

## Лабораторна робота № 1

**Основні теплотехнічні вимірювальні прилади. Вимірювання фізичної величини. Прямі і непрямі вимірювання, точність і похибки вимірювання. Вимірювання температури за шкалами Цельсія і Кельвіна. Типи засобів вимірювання температури, тиску, витрат, рівня.**

### Методичні вказівки

Для виконання лабораторної роботи необхідно розібратись із такими питаннями:

1. Що таке одиниця фізичної величини чи одиниця вимірювання?
2. Які види похибок обчислюються при математичній обробці дослідних даних і які можуть виникнути при проведенні досліду?
3. Вивчити принцип роботи і будову основних теплотехнічних вимірювальних приладів.

**Ціль роботи:** Навчитись визначати похибки результатів вимірювань. Вивчити одиниці вимірів основних теплотехнічних величин і співвідношення між ними. Ознайомитись з принципом дії основних теплотехнічних вимірювальних приладів.

**Матеріальне забезпечення:** Прилади для вимірів температури, тиску, витрат і рівня.

### Теоретичні положення.

Вимірювання фізичної величини—це процес знаходження її значення дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів вимірювань. У процесі вимірювання відбувається зрівняння вимірюваної величини з фізичною, якій присвоєно числове значення рівне одиниці і яка називається одиницею фізичної величини, чи одиницею вимірювання.

За шляхом вимірювання числового значення вимірюваної величини всі технічні виміри можна розділити на прямі і непрямі.

Прямі виміри – при яких шукане значення величини беруть безпосередньо із дослідних даних. Наприклад, вимірювання температури термометром, а надлишкового тиску – манометром.

Непрямі виміри – коли числове значення шуканої величини визначають в результаті виконання математичних дії над величинами  $X_i$ , отриманих в прямих вимірах і зв'язаних з величиною  $Y$  залежністю:

$$Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n),$$

де  $Y$  – фізична величина, визначена шляхом непрямого виміру;

$X_i$ , – значення  $i$ -ої фізичної величини, виміряної прямим способом.

Прикладом непрямого виміру являється визначення абсолютного тиску як суми атмосферною тиску, виміряного барометром і надлишковою – манометром.

Точність вимірювання – це якість вимірювання, яка відображає близькість отриманого результату до дійсного значення виміряної величини.

Похибка вимірювання – це відхилення результатів вимірювання від

істинного значення величини.

При математичній обробці дослідних даних обчислюють наступні похибки: абсолютну, яка має розмірність вимірюваної величини і підраховується з рівняння  $a = |X_{\text{нб}} - X_{\text{дв}}|$ ; відносну – рівну відношенню абсолютної похибки до істинного значення вимірюваної величини; приведену похибку, що характеризує вимірювальний прилад і рівну відношенню похибки вимірювального приладу до його нормуючого значення (діапазон вимірювання); похибку засобів вимірювань – залежну від похибок вимірювальних засобів; похибку методу вимірювання (методичну похибку), викликану недосконалістю метода вимірювання. Ціллю обчислення перелічених похибок вимірювання являється оцінка точності результату виміру чи введення поправок в результат виміру.

Тим часом при проведенні досліду можуть виникнути систематична, випадкова і груба похибки. Систематичною похибкою вимірювання називається похибка, яка лишається сталою чи змінюється за визначеним законом при декількох вимірах однієї і тієї величини. Випадкова похибка вимірювання – яка змінюється випадково при повторних вимірах однієї і тієї величини. Грубою похибкою вимірювання називається похибка, що суттєво перевищує очікувану.

### Вимірювання температур

Температура – величина, яка характеризує степінь нагріву тіла. В даний час застосовується міжнародна практична температурна шкала (МПТШ) редакції 1986 року, згідно з якою основною температурою являється температура  $T$  в Кельвінах (К). Поруч із цією температурою допускається користування температурою в  $^{\circ}\text{C}$  по шкалі Цельсія. Початковою точкою відліку шкали Кельвіна є температура, яка відповідає такому стану любого тіла, при якій припиняється тепловий рух елементарних частинок тіла. Початкова точка відліку шкали Цельсія – яка відповідає рівноваговому стану між твердою, рідкою і газоподібною фазами води (потрійна точка води) при нормальному атмосферному тиску (760 мм рт. Ст.).

Співвідношення між температурами по шкалах Цельсія і Кельвіна наступне:

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273,15,$$
$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15.$$

Для визначення температур тіл користуються засобами вимірювання (табл.1).

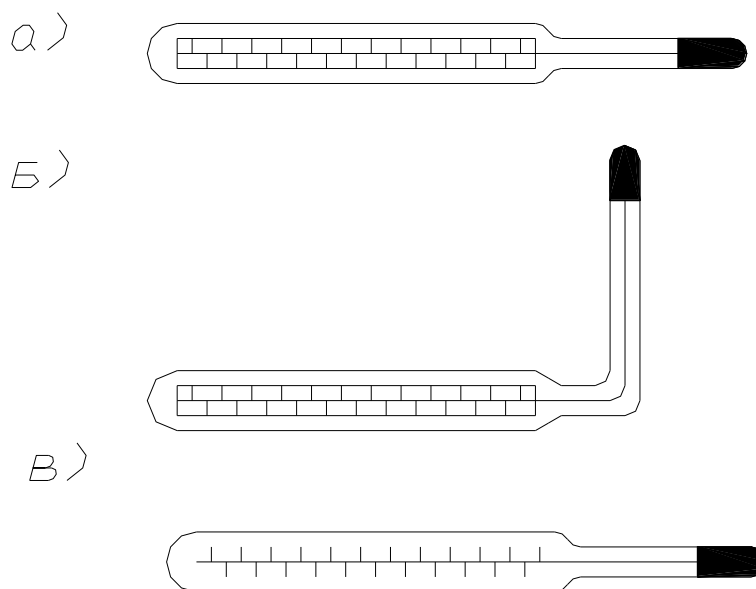
Таблиця 1. Типи засобів температур і межі їх застосувань

Тип засобів вимірювання	Різновид засобів вимірювання	Межі застосувань, $^{\circ}\text{C}$	
		нижня	верхня
1	2	3	4
Температури розширення	рідинні скляні	-200	600
	манометричні	-200	1000

Продовження табл.1.

1	2	3	4
Температури опору	металеві (провідникові)	-260	1100
	напівпровідникові	-272	600
Геометричні термометри		-200	2200
Пірометри	квазімонохроматичні	700	6000
	спектрального відношення	300	2800
	повного випромінювання	-50	3500

Принцип дії скляних рідинних термометрів оснований на розширенні термометричної рідини, заточеній в термометрі, залежно від температури. Скляні термометри за конструкцією бувають палочні та з вкладеною шкалою (мал.2.1).



Мал. 2.1. Скляні рідинні термометри:  
а) - з вкладеною шкалою; б) технічні кутові, в) палочні

В даний час виготовляються такі різновиди скляних термометрів.

1. Технічні ртутні з вкладеною шкалою прями і кутові (мал. 1а,1б) виготовляються 2 модифікацій.

2. Лабораторні ртутні палочні та і з вкладеною шкалою (мал. 1а,1б)

3. Рідинні (не ртутні) термометри всіх видів.

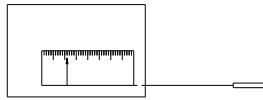
4. Термометри ртутні підвищеної точності і зразкові.

5. Термометри ртутні електроконтактні, призначені дня підтримання сталої температури чи сигналізації.

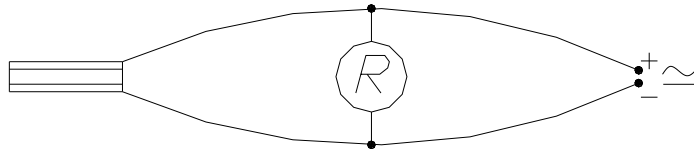
6. Спеціальні (медичні; ґрунтові; метеорологічні; психометричні і ін.).

Допустима похибка технічних термометрів не повинна перевищувати ціни поділки шкали.

Принцип дії манометричних термометрів оснований на залежності тиску термометричної речовини в герметично замкненому об'ємі від температури (мал.2.2).



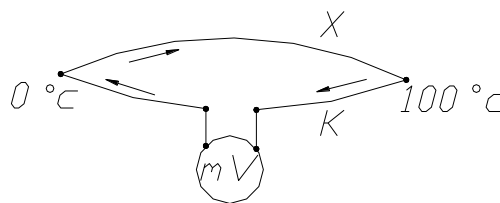
Мал.2.2. Манометричний термометр.



Мал. 2.3. Термометр опору.

Принцип дії термометрів опору базується на здатності різних матеріалів (в першу чергу металів) змінювати свій електричний опір із зміною температури. Чутливий елемент металевого термометра опору складається з дроту чи смужки, намотаної на каркас із скла, кварцу, кераміки, слюди чи пластмаси. Від чутливого елемента йдуть провідники до затискачів головки термометра, які з'єднані дротами з вимірювальним приладом і джерелом струму (мал. 3).

Принцип дії термоелектричного термометра оснований на залежності термоелектрорушійної сили термопари від температури. Термоелектрорушійна сила (термо – ЕРС) виникає в ланцюгу, складеному з двох різнорідних провідників, при різниці температур в місцях з'єднання цих провідників (мал.4).



Мал.2.4. Термометричний ланцюг.

Розглянуті вище термометри для вимірювання температур передбачають безпосередній контакт між чутливим елементом термометра і тілом, температуру якого вимірюють.

У деяких випадках застосовують безконтактні засоби вимірювання температури, які вимірюють температуру тіла чи середовища по тепловому випромінюванню. Такі прилади називаються пірометрами. Безконтактні методи вимірювання теоретично не мають верхньої межі вимірювання і можливості їхнього використання визначаються відповідністю спектрів випромінювання тіл

чи середовища, температура яких вимірюється, і спектральних характеристик пірометрів.

## Вимірювання тиску, витрат і рівня

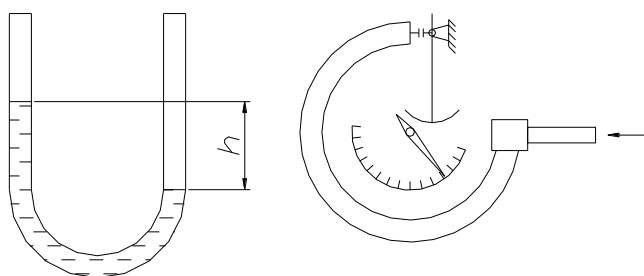
Одиницею вимірювання тиску в системі Сі є Паскаль (Па), який дорівнює тиску, створеному силою в один Ньютон, діючий на площу один квадратний метр ( $\text{Н/м}^2$ ). Допускається використання таких одиниць, як кілограм-сила на квадратний сантиметр ( $\text{кг/см}^2$ ) і квадратний метр ( $\text{кг/м}^2$ ).

У таблиці 2 наведені можливі одиниці використання тисків і співвідношення між ними.

Таблиця 2. Одиниці вимірювання тиску

Одиниця	Па	Бар	$\text{кг/см}^2$	$\text{мм.вод.ст.};$ $\text{кг/м}^2$	$\text{мм.рт.ст.}$
1 Па	1	$10^{-5}$	$1,02 \cdot 10^{-5}$	0,102	$7,5 \cdot 10^{-3}$
1 Бар	$10^5$	1	1,02	$1,02 \cdot 10^4$	750·06
1 $\text{кг/см}^2$	$9,8 \cdot 10^4$	0,98	1	$10^4$	735·56
1 $\text{мм.вод.ст.};$ 1 $\text{кг/м}^2$	9,8	$0,98 \cdot 10^{-4}$	$10^{-4}$	1	$7,356 \cdot 10^{-8}$
1 $\text{мм.рт.ст.}$	133,32	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$1,3595 \cdot 10^{-3}$	13,595	1

Залежно від принципу дії, засоби вимірювання тиску розділяють на рідинні, деформаційні, грузопоршневі, електричні, іонізаційні і теплові. На мал.5 представлені рідинний двухтрубний манометр (а) і трубчасто-пружинний показуючий (б).



Мал. 2.5. Схеми манометрів

Найбільше розповсюдження отримали слідувачі прилади для вимірювання витрат речовини змінного: перепаду тисків з звужуючим пристроєм (відносяться до загальної групи витратомірів); сталого перепаду тисків (відносяться до загальної групи витратомірів обтікання); тахометричні; електромагнітні; ультразвукові.

Вимірювання рівнів рідин грає роль при автоматизації технологічних процесів. Залежно від умов вимірювання, характеру контролюючого середовища використовуються різні методи відповідно, прилади для вимірювання рівня – рівнеміри з візуальним відрахунком, гідростатичні

рівнеміри, поплавкові, буйкові, ємкісні рівнеміри.

З тим чи іншим видом вимірювальних теплотехнічних засобів, принципом їх дії, методом підбору і використання детально можна ознайомитись в слідуєчій спеціальній літературі.

#### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке вимірювання фізичної величини, прямі і не прямі виміри?
2. Що таке похибка вимірювання? Які похибки обчислюють при математичній обробці дослідних даних, а які враховують і виключають при проведенні дослідів?
3. Якими температурними шкалами користуються? Що в них спільного і що відмінного?
4. Які є типи засобів для вимірювання температур, їх різновидності і принцип дії?
5. Назвіть основні одиниці вимірювання тиску і співвідношення між ними.
6. Назвіть основні прилади для вимірювання тиску, витрат і рівня.