

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**  
**З КУРСУ**

# **МЕТРОЛОГІЧНЕ ТА НОРМАТИВНЕ** **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТЕОУМОВ**

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання  
за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво»  
спеціалізації «Охорона праці в будівництві»)*

**Харків – ХНУМГ – 2013**

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Метрологічне та нормативне забезпечення метеоумов» (для студентів 4 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» спеціалізації «Охорона праці в будівництві») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. В. Чеботарьова, І. О. Мікуліна. – Х.: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2013. – 38 с.

Укладачі: О. В. Чеботарьова,  
І. О. Мікуліна

Рецензент: к.т.н., доц. В. Е. Абракітов

Рекомендовано кафедрою безпеки життєдіяльності,  
протокол № 5 від 02.11.2011 р.

# ЗМІСТ

	Стор.
Загальні рекомендації . . . . .	4
<b>Лабораторна робота № 1.</b> Дослідження методом збігу вимірювання розмірів виробів або окремих їх елементів, відстані між осями, лініями, поверхнями . . . . .	5
<b>Лабораторна робота № 2.</b> Дослідження замірів методом безпосередньої оцінки . . . . .	13
<b>Лабораторна робота № 3.</b> Дослідження нормованих метрологічних характеристик вольтметра . . . . .	19
<b>Лабораторна робота № 4.</b> Дослідження класу точності засобів вимірювання . . . . .	23
<b>Лабораторна робота № 5.</b> Дослідження помилок в результатах вимірювань фізичних величин методом найменших квадратів . . . . .	27
<b>Лабораторна робота № 6.</b> Дослідження вимірювання похибки лабораторних ваг . . . . .	32
Список джерел . . . . .	37

## ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Метою лабораторних робіт з курсу «Метрологічне та нормативне забезпечення метеоумов» є ознайомлення студентів з основними поняттями і визначеннями в галузі метрологічного і нормативного забезпечення охорони праці, закріплення теоретичного матеріалу з дослідження методів визначення похибок, методу збігу вимірювання розмірів виробів або окремих їх елементів, дослідження нормованих метрологічних характеристик різних приладів, класу точності засобу вимірювання, помилок в результатах вимірювань фізичних величин методом найменших квадратів.

Перед початком лабораторних робіт викладач проводить інструктаж щодо загальних правил безпеки, прийомів роботи з приладами й установками, заходів пожежної профілактики. У процесі роботи студенти повинні суворо дотримуватись цих методичних рекомендацій, виконувати роботу під контролем викладача. В описі кожної лабораторної роботи згідно з методичними вказівками наводяться: мета дослідження, необхідні теоретичні відомості по даних лабораторних роботах, характеристики застосовуваних установок і приладів, методика проведення роботи й оформлення результатів.

Перед виконанням роботи студенти готують звіти по лабораторних роботах, а в процесі проведення – їх заповнюють та оформлюють після закінчення. Приблизна структура звіту по лабораторній роботі:

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Прилади та обладнання (з ілюстраціями та поясненнями).
4. Протоколи результатів досліджень (заповнюють при проведенні роботи).
5. Допоміжні відомості (застосовані формули, розрахунки тощо).
6. Висновок.

Без попередньо заготовленого звіту студенти до лабораторної роботи не допускаються, тому що в процесі роботи їм доведеться заповнювати протоколи вимірювань.

По кожній роботі студент відповідає на контрольні запитання й одержує диференційовану оцінку. Студенти, що протягом семестру не були присутні на лабораторних роботах, зобов'язані наприкінці семестру відробити пропущені заняття і захистити їх викладачу.

# **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДОМ ЗБІГУ ВИМІРЮВАННЯ РОЗМІРІВ ВИРОБІВ АБО ОКРЕМИХ ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ, ВІДСТАНІ МІЖ ОСЯМИ, ЛІНІЯМИ, ПОВЕРХНЯМИ**

*Мета роботи:* дослідження вимірювання методом збігу зовнішніх і внутрішніх розмірів до 2000 мм в будівельних виробках або їх деталях. До цієї кількості цілих міліметрів додаються дробові частки, відлічувані по штриху ноніуса, що збігає зі штрихом штанги.

### **1. Загальні положення**

Лінійні вимірювання – це складова частина технічних вимірювань (визначаються розміри виробів або окремі їх елементи, відстані між осями, лініями, поверхнями). Такі вимірювання характеризуються великою різноманітністю. Наприклад, крім звичайних вимірювань лінійних розмірів (довжини, ширини, висоти), здійснюють вимірювання зовнішніх і внутрішніх діаметрів, глибини отворів, параметрів різьби, зубчастих коліс і передач, товщини покриття, шорсткості поверхні та ін. Такі вимірювання проводяться в різних діапазонах значень і з різною точністю.

При лінійних вимірюваннях застосовують різні вимірювальні інструменти, прилади і пристрої: механічні, оптико-механічні, оптичні тощо.

Метод збігу (метод ноніуса) – це метод прямого вимірювання з одноразовим порівнянням вихідних величин двох багатозначних нерегульованих мір, з різними за значенням ступенями, нульові позначки яких зсунуті між собою на вимірювану величину. Прикладом такого методу вимірювань може бути вимірювання лінійного розміру (діаметра) за допомогою штангенциркуля з ноніусом. Ноніус – рухома допоміжна шкала, що складається з певної кількості поділок і переміщається відносно шкали штанги.

Штангенінструменти – це універсальні вимірювальні засоби, що застосовуються на машинобудівних і ремонтних підприємствах. Ці засоби використовують для вимірювань високоточних розмірів, розмітки деталей та інших робіт. Метод вимірювання штангенінструментами – прямий, який дає дійсне значення величини.

До штангенінструментів належать штангенциркуль, штангенглибиномір і штангенрейсмус. Усі види штангенінструментів мають штангу, на якій нанесено основну шкалу (міліметрові поділки), і відліковий пристрій з ноніусом (додатковою шкалою) для відліку цілих і дробових величин з ціною поділки штанги 0,1 і 0,05 мм.

Штангенциркулі, призначені для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів до 2000 мм, а також штангенциркулі спеціального призначення використовуються для вимірювання канавок на зовнішніх і внутрішніх поверхнях, проточок, пазів, відстані між вісями отворів малих діаметрів і стінок труб.

Штангенциркулі виготовляють наступних типів:

I – двосторонні з глибиноміром (рис. 1.1);

T-I – односторонні з глибиноміром із вимірювальними прорізами з твердих сплавів (рис. 1.2);

II – двосторонні (рис. 1.3);

III – односторонні (рис. 1.4).

Допускається обладнувати штангенциркулі пристроями або допоміжними вимірювальними поверхнями для розширення функціональних можливостей (вимірювання висот, уступів і т. ін.).

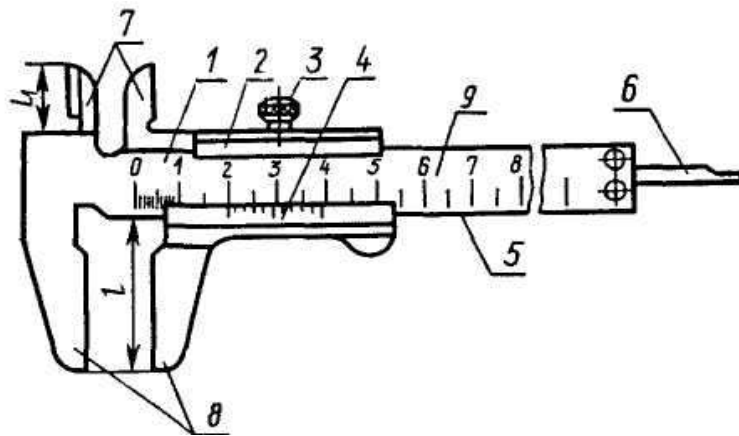


Рис. 1.1 – 1 – штанга; 2 – рамка; 3 – затискувач; 4 – ноніус; 5 – робоча поверхня штанги; 6 – глибиномір; 7 – губки з кромковими вимірювальними поверхнями для вимірювання внутрішніх розмірів; 8 – губки з плоскими вимірювальними поверхнями для вимірювання зовнішніх розмірів; 9 – шкала штанги

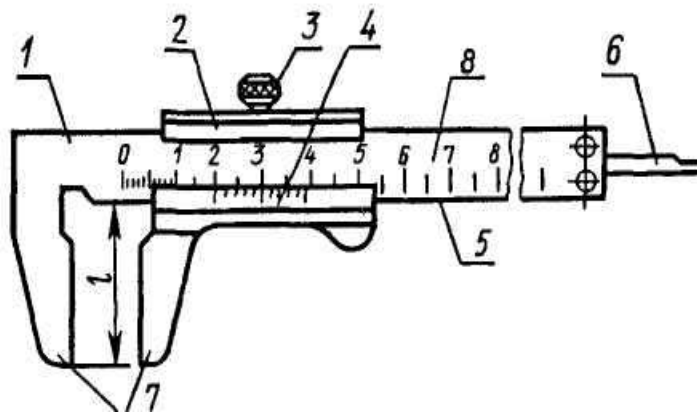


Рис. 1.2 – 1 – штанга; 2 – рамка; 3 – затискувач; 4 – ноніус; 5 – робоча поверхня штанги; 6 – глибиномір; 7 – губки з плоскими вимірювальними поверхнями для вимірювання зовнішніх розмірів; 8 – шкала штанги

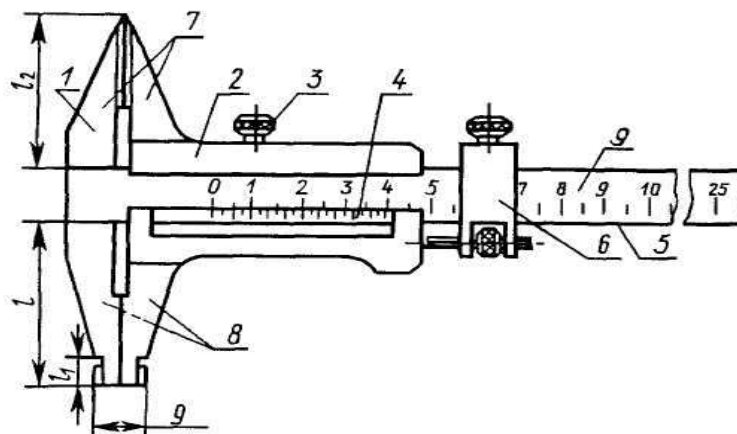


Рис. 1.3 – 1 – штанга; 2 – рамка; 3 – затискувач; 4 – ноніус; 5 – робоча поверхня штанги; 6 – улаштування тонкої установки рамки; 7 – губки з кромковими вимірювальними поверхнями для вимірювання зовнішніх розмірів; 8 – губки з плоскими і циліндричними вимірювальними поверхнями для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів відповідно; 9 – шкала штанги

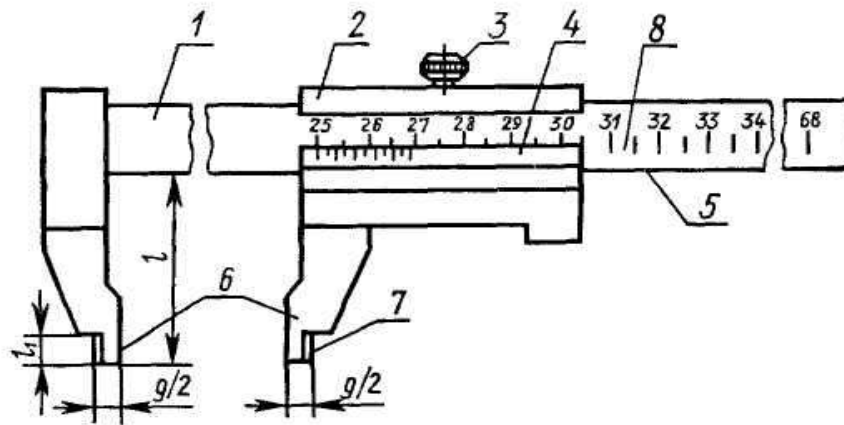


Рис. 1.4 – 1 – штанга; 2 – рамка; 3 – затискувач; 4 – ноніус; 5 – робоча поверхня штанги; 6 – губки з плоскими вимірювальними поверхнями для вимірювання зовнішніх розмірів; 7 – губки з циліндричними вимірювальними поверхнями для вимірювання внутрішніх розмірів; 8 – шкала штанги

Штангенциркулі типів II і III, укомплектовані пристроями для розмітки, слід оснащувати пристроєм для тонкої установки рамки (рис. 1.3).

Для тонкої установки рамки допускається застосовувати мікрометричну подачу.

Виліт губок  $L_1$  і  $L_2$  для вимірювання зовнішніх розмірів і виліт губок  $L_1$  для вимірювання внутрішніх розмірів мають відповідати вказаним у таблиці 1.1 (рис. 1.1–1.4).

**Таблиця 1.1**

Діапазон вимірювання	L		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>
	не менше	не більше	не менше	не менше
0–125	35	42	15	–
0–135	38	42	16	–
0–150	38	42	16	–
0–160	45	50	6	16
0–200	50	63	8	20
0–250	60	80	10	25
0–300	63	100	10	–
0–400	63	125	10	–
0–500	80	160	15	–
250–630	80	200	15	–
250–800	80	200	15	–
320–1000	80	200	20	–
500–1250	100	300	20	–
500–1600	100	300	20	–
800–2000	100	300	20	–

Штангенциркулі типів II і III з губками для вимірювання внутрішніх розмірів повинні мати циліндричну вимірювальну поверхню з радіусом не більше половини сумарної товщини губок (не більше  $q/2$ ).

Для штангенциркулів з межею вимірювання до 400 мм розмір  $q$  (рис. 1.3–1.4) не має перевищувати 10 мм, а для штангенциркулів з верхньою межею вимірювання понад 400 мм – 20 мм.

Довжину ноніусів слід вибирати з ряду: 9, 19, 39 мм, при значенні відліку по ноніусу 0,1 мм; 9; 39 мм – при значенні відліку по ноніусу 0,05 мм.

Довгі штрихи ноніуса допускається відмічати цілими числами.

Штангенциркулі виготовляють відповідно до вимог ГОСТ 166-89 за робочим кресленням, затвердженим в установленому порядку.

Штангенциркулі із значенням відліку по ноніусу 0,1 мм і верхньою межею вимірювання до 400 мм і штангенциркулі з відліком по коловій шкалі з ціною поділки 0,1 мм виготовляють двох класів точності: 1 і 2.

Межа допустимої похибки штангенциркулів при температурі навколишнього середовища ( $20 \pm 5$ ) °С має відповідати табл. 1.2.

Допуск площинності вимірювальних поверхонь і прямолінійності має складати 0,01 мм на 100 мм довжини більшої сторони вимірювальної поверхні штангенциркулів. При цьому припустимі відхилення площинності й прямолінійності вимірювальних поверхонь мають бути:

- 0,004 мм – для штангенциркулів зі значенням відліку за ноніусом, з ціною поділки шкали і кроком дискретності не більше 0,05 мм і довжиною більшої довжини вимірювальної поверхні менше 40 мм;

- 0,007 мм – для штангенциркулів зі значенням відліку за ноніусом із ціною поділки шкали 0,1 мм і довжиною більшої сторони вимірної поверхні 70 мм.

**Таблиця 1.2**

Вимірювальна довжина	Мережа припустимої похибки штангенциркулів (+)		
	При значенні відліку по ноніусу		
	0,05	0,1 для класу точності	
1		2	
До 100	0,05	0,05	0,10
100 – 200			
200 – 300			
300 – 400			
400 – 600	0,10	0,10	
600 – 800			
800 – 1000			
1000 – 1100		0,15	
1100 – 1200		0,16	
1200 – 1300		0,17	
1300 – 1400		0,18	
1400 – 1500		0,19	
1500 - 2000	0,20		

Допуск прямолінійності торця штанги штангенциркулів типів I і T-I повинен складати 0,01 мм.

До кожного штангенциркуля має бути додана експлуатаційна документація згідно з ГОСТ 2.601.

На кожному штангенциркулі повинні бути нанесені: товарний знак підприємства-виробника; порядковий номер по системі нумерації підприємства-виробника; умовне позначення року випуску; значення відліку по ноніусу або ціна поділки; розмір q (у штангенциркулів типів II і III з одним ноніусом або однією шкалою, рис. 1.3-1.4) на одній з губок; клас точності 2



(для штангенциркулів зі значенням відліку 0,1 мм); слово “внутр.” на шкалі для вимірювання внутрішніх розмірів.

Допускається не вказувати порядковий номер в експлуатаційній документації. Найменування або умовне позначення штангенциркуля наносять тільки на жорсткому футлярі.

Для перевірки відповідності штангенциркулів вимогам ГОСТ 166-89 слід проводити державні випробування, приймальний контроль, періодичні випробування і випробування на надійність.

Певірку похибок штангенциркулів при температурі  $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$  виконують тільки при державних випробуваннях.

При приймальному контролі кожний штангенциркуль перевіряють на відповідність вищенаведеним вимогам.

Періодичні випробування проводять раз на 3 роки не менше ніж на трьох штангенциркулях кожного типорозміру з тих, що пройшли приймальний контроль на відповідність вищенаведеним вимогам.

Результати випробувань вважають задовільними, якщо всі зразки відповідають всім цим вимогам.

Підтвердження показників надійності проводять раз на 3 роки за програмами випробувань на надійність, розробленими відповідно до ГОСТ 27.410 і затвердженими в установленому порядку. Допускається суміщення випробувань на надійність із періодичними випробуваннями.

Штангенциркулі допускається експлуатувати при температурі навколишнього середовища від 10 до  $40 ^\circ\text{C}$  і відносній вологості повітря не більше 80% при температурі  $25 ^\circ\text{C}$ .

Виробник гарантує відповідність штангенциркулів вимогам ГОСТ 166-89 при дотриманні умов транспортування, зберігання і експлуатації.

Гарантійний строк експлуатації штангенциркулів, оснащених твердим сплавом, – 18 місяців, а при продажі через роздрібну торгівлю – 12 місяців з дня продажу.

## **2. Експериментальна частина**

*Прилади і обладнання:*

- 1. Штангенциркуль двосторонній (рис. 1.3).*
- 2. Заготовки для вимірювання.*

### **Порядок виконання досліджень**

1. Викладач перевіряє готовність студентів до роботи і засвоєння ними теоретичних положень про лінійні вимірювання, види штангенінструментів, методи вимірювань, порядок роботи з інструментом.

2. Викладач ознайомлює студентів із штангенінструментами, суттю методу ноніуса і порядком виконання вимірювань.

3. Студенти самостійно виконують виміри деталей різними штангенінструментами і заносять результати до протоколу.

4. Студенти аналізують результати вимірів.

## Підготовка штангенінструмента до роботи і проведення вимірів

Пристрій ноніуса показаний на рис. 1.5. У даному випадку штанга має інтервал поділок  $a = 1$  мм. Шкала ноніуса охоплює 9 мм і розділена на 10 поділок. Таким чином, інтервал розподілу ноніуса складає  $a_1 = 0,9$  мм. У вихідному положенні ноніуса нульові штрихи штанги і ноніуса збігаються; при цьому останній (десятий) штрих ноніуса збігається з дев'ятою поділкою штанги. При переміщенні ноніуса праворуч на 0,1 мм збіжаться перші штрихи штанги і ноніуса, на 0,2 мм – другі штрихи і т.д. Таким чином, за збігом якогось штриха ноніуса з одною із поділок шкали штанги можна визначити вимірюваний розмір.

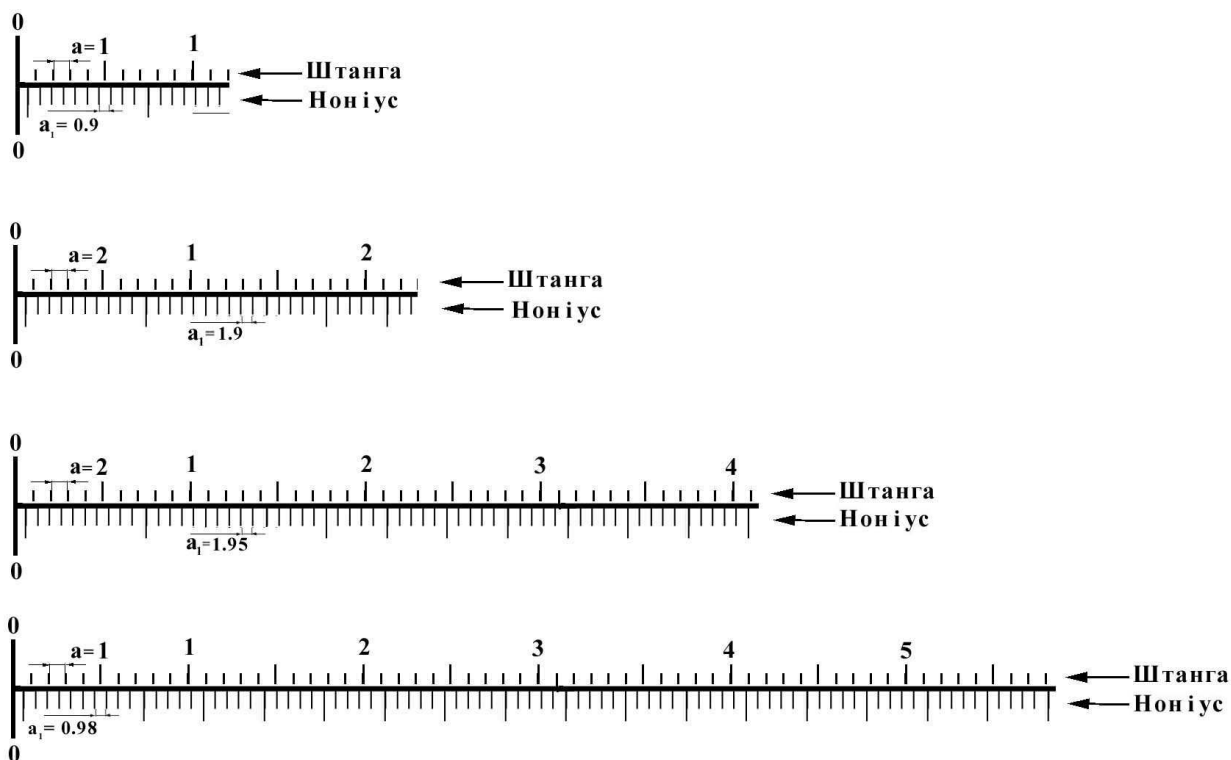


Рис. 1.5 – Ноніуси

Визначення розміру деталі, що перевіряється штангенциркулем, виконують у наступному порядку. Деталь (наприклад, валик) розміщують між вимірювальними поверхнями губок. За положенням нульового штриха ноніуса визначають кількість цілих міліметрів, що розташовані ліворуч від нульового штриха. До цієї кількості цілих міліметрів додають дробові частки, відлічувані за штрихом ноніуса, що збігається зі штрихом штанги.

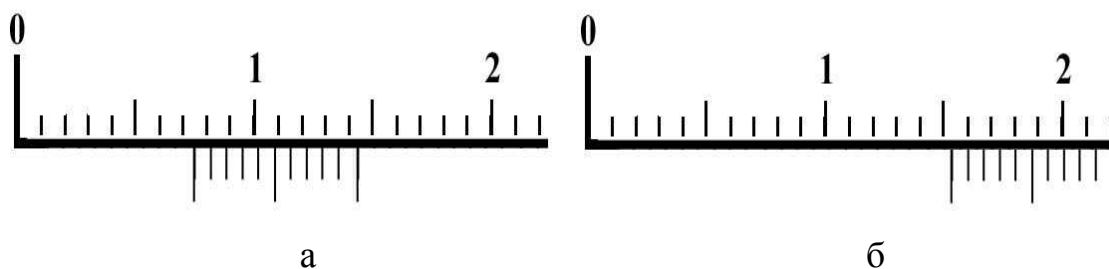


Рис. 1.6 – Приклади відліку по ноніусній шкалі

Приклади відліку за ноніусною шкалою штангенінструмента наведені на рис. 1.6. Тут у першому випадку (рис. 1.6, а) виходить розмір 3,2 мм, а в другому (рис. 1.6, б) – розмір 7,8 мм.

На рис. 1.5, а наведений найпростіший приклад ноніуса з величиною відліку  $C = 0,1$  мм при числі розподілів  $n = 10$  і інтервалах розподілів штанги  $a = 1$  мм і ноніуса  $a_1 = 0,9$  мм.

На рис. 1.5, б наведений інший приклад ноніуса з тією самою величиною відліку  $C = 0,1$  мм, але з більш розтягнутою шкалою. Тут  $a = 1$  мм і  $a_1 = 1,9$  мм при тому ж числі поділок  $n = 10$ .

На рис. 1.5, в показаний ноніус, у якого  $a = 1$  мм,  $n = 20$  і  $a_1 = 1,95$  мм. У даному разі величина відліку ноніуса складає  $C = 0,05$  мм.

У ноніусі, наведеному па рис. 1.5, г, величина відліку  $C = 0,02$  мм. Тут  $a = 1$  мм,  $a_1 = 0,98$  мм,  $n = 50$ .

На основі всіх наведених прикладів ноніусних шкал може бути встановлена наступна залежність між основними елементами, що визначають їхню точність:

$$L = na_1 = a(yn - 1) = n(ya - C), \quad (1.1)$$

де  $L$  – довжина шкали ноніуса;

$n$  – число поділок ноніуса;

$a$  – ціна поділок шкали штанги;

$a_1$  – інтервал поділки шкали ноніуса;

$y$  – модуль (коефіцієнт), що виражається в цілих числах і визначає співвідношення між ціною розподілу штанги й інтервалом поділки ноніуса;

$C$  – величина відліку за ноніусом.

У сучасних штангенінструментах звичайно приймають  $y = 1$ , рідше  $y = 2$ . На основі перетворення рівняння (1.1) одержуємо:

$$a_1 = \frac{(yn - 1)a}{n}, \quad (1.2)$$

$$C = \frac{a}{n}. \quad (1.3)$$

Аналіз цих рівнянь показує, що зі збільшенням модуля  $y$  ростуть інтервал поділки  $a_1$  і загальна довжина  $L$  шкали ноніуса. Однак величина відліку  $C$  за ноніусом при цьому залишається незмінною.

Таким чином, збільшення коефіцієнта  $y$  приводить до подовження шкали ноніуса, але не підвищує точності відліку.

Штангенциркулі належать до найбільш розповсюджених у машинобудуванні інструментів для перевірки внутрішніх і зовнішніх розмірів, а також глибин.

Вони випускаються з верхніми межами виміру 125, 150, 200, 300, 500, 800, 1000, 1500 і 2000 мм, а в спеціальних випадках – 3000 і 4000 мм. Ціна поділки штанги, як правило, складає 1 мм. Виліт вимірювальних губок приймають таким, що дорівнює від 35 до 150 мм.

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити штангенінструмент і послідовність роботи з ним.
2. Визначити інтервал поділки, ціну поділки, кількість поділок ноніуса та відлік за ноніусом.
3. Визначити зовнішній і внутрішній діаметри деталей.
4. Результати вимірів занести до протоколу.

**Таблиця 1.3 – Протокол вимірювань**

№ п/п	Інтервал поділки шкали ноніуса, $a_1$	Ціна поділки шкали штанги, $a$	Кількість поділок ноніуса, $n$	Відлік за ноніусом, $C$	Внутрішній діаметр	Зовнішній діаметр
1						
2						
3						
4						
5						

### Контрольні запитання

1. Що називається лінійними вимірюваннями?
2. Що таке ноніус?
3. На чому заснований метод ноніуса?
4. Які бувають види штангенінструментів?
5. Які існують межі допустимих похибок штангенінструментів?
6. Які існують правила експлуатації штангенінструментів?
7. Як визначається величина відліку за ноніусом?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАМІРІВ МЕТОДОМ БЕЗПОСЕРЕДНЬОЇ ОЦІНКИ

*Мета роботи:* вивчення методу безпосередньої оцінки при вимірі лінійних геометричних величин, а також вивчення методики вибору засобу виміру, виявлення систематичної похибки виміру, оброблення результатів спостережень при прямих і непрямих вимірах.

#### 1. Загальні положення

##### *Особливості методу безпосередньої оцінки*

Виміри методом безпосередньої оцінки характеризуються тим, що значення величини визначають безпосередньо за відліковим пристроєм вимірювального приладу. Для цього необхідно, щоб вимірювана величина була в межах діапазону показань.

При вимірі методом безпосередньої оцінки використовується один вимірювальний засіб. Межа похибки вимірювального засобу, що допускається, вказується в технічній характеристиці (паспорті). Для більшості приладів похибка нормується по ділянках діапазону виміру чи задається у вигляді функції довжини (табл. 2.1).

**Таблиця 2.1 – Технічні характеристики вимірювальних засобів**

Засоби виміру	Діапазон виміру, мм	Ціна поділки, мм	Межа допуску похибки, мкм
Штангенциркулі ШЦ-1 ШЦ-2	0–125	0,10	100
	0–200	0,05	50
Мікрометри МК	0–25	0,01	4
	25–50	0,01	4
Універсальний вимірювальний мікроскоп УІМ-21	0–200	0,001	3 + L/30
Вертикальні довжиноміри ІЗВ-1, ІЗВ-3	0–100	0,001	1,2 + L/30

**Примітка:** L – вимірювана довжина в мм.

При вимірі методом безпосередньої оцінки настроювання приладу роблять по базовій поверхні його вимірювального столу. Під дією різних факторів (температури, вологості, вібрації, зіткнення рухомих частин приладу при аретируванні наконечника) може відбутися зсув нуля. Тому необхідні періодична перевірка і відповідне регулювання.

##### *Характеристика об'єкта виміру*

Поверхні виготовленої деталі відповідно до рис. 2.1 мають шорсткість, відхилення форми і відхилення взаємного розташування, тому реальні деталі в різних перетинах мають різні розміри.

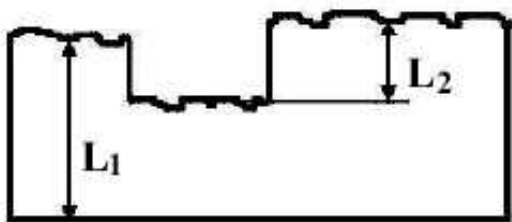


Рис. 2.1 – Ескіз призматичної деталі

якому-небудь характерному, довільному чи заданому перетині.

У даній роботі за відстань між рівнобіжними площинами деталі приймемо довжину перпендикуляра, опущеного із середини верхньої поверхні на базову площину.

#### *Оцінка точності вимірів*

Точність вимірів прийнято оцінювати похибкою. Абсолютну похибку як різницю між результатом виміру і правдивою величиною можна визначити тільки приблизно, оскільки правдиве значення встановити не можна. Тому замість правдивого використовують дійсне значення величини, тобто значення, яке знайдене виміром і яке настільки наближається до правдивого, що для даної мети може бути використане замість нього. Очевидно, дійсне значення можна одержати, провівши більш точний вимір, тобто вимірюючи з точністю, приблизно на порядок вищою від точності оцінюваного результату.

За похибку виміру довжини стрижня різними вимірювальними засобами приймемо різниці результатів вимірів і дійсного значення довжини, отриманого при атестації стрижня.

У загальному випадку розрізняють наступні складники похибки виміру (із причин виникнення):

- інструментальну ( $\Delta_{инстр}$ ) – залежить від похибки застосовуваних засобів вимірів;

- методичну ( $\Delta_{мет}$ ) – відбиває недосконалість чи спрощення методики вимірів (наприклад, проведення дискретних вимірів замість безупинних при вимірі відхилення від округлості), відмінність реальної схеми виміру від теоретичної;

- суб'єктивну ( $\Delta_{суб}$ ) – вноситься оператором (в основному проявляється в похибках відлічування, настроювання приладу й установа деталі на приладі).

#### *Вибір засобу виміру*

Засіб виміру обирають із урахуванням конструктивних особливостей, форми і розмірів вимірюваної деталі, необхідної точності вимірів, метрологічних характеристик приладу, продуктивності контролю та ін.

З метою забезпечення єдності вимірів похибки виконаних вимірів не мають перевищувати тих, що допускаються. Межа похибки виміру, що допускається, залежить від мети виміру.

При технічному контролі межу похибки, що допускається, за ГОСТ 8051–93 приймають таким, що дорівнює 20–35% допуску на виготовлення деталі. У середньому межу похибки, яка допускається, можна

Однак на практиці, з урахуванням призначення деталі, особливостей виготовлення і необхідності високої продуктивності контрольних-вимірювальних операцій, за розмір приймають відстань між обраними точками (наприклад, найбільший діаметр чи найбільшу відстань між двома поверхнями) в

прийняти такою, що дорівнює 1/4 допуску на виготовлення T:

$$\Delta_{\epsilon}^{\text{don}} \cong \frac{1}{4}T. \quad (2.1)$$

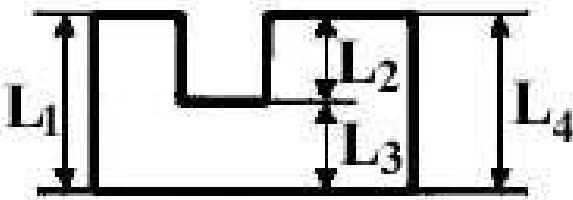
При проведенні досліджень похибку вимірів, яка допускається, можна прийняти такою, що дорівнює 0,1 передбачуваного діапазону R зміни розмірів деталей у процесі обробки:

$$\Delta_{\epsilon}^{\text{don}} \cong 0,1R. \quad (2.2)$$

Оскільки похибка вимірів містить у собі інструментальну, методичну і суб'єктивну похибки, рекомендується обирати такий засіб виміру, щоб його похибка не перевищувала 0,7 похибки виміру, яка допускається:

$$\Delta_{\text{instr}}^{\text{don}} \cong 0,7\Delta_{\epsilon}^{\text{don}}, \quad (2.3)$$

Приклад. Вибрати засіб виміру розміру  $L_1$  відповідно до рис. 2.2 з передбачуваним діапазоном розсіювання:  $R=60$  мкм.



$$\Delta_{\epsilon}^{\text{don}} = 0,1R = 6 \text{ мкм},$$

$$\Delta_{\text{instr}}^{\text{don}} \cong 0,7\Delta_{\epsilon}^{\text{don}} = 4,2 \text{ мкм}.$$

Отже необхідна точність виміру  $L_1$  може бути забезпечена мікрометром.

Похибка непрямого виміру залежить від похибок прямих вимірів. При непряму вимірі  $L_2$  ( $L_2 = L_3 - L_4$ ) відповідно до рис. 2.2, відому похибку

Рис. 2.2 – Ескіз вимірюваної деталі

$\Delta_{BL_2}^{\text{don}}$  необхідно розподілити між розмірами  $L_3$  і  $L_4$ , величини яких визначаються прямими вимірами:

$$\Delta_{BL_2}^{\text{don}} = \Delta_{BL_3}^{\text{don}} + \Delta_{BL_4}^{\text{don}}. \quad (2.4)$$

Похибки виміру, що допускаються, розмірів  $L_3$  і  $L_4$  можна визначити з умови рівності:

а) абсолютних похибок

$$\Delta_{BL_3}^{\text{don}} = \Delta_{BL_4}^{\text{don}}, \quad (2.5)$$

що дозволяє застосовувати один вимірювальний засіб;

б) відносних похибок

$$\frac{\Delta_{BL_3}^{\text{don}}}{L_3} = \frac{\Delta_{BL_4}^{\text{don}}}{L_4}. \quad (2.6)$$

## 2. Експериментальна частина

*Об'єкти дослідження:* деталь типу "стрижень"; призматична деталь, на ескізі якої зазначені вимірювані розміри і передбачені діапазони їхньої зміни R.

*Завдання на виконання роботи*

№ 1 – виміряти довжину стрижня різними вимірювальними приладами і визначити похибки виміру;

№ 2 – виконати вимір розмірів, вказаних на ескізі призматичної деталі;

№ 3 – визначити розмір  $L_2$  (середнє арифметичне значення, систематичну і випадкову похибки виміру  $L_2$ ).

*Оброблення результатів спостережень*

*Прямі виміри.* Підвищити точність вимірів можна багаторазовими спостереженнями однієї і тієї самої величини і статистичним обробленням отриманих при цьому результатів. За результат виміру приймають середнє арифметичне значення  $L$ . Похибка виміру може бути представлена двома складниками: систематичним і випадковим:

$$\Delta_B = \Delta_{\text{сист}} + \Delta_{\text{вип}} \cdot \quad (2.7)$$

Систематична похибка являє собою різницю середнього арифметичного і дійсного значень вимірюваної величини:

$$\Delta_B = L - \Delta_{\text{дійсн}} \cdot \quad (2.8)$$

Оскільки дійсне значення розміру деталі невідоме, то систематичний складник  $\Delta_{\text{сист}}$  похибки може бути визначений виміром зразка на тому самому приладі й у тих самих умовах. Атестований зразок має бути подібний до деталі, тобто мати ту саму геометричну форму, розмір, шорсткість, твердість та ін.

За зразок призматичної деталі приймемо блок кінцевих мір довжини, номінальний розмір якого дорівнює середньому арифметичному значенню розміру деталі.

Систематичну похибку виміру зразка визначимо як різницю середнього арифметичного значення розміру зразка і дійсного:

$$\Delta_{\text{сист.зраз}} = L_{\text{зраз}} - L_{\text{зраз.дійсн}} \cdot \quad (2.9)$$

Абсолютна ідентичність деталі і зразка неможлива, що є причиною методичного складника такого способу визначення систематичної похибки, при якому за систематичну похибку виміру деталі приймається систематична похибка виміру зразка:

$$\Delta_{\text{сист.дет.}} \cong \Delta_{\text{сист.зраз.}} \cdot \quad (2.10)$$

Систематичну похибку виключають з результату виміру деталі, віднімаючи з  $L_{\text{дет}}$  величину  $\Delta_{\text{сист.}}$

Оскільки при багаторазових спостереженнях за результат виміру приймається  $L$ , випадкова похибка оцінюється довірчим інтервалом математичного сподівання:

$$\Delta_{\text{випадк}L} = \pm t S_L, \quad (2.11)$$

де  $S_L$  – середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного значення;

$t$  – коефіцієнт Стьюдента, що залежить від довірчої імовірності  $P$  и числа ступенів свободи  $\nu$  ( $\nu = n - 1$ ).  $S_L$  підраховується за формулою:

$$S_L = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (2.12)$$

де  $S$  – середнє квадратичне відхилення спостережень:



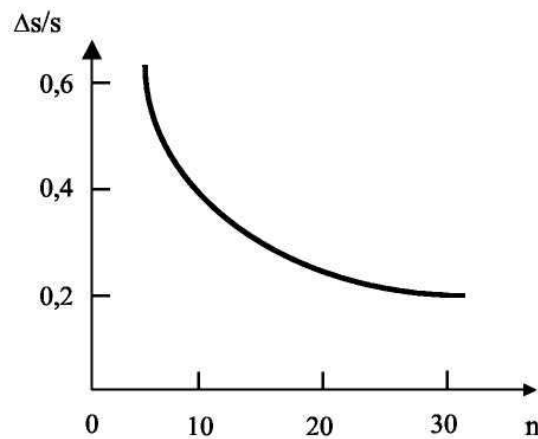
$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (L_j - L)^2}. \quad (2.13)$$

Значення  $t$  вказані в табл. 6.2 залежно від  $\nu$  для довірчої імовірності  $P = 0,95$ .

Точність визначення середнього квадратичного відхилення залежить від числа спостережень. Із рис. 2.3 видно, що при числі спостережень більше 15 точність визначення середнього квадратичного відхилення збільшується незначно. У даній роботі можна прийняти  $n = 7 - 15$ .

**Таблиця 2.2 – Залежність коефіцієнта Стьюдента від числа ступенів свободи**

$\nu$	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t$	2.57	2.45	2.36	2.31	2.26	2.23	2.20	2.18	2.16



*Рис. 2.3 – Залежність відносної величини середнього квадратичного відхилення від числа спостережень*

*Непрямі виміри.* При непрямому вимірі середнє арифметичне значення  $L_2$ , систематична похибка  $\Delta_{\text{сум.}L_2}$  і середнє квадратичне відхилення  $S_{L_2}$  визначають за формулами:

$$L_2 = L_3 - L_4; \quad (2.14)$$

$$\Delta_{\text{сум.}L_2} = \Delta_{\text{сум.}L_3} - \Delta_{\text{сум.}L_4}; \quad (2.15)$$

$$S_{L_2} = \sqrt{S_{L_3}^2 + S_{L_4}^2}. \quad (2.16)$$

Результат виміру представляють у наступному вигляді:

$$L = (L - \Delta_{\text{сум.}}) \pm \frac{tS}{\sqrt{n}}, \quad (2.17)$$

зі вказівкою значень  $P$ ,  $n$ . Наприклад:

$$L = 21,4378 \pm 0,0023;$$

$$P = 0,95;$$

$$n = 7.$$

### 3. Порядок виконання роботи

#### Завдання № 1

1. Ознайомитися з будовою і характеристиками штангенциркуля, мікрометра, вертикального довжиноміра й основними прийомами роботи з ними.
2. Зробити вимір довжини стрижня інструментами і приладами, зазначеними в пункті 1. Результати вимірів навести у вигляді таблиці.
3. Проаналізувати результати вимірів:
  - визначити похибки вимірів і вказати в таблиці;
  - вказати заходи підвищення точності вимірів.

#### Завдання № 2

1. Визначити  $\Delta_g^{don}$  та  $\Delta_{instr}^{don}$  і обрати вимірювальні засоби.
2. Виміряти зазначені на ескізі розміри. Результати записати в таблицю.

#### Завдання № 3

1. Обрати число спостережень  $n$ .
2. Зробити  $n$  спостережень  $L_3$  і  $L_4$ , знімаючи деталь із приладу після кожного виміру. Визначити  $L_3$ ,  $L_4$  і  $S_{L_3}$ ,  $S_{L_4}$ .
3. Зібрати блок кінцевих мір довжини, який дорівнює  $L_3$ , зробити  $n$  вимірів зразка, підрахувати  $L_{зраз}$ . Визначити  $\Delta_{сист.L_3}$ . Аналогічно визначити  $\Delta_{сист.L_4}$ . Підрахувати  $\Delta_{сист.L_2}$ .
4. Визначити  $L_2$  і довірчий інтервал математичного сподівання.

### 4. Контрольні запитання

1. Назвіть принцип дії методу безпосередньої оцінки.
2. Що таке похибка вимірювального приладу?
3. Назвіть метрологічні характеристики вимірювальних приладів.
4. Які бувають складники похибок вимірів?
5. Як відбувається оброблення результатів спостережень при прямих вимірах?
6. Як відбувається оброблення результатів спостережень при непрямих вимірах?
7. Як визначається середнє квадратичне відхилення спостережень?

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

## ДОСЛІДЖЕННЯ НОРМОВАНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛЬТМЕТРА

*Мета роботи:* Дослідження нормованих метрологічних характеристик вольтметра для визначення в реальних умовах експлуатації точності показань засобів виміру й похибки.

### 1. Загальні положення

Метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) – це характеристики, що впливають на результати й похибки вимірювань і призначені для оцінювання технічного рівня та якості ЗВТ, визначення результатів вимірювань та оцінки інструментальної складової похибки вимірювань. Номенклатура метрологічних характеристик встановлюється міждержавним стандартом ГОСТ 8.009-84 і являє собою:

1. Характеристики, призначені для визначення результатів вимірювань (без введення поправок). До них, зокрема, належать:

– функція перетворення вимірювального перетворювача, а також вимірювального приладу з неіменованою шкалою або зі шкалою, відградуваною в одиницях, відмінних від одиниць вхідної величини;

– номінальне значення однозначної міри або номінальні значення багатозначної міри;

– ціна поділки шкали вимірювального приладу або багатозначної міри;

– вид вихідного коду, кількість розрядів коду, номінальна ціна одиниці найменшого розряду коду засобів вимірювань, призначених для видачі інформації в цифровому коді.

2. Характеристики похибок засобів вимірювань. Нормування цих характеристик здійснюється з поділом похибки  $\Delta$  засобу вимірювань на систематичний  $\bar{\Delta}$  і випадковий  $\Delta^0$  складники або без такого поділу. Для сукупності засобів вимірювань даного типу  $\bar{\Delta}$  трактується як випадкова похибка, для якої нормують межу  $\bar{\Delta}_{don}$  її допустимого значення, математичне сподівання  $M[\bar{\Delta}]$  та середнє квадратичне відхилення  $\sigma[\bar{\Delta}]$ . Основною нормованою характеристикою випадкового складника  $\Delta^0$  є межа  $\sigma_{don}[\Delta^0]$  допустимого значення його середнього квадратичного відхилення. Для похибки  $\Delta$  (без поділу на  $\bar{\Delta}$  і  $\Delta^0$ ) засобу вимірювань, як і для  $\bar{\Delta}$ , нормують межу  $\Delta_{don}$  допустимого її значення, математичне сподівання  $M[\Delta]$  та середньоквадратичне відхилення  $\sigma[\Delta]$ . У спеціально обґрунтованих випадках вказують розподіл імовірностей значень складників  $\bar{\Delta}$  і  $\Delta^0$ .

3. Характеристики чутливості до впливаючих факторів. Ці характеристики нормуються встановленням номінальної функції впливу  $\psi(\xi)$  як залежності зміни метрологічних характеристик ЗВТ від змін впливаючих величин  $\xi$  чи неінформативних параметрів вхідного сигналу, а також встановлення меж допустимих змін метрологічних характеристик (зокрема характеристик похибок) при зміні впливаючих факторів у заданих межах. Межі допустимих змін похибок ЗВТ звичайно називають межами допустимої

додаткової похибки ЗВТ.

4. Динамічні характеристики. Нормовані динамічні характеристики засобів вимірювань поділяються на повні й часткові. До повних належать диференціальне рівняння, перехідну  $h(t)$ , імпульсну перехідну  $q(t)$  та передавальну  $W(s)$  функції, до часткових – окремі параметри повних характеристик й інші характеристики, наприклад, час встановлення показів вимірювального приладу. Чинними стандартами динамічні похибки засобів вимірювань не нормуються, бо легше нормувати перераховані вище інші динамічні характеристики, що дають змогу оцінювати похибки у динамічному режимі роботи засобу вимірювань для конкретних умов його застосування.

5. Характеристики ЗВТ, що відображають їх здатність впливати на інструментальний складник похибки вимірювань ЗВТ внаслідок взаємодії з будь-яким компонентом, приєднаним до входу чи виходу (таких, як об'єкт вимірювань, засіб вимірювань і т.ін.). Прикладом характеристик такої групи можуть бути вхідний й вихідний імпеданси лінійного вимірювального перетворювача.

6. Неінформативні параметри вихідного сигналу ЗВТ.

Похибки вимірювань (абсолютні) можуть залежати від значення вимірюваної величини або бути незалежними від нього. Якщо абсолютна похибка не залежить від значення вимірюваної величини, вона називається адитивною – такою, що додається до вимірюваної величини (рис. 3.1). Відповідно до цього її модель

$$\Delta_a = \Delta_0, \quad (3.1)$$

а результат вимірювання, спотворений адитивною похибкою  $\Delta_0$ ,

$$x = X + \Delta_0. \quad (3.2)$$

Адитивні похибки проявляються як зміщення покажчика аналогових приладів з нульової позначки, а в електронних приладах – як ненульовий показ при нульовому значенні вимірюваної величини.

Якщо абсолютна похибка прямо пропорційно залежить від значення вимірюваної величини, вона називається мультиплікативною (рис. 3.2). Відповідно до цього її модель

$$\Delta_0 = \delta_s X \cong \delta_s x, \quad (3.3)$$

де  $\delta_s$  – відносна мультиплікативна похибка, а результат вимірювання, що спотворений такою похибкою,

$$x = X + \delta_s X. \quad (3.4)$$

При нульовому значенні вимірюваної величини ця похибка також має нульове значення. Мультиплікативна похибка вимірювання зумовлена похибками коефіцієнтів перетворення вимірювальних перетворювачів, зокрема масштабних: вимірювальних підсилювачів, подільників, трансформаторів. Похибки еталонних (зразкових) величин можуть стати також причиною мультиплікативних похибок.

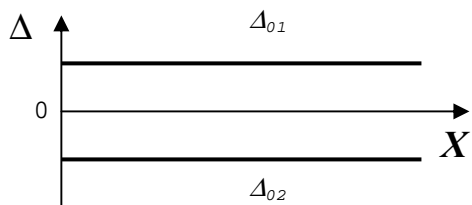


Рис. 3.1 – Адитивна похибка

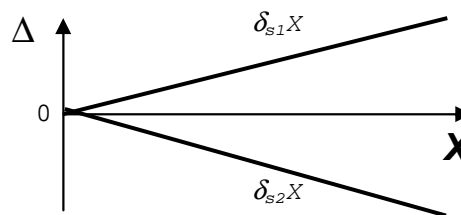


Рис. 3.2 – Мультиплікативна похибка

Залежно від особливостей використання засобів вимірів виникає необхідність у тому чи іншому наборі їхніх метрологічних характеристик. Так, для речовинних мір і цифро-аналогових перетворювачів, аналогових і цифрових вимірювальних приладів, що показують і реєструють, аналогових і аналого-цифрових вимірювальних перетворювачів нормуються різні набори метрологічних характеристик. Номенклатура нормованих метрологічних характеристик у кожному наборі залежить, крім того, від відповідальності вимірів та інших факторів.

Використання нормованих метрологічних характеристик для визначення в реальних умовах експлуатації точності показань засобів вимірів і виправлення, що забезпечує їхню правильність, розглянемо на прикладі вольтметра.

## 2. Експериментальна частина

*Прилади і обладнання:*

1. Вольтметр.
2. Джерело струму.

### Порядок виконання роботи

1. Викладач перевіряє готовність студентів до роботи і засвоєння ними теоретичних положень про метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки, види похибок.
2. Викладач ознайомлює студентів із порядком виконання експериментальної частини.
3. Студенти самостійно виконують розрахунки адитивної похибки.
4. Студенти самостійно розраховують номінальну функцію впливу температури на похибку.
5. Студенти самостійно визначають номінальну функцію впливу температури на середнє квадратичне відхилення показника.

### Вказівки до виконання роботи

У нормативно-технічній документації на вольтметр наведені наступні його нормовані метрологічні характеристики:

1. У нормальних умовах вимірів (при температурі 20 °С і напрузі 220 В) адитивна похибка  $\Delta_0$  до показань у приладів цього типу перебуває в межах від – 10 до 10 мВ; середнє квадратичне відхилення  $\bar{\sigma}$  показання не перевищує 5 мВ.
2. Номінальна функція впливу температури на похибку

$$\psi_{\theta}(t) = -k_{\theta(t)}(t - t_H), \quad (3.5)$$

номінальна функція впливу напруги на похибку

$$\psi_{\theta}(U) = -k_{\theta(U)}(U - U_H), \quad (3.6)$$

де  $t_H = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  і  $U_H = 220 \text{ В}$  – нормальні значення величин впливу, а номінальні значення коефіцієнтів впливу температури та напруги  $k_{\theta(t)} = 0,5 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$ ;  $k_{\theta(U)} = 0,4 \text{ мВ}/\text{В}$ .

Номінальна функція впливу температури на середнє квадратичне відхилення показань

$$\psi_{\sigma}(t) = -k_{\sigma(t)}(t - t_H), \quad (3.7)$$

номінальна функція впливу напруги на середнє квадратичне відхилення показань

$$\psi_{\sigma}(U) = -k_{\sigma(U)}(U - U_H), \quad (3.8)$$

де  $k_{\sigma(t)} = 0,1 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$ ;  $k_{\sigma(U)} = 0,1 \text{ мВ}/\text{В}$ .

Необхідно визначити похибку, яка забезпечує правильність показників вольтметра в робочих умовах вимірювань:

$$\begin{aligned} 25 \text{ }^{\circ}\text{C} &\leq t \leq 35 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ 200 \text{ В} &\leq U \leq 230 \text{ В} \end{aligned}$$

і точність показань.

### 3. Контрольні запитання

1. Що називається метрологічними характеристиками засобів вимірювальної техніки?
2. Які бувають класи точності засобів вимірювальної техніки?
3. Назвіть характеристики похибок засобів вимірювань.
4. Що називається адитивною похибкою?
5. Що називається мультиплікативною похибкою?
6. Як визначається номінальна функція впливу температури на похибку?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ КЛАСУ ТОЧНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ

*Мета роботи:* дослідження класу точності й визначення меж допустимої основної і додаткової похибок вольтметра, амперметра, мегомметра.

#### 1. Загальні положення

Клас точності засобу вимірювальної техніки (засобу вимірювань) – узагальнена характеристика, котра визначається межами допустимої основної і додаткової похибок, а також іншими характеристиками, що впливають на його точність, значення яких регламентується. Клас точності засобу вимірювань, хоч і характеризує його властивості щодо точності, але не є безпосереднім показником точності вимірювань, які виконані з його допомогою.

Засобам вимірювань з двома чи більшою кількістю діапазонів вимірювань даної фізичної величини допускається присвоювати два і більше класів точності. Засобам вимірювань, які призначені для вимірювань двох і більше фізичних величин, також допускається присвоювати різні класи точності для кожної вимірюваної величини.

Межі допустимих основної і додаткової похибок засобів вимірювань встановлюють у формі абсолютних, зведених або відносних значень, залежно від характеру їх зв'язку з інформативним параметром вхідного чи вихідного сигналів.

Межі допустимої абсолютної основної похибки встановлюють за формулами:

$$\Delta = \pm a, \quad (4.1)$$

$$\text{або } \Delta = \pm(a + bx), \quad (4.2)$$

де  $\Delta$  – межі допустимої абсолютної основної похибки, що встановлена в одиницях вхідної чи вихідної величини або умовно в поділках шкали;

$x$  – значення вхідної або вихідної величин засобу вимірювань чи кількість поділок, які відраховані за шкалою;  $a$ ,  $b$  – додатні числа, які не залежать від  $x$ .

Межі допустимої зведеної основної похибки встановлюють за формулою:

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} = \pm p, \quad (4.3)$$

де  $\gamma$  – межі допустимої зведеної основної похибки;

$\Delta$  – межі допустимої абсолютної основної похибки;

$X_N$  – нормувальне значення, яке обирають залежно від характеру шкали;

$p$  – абстрактне додатне число з ряду:  $[1; 1,5 (1,6); 2; 2,5 (3); 4; 5; 6] \cdot 10^n$ , де  $n = 1; 0; -1; -2$ .

Значення, які стоять у дужках, для засобів вимірювань, що розробляються заново, не використовуються.

Нормувальне значення  $X_N$  для засобів вимірювань із рівномірною, практично рівномірною чи ступеневою шкалою і для вимірювальних перетворювачів встановлюють такими, що дорівнюють: більший з меж вимірювань, якщо нульове

значення  $x$  перебуває на краю або поза діапазоном вимірювань; більшому з модулів меж вимірювань, якщо нульове значення перебуває всередині діапазону вимірювань (для електровимірювальних приладів допускається встановлювати  $X_N$  таким, що дорівнює сумі модулів меж вимірювань).

Для засобів вимірювань фізичної величини, для яких прийнята шкала з умовним нулем,  $X_N$  дорівнює модулю різниці меж вимірювань. Наприклад, для термометра зі шкалою від  $200^{\circ}\text{C}$  до  $600^{\circ}\text{C}$  нормувальне значення  $X_N = 400^{\circ}\text{C}$ .

Для засобів вимірювань із заданим номінальним значенням вимірюваної величини (наприклад, частотомір з  $f_{ном} = 50$  Гц) і діапазоном вимірювань (45...55 Гц)  $X_N$  дорівнює номінальному значенню, тобто  $X_N = 50$  Гц.

Для вимірювальних приладів з суттєво нерівномірною шкалою нормувальне значення встановлюють таким, що дорівнює всій довжині шкали або її частині, що відповідає діапазону вимірювань. При цьому межі абсолютної похибки встановлюють, як і довжину шкали, в одиницях довжини.

Межі допустимої відносної основної похибки встановлюють за формулою:

$$\delta = \frac{\Delta}{x_N} = \pm q, \quad (4.4)$$

$$\text{або } \delta = \frac{\Delta}{x} = \pm \left[ c + d \left( \left| \frac{X_k}{x} \right| - 1 \right) \right], \quad (4.5)$$

де  $\delta$  - межі допустимої відносної основної похибки;

$x$  - значення вимірюваної величини;

$q$ ,  $c$  та  $d$  - абстрактні додатні числа, вибрані з того ж ряду, що і  $p$  (для зведеної похибки);

$X_k$  - більша (за модулем) з меж вимірювань.

Межі допустимої додаткової похибки засобів вимірювань можна встановлювати у формі, яка відрізняється від форми встановлення меж допустимої основної похибки. Їх установлюють:

- у вигляді сталого значення для всього діапазону значень впливаючої величини або сталих значень для певних інтервалів цього діапазону;

- за значенням відношення межі допустимої додаткової похибки, що відповідає регламентованому інтервалу значень впливаючої величини, до ширини цього інтервалу;

- наведенням граничної функції впливу як залежності межі допустимої додаткової похибки від величин впливу;

- наведенням функціональної залежності меж допустимих відхилень від номінальної функції впливу.

Межі допустимих похибок мають бути виражені не більше ніж двома значущими цифрами, причому похибка заокруглення під час обчислення меж має бути не більшою 5%.

Приклади позначення класів точності засобів вимірювань відповідно до міждержавного стандарту ГОСТ 8.401-80 наведені в табл. 4.1.



**Таблиця 4.1**

Формула для меж допустимих похибок	Приклади меж допустимої основної похибки	Позначення класу точності		Примітка
		в документації	на засобах вимірювань	
$\Delta = \pm a$	-	Клас точності М	М	-
$\Delta = \pm(a + bx)$	-	Клас точності С	С	-
$\gamma = \frac{\Delta}{X_N} = \pm p$	$\gamma = \pm 1,5$	Клас точності 1,5	1,5	Якщо $X_N$ виражається в одиницях вимірюваної величини
	$\gamma = \pm 1,5$	Клас точності 1,5	$\nabla 1,5$	Якщо $X_N$ визначається довжиною шкали
$\delta = \frac{\Delta}{x_N} = \pm q$	$\delta = \pm 0,5$	Клас точності 0,5	$\bigcirc 0,5$	-
$\delta = \frac{\Delta}{x} = \pm \left[ c + d \left( \left  \frac{X_k}{x} \right  - 1 \right) \right]$	$\delta = \pm \left[ 0,02 + 0,01 \left( \left  \frac{X_k}{x} \right  - 1 \right) \right]$	Клас точності 0,02/0,01	0,02/0,01	-

## 2. Експериментальна частина

Прилади і обладнання:

1. Амперметр класу точності 1,5 з рівномірною шкалою.
2. Вольтметр класу точності 0,5 з рівномірною шкалою.
3. Мегомметр Ф 4105 класу точності 2,5 з нерівномірною шкалою.
4. Ампервольтметр класу точності 0,02/0,01 з рівномірною шкалою.

### Порядок виконання роботи

1. Викладач перевіряє готовність студентів до роботи і засвоєння ними теоретичних положень про класи точності засобів вимірювальної техніки, засоби вимірювань різних діапазонів фізичних величин.
2. Викладач ознайомлює студентів із порядком виконання експериментальної частини.
3. Викладач видає завдання студентам за варіантами.
4. Студенти визначають клас точності амперметра, вольтметра, мегомметра та ампервольтметра.
5. Студенти визначають похибку приладів.
6. Студенти перераховують задані показання приладів.
7. Студенти заносять отримані дані до протоколу лабораторної роботи (табл. 4.2).

**Таблиця 4.2 – Протокол роботи**

Прилад	Клас точності	Показання приладів	Похибки приладів	Переховані показання приладів
1	2	3	4	5
Амперметр				
Вольтметр				
Мегомметр				
Ампервольтметр				

### 3. Лицьові панелі приладів, що використовуються в лабораторній роботі

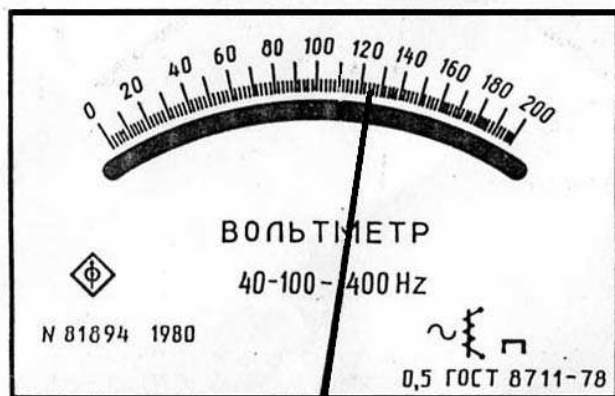


Рис. 4.1 – Лицьова панель вольтметра класу точності 0,5 з рівномірною шкалою

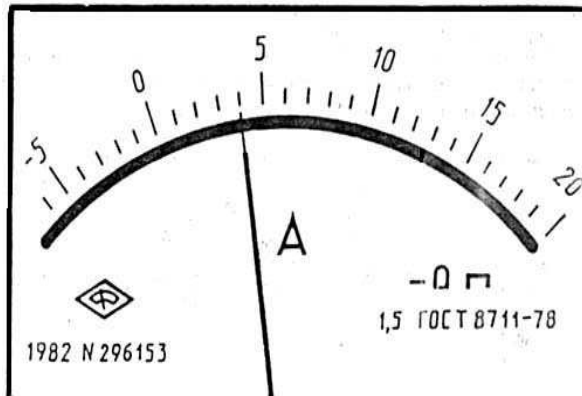


Рис. 4.2 – Лицьова панель амперметра класу точності 1,5 з рівномірною шкалою

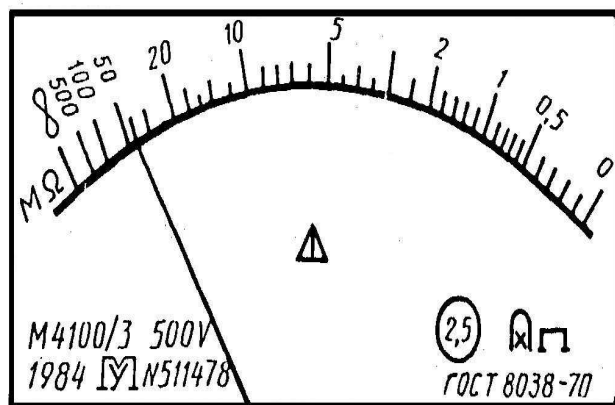


Рис. 4.3 – Лицьова панель мегомметра класу точності 2,5 з нерівномірною шкалою

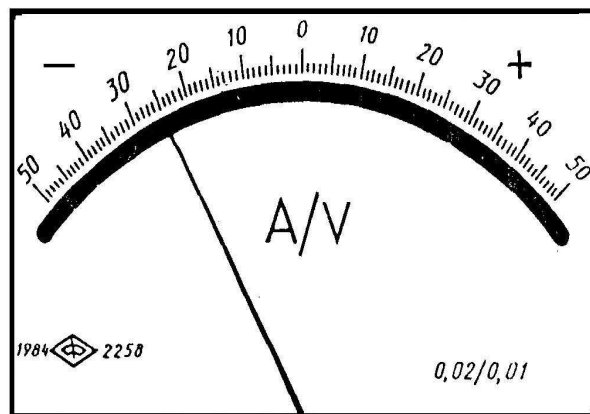


Рис. 4.4 – Лицьова панель ампервольтметра класу точності 0,02/0,01 з рівномірною шкалою

### 4. Контрольні запитання

1. Що називається класом точності засобів вимірювальної техніки?
2. Як визначається клас точності засобів вимірювальної техніки?
3. Як визначається похибка вимірювального приладу?
4. Наведіть приклади меж допустимої основної похибки.
5. Що називається похибкою?
6. Які бувають види похибок?

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5**  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОМИЛОК У РЕЗУЛЬТАТАХ ВИМІРЮВАНЬ**  
**ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН МЕТОДОМ НАЙМЕНШИХ КВАДРАТІВ**

*Мета роботи:* ознайомитись із методом найменших квадратів для визначення помилок у результатах вимірювань на прикладі вимірювання кількості обертів крильчатки за секунду чашкового анемометра.

**1. Загальні положення**

Оцінки числових характеристик законів розподілу імовірності випадкових чисел чи величин, які зображені точкою на числовій осі, називаються точковими. На відміну від самих числових характеристик, їхні оцінки є випадковими, причому їхні значення залежать від обсягу експериментальних даних, а закони розподілу імовірності – від законів розподілу імовірності самих випадкових чисел чи значень вимірюваних величин. Оцінки мають задовольняти трьом вимогам: бути складовими, незміщеними й ефективними. Складовою називається оцінка, що сходиться за імовірністю до оцінюваної числової характеристики. Незміщеною є оцінка, математичне сподівання якої дорівнює оцінюваній числовій характеристиці. Найбільш ефективною вважають ту з декількох можливих незміщених оцінок, що має найменше розсіювання.

Розглянемо  $n$  незалежних значень  $Q_i$ , які отримані при вимірі фізичної величини постійного розміру. Середнє арифметичне значення результату виміру

$$\bar{Q}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (5.1)$$

яке сходиться за імовірністю до  $\bar{Q}$ , при будь-якому законі розподілення імовірності результату виміру може служити складовою точковою оцінкою середнього значення.

Середнє арифметичне при будь-якому законі розподілу імовірності результату виміру є не тільки складовою, але й незміщеною оцінкою середнього значення. Цим забезпечується правильність результату багаторазового виміру.

Точність результату багаторазового виміру залежить від ефективності оцінки середнього значення. Що вона ефективніше (що менше її розсіювання), то вище точність. Критерії ефективності можуть бути різними. При нормальному законі розподілу імовірності найбільш популярним є такий показник ефективності (міра розсіювання), як сума квадратів відхилень від середнього значення. Що менший цей показник, то ефективніша оцінка. Це дозволяє поставити завдання відшукування оцінки середнього значення, найбільш ефективною за критерієм

$$\sum_{j=1}^m (\bar{Q}_j - \bar{Q})^2 = \min. \quad (5.2)$$

Таке завдання називається завданням синтезу оптимальної (тобто найкращої в сенсі обраного критерію) оцінки середнього значення, а метод її вирішення, заснований на використанні критерію (5.2), – методом найменших квадратів.

Досліджуємо функцію в лівій частині виразу (5.2) на екстремум. Вона досягає мінімуму при

$$\frac{d \sum_{j=1}^m (\bar{Q}_j - \bar{Q})^2}{d \bar{Q}_j} . \quad (5.3)$$

Після зведення в квадрат і почленного диференціювання одержуємо

$$\sum_{j=1}^m \bar{Q}_j - m \bar{Q} = 0 . \quad (5.4)$$

Якщо за оцінку  $\bar{Q}$  вибрати середнє арифметичне  $\bar{Q}_n$ , рівність

$$\sum_{j=1}^m \left( \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} Q_{ij} \right) - m \bar{Q} = 0 \quad (5.5)$$

буде виконуватися при  $n \rightarrow \infty$  внаслідок складової цієї оцінки. Таким чином, середнє арифметичне є не тільки складовою і незміщеною, але і найбільш ефективною за критерієм найменших квадратів точковою оцінкою середнього значення результату виміру.

Як точкову оцінку дисперсії результату виміру за аналогією із середнім арифметичним можна було б узяти

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_n)^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 - (\bar{Q}_n - \bar{Q})^2 . \quad (5.6)$$

При будь-якому законі розподілу імовірності результату виміру ця оцінка є складовою, тому що при  $n \rightarrow \infty$  другий доданок у правій частині наближається до нуля, а перший – до  $\sigma_Q^2$ . Але

$$M \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_n)^2 \right] = \frac{n-1}{n} \sigma_Q^2 , \quad (5.7)$$

тобто така оцінка є зміщеною. Незміщену оцінку можна одержати, помноживши її на коефіцієнт  $\frac{n}{n-1}$ . При  $n \rightarrow \infty$  цей коефіцієнт наближається до 1, тому незміщена точкова оцінка дисперсії

$$S_Q^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_n)^2 \quad (5.8)$$

при будь-якому законі розподілу імовірності результату виміру залишається складовою. Квадратний корінь із неї

$$S_Q = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q}_n)^2} \quad (5.9)$$

називається стандартним відхиленням.

Оцінивши середнє значення  $\bar{Q}$  і середнє квадратичне відхилення  $\sigma_Q$  результату виміру, можна, використовуючи замість цих числових характеристик точкові оцінки  $\bar{Q}_n$  і  $S_Q$ , за правилом "трьох сигм" перевірити, чи не є деякі сумнівні значення  $Q_i$  помилковими. Коли виявиться, що вони відрізняються від середнього арифметичного  $\bar{Q}_n$  більше ніж на  $3S_Q$ , їх варто відкинути. Після цього розраховуються остаточні значення  $\bar{Q}_n$  і  $S_Q$ .

## 2. Експериментальна частина

*Прилади і обладнання:*

1. Чашковий анемометр.
2. Настінний вентилятор.
3. Секундомір.

### Порядок виконання роботи

1. Викладач перевіряє готовність студентів до роботи і засвоєння ними теоретичних положень використання методу найменших квадратів.

2. Викладач ознайомлює студентів із порядком виконання експериментальної частини.

3. Для практичного освоєння правил роботи з анемометром треба заміряти швидкість повітряного потоку, створюваного вентилятором, тому що швидкість руху повітря в навчальній лабораторії практично дорівнює нулю.

4. Перед початком виміру рахунковий механізм анемометра треба вимкнути і записати початковий відлік по всіх трьох циферблатах  $N_1$ . Потім анемометр з вимкнутим рахунковим механізмом установити в місці виміру для того, щоби чашечки опинилися в повітряному потоці. Після 20–30-секундного оберту чашечок одночасно вмикаються механізм приладу і секундомір. Після перебігу деякого періоду часу, наприклад, 100 с виміру рахунковий механізм приладу слід вимкнути і записати кінцеві показання стрілок анемометра  $N_2$ .

5. Кількість пройдених стрілками поділок на одиницю часу визначають за формулою

$$A = (N_2 - N_1)/T, \quad (5.10)$$

і заносять результати до протоколу 1 (табл. 5.1).

6. Студенти виконують розрахунки середнього арифметичного результату виміру.

7. Студенти визначають стандартне відхилення результатів допоміжних розрахунків та зводять їх у третю й четверту графи протоколу 2 (табл. 5.2).

8. Студенти визначають результати допоміжних розрахунків при повторному визначенні стандартного відхилення і заносять результати розрахунків у п'яту й шосту графи протоколу 2 (табл. 5.2).

### Вказівки до виконання роботи

Чашковий анемометр містить у собі обертові на осі чашечки 1 (рис. 5.1).

Вісь з'єднана з рахунковим механізмом. Рахунковий механізм має три шкали циферблата. За великим циферблатом стрілки 5 відраховують одиниці й десятки обертів, а за малими циферблатами 2 – тисячі й 4 – сотні обертів. Показання анемометра являє собою чотиризначне число. З правого лицьового боку анемометра розташований важіль 3 для ввімкнення і вимкнення рахункового механізму. Кількість пройдених стрілками рахункового механізму поділок дорівнює числу обертів чашечок.

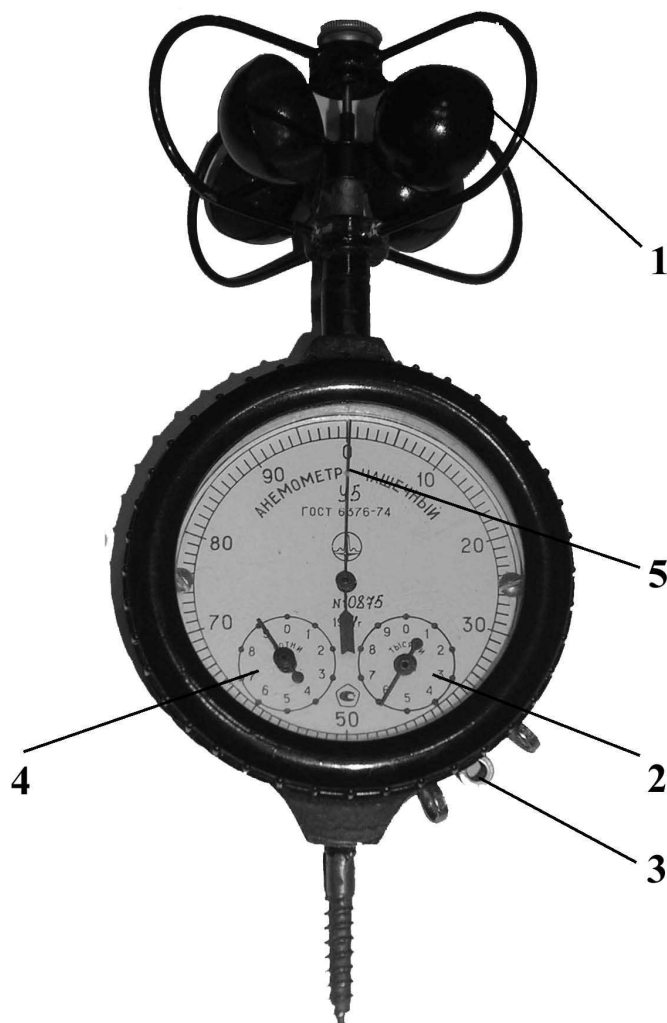


Рис. 5.1 – Чашковий анемометр

**3. Форми протоколів для занесення результатів вимірів і обчислень**

**Таблиця 5.1 – Протокол 1. Результати вимірів**

№ п/п	Відліки за шкалою анемометра		Час виміру T, с	Число поділок на секунду, A
	до виміру N <sub>1</sub>	після виміру N <sub>2</sub>		
1	2	3	4	5
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

**Таблиця 5.2 – Протокол 2. Математичне оброблення результатів вимірів**

$i$	$A_i$	$A_i - \bar{A}_{15}$	$(A_i - \bar{A}_{15})^2$	$A_i - \bar{A}_{15-X}$	$(A_i - \bar{A}_{15-X})^2$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

#### **4. Контрольні запитання**

1. Які оцінки числових характеристик називаються точковими?
2. З яких елементів складається чашковий анемометр?
3. Як визначається число поділок на секунду за допомогою чашкового анемометра?
4. Яким вимогам мають задовольняти оцінки числових характеристик?
5. Що називається складовою оцінкою числових характеристик?
6. Що називається незміщеною оцінкою числових характеристик?
7. Як визначається стандартне відхилення результатів вимірів?
8. Як за правилом „трьох сигм” перевіряють помилкові значення результатів вимірів?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ПОХИБКИ ЛАБОРАТОРНИХ ВАГ**

*Мета роботи:* дослідження вимірювання похибки лабораторних ваг з метою врахування похибки їх нерівноплечності.

#### **1. Загальні положення**

Як технічні засоби, що мають нормовані метрологічні характеристики й використовуються для виміру маси, застосовують міри і вимірювальні прилади.

Однозначними мірами, тобто мірами, номінальні значення яких відповідають масі одного розміру, є гирі. Їх формують у набори (комплекти), що дозволяють використовувати їх не тільки окремо, але й у різних сполученнях із метою відтворення значень маси різного розміру.

До вимірювальних приладів належать ваги, вагові дозатори і контрольні вагові автомати (контрольні ваги). Останні призначені для контролю відхилень маси об'єктів, що зважуються, від устанавленого номінального значення й для вироблення керуючого сигналу на розбраковування.

Різноманіття класифікаційних ознак дозволяє створювати численні класифікаційні схеми для ваг і гир. Однак слід враховувати, що в практиці виробництва й експлуатації засобів вимірів маси діють нормативно-технічні документи, які регламентують технічні умови, норми точності й методи перевірки визначених груп ваг і гир. Іншими словами, нормативна база сформована таким чином, що вона визначає логіку класифікації ваговимірювальної техніки; ця логіка дозволяє класифікувати міри і прилади, спираючись на діючі нормативно-технічні документи.

Аналіз нормативно-технічної документації показує, що група мір маси не має потреби в подальшому розвитку класифікації, тоді як ваги і вагові дозатори, котрі входять до групи ваговимірювальних приладів, вимагають більш глибокого класифікаційного розгорнення.

Однією з найважливіших класифікаційних ознак, що розділяють ваги і дозатори на дві основні групи, є принцип дії, на підставі якого розрізняють ваговимірювальні прилади дискретної чи безупинної дії.

Залежно від способу перетворення вимірювального сигналу ваги і вагові дозатори розділяються на механічні, гідравлічні, електромеханічні, оптико-механічні, пневматичні та ін.

Подальший класифікаційний поділ ваговимірювальних приладів на підгрупи всередині кожної групи може бути виконаний за рядом ознак: призначенням, конструкцією, способом устанавки і т.п. Як приклад реалізації таких можливостей наведена класифікаційна схема лабораторних ваг (рис. 6.1).

Властивості засобів вимірів можна розділити на дві групи. Одні властивості, що є якісними категоріями, не мають впливу на результати і похибки вимірів. До них можна зарахувати, наприклад, ергономічні, естетичні та ряд інших властивостей. Властивості засобів вимірів, які називаються метрологічними, впливають на результати і похибки вимірів. Для їхньої кількісної оцінки використовують відповідні метрологічні характеристики засобів вимірів.



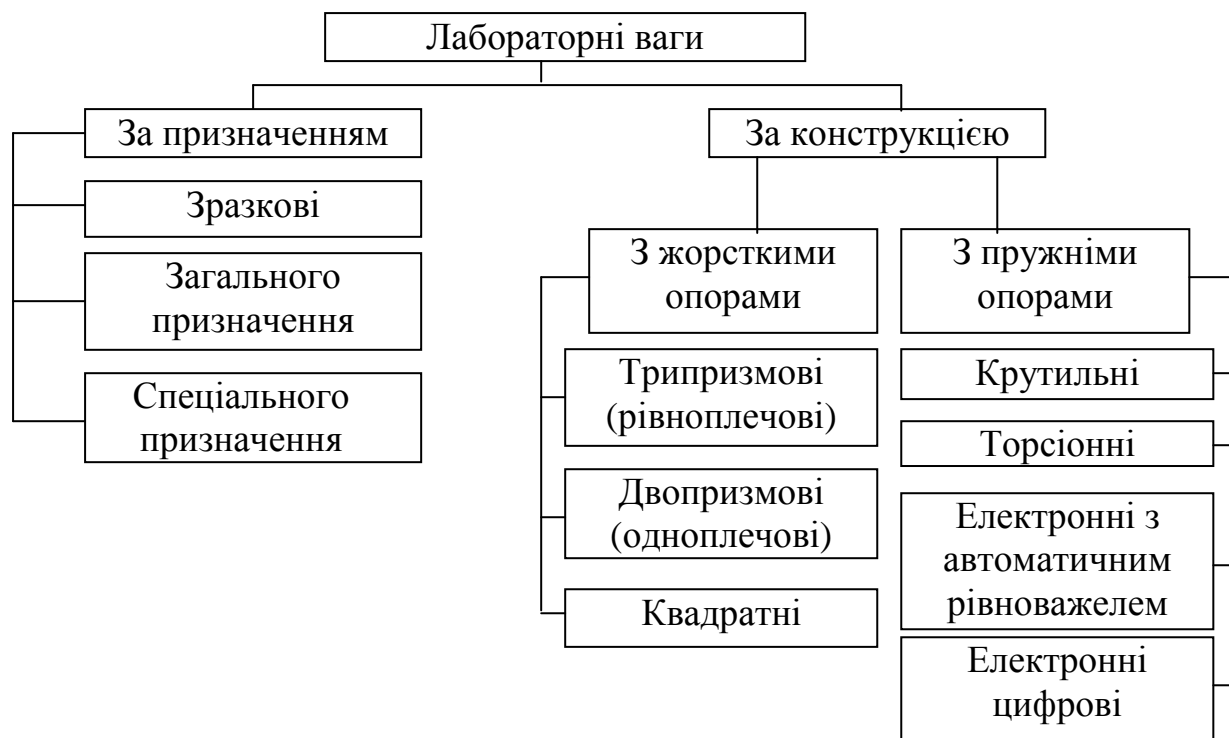


Рис. 6.1 – Класифікаційна схема лабораторних ваг

До метрологічних характеристик засобів вимірювань належать характеристики метрологічних властивостей засобів вимірів, що впливають на результати і похибки вимірів, призначені для оцінки технічного рівня і якості засобів вимірів, для визначення результатів вимірів, розрахункової оцінки характеристик інструментального складника похибки вимірів, оптимального вибору засобів вимірів і використання як кількісних критеріїв при оцінці відповідності засобів вимірів установленим нормам.

Однією з стандартизованих метрологічних властивостей засобу вимірів, що характеризують його досконалість у відношенні систематичних похибок, є правильність. Правильність – це якість, що відображає близькість до нуля його систематичних похибок.

Для виміру маси іноді використовують нестандартизований термін “вірність ваг”, який означає ту саму якість ваг, що і правильність. Оскільки виникнення систематичних похибок підйомних ваг головним чином обумовлено недосконалістю технології виготовлення підйомної системи, їхня вірність залежить від строго витриманого співвідношення плечей важелів.

Нормовані метрологічні характеристики правильності рівноплечих ваг – похибка через нерівноплечність. Для нерівноплечових підйомних вагових систем використовується інша нормована метрологічна характеристика – похибка, обумовлена положенням вантажу на вагоприймальному пристрої.

У більшості випадків причиною нерівноплечності є неможливість виготовлення абсолютно симетричного коромисла. Але технологічний фактор – не єдина перешкода для ліквідації нерівноплечності. На зміну співвідношення плечей коромисла впливає також температура. Нерівномірний (однобічний) нагрів плеча коромисла на 0,1–0,2°C може викликати, залежно від матеріалу, з якого воно виготовлено, подовження плеча на кілька десятків часток мікрометра, що приводить при зважуванні на аналітичних вагах до виникнення

похибки через нерівноплечність, значення якої набагато перевищує ціну поділки шкали ваг. Нерідко причиною появи похибки через нерівноплечність є знос робочих граней призми та інші фактори, вплив яких не може бути заздальгідь врахований. Тому похибка через нерівноплечність, є, власне кажучи, систематичною, на практиці виявляється як випадкова.

Неможливість повної ліквідації нерівноплечності обумовила необхідність нормування значень допустимої похибки через нерівноплечність для лабораторних ваг різних типів і класів точності залежно від найбільших меж зважування. Значення допустимої похибки через нерівноплечність виражаються безпосередньо в одиницях маси.

Для зважування вантажів значної маси однопідйомні рівноплечові ваги з зрозумілих причин є непридатними. Тому для цього використовують багатопідйомні нерівноплечові ваги. Навантаження, що діє на вагоприймний пристрій таких ваг, розподіляється між вагоприймними важелями нерівномірно, причому значення кожного зі складників навантаження, який сприймається окремими важелями, залежить від розташування вантажу на платформі ваг, – тобто зміна місця розташування об'єкта зважування приводить до перерозподілу сил, які діють на важелі.

Кожний складник навантаження передається за допомогою передатних важелів на відліковий пристрій, послідовно зменшуючись у заданому співвідношенні. Підйомна система має бути сконструйована таким чином, щоби зміна місця розташування вантажу не викликала зміни показань ваг. Іншими словами, похибка, пов'язана з положенням вантажу на вагоприймному пристрої, має бути мінімальною. Оскільки основною причиною її виникнення є конструктивно-технологічна недосконалість підйомної вагової системи, дана похибка є систематичною.

У практиці використання засобів вимірів показання, отримані при багаторазовому вимірі однієї й тієї самої вимірюваної величини, виявляються незбіжними навіть у випадках, коли вимір виконують тим самим приладом при незмінних умовах в обмеженому інтервалі часу. Очевидно, що причиною розбіжності результатів вимірів є виникнення випадкових похибок. Стандартизованим терміном, що характеризує розглянуту властивість засобів вимірів, є збіжність показань – якість засобу виміру, що відображає близькість до нуля його випадкових похибок.

Звичайно нормованою метрологічною характеристикою збіжності показань засобу вимірів є варіація вихідного сигналу вимірювального приладу чи перетворювача, варіація його показань. Варіація вихідного сигналу вимірювального перетворювача (або показань вимірювального приладу) – це різниця між значеннями інформативного параметра вихідного сигналу вимірювального перетворювача (або показань вимірювального приладу), що відповідають даній точці діапазону виміру при двох напрямках повільних змін інформативного параметра вхідного сигналу в процесі підходу до даної точки діапазону вимірів. При декількох підходах до даної точки діапазону вимірів у кожному з двох напрямків варіація визначається як середня різниця.

## 2. Експериментальна частина

Прилади і обладнання:

1. Лабораторні ваги.
2. Заготівка для вимірювання.

### Порядок виконання досліджень

1. Викладач перевіряє готовність студентів до роботи і засвоєння ними теоретичних положень про види ваг, їхню класифікацію, метрологічні характеристики ваг, види похибок, порядок роботи з вагами.
2. Викладач ознайомлює студентів із порядком виконання експериментальної частини.
3. Студенти виконують виміри маси досліджуваних деталей за допомогою ваг.
4. Студенти роблять розрахунки середніх арифметичних значень отриманих результатів.
5. Студенти розраховують випадкові відхилення результатів вимірювань.
6. Студенти визначають квадрати випадкових відхилень результатів вимірювань, а також середнє квадратичне відхилення результатів експериментальних вимірювань.
7. Студенти заносять результати вимірів та розрахунків до протоколу.

### Вимір маси заготівки та визначення відхилення від середнього значення

Стенд дослідження вимірювання складається з лабораторних ваг, гир для вимірювання і заготівки, маса якої вимірюється.

Для рівноточкових вимірів, які виконуються на одному й тому самому пристрої в одних і тих самих умовах однією людиною, оброблення результатів вимірів слід виконувати в наступній послідовності.

Потрібно:

1. Визначити середнє арифметичне значення ряду результатів вимірів  $x_1$ ;  $x_2$ ;  $x_3$ ; ...  $x_n$  за формулою:

$$X_{\text{cp}} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i. \quad (6.1)$$

2. Розрахувати випадкові відхилення результатів вимірів, тобто різниці  $v_i$  між кожним з результатів вимірів і середнім арифметичним значенням:

$$v_i = x_i - X_{\text{cp}}. \quad (6.2)$$

3. Визначити квадрати випадкових відхилень результатів вимірів та їх суму:

$$v_i^2 = (x_i - X_{\text{cp}})^2. \quad (6.3)$$

4. Розрахувати середнє квадратичне відхилення  $\bar{\sigma}$  результатів вимірів:

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}}. \quad (6.4)$$

**Таблиця 6.1 – Результуючий протокол**

<b>№ п/п вимірювань</b>	<b>Відлік <math>x_i</math>, мг</b>	<b>Відхилення <math>v_i = x_i - X_{\text{ср}}</math>, мг</b>	<b><math>v_i^2</math>, мг<sup>2</sup></b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

### **3. Контрольні запитання**

1. Що таке випадкове відхилення результатів замірів?
2. Як класифікують ваги за призначенням?
3. Як класифікують ваги за конструкцією?
4. Які бувають ваги за способом перетворення вимірювального сигналу?
5. Як розраховується середнє квадратичне відхилення?
6. Що впливає на збіжність показників ваг?

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Метрологія та вимірювальна техніка: підручник / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, В. М. Ванько, Т. Г. Бойко; за ред. проф. Є. С. Поліщука. – Львів: «Бескид Біт», 2003. – 544 с.
2. Т. М. Алиев, А. А. Тер-Хачатуров. Измерительная техника: учебное пособие для технических вузов. – М.: Высш. шк., 1991. – 382 с.
3. Метрологическое обеспечение безопасности труда: справочник / Под ред. И. Х. Сологяна. 2 тома. – М.: Изд. стандартов, 1989. – 490 с.
4. Метрологія, стандартизація та управління якістю: підручник / Г. А. Саранча, Г. К. Якимчук. – К.: Основа, 2004. – 376 с.
5. ГОСТ 12.0.005-84. ССБТ Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения.
6. ДСТУ ISO 2768-1-2001 Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення.

*Навчальне видання*

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З КУРСУ

**«МЕТРОЛОГІЧНЕ ТА НОРМАТИВНЕ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕТЕОУМОВ»**

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання  
за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво»  
спеціалізації «Охорона праці в будівництві»)*

Укладачі: **ЧЕБОТАРЬОВА** Олександра В'ячеславівна,  
**МІКУЛІНА** Ірина Олексіївна

Відповідальний за випуск *В. І. Заїченко*

Редактор *О. Ю. Кригіна*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2011, поз. 228М

---

Підп. до друку 09.11.2011

Друк на різнографі.

Зам. №

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 2,2

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.