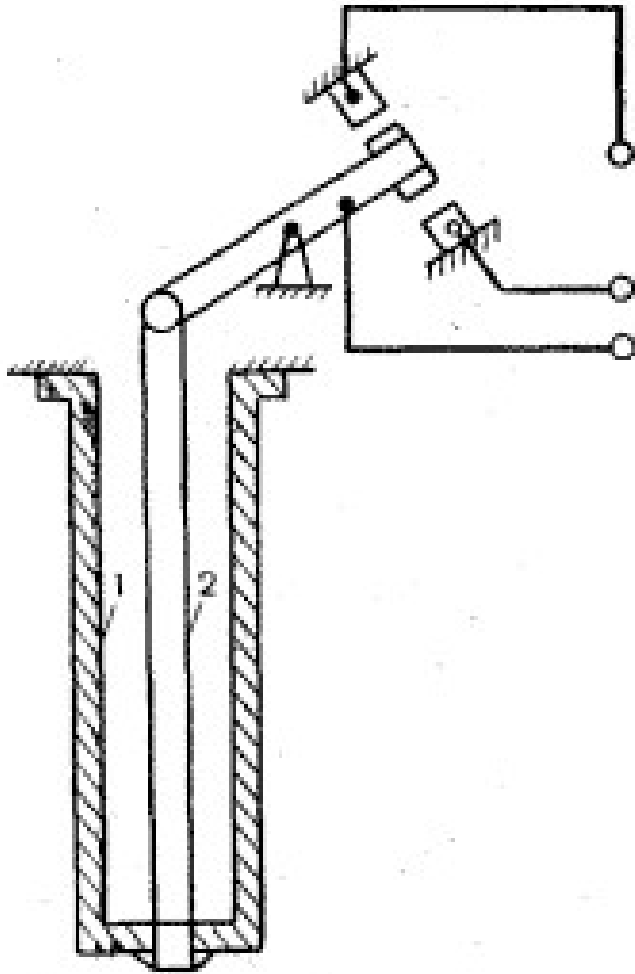
Всі матеріали розширюються при збільшенні температури. При цьому коефіцієнт лінійного розширення залежить природи матеріалу.



Якщо узяти два стрижні однакової довжини в нормальних умовах, то при зміні температури довжина стрижнів буде змінюватися.

Знаючи коефіцієнт лінійного розширення використовуваних матеріалів і різницю в довжині стрижнів можна обчислити вимірювану температуру.

ДИЛАТОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

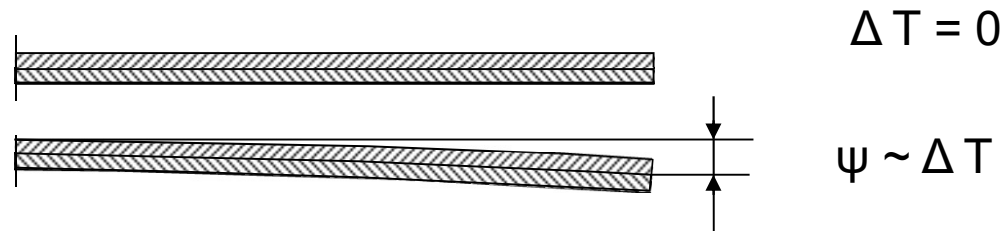


1- трубка з металу з великим коефіцієнтом температурного розширення;

2 - стержень з металу з малим коефіцієнтом температурного розширення (з інвару).

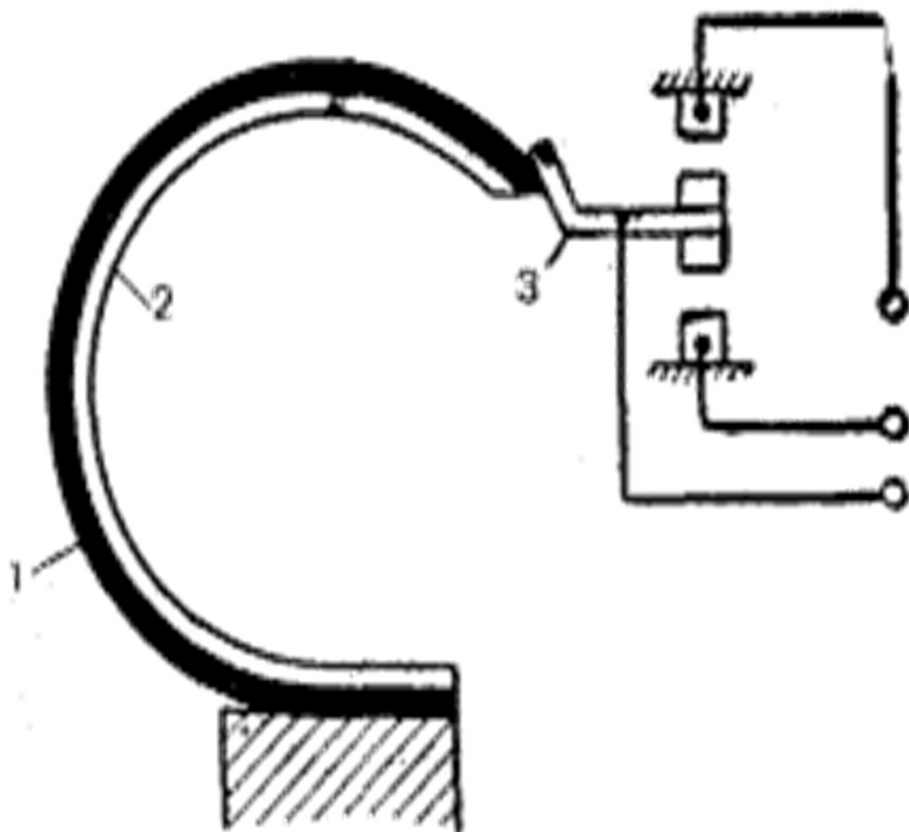
БІМЕТАЛЕВІ ТЕРМОМЕТРИ

Якщо різні пластини спаяти між собою, то при збільшенні температури система згинатиметься у бік пластини з меншим коефіцієнтом лінійного розширення.



Дилатометричні і біметалічні датчики температури можуть застосовуватися в різного роду термореле, для замикання контактів досягши заданого рівня температури.

БІМЕТАЛЕВІ ТЕРМОМЕТРИ



1,2 - штаби (полоски)
металів з різним
коефіцієнтом
температурного
розширення;

3—тримач рухомого
контакту

3.2.

МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

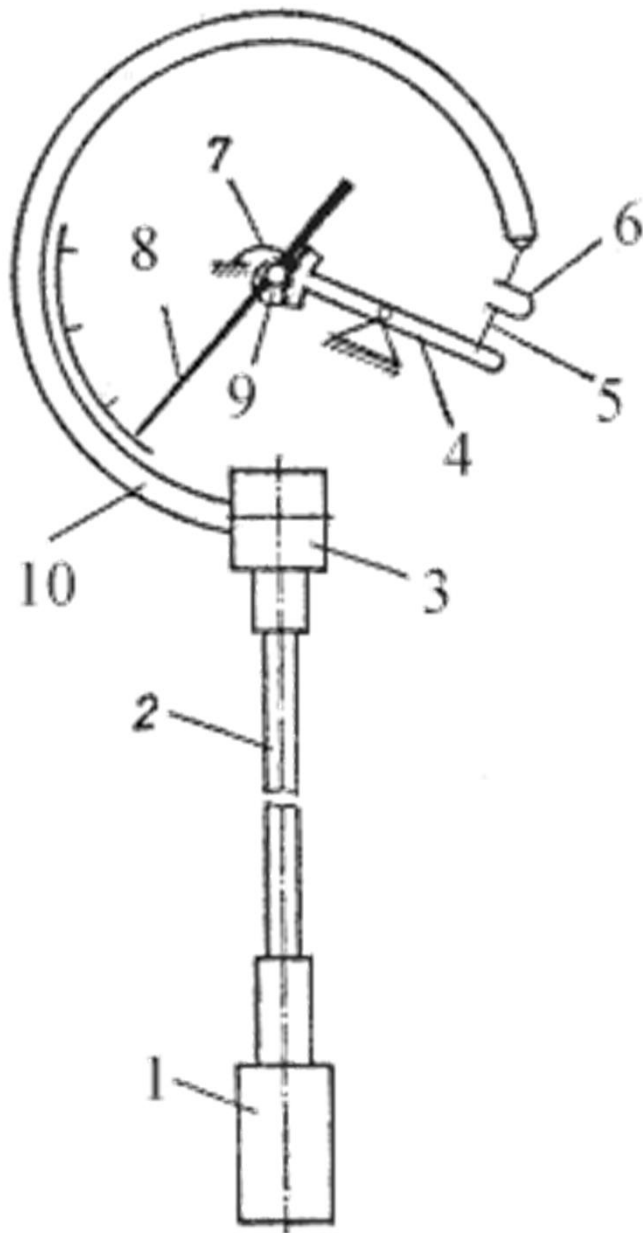
У манометричних вимірниках температури використовується залежність тиску газу від температури



$$P_T = P_0 \cdot (1 + \beta T)$$

$\beta = 1/273$ - температурний коефіцієнт розширення газу

МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ



1—термобалон;

2 – капіляр;

3 – утримувач;

4 – сектор;

5 – поводок;

6 – компенсатор;

7 – спіральний волосок;

8 – вказуюча стрілка;

9 – трубка;

10 – манометрична пружина

МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

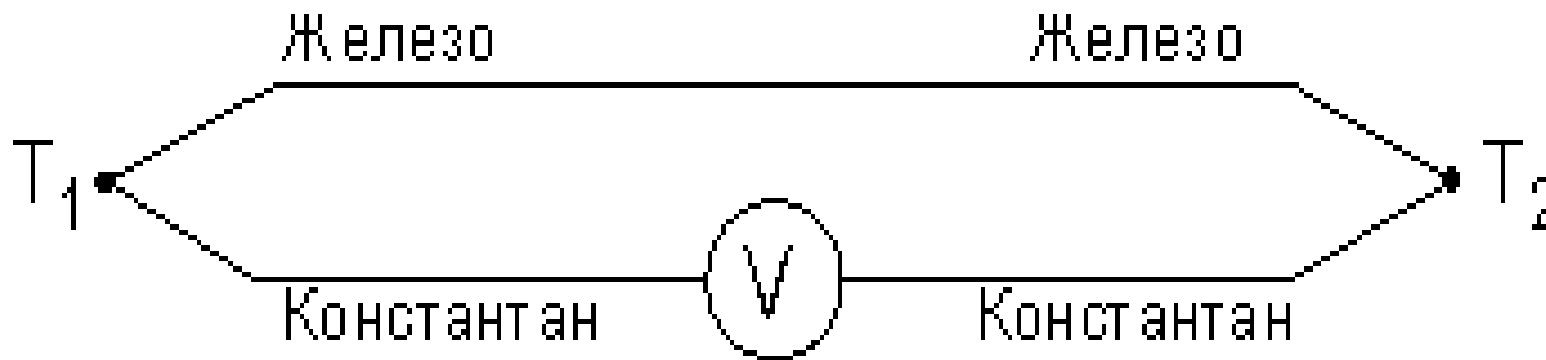
Тип термометру	Діапазон вимірів, °C	Робоча речовина	Довжина капіляру, м
Газові ТГП, ТГС, ТГ	-150 ÷ 600	азот, аргон	0,6 – 60
Рідинні ТПЖ, ТЖС, ТЖ	-150 ÷ 300	пропіловий спирт, метаксилол, ртуть, поліметилсилоксанова рідина	до 10
Конденсаційні ТКП, ТПП	-50 ÷ 300	пропілен (C ₃ H ₆), фреон– 22 (CHF ₂ Cl), хлористій метил (CH ₃ Cl), ацетон (C ₃ H ₆ O)	до 25

3.3.

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

Принцип дії термопар заснований на ефекті Зєєбека (1824г) – здатність спаїв різнорідних металів створювати електрорушійну силу



Якщо температури спаїв розрізняються, то в ланцюзі з'являється електрорушійна сила:

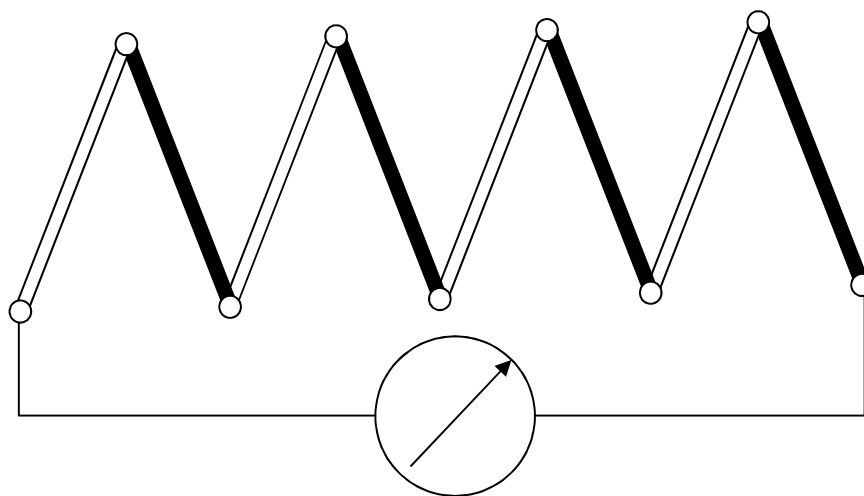
$$E(t) = S(t_1 - t_2)$$

S - коефіцієнт Зєєбека.

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

Для підвищення потужності вихідного сигналу можуть використовуватися декілька термопар включених послідовно.

Такий комплект з термопар називається батареєю.



Батарея термопар

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

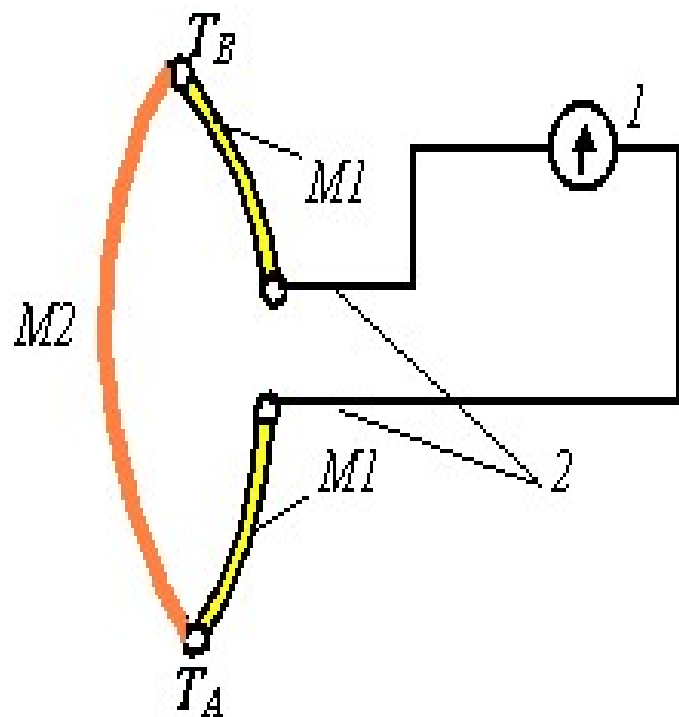


Схема включення ТП
з термостатованим
контактом

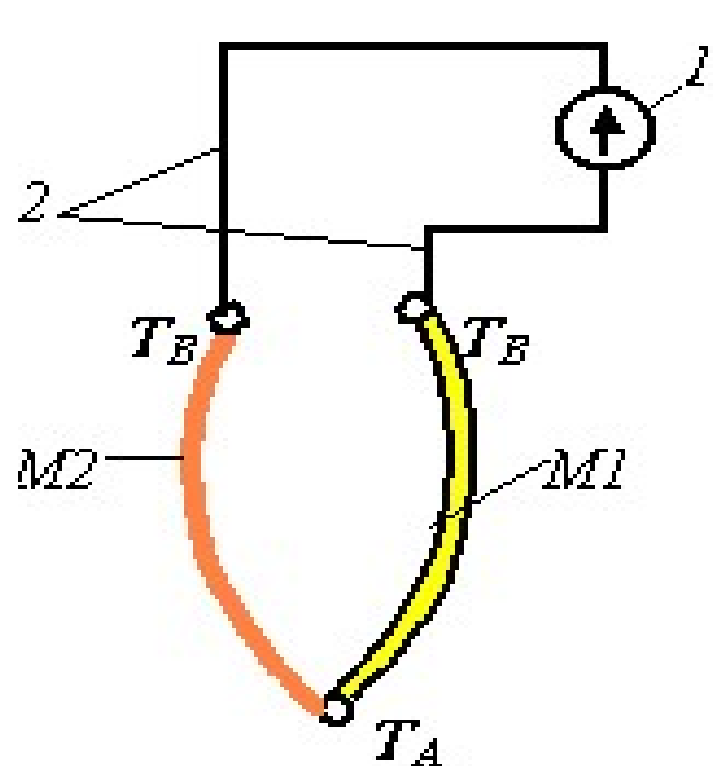
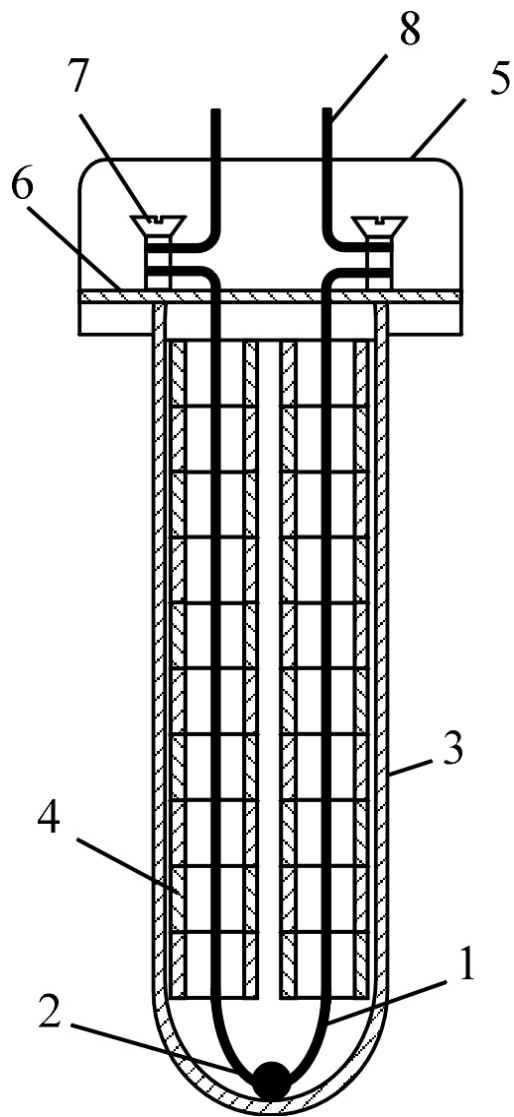


Схема включення ТП
з нетермостатованим
контактом

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ



- 1-Термоелектроди;
- 2- Спай;
- 3- Захисний чохол;
- 4- Ізоляційні наміста;
- 5- Головка термометру;
- 6- Колодка;
- 7- Затиски;
- 8- Термоелектроди і сполучні проводи.

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

Тип термопар	Діапазон вимірів, °С	Матеріал
ХА	–300 ÷ 1300	хромель–алюмель
ХК	–50 ÷ 800	хромель – копель
ПП	0 ÷ 1600	платинородий – платина
ПР	0 ÷ 1800	платинородієві
ВР	0 ÷ 2500	вольфрамренієві

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

Хромель: Ni (89÷91)% + Cr (8,7÷10)%
примеси: Si, Cu, Mn, Co

Алюмель: Ni (93÷96)% + Al (1,8÷2,5)% +
+ Mn (1,8÷2,2)% + +Si (0,8÷1,2)%

Копель: Ni (42,5÷44)% + Fe 0,15 % +
+Mn (0,1÷1,0)% + решта Cu

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

Переваги термопар:

- великий температурний діапазон виміру;
- вимір високих температур до 1800—2200 °С.

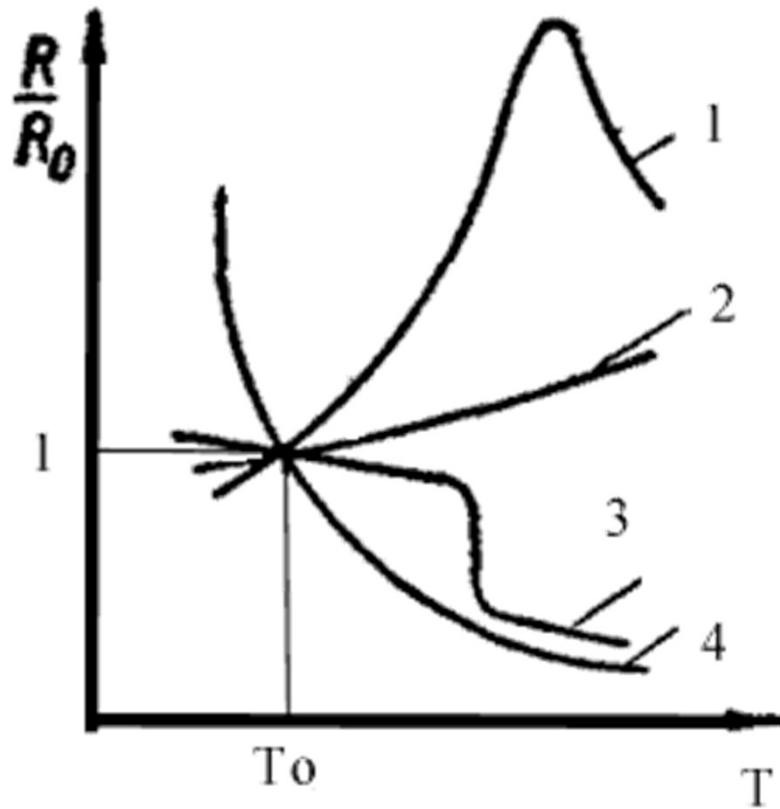
Недоліки:

- точність більше 1 °С важко досягти;
- на свідчення впливає температура вільних кінців, на яку необхідно вносити поправку.

3.4.

ТЕРМОМЕТРИ
ОПОРУ

ТЕРМОМЕТРИ ОПОРУ



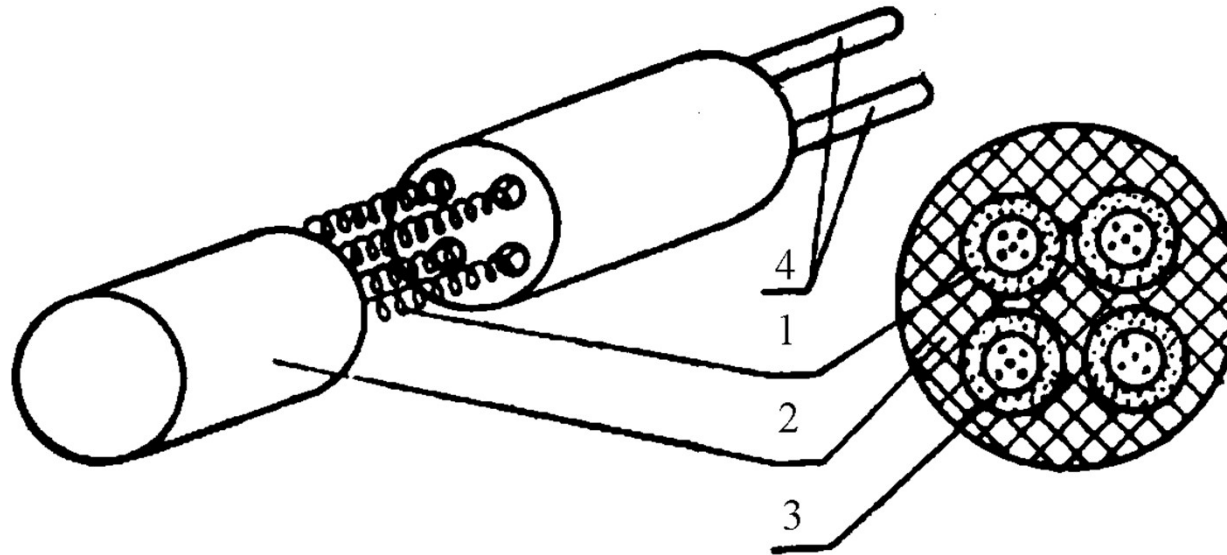
1 - позистори

2 - метали

3 - електроліти

4 - термістори

ТЕРМОМЕТРИ ОПОРУ

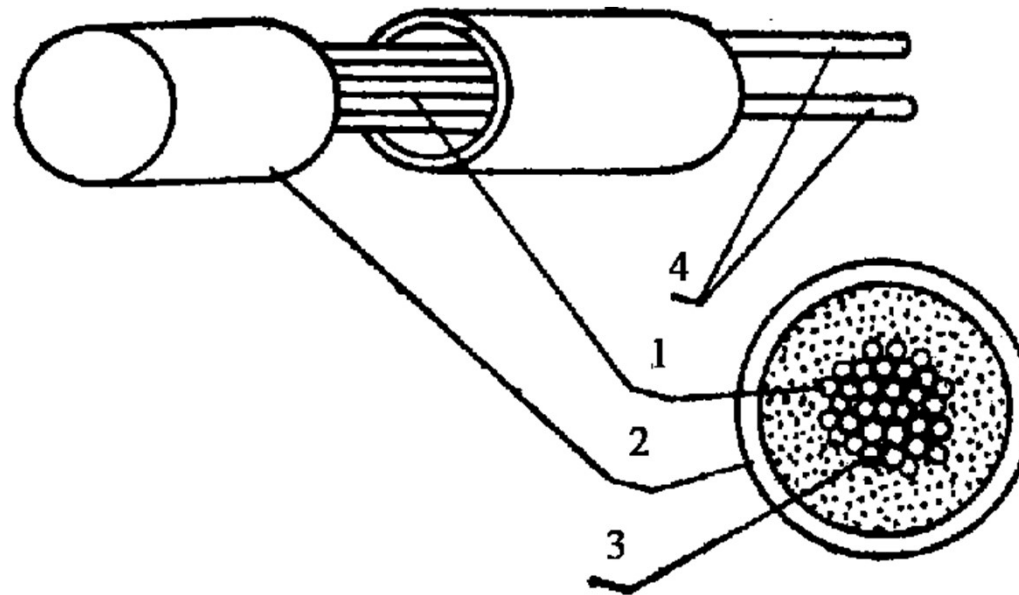


Платиновый чувливий элемент:

1 - спираль; 2 - каркас; 3 - порошок;

4 - контакты

ТЕРМОМЕТРИ ОПОРУ

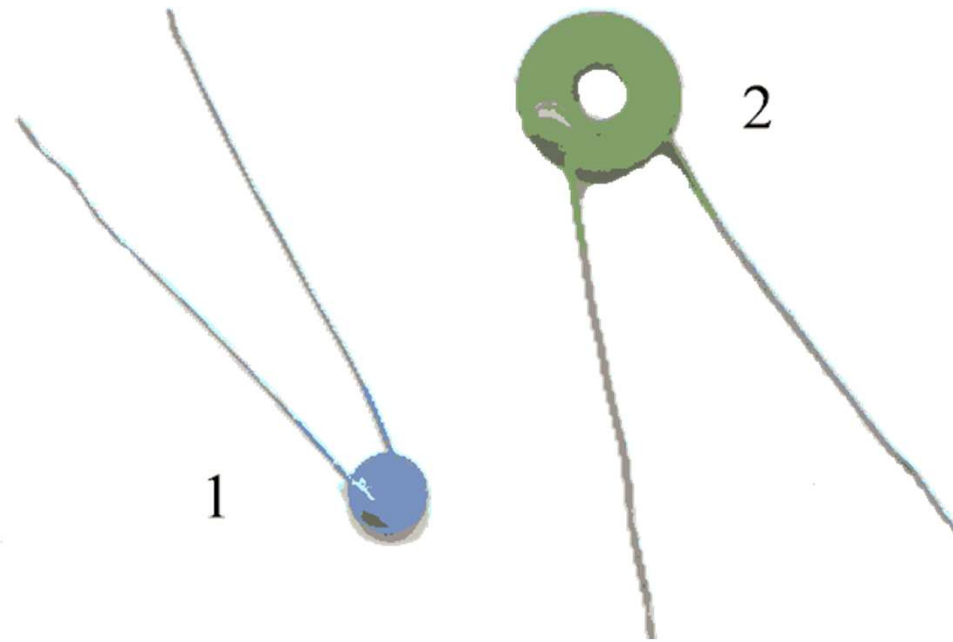


Мідний чутливий елемент:

1 - моток; 2 - металева гільза; 3 - порошок;

4 - контакти

ТЕРМОМЕТРИ ОПОРУ



1 - позистори (позитивний ТКО)

2 - термістори (негативний ТКО)

4.

НЕКОНТАКТНІ ВИМІРЮВАЧІ ТЕМПЕРАТУРИ

Для виміру температури **безконтактним методом**,
застосовують **пірометри**

для виміру температури тіл, нагрітих вище 600 °С (для виміру температури при виплавці металів в печах і домнах).

За принципом дії, пірометри поділяються на:

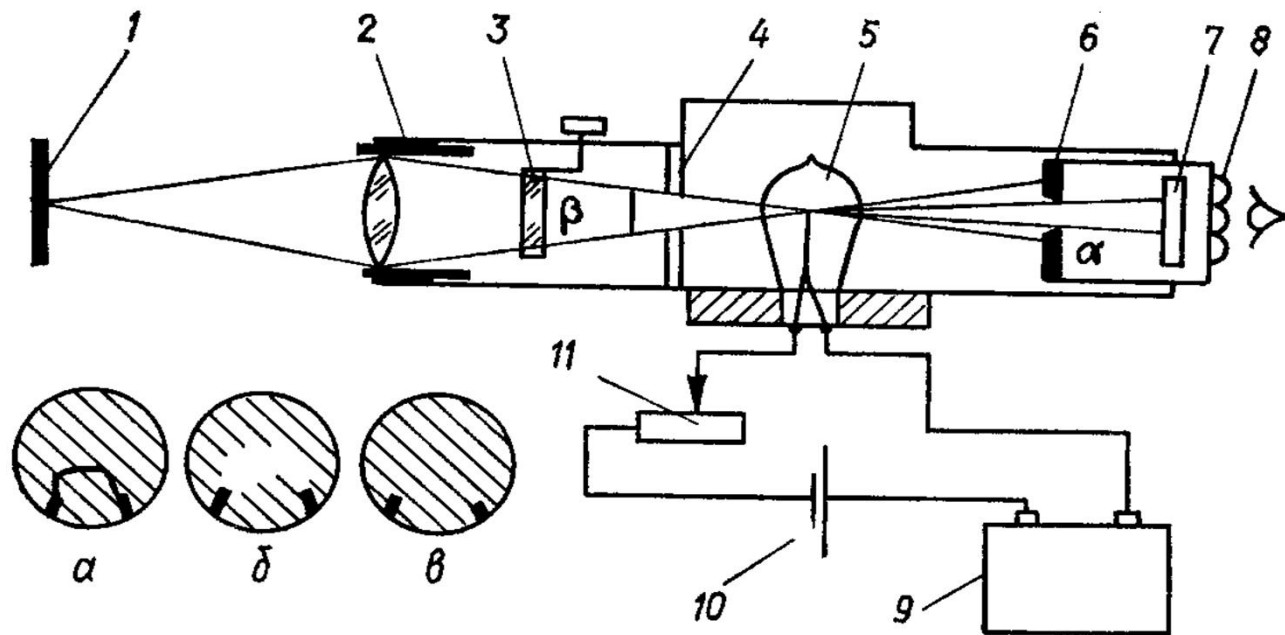
- яскраві;
- радіаційні;
- колірні.

4.1.

ЯРКІСНІ ПІРОМЕТРИ

ЯРКІСНІ ПІРОМЕТРИ (ОПТИЧНІ)

Через оптичну систему порівнюють яскравість свідчення об'єкту і еталону (вольфрамовій ниті). При збігу яскравості (нитка зникає на тлі об'єкту) вважають, що температура об'єкту і еталону однакова.



1- випромінювач, 2- лінза об'єктиву, 3- поглинаюче скло, 4,6- діафрагма, 5- пирометрична лампа, 7- червоний фільтр, 8- окуляр, 9- показуючий прилад, 10- джерело струму, 11- реостат.

Оптичний пірометр Промінь М-1



4.2.

РАДІАЦІЙНІ ПІРОМЕТРИ

РАДІАЦІЙНІ ПІРОМЕТРИ

Тепловий потік, що поступає через лінзу приладу, потрапляє на термометр опору, термопару і вимірюється потужність теплового випромінювання, яка перераховується в температуру.



ПВ-6



4ПМ1

5. Висновки, урахування впливу воєнного стану.

Застосування безконтактних методів контролю температури для виявлення військових об'єктів



Тепловізор безпосередньо сканує температуру поверхні об'єкта та елементів навколишнього оточення. Головним чутливим елементом є матриця у фокальній площині, що містить тисячі мікродатчиків. За свідченнями виміряної температури, електронна обв'язка сенсора формує загальну картинку термограми, яку можна бачити на мікродисплеї пристрою. У тепловізійної оптики в якості передньої фокусуючої лінзи використовується матеріал Германій (32 Ge), який є повністю прозорим в необхідному діапазоні інфрачервоного випромінювання. Більший розмір матриці та об'єктиву діє далі і краще.

Тепловізори не можуть проникати через бетонні стіни, скло чи дзеркало. Під час легкого серпанку тепловізор справляється на відмінно, але при густому та забрудненому тумані, особливо в низько розташованих місцях, використання тепловізора має обмеження по дальності та ідентифікації.

Основні параметри: чутливість сенсора, роздільна здатність камери, різниця температурі між об'єктом та навколишнім середовищем, розмір об'єкта.

Висновки

1. На лекції розглянуті актуальність та необхідність вивчення дисципліни.
2. Наведені принципи та методи вимірювання температури.
3. Приведені приклади технологічного обладнання для виміру температури.

Завдання на самопідготовку

1. Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'янка О.А. та інш. – Харків: АЦЗУ, 2006.–279с. С. 58 - 137.

<http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19667>