

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

# МЕТРОЛОГІЯ ТА СТАНДАРТИЗАЦІЯ

## Лабораторний практикум

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра  
за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в  
приладобудуванні»  
спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка  
(151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології)

Укладачі: І. О. Васильковська, М. В. Філіппова

Електронне мережеве навчальне видання

Київ  
КПІ ім. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО  
2024

УДК 621.753

Укладачі: *Васильковська Інна Олегівна*, канд. техн. наук  
*Філіппова Марина В'ячеславівна*, канд. техн. наук, доц.

Рецензент *Козир Олег Васильович*, канд. техн. наук

Відповідальний редактор *Антонюк Віктор Степанович*, д-р. техн. наук, проф.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 8 від 20.06.2024 р.)  
за поданням вченої ради приладобудівного факультету  
(протокол № 5/24 від 20.05.2024 р.)*

**Метрологія та стандартизація** [Електронний ресурс] : лаб. практикум : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра/ за освіт. програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» спец. 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології) / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: І. О. Васильковська, М. В. Філіппова., – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 46 с.

Навчальний посібник призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, які навчаються за спеціальністю 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології). У посібнику наведено мету і завдання лабораторних робіт, їх зміст та обсяг. Розглянуто організаційні питання роботи над лабораторними дослідженнями, послідовність та методика виконання, наведено вимоги щодо оформлення та процесу захисту готових робіт. Навчальний посібник буде корисним при вирішенні завдань метрології в курсових та дипломних проектах та виконанні науково-дослідних робіт.

УДК 621.753

Реєстр. № НП 23/24-540. Обсяг 2,3 авт. арк.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056  
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024

## ЗМІСТ

<b><u>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТІВ</u></b> .....	4
<b><u>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОМЕТРИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ</u></b> .....	15
<b><u>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ПОВІРКА МІКРОМЕТРУ</u></b> .....	21
<b><u>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ РІЗЬБИ</u></b> .....	30
<b><u>ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ РОЗМІРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КУТОМІРІВ З НОНІУСОМ</u></b> .....	38
<b><u>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</u></b> .....	46

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

## КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТІВ

**Мета роботи:** отримати практичні навички роботи з штангенінструментом.

**Завдання:** вивчити пристрій, принцип вимірювання та метрологічні характеристики штангенінструментів.

**Перелік інструментів та приладдя:** штангенциркуль, об'єкт вимірювання - деталь.

### Загальні положення

Для вимірювання лінійних розмірів абсолютним методом та для відтворення розмірів при розмітці деталей використовують штангенінструменти, під якими розуміють велику групу вимірювальних засобів: штангенциркулі, штангенглибиноміри, штангенрейсмуси тощо.

Найбільш розповсюдженим є штангенциркуль, моделі якого визначаються за ДСТУ ГОСТ 166:2009 (ISO 3599-76).

Розрізняють три типи штангенциркулів: ШЦ-I з двостороннім розташуванням губок для зовнішніх і внутрішніх вимірювань та з лінійкою для визначення глибин (рис. 1.1, а), ШЦ-II – з двостороннім розташуванням губок для вимірювання та для розмітки (рис. 1.1, б), ШЦ-III – з односторонніми губками для зовнішніх та внутрішніх вимірів (рис. 1.1, г). Штангенциркуль (див. рис. 1.1) складається з штанги 7, нерухомих губок 1, виготовлених заодно зі штангою, рамки 3 з рухомими губками 2, ноніуса 10 і рамки 6. Рамки 3 і 6 з'єднані між собою мікрометричним гвинтом з гайкою 9. цього пристрою здійснюється точна подача рамки 3. Положення рамок 3 і 6 фіксується гвинтами 4 і 5. У рамці 3 встановлена вигнута плоска пружина, яка забезпечує постійне прилягання рамки 3 до ребра штанги. Нижні губки призначені для вимірювання як внутрішніх, так і зовнішніх розмірів. Верхні губки служать для вимірювання зовнішніх розмірів, які загострені кінці.

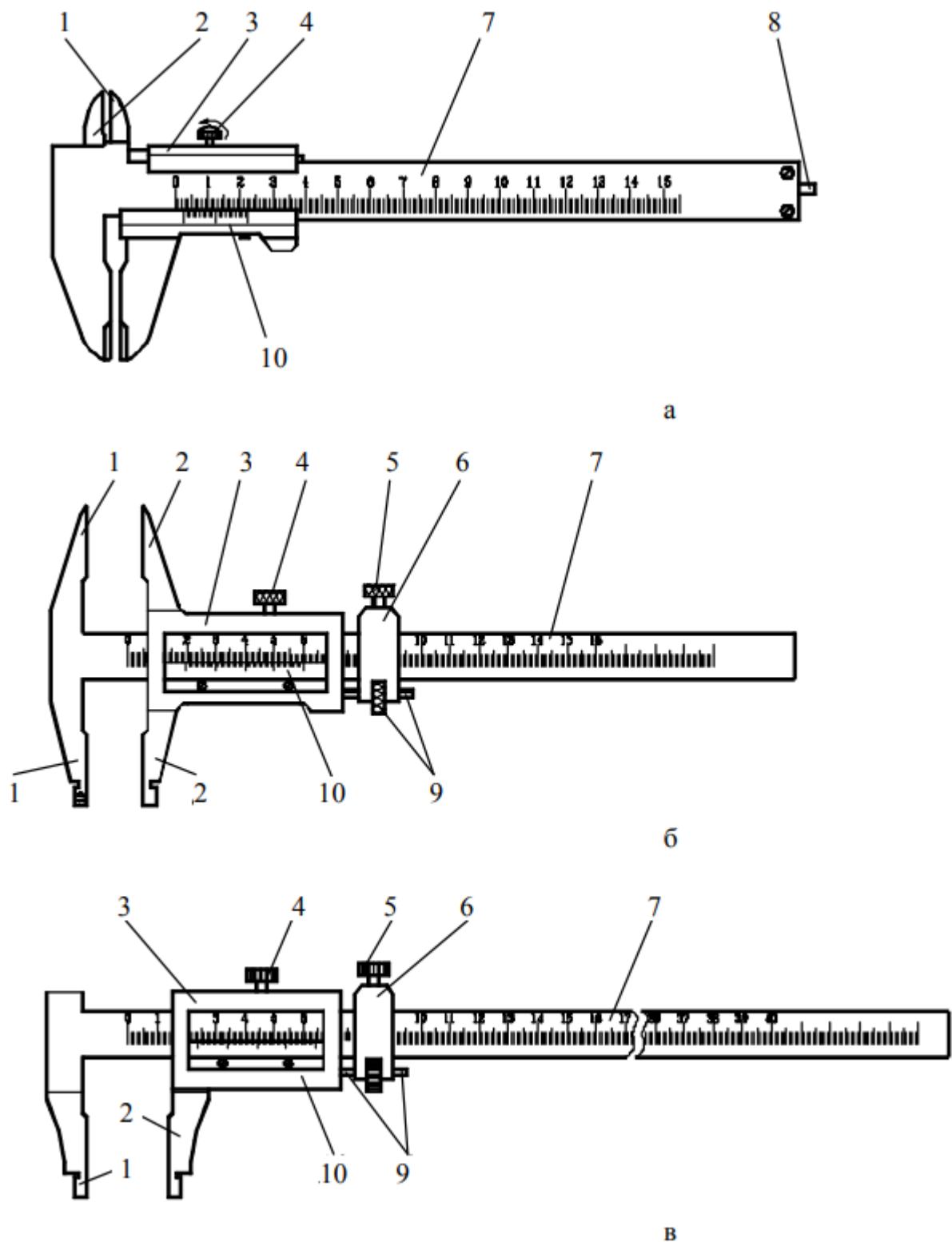


Рис. 1.1. Штангенциркулі:

*а – ШЦ I; б – ШЦ II; в – ШЦ III; 1 – нерухомі губки; 2 – рухливі губки; 3 – рамка; 4 – затискач рамки; 5 – затискач рамки мікрометричної подачі; 6 – рамка мікрометричної подачі; 7 – штанга; 8 – лінійка глибиноміру; 9 – гвинт та гайка мікрометричної подачі; 10 – ноніус*

Штангенциркуль ШЦ-II з двостороннім розташуванням губок (рис. 1.1, б) використовується для зовнішніх та внутрішніх вимірювань і проведення розміточних робіт. Складається з тих самих деталей що й ШЦ-II, але має допоміжну рамку мікроподачі 4 для точного переміщення рамки 1 по штанзі 5. для цього необхідно попередньо зафіксувати допоміжну рамку 4 стопорним гвинтом 3, а потім, обертаючи гайку 6 за мікрогвинтом 7, переміщувати вимірювальну рамку по штанзі.

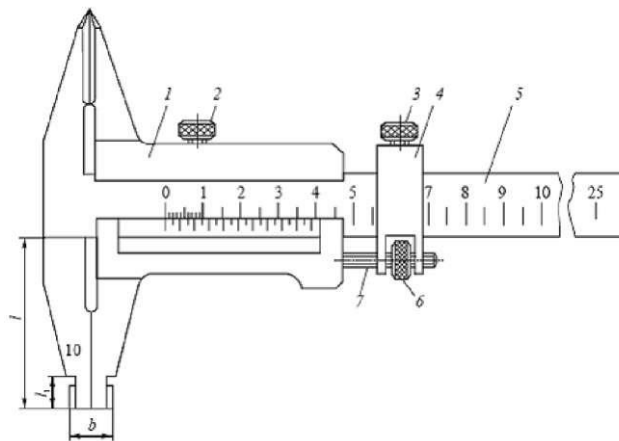


Рис. 1.2. Штангенциркуль ШЦ-II

Як правило таку подачу використовують для точного встановлення розміру при розмітці. Гострокінцеві губки штангенциркуля ШЦ-II використовують для розмітки або вимірювань зовнішніх розмірів у важкодоступних місцях. Нижні губки для вимірювання внутрішніх розмірів мають циліндричні робочі поверхні. Розмір губок у зведеному стані дорівнює 10 мм і визначає найменший внутрішній розмір, який може бути виміряний даним штангенциркулем. При внутрішніх вимірюваннях до відліку за шкалою необхідно додати розмір губок, вказаний на їх бічній стороні. Дані штангенциркулі мають ноніуси з ціною поділки 0,1 та 0,05 мм і границі вимірювання 0-160, 0-200, 0-250 мм.

Штангенциркуль ШЦ-III (рис. 1.3) не має верхніх гострокінцевих губок та пристрою для мікроподачі вимірювальної рамки. Він використовується для внутрішніх та зовнішніх вимірювань за допомогою таких самих, як і в ШЦ-II,

нижніх губок. Ціна поділки ноніусу 0,1 та 0,05 мм, границі вимірювання від 0 до 2000 мм.

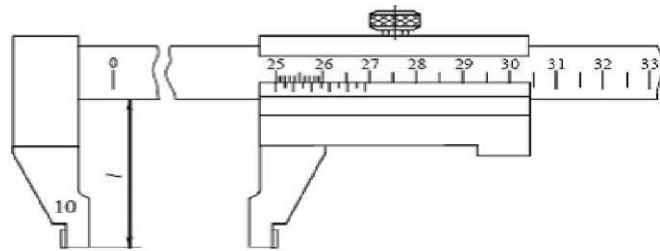


Рис. 1.3. Штангенциркуль ШЦ-III

Точність показань штангенциркуля залежить від правильності його встановлення на виробі (рис. 1.4).

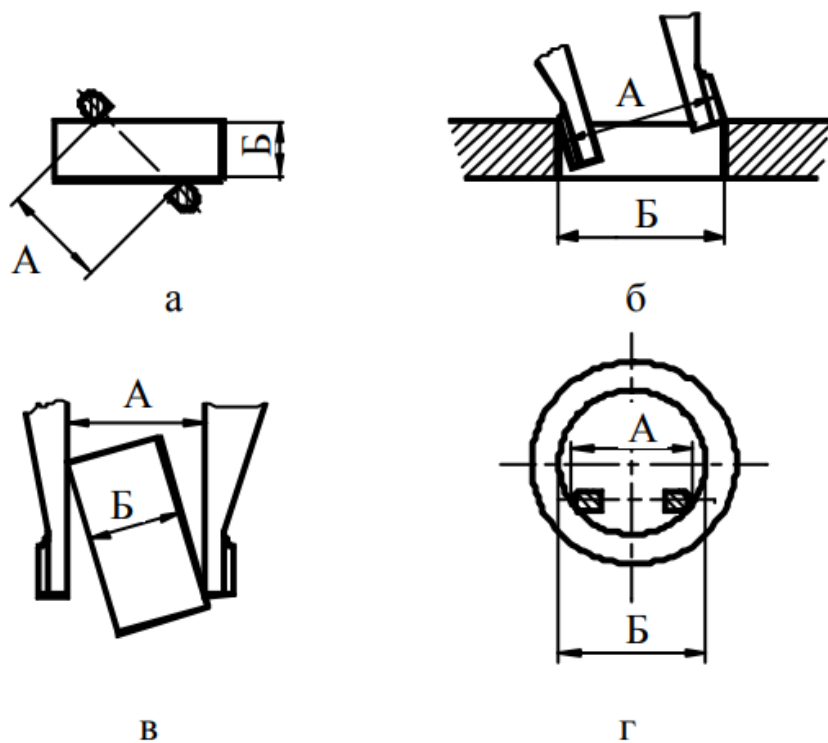


Рис. 1.4. Приклади неправильної установки штангенциркуля:

$$a, в - A > B; б, г - A < B$$

Штангенглибиномір (рис. 1.5) застосовується для прямого вимірювання глибини виїмок і висоти уступів. Підставкою штангенглибиноміра є рамка з основою 4. Крізь рамку проходить штанга зі шкалою 1 та вимірювальною поверхнею на торці. Ноніус 3 завдано на окремій пластині і закріплено в рамці 4. Мікрометричний механізм 2 на штангенглибиномірі такий самий, як і на штангенциркулі ШЦ-II.

Штангенрейсмас використовують для розмітки, але він може бути використаний і для вимірювання висоти деталей, встановлених на плиті (рис.1.6). Ціна поділки ноніуса 0,1 та 0,05 мм, границя вимірювання до 2500 мм. Штангенрейсмас складається з основи 3, призначеної для встановлення пристрою на плиті. Перпендикулярно основі розташовано штангу 1 з міліметровою шкалою, рухома рамка 2 з ноніусом 3 має держак 4 для встановлення вимірювальної ніжки 6 призначеної для вимірювання висоти або розміточної ніжки 7.

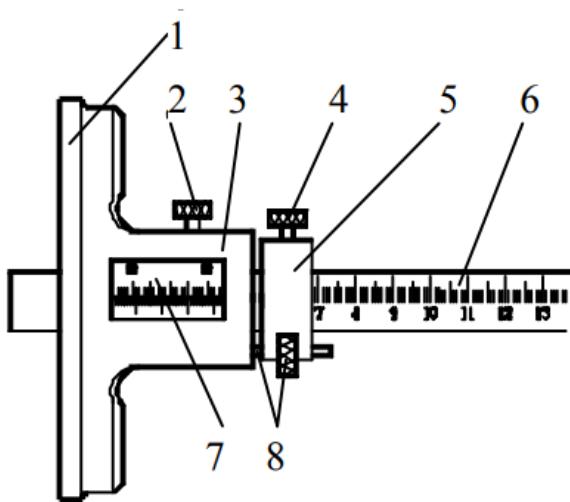


Рис. 1.5 Штангенглибиномір

1 – основа; 2 – затискач рамки; 3 – рамка; 4 – затискач рамки мікрометричної подачі; 5 – рамка мікрометричної подачі; 6 – штанга; 7 – гайка та гвинт мікрометричної подачі; 8 – ноніус

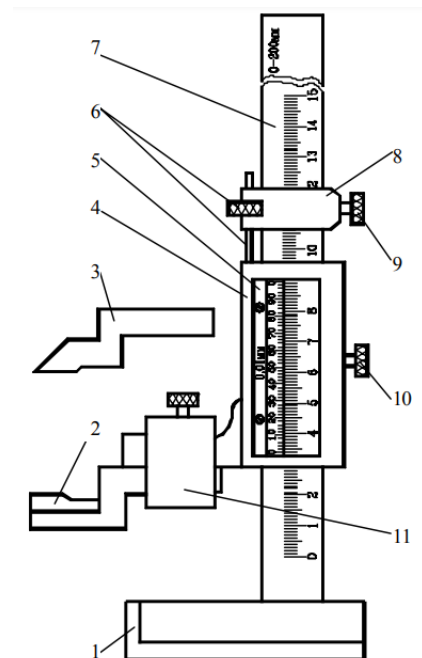


Рис. 1.6.Штангенрейсмас

1 – основа; 2 – вимірювальна ніжка; 3 – розмічувальна ніжка; 4 – рамка; 5 – ноніус; 6 – гвинт та гайка мікрометричної подачі; 7 – штанга; 8 – рамка мікрометричної подачі; 9 – затискач рамки мікрометричної подачі; 10 – затискач рамки; 11 – хомут

При розмітці вертикальних поверхонь штангенрейсмас з встановленими за шкалою та ноніусом розміром переміщується по плиті вздовж заготівки, яку



необхідно розмітити. Гостряк розміточної ніжки наносить на поверхню заготовки горизонтальну лінію.

### **Зняття відліку показів штангенциркуля зі шкали штанги та ноніуса**

Конструкція відлікового пристрою складається зі штанги (вимірювальної лінійки) та нанесеної на неї основної шкали з міліметровими поділками, позначені короткими штрихами (рис.1.7). Кожна п'ята поділка шкали штанги позначена довшим штрихом, а кожна десята – з найдовшим штрихом з відповідним числом сантиметрів.

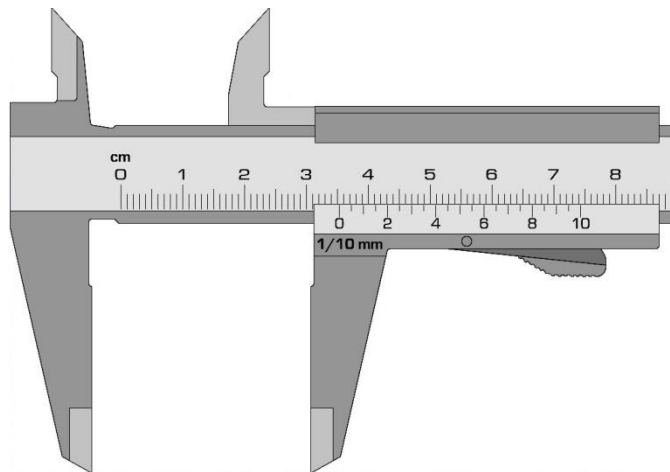


Рис.1.7. Приклад зняття відліку

По штанзі вільно переміщується вимірювальна рамка, на скосі якої (навпроти міліметрової шкали штанги) нанесена додаткова шкала, яка називається ноніусом (рис.1.8). Ноніус використовують для відліку дробових часток міліметра. Відлік вимірювань ноніуса заснований на різниці інтервалів поділок основної шкали і додаткової шкали ноніуса. Ноніус має невелику кількість поділок  $n$  (10, 20 або 50 поділок-штрихів). Нульовий штрих ноніуса виконує роль стрілки і дозволяє відраховувати розмір в міліметрах на основній шкалі.

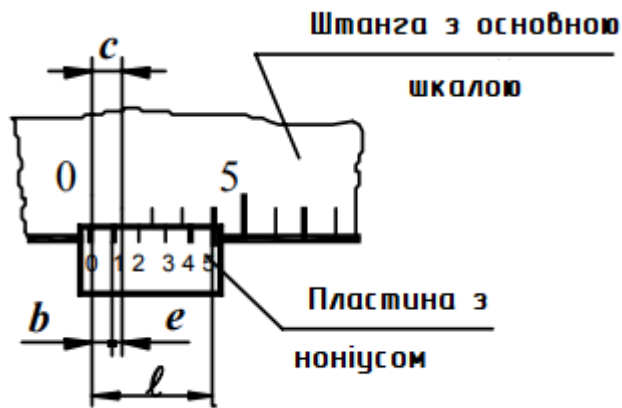


Рис. 1.8 Ноніусний відліковий пристрій

Ціна поділки ноніуса дорівнює ціні поділки основної шкали  $a = 1$  мм, поділеній на число поділок шкали ноніуса  $n$ :

$$c = a / n.$$

Використовують ноніуси (рис 1.6) з ціною поділки 0,1; 0,05 та інколи 0,02 мм. Інтервал ділення шкали ноніуса  $b$  залежить від прийнятого значення модуля  $\gamma$ , який обирається з ряду 1; 2; 3; 4 тощо. Але зі збільшенням модуля збільшується довжина додаткової шкали ноніуса, а також габаритні розміри всього відлікового пристрою.

Інтервал ділення шкали ноніуса  $b$  визначають за формулою:

$$b = \gamma \cdot a - c,$$

де  $\gamma$  – модуль ноніуса, який характеризує розтягнутість шкали ноніуса або співвідношення між значеннями інтервалів основної шкали та ноніуса.

Довжина шкали ноніуса:

$$l = n \cdot b = (\gamma \cdot n - 1) \cdot a.$$

Для зручності відліку дробових частин міліметра найчастіше випускають штангенінструменти з модулем шкали ноніуса – 2.

### Визначення розміру деталі

Якщо нульовий штрих додаткової шкали ноніуса співпадає з яким-небудь штрихом основної шкали, то значення вимірювальної величини знімають тільки за основною шкалою в мм.

Якщо нульовий штрих не співпадає ні з одним штрихом основної шкали, тоді відлік складається з двох частин. Ціле число в міліметрах беруть за

основною шкалою зліва від нульового штриха ноніуса та додають до нього долі міліметра, отримані множенням ціни поділки ноніуса на порядковий номер штриха, шкали ноніуса, що співпав зі штрихом основної шкали.

*Приклад.* На рис. 1.9. показаний приклад зняття відліку деталі. Спочатку знімаємо число цілих міліметрів: для цього на шкалі штанги знаходимо штрих, найближчий зліва до нульового штриха ноніуса – 35 мм. Далі знімаємо долі міліметра: на шкалі ноніуса знаходимо штрих, який збігається зі штрихом шкали штанги, множимо його порядковий номер на ціну поділки  $1/10 \text{ мм} = 0,1 \text{ мм}$  –  $3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ мм}$ . Повна величина обчислюється як сума знятих показів:  $35 + 0,3 = 35,3 \text{ мм}$ .

Приклад вимірювання за допомогою штангенциркулю показано на рис. 1.6. Відлік здійснюється при затиснутій вимірювальній рамці 6 на штанзі 3 за допомогою гвинта 2.

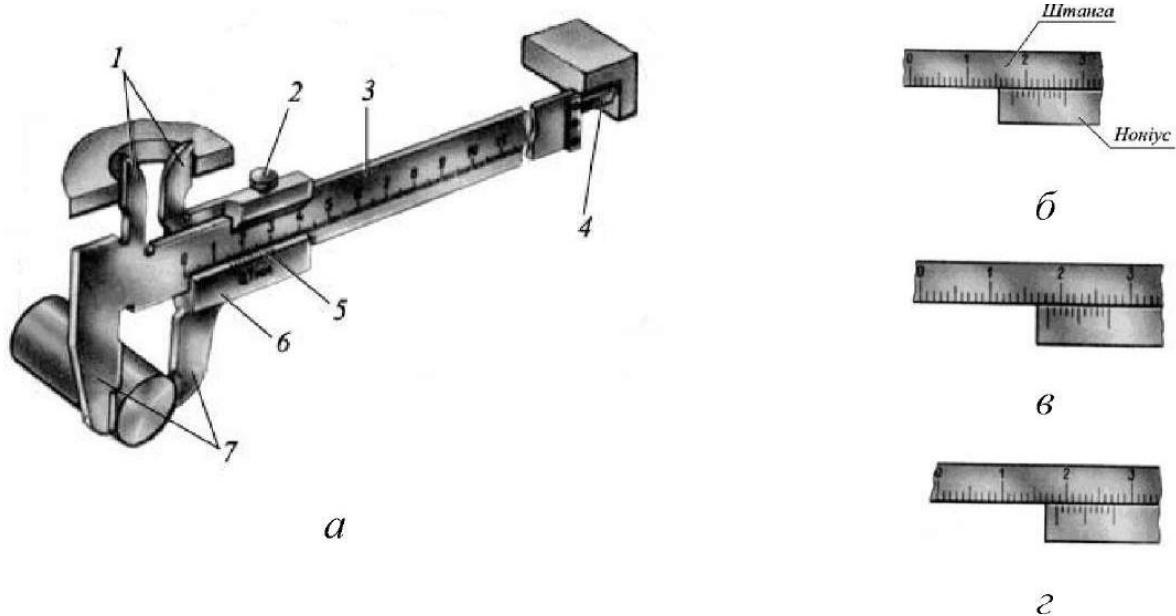


Рис. 1.9. Приклад вимірювання деталей за допомогою штангенциркулю: а — вимірювання елементів деталей штангенциркулем ШЦ-1; б — розмір вимірювальної величини 18 мм; в — розмір вимірювальної величини 18,2 мм; г — розмір вимірювальної величини 18,4 мм; 1 — губки для внутрішніх вимірювань; 2 — затиск; 3 — штанга; 4 — лінійка глибиноміра; 5 — шкала-ноніус; 6 — рамка; 7 — губки для зовнішніх вимірювань

## Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися із інструкцією з техніки безпеки при проведенні лабораторних робіт.
2. Отримати у викладача деталь. Накреслити ескіз деталі.
3. За допомогою штангенциркуля зняти усі розміри деталі, позначити їх на ескізі.
4. Вибрати один із розмірів деталі, наприклад, довжину. Провести не менше 20 вимірів цього розміру. Результат записати в таблицю 1.1. Провести метрологічну обробку результату вимірювання за наведеним нижче алгоритмом.
5. Обчислити середнє значення довжини

$$\bar{l} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_i, n = 20$$

і характеристики точності вимірювання:

- середнє квадратичне відхилення

$$\sigma_l = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta l_i^2};$$

- середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного

$$\sigma_{\bar{l}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma_l;$$

- довірчий інтервал, всередині якого з довірчою імовірністю  $\beta = 0.8$ , знаходиться дійсне значення величини  $l$

$$\bar{l} - \varepsilon_{\beta} < l < \bar{l} + \varepsilon_{\beta},$$

де абсолютна похибка або напівширина довірчого інтервалу

$$\varepsilon_{\beta} = t_{\beta} \cdot \sigma_{\bar{l}}.$$

Відносна напівширина довірчого інтервалу з таблиці розподілу Стьюдента становить  $t_{\beta} = 1,533$  для  $n - 1 = 19$ ,  $\beta = 0.8$ .

**Таблиця 1.1.**

i	$l_i$	$\Delta l_i = l_i - \bar{l}$	$\Delta l_i^2 = (l_i - \bar{l})^2$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
$\Sigma$	$\Sigma l_i =$	$\Sigma \Delta l_i =$	$\Sigma \Delta l_i^2 =$

**Рекомендація.** Для автоматизації обробки результатів вимірювання пропонується скористатися відомими Вам програмами, наприклад, MS Excell, MatLab, MathCad, що пришвидшить проведення цих і подальших розрахунків.

## **Зміст звіту**

Звіт повинен містити наступні пункти:

- мета і завдання роботи;
- таблиця 1.1., розрахункові формули і результати розрахунку похибок;
- креслення деталі.

## **Контрольні запитання**

1. Назвіть типи штангенінструменту.
2. Моделі штангенциркулів, їх конструктивні особливості і призначення.
3. Назвіть основні характеристики штангенциркулів.
3. Як відраховуються при вимірах цілі і дробові частки міліметрів?

Пристрій ноніуса.

4. Для яких цілей маркується товщина губок у деяких моделях штангенциркулів?
5. Для чого служить штангенглибиномір?
6. Для чого служить штангенрейсмус?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

### КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОМЕТРИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

**Мета роботи:** оволодіти практичними навичками роботи з мікрометричним інструментом

**Завдання:** вивчити пристрій, принцип вимірювання та метрологічні характеристики мікрометричних інструментів.

**Перелік інструментів та приладдя:** лінійка, мікрометр, об'єкт вимірювання.

#### Загальні положення

Мікрометричні інструменти є широко розповсюдженими засобами вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів, глибин пазів та отворів. Принцип дії заснований на використанні пари гвинт-гайка. Точний мікрометричний обертається у нерухомій мікрогайці.

Випускають наступні типи мікрометрів:

МК – гладкі для вимірювання зовнішніх розмірів;

МЛ – листовий з циферблатом для вимірювання товщини листів та стрічок;

МТ – трубні для вимірювання товщини стінок труб;

МЗ – зубомірні для вимірювання довжини загальної нормалі зубчастих коліс;

МВМ, МВТ, МВП – мікрометри зі вставками для вимірювання різних різьб та деталей з м'яких матеріалів;

МР, МРІ – мікрометри важільні;

МВ, МГ, МН, МН2 – мікрометри настільні.

Крім того випускають мікрометричні нутроміри та мікрометричні глибиноміри.

Всі мікрометри мають ціну поділки 0,01 мм, окрім мікрометрів важільних, які мають ціну поділки 0,002 мм. Діапазон вимірювання гладких мікрометрів залежить від розмірів скоби та складає: 0-25, 25- 50, ..., 275-300, 300-400, 400-500, 500-600 мм.

На рис. 2.1 показано конструкцію та схеми гладкого мікрометра. Основою мікрометра є скоба 1, а перетворювальним пристроєм служить

гвинтова пара, що складається з мікрометричного гвинта 3 та мікрометричної гайки, закріпленої всередині стебла 5, які часто називають мікропарою. У скобу 1 запресовані п'ятка 2 і стебло 5. Вимірювана деталь охоплюється вимірювальними поверхнями мікрогвинта 3 і п'ятки 2. Барабан 6 приєднаний до мікрогвинта 3 корпусом тріскачки 7. Для наближення мікрогвинта 3 до п'ятки 2 його обертають за барабан або за тріскачку 8 за годинниковою стрілкою (від себе), а для видалення мікрогвинта від п'ятки його обертають проти годинникової стрілки (на себе). Закріплюють мікрогвинт у потрібному положенні стопором 4.

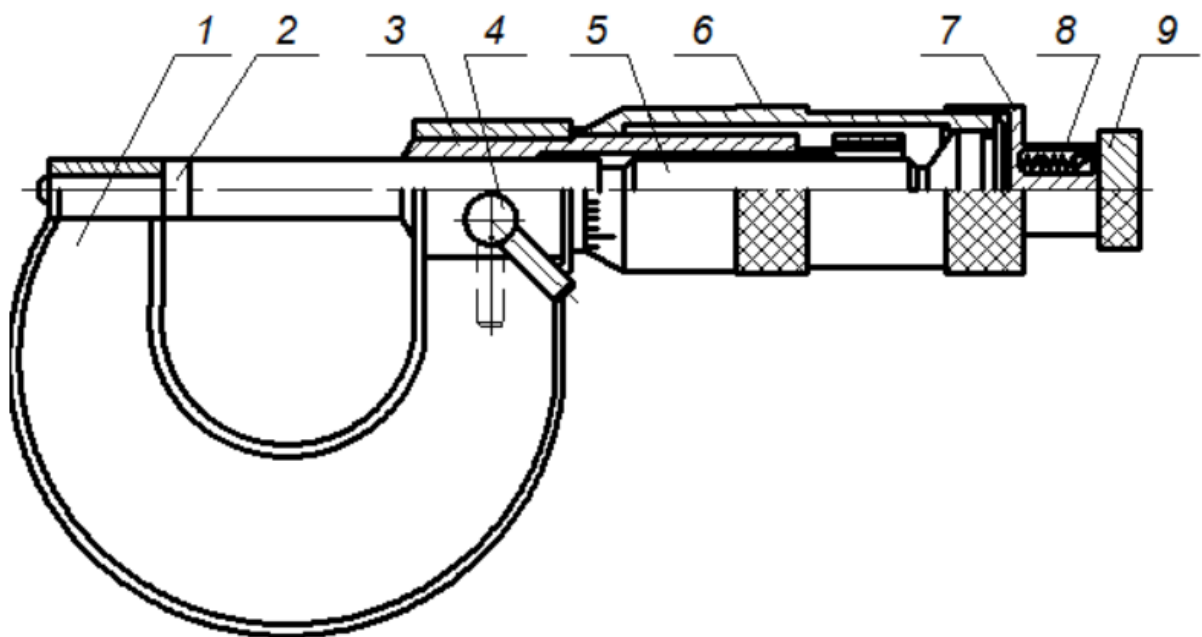


Рис. 2.1. Мікрометр гладкий:

1 — скоба; 2 — п'ятка; 3 — стебло; 4 — стопор; 5 — мікрометричний гвинт; 6 — барабан; 7 — ковпачок; 8 — мікрометричний гвинт; 9 — тріскачка

При щільному зіткненні вимірювальних поверхонь мікрометра з поверхнею вимірюваної деталі тріскачка прокручується з легким тріском, при цьому обмежується вимірювальне зусилля мікрометра. Результат вимірювання розміру мікрометром відраховується як сума відліків за шкалою стебла 5 і барабана 6. Слід пам'ятати, що ціна поділки шкали стебла становить



0,5 мм, а шкали барабана — 0,01 мм. Крок різьби мікропарі (мікрогвинт і мікрогайка)  $P = 0,5$  мм.

Кількість поділок барабана — 50. Якщо зрушити барабан на одну поділку його шкали, то торець мікрогвинта переміститься відносно п'ятки на 0,01 мм, оскільки  $0,5 \text{ мм} : 50 = 0,01 \text{ мм}$ .

*Приклад.* Показання за шкалами гладкого мікрометра відлічують у такому порядку: спочатку за шкалою стебла 5 читають значення штриха, найближчого до торця скоса барабана  $b$  по верхній шкалі (на рис. 2.2 — це число 16,00 мм), потім по нижній шкалі (це число 0,50 мм). Далі за шкалою барабана читають значення штриха, найближчого до поздовжнього штриха стебла (на рис. 2.2 — це число 0,47 мм). Додавши усі три значення, отримують показання мікрометра (на рис. 2.2 — це значення 16,97 мм).

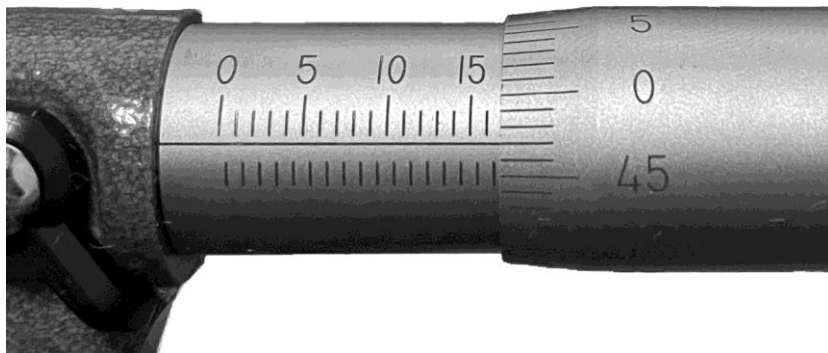


Рис. 2.2. Відлік показань за шкалами гладкого мікрометра

Мікрометричні нутроміри (рис.2.3) використовують для вимірювання діаметрів отворів, ширини пазів тощо. Вони складаються власне з мікрометричної головки і набору подовжувачів, які дозволяють розширити діапазон вимірювання.

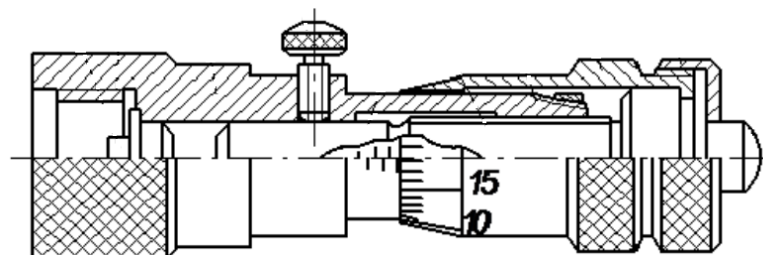


Рис. 2.3. Мікрометричний нутромір

Мікрометричні глибиноміри (рис. 2.4) призначені для виміру глибини пазів, канавок, висоти уступів тощо. При вимірюванні глибиномір встановлюють підставою 2 на деталь, що перевіряється, і доводять вимірювальний наконечник 3 до контакту з поверхнею западини, обертаючи мікрогвинт за тріскачку 1.

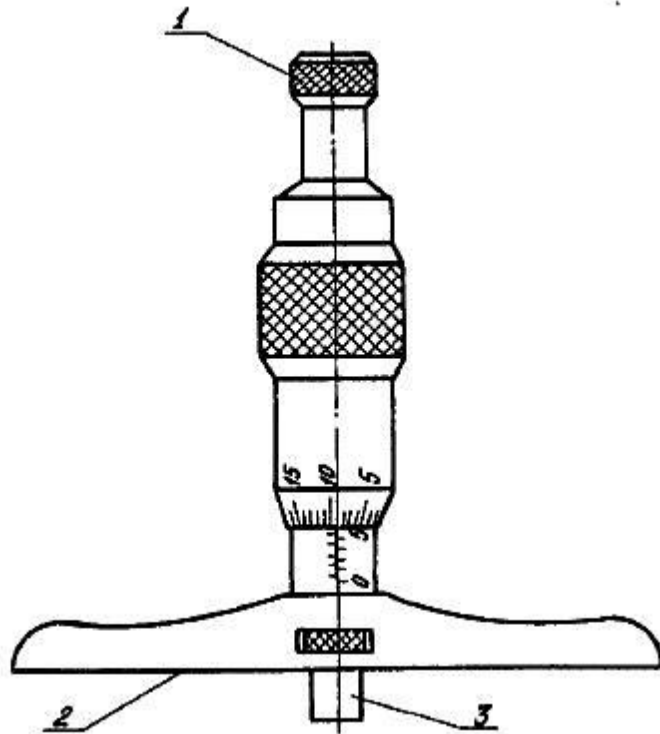


Рис. 2.4. Мікрометричний глибиномір

### Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з інструкцією по техніці безпеки при проведенні лабораторних робіт.
1. Отримати у викладача деталь. Накреслити її ескіз.
3. За допомогою лінійки та мікрометра виміряти розміри деталі та нанести їх на ескіз.
5. Дати висновок про придатність деталі по кожному розміру.
6. Вибрати один із розмірів деталі, наприклад, ширину. Провести не менше 20-ти вимірів цього розміру. Результати записати в таблицю 2.1. Провести метрологічну обробку результату вимірювання за наведеним нижче алгоритмом.

Таблиця 2.1.

i	$d_i$	$\Delta d_i = d_i - \bar{d}$	$\Delta d_i^2 = (d_i - \bar{d})^2$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
$\Sigma$	$\Sigma d_i =$	$\Sigma \Delta d_i =$	$\Sigma \Delta d_i^2 =$

6. Обчислити середнє значення довжини

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i, n = 20$$

і характеристики точності вимірювання:

- середнє квадратичне відхилення

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta d_i^2};$$

- середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного

$$\sigma_{\bar{d}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma_d;$$

- довірчий інтервал, всередині якого з довірчою імовірністю  $\beta = 0.8$ , знаходиться дійсне значення величини  $d$

$$\bar{d} - \varepsilon_{\beta} < d < \bar{d} + \varepsilon_{\beta},$$

де абсолютна похибка або напівширина довірчого інтервалу

$$\varepsilon_{\beta} = t_{\beta} \cdot \sigma_{\bar{d}}.$$

7. Відносна напівширина довірчого інтервалу з таблиці розподілу Стьюдента становить  $t_{\beta} = 1,533$  для  $n - 1 = 19$ ,  $\beta = 0.8$ .

### Зміст звіту

Звіт повинен містити наступні пункти:

- мета і завдання роботи;
- таблиця 2.1., розрахункові формули і результати розрахунку похибок;
- креслення деталі, оформлене за ДСТУ.

### Контрольні запитання

1. Назвіть типи мікрометрів.
2. Для чого мікрометричні інструменти мають тріскачковий пристрій?
3. Назвіть основні метрологічні характеристики мікрометра.
4. Для чого служить мікрометричний глибиномір?
5. Для чого служить мікрометричний нутромір?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 ПОВІРКА МІКРОМЕТРУ

**Мета роботи:** отримати практичні навички з повірки мікрометрів.

**Завдання:** здійснити повірку мікрометру та надати висновок про його придатність.

**Перелік інструментів та приладдя:** мікрометри МК гладкі, кл. 1, стійка для мікрометру типу 15 СТМ, набір плоскопаралельних мір довжини.

### Загальні положення

Повірка – це сукупність дій, які виконуються для визначення або оцінювання похибки засобів вимірювання та встановлення їх придатності до використання.

### Методика повірки мікрометру

#### 1. Операції повірки

При проведенні повірки мікрометру повинні бути виконанні наступні операції:

- зовнішній огляд;
- визначення (контроль) метрологічних характеристик (визначення похибки кроку та профілю мікрогвинта, визначення відхилень від паралельності та площинності вимірювальних поверхонь, похибки розташування штрихів шкали, похибки деформації скоби тощо).

Мікрометри, які знаходяться в експлуатації, повіряють за похибками показань та відхиленням від паралельності вимірюваних площин.

#### 2. Умови повірки та підготовка до неї

На правильність повірки мікрометрів впливає температурний режим, при якому відбувається повірка. Допустимі відхилення температури від 20° С при повірці мікрометру наведені в таблиці 3.1.

#### 3. Проведення повірки

*Зовнішній огляд.* При проведенні зовнішнього огляду повинна бути встановлена відповідність мікрометру в частині форми вимірювальних поверхонь та установчої міри, якості поверхонь, нанесення штрихів шкал,

комплектності. Вимірювальні поверхні мікрометру, за необхідності, очищують від змазки.

**Таблиця 3.1.**

Допустимі відхилення температури від 20°C, °C

Границі вимірювання мікрометру, мм	До 150	Вище 150 до 500	Вище 500 до 600
При повірці мікрометру	4	3	2
При повірці установочних мір	3	2	1

*Опробування.* При опробуванні перевіряють плавність переміщення барабану мікрометру вздовж стержню, відсутність обертання мікрометричного гвинта, який закріплений стопорним пристроєм, що забезпечує зусилля вимірювання (при цьому показання мікрометру на повинні змінюватись), незмінність положення п'ятки.

Визначення метрологічних характеристик:

- визначення похибки показань. Для цього призначаються розміри, за якими буде проведена повірка мікрометру. Число точок, що повіряються, повинно бути не менш ніж шість, та вони повинні бути рівномірно розташовані на шкалі. Наприклад, якщо мікрометр має діапазон вимірювання від 0 до 25 мм, то в якості точок, що повіряють, можна обрати 0, 5, 10, 15, 20 та 25 мм.

Показання мікрометру повіряють по кожному розміру, який контролюється. Відповідні розміри встановлюють за допомогою плоскопаралельних мір довжини (плиток) (рис.3.1).

*Приклад.* Для повірки мікрометра в точці 20 мм, треба взяти набір, кратний наявним у наборі плиткам:  $10 + 6 + 4 = 20$  (мм), як показано на рис.3.2., потім зняти відлік  $20 + 0,01 \times 1 = 20,01$  мм. Як видно із рисунку Для отримання більш достовірних результатів кожне вимірювання повторюють 10 разів. Дані експерименту заносять в таблицю 3.2.

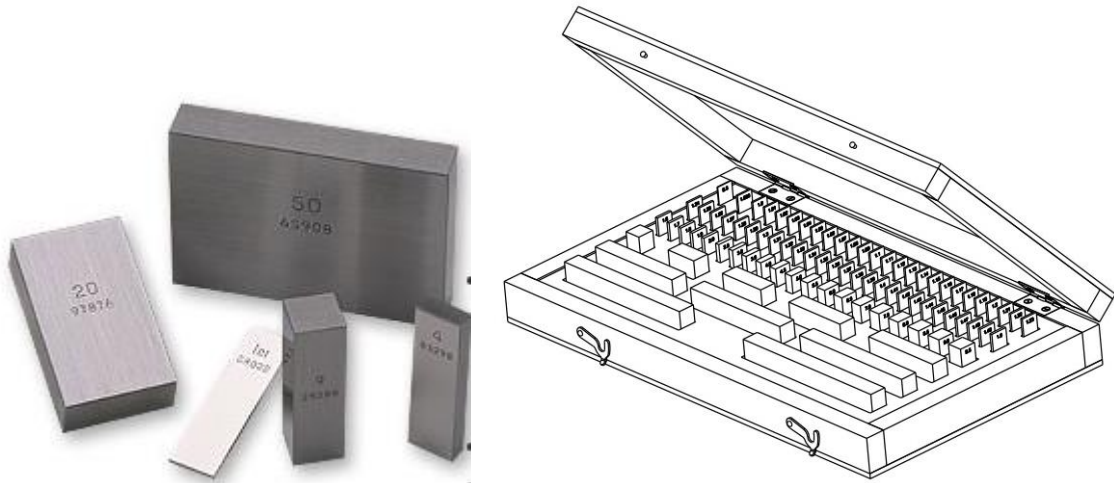


Рис.3.1. Плоскопаралельні міри довжини



Рис.3.2. Приклад повірки мікрометра в точці 20 мм

- визначення відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь мікрометра. Відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь мікрометра вимірюються в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Різниця розмірів в двох протилежних точках буде характеризувати непаралельність робочих поверхонь. Для вимірювання складається блок кінцевих мір (плиток), який приблизно дорівнює середньоарифметичному розміру між найбільшим та найменшим розмірами, які вимірюються мікрометром. Так, для мікрометра з межами вимірювання 0-25 мм рекомендовано обирати розмір 12-13 мм. При складанні блоку кінцевих мір, поверхні вимірювання повинні бути очищені та притерті одна до одної.

**Таблиця 3.2.**

**Результати вимірювання випадкових похибок показань мікрометра**

Точки шкали, які повіряють	Відлік за шкалою мікрометра					Середнє арифметичне значення результату вимірювання $\bar{x}$	Середньо-квадратичне відхилення $\sigma$	Абсолютна похибка мікрометра $\Delta x$	Межі довірчого інтервалу $X_{1,2}$
	1 6	2 7	3 8	4 9	5 1 0				
0									
5									
10									
15									
20									
25									

Вимірювання та відлік аналогічні методу визначення похибки мікрометра, тільки дотик поверхонь вимірювання мікрометра з блоком плиток обмежується сегментом, що приблизно дорівнює 0,25 діаметру мікрометра. Схема розташування блоку мір при повірці мікрометра з вимірювальною поверхнею мікрогвинта показана на рис. 3.3. Результати вимірювання та розрахунків заносять в таблицю 3.3.





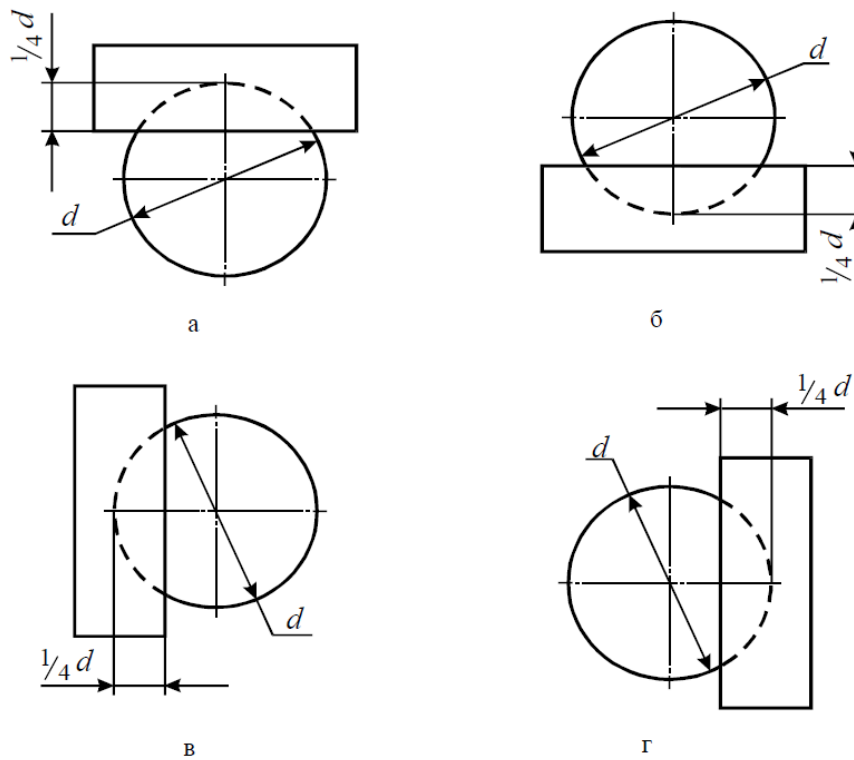


Рис.3.3. Дотик вимірювальної поверхні мікрогвинта з блоком мір при повірці мікрометра з кінцевою мірою при повірці мікрометра:

*а - зверху; б - знизу; в - попереду; г – позаду*

### Обробка результатів вимірювання

Використовуючи статистичні методи обробки результатів вимірювання для кожної точки дослідження шкали проводиться за наступним алгоритмом:

1. Визначити середньоарифметичне значення вимірювань

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, n = 10$$

де  $n$  - число вимірювань;  $x_i$  - значення кожного вимірювання;

2. Визначити середньоквадратичне відхилення

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2};$$

3. Обрати довірчу ймовірність результатів вимірювання:  $P=0,90$ ;  $P=0,95$ ;  $P=0,99$ . За таблицею 3.4, знайти коефіцієнт Стьюдента  $t_p(n)$  для обраної ймовірності  $P$  та числа вимірювань  $n$  ;

Таблиця 3.4

Значення коефіцієнта  $t_p(n)$  для обраної ймовірності  $P$   
4. та числа вимірювань  $n$

Число вимірювань	Довірча ймовірність		
	0,90	0,95	0,99
5	2,13	2,77	4,60
6	2,02	2,57	4,03
7	1,94	2,45	3,71
8	1,89	2,36	3,50
9	1,86	2,31	3,36
10	1,83	2,26	3,25
11	1,81	2,23	3,17
12	1,80	2,20	3,11
13	1,78	2,18	3,06
14	1,77	2,16	2,98
15	1,76	2,14	2,95

4. Визначити граничні значення абсолютних похибок вимірювання

$$\Delta x = \frac{t_p(n)}{\sqrt{n}} \sigma_x;$$

5. Визначення границь довірчого інтервалу

$$x_{1,2} = \bar{x} \pm \Delta x;$$

4. Висновок про придатність мікрометра.

Мікрометр є придатним для роботи, якщо жодне з відхилень не перевищує допустимих похибок, які в таблиці 3.5.

**Таблиця 3.5.****Допустимі похибки мікрометру**

Верхня границя вимірювання, мм	Допустима похибка мікрометру, мкм	Допустима непаралельність поверхонь вимірювання, мкм
5, 10, 25	±4	2
50	±4	2,5
75, 100	±4	3
125, 150	±5	4
175, 200	±5	4
225, 250, 300	±5	6

У випадку, якщо відхилення перевищує допустиме, але має один знак, мікрометр необхідно налаштувати, а висновок надавати вже з урахуванням переналагодження. Якщо налаштуванням досягти показань мікрометру в межах допустимих відхилень не можливо, мікрометр використовувати не можна.

Якщо відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь перевищують допустимі, а похибка показань мікрометру задовольняє вимогам або цим вимогам не може задовольняти після переналагодження, необхідно дати висновок, що необхідне виправлення (доведення) вимірювальних поверхонь.

Таким чином, при порівнянні результатів вимірювання з нормами допустимих відхилень, надають висновок про придатність мікрометру.

***Порядок виконання роботи***

1. Провести зовнішній огляд мікрометру
2. Провести опробування мікрометру.
3. Закріпити мікрометр, який підлягає повірці в стійці для мікрометру типу 15 СТМ.

4. Визначити метрологічні характеристики мікрометра, згідно наведеної методики. Результати вимірювань та обробки результатів вимірювань заносити у таблиці 3.1. та 3.2. відповідно.

5. Дати висновок про придатність мікрометра.

### **Зміст звіту**

Звіт повинен містити наступні пункти:

- мета і завдання роботи;
- перелік обладнання та інструментів;
- таблиці 3.1. та 3.2., розрахункові формули і результати розрахунку похибок;
- висновок про придатність мікрометра.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке повірка?
2. Перерахуйте етапи повірки мікрометра.
3. Які метрологічні характеристики мікрометра контролюють в процесі повірки?
4. Чи впливають на правильність зняття показників з мікрометра умови навколишнього середовища? Які умови вважаються нормальними?
5. Яку кількість точок Ви б обрали для повірки мікрометра з різними діапазонами вимірювань? Перерахуйте значення цих точок для відповідного діапазону:
  - а) діапазон вимірювань 0-25 мм;
  - б) діапазон вимірювань 25-50 мм;
  - в) діапазон вимірювань 50-75 мм;
  - г) діапазон вимірювань 75-100 мм.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ РІЗЬБИ

**Мета роботи:** оволодіти методикою вимірювання геометричних параметрів метричної різьби та провести оцінку її придатності

**Завдання:** вивчити принципи вимірювання різьби за допомогою різьбоміра та калібрів, а також провести оцінку придатності вимірюваної різьби.

**Перелік інструментів та приладдя:** штангенциркуль; набір різьбових шаблонів М60; набір об'єктів вимірювання із зовнішньою різьбою.

### Загальні положення

**Різьба** – загальна назва гвинтових або спіральних поверхонь різного профілю (трикутного, прямокутного, трапецеїдального тощо), які утворюються на поверхнях тіл оберту, обертанням плоского контуру по гвинтовій лінії навколо тіла оберту. Різьби широко використовуються у виробках, як засіб з'єднання або переміщення з визначеними кінематичними та динамічними цілями.

Всі різьби можна поділити наступним чином

- 1) **за формою** – циліндричні, у яких вершини профілю лежать на циліндричній поверхні, і конічні, у яких вершини профілю лежать на конічній поверхні;
- 2) **по розташуванню** – зовнішня різьба, розташована на зовнішній поверхні деталі (гвинт, труба тощо) і внутрішня – розташована на внутрішній поверхні деталі (гайка, муфта);
- 3) **за формою профілю** – трикутна, трапецеїдальна, упорна, кругла (рис.4.1);
- 4) **за кількістю заходів** – однозахідна і багатозахідна;
- 5) **за напрямом нарізки** – права і ліва (позначається як LH);
- 6) **по розмірності** – метрична і дюймова;
- 7) **за призначенням** – загального та спеціального призначення.

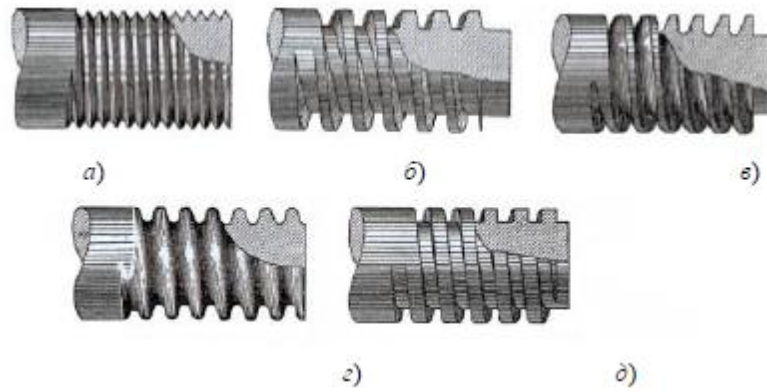


Рис. 4.1. Види різьби:

*а) трикутна, б) трапецеїдальна, в) упорна, г) – кругла, е) прямокутна*

В залежності від закону утворення гвинтової лінії різьба може бути з постійним кроком або зі змінним.

В залежності від системи мір, яку використовують для вимірювання геометричних параметрів різьби, вони можуть бути дюймові та метричні.

### Геометричні параметри різьби

*Кут профілю  $\alpha$*  – кут між боковими сторонами профілю

*Крок різьби  $P$*  – відстань між сусідніми однойменними боковими сторонами профілю в напрямку, паралельному осі різьби.

*Хід різьби  $P_n$*  – відстань між ближніми однойменними боковими сторонами профілю, які належать одній і тій же гвинтовій поверхні, в напрямку, паралельному осі різьби. Хід різьби – величина відносного осьового переміщення гвинта (гайки) за один оберт. У однозаходовій різьби хід дорівнює кроку, в багатозаходовій – добутку  $P$  на число заходів  $n$ .

*Зовнішній діаметр різьби ( $d$  – для болта,  $D$  – для гайки)* – діаметр уявного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої різьби або западин внутрішньої різьби.

*Внутрішній діаметр ( $d_1$  – для болта,  $D_1$  – для гайки)* – діаметр уявного циліндра, вписаного у западини зовнішньої або у вершини внутрішньої різьби.

*Середній діаметр різьби ( $d_2$  – для болта,  $D_2$  – для гайки)* – діаметр уявного одноосного з різьбою циліндра, який перетинає витки різьби таким чином, що ширина виступу різьби і ширина западини (канавки) рівні.

Висота початкового профілю  $H$  – величина, яку отримують при положенні бічних сторін гострокутного профілю до перетину.

Висота профілю ( $H_1 = (5/8) \cdot H = (d - d_1)/2$ ) – величина, яка являє собою відстань між виступом і западиною профілю в напрямку, перпендикулярному осі різьби.

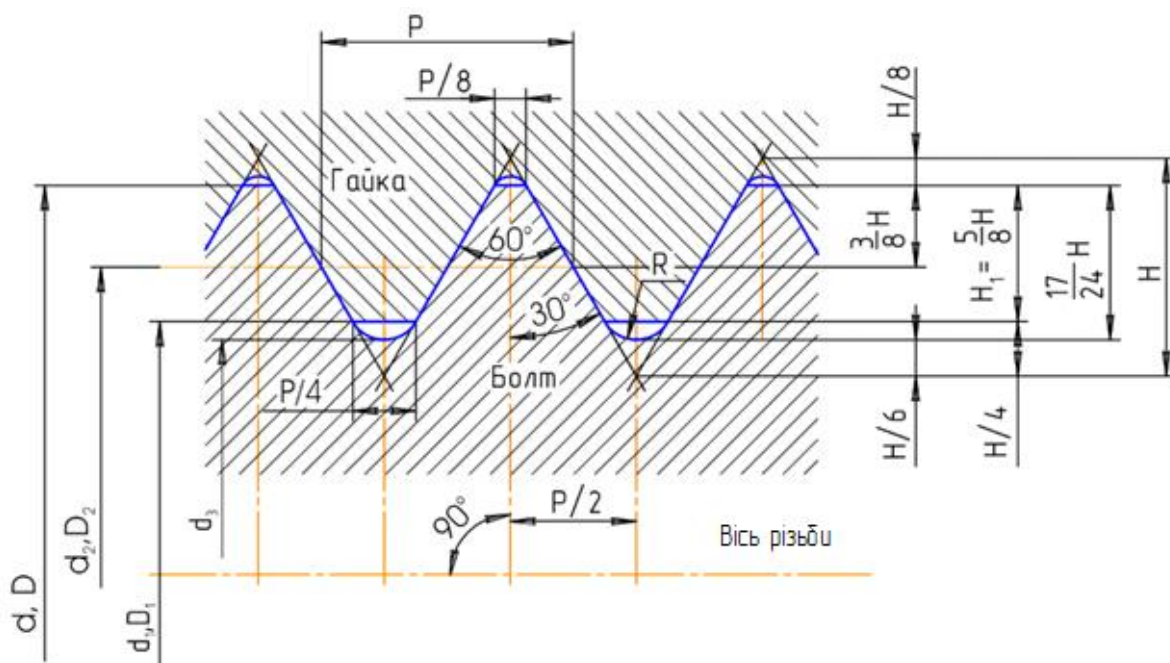


Рис. 4.2. Основні параметри метричної різьби

### Допуски різьби

Положення поля допуску різьби щодо номінального профілю визначається основним відхиленням – верхнім  $es$  для зовнішньої різьби (гвинтів) і нижніх  $EI$  для внутрішньої різьби (гайок). Схеми полів допусків зовнішньої і внутрішньої різьби наведені на рис. 4.3

До різьбових з'єднань застосовують загальні терміни (посадка, зазор і натяг), встановлені для гладких з'єднань. Для посадок із зазором метричних різьб основні відхилення для  $d, d_2, D_1, D_2$  однакові. Вони відраховуються від номінального профілю в напрямку, перпендикулярному осі різьби. Ступені точності різьби (3-10) подібні квалітетам гладких з'єднань. Ступені точності метричних різьб і основні відхилення для посадок з зазором метричних різьб наведені в табл. 4.1.



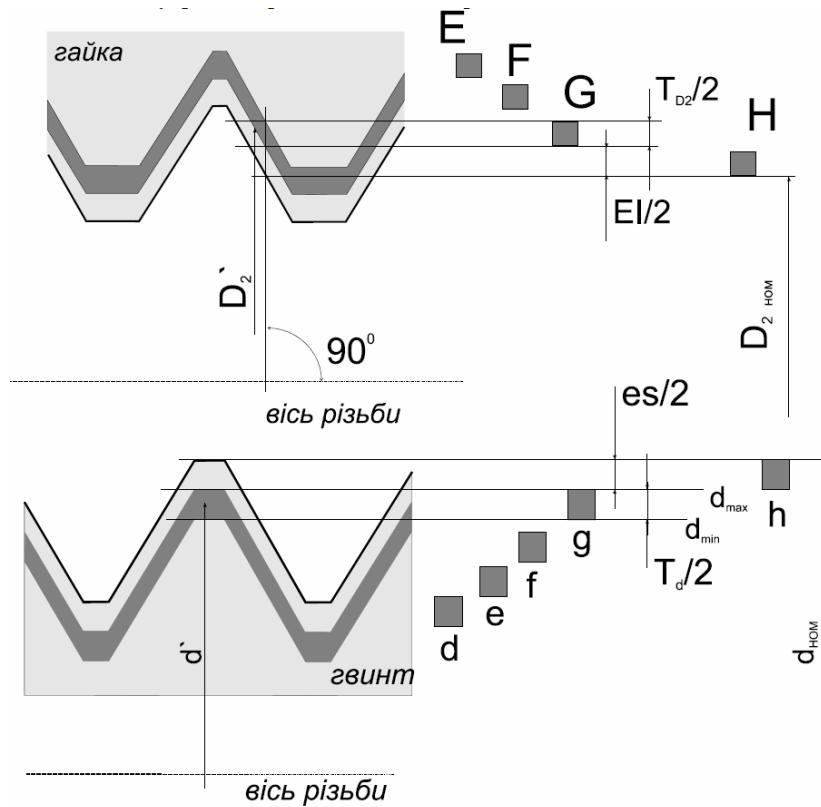


Рис. 4.3 Поля допусків метричної різьби: а – зовнішньої по зовнішньому діаметру; б – внутрішньої по середньому діаметру

Поля допусків в стандартах групують за класами точності – точний, середній, грубий:

- точний застосовують для статично навантажених з'єднань;
- середній – для різьби загального застосування;
- грубий – для нарізання різьби на гарячекатаних заготовках і в довгих глухих отворах.

Поділ за класами точності здійснюють в залежності від ступеня точності різьби і довжини згвинчування. Встановлено три групи довжин згвинчування: *S* – короткі, *N* – нормальні, *L* – довгі.

**Таблиця 4.1.**

Допуски діаметрів метричної різьби (зовнішня та внутрішня різьба)

Різьба	Діаметр різьби	Ступінь точності	Основні відхилення
Зовнішня	d	4,6,8	d, e, f, g, h
	d <sub>2</sub>	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	d, e, f, g, h
Внутрішня	D <sub>2</sub>	4, 5, 6, 7, 8, 9	E, F, G, H
	D <sub>1</sub>	4, 5, 6, 7, 8	E, F, G, H

**Приклади полів допусків позначення метричних різьб**

7h6h – 7h поле допуску зовнішнього діаметра; 6h поле допуску середнього діаметра; 7h – поля допусків зовнішнього та середнього діаметра болта однакові.

*Повне позначення різьби*

M12-6h – різьба метрична з великим кроком;

M12x1-6h – різьба метрична з дрібним кроком;

M12x1-LH-6h – різьба метрична ліва зовнішня з дрібним кроком;

M12-7h6h-30 – довжина згвинчування 30мм;

M12-6H/6g – різьбове з'єднання, посадка з зазором;

M12-2H5C(2)/3p(2) – різьбове з'єднання, посадка з натягом.

**Контроль різьби граничними калібрами та різьбовими шаблонами**

Калібри – це прилади без шкали, що дозволяють визначити – придатна деталь чи ні (це пробки, скоби, різноманітні щупи та ін.). Система калібрів і допусків для них розроблена для різьби 4...8 ступенів точності діаметром від 1 до 600 мм. В комплект для контролю циліндричних різьб входять робочі прохідні (ПР) і непрохідні (НЕ) різьбові калібри. В масовому виробництві для контролю різьбових деталей застосовують різьбові граничні калібри: пробки – для контролю внутрішніх різьб (гайок), кільця – для контролю зовнішніх різьб. За допомогою калібрів контролюють одночасно всі параметри різьбових

деталей:  $d$  ( $D$ ) зовнішній,  $d_1$  ( $D_1$ ) внутрішній та  $d_2$  ( $D_2$ ) середній діаметри. Загальний вид калібрів для контролю різьбових деталей представлений на рисунку 4.4.

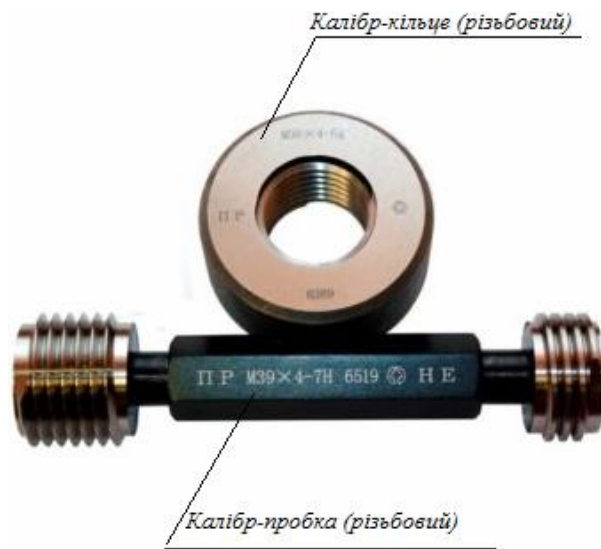


Рис. 4.4. Види калібрів для контролю різьби

Для визначення номінального кроку метричної різьби або кількості ниток на дюйм трубної різьби використовують різьбові шаблони (різьбоміри). Вимірювання проводиться шляхом підбору пластини, зубці якої заходять у западини різьби контрольованої деталі (рис.4.5). На корпусі метричного різьбоміра вибито клеймо  $M60^0$ . Кожна пластинка має клеймо кроку різьби в мм (наприклад: 1,5; 1,75; 2,0). На корпусі дюймового різьбоміра (його застосовують для вимірювання дюймових та трубних різьб) вибито клеймо  $D55^0$ .



Рис. 4.5. Різьбомір (шаблон різьбовий) (зліва метрична, справа дюймова)

## Порядок вимірювання за допомогою різьбоміра

1. Провести зовнішній огляд різьбоміра.
2. Отримати у викладача набір деталей для вимірювання різьби.

Пронумерувати деталі. Занести номери деталей в таблицю 4.2.

3. За допомогою штангенциркуля виміряти зовнішні діаметри усіх деталей, занести в таблицю 4.2. За допомогою різьбоміра підібрати пластину, яка відповідатиме кроку різьби кожної деталі. Помістити пластинку на різьбу, подивитися проти світла, чи немає щілин. Якщо є просвіт, підбираємо наступну пластинку. Відповідні величини занести в таблицю 4.2. В останньому стовпці таблиці проставити умовне позначення різьби деталі.

### Таблиця 4.2.

#### Результати вимірювань різьб деталей

Номер деталі	Зовнішній діаметр деталі, мм	Крок різьби, мм	Умовне позначення
1			
2			
...			
<i>n</i>			

4. Із набору деталей вибрати одну, наприклад, болт, зробити його креслення із позначенням усіх розмірів. Особливу увагу звернути на позначення різьби.

### Зміст звіту

Звіт повинен містити наступні пункти:

- мета і завдання роботи;
- перелік обладнання та інструментів;
- таблиця 4.2. та креслення деталі;
- висновок.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке різьба? Які види різьбових з'єднань вам відомі?
2. Назвіть ознаки, за якими класифікують різьби.
3. Назвіть основні параметри метричної різьби.
4. Що таке різьбове з'єднання, які є їх види?
5. Яким чином можна визначити крок різьби?
6. Назвіть параметри, які входять в позначення різьби.

## ЛАБОРАТОРНА РАБОТА №5 ВИМІРЮВАННЯ КУТОВИХ РОЗМІРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КУТОМІРІВ З НОНІУСОМ

**Мета роботи:** вивчити методику та техніку вимірювання кутових розмірів кутомірами з ноніусами.

**Завдання:** виміряти за допомогою кутоміра кутові розміри деталі.

**Перелік інструментів та приладдя:** кутомір транспортирний або універсальний, об'єкт вимірювання.

### Загальні положення

Кутоміри з ноніусом випускають трьох типів: тип – 1 модель 2УМ та 5УМ, тип 4 – модель 4УМ, тип 2 – модель 127. У залежності від конструкції розрізняють кутоміри транспортирні (моделі 2УМ, 5УМ, 4УМ) та універсальні (модель 127).

Кутоміри транспортирні призначені для вимірювання зовнішніх кутів різних виробів. Крім того, конструкції даних кутомірів дозволяє проводити розмітку деталей на площині.

Технічні характеристики кутомірів транспортирних наведено в таблиці 5.1.

**Таблиця 5.1.**

### Технічні характеристики кутомірів транспортирних

Параметр	Тип 1		Тип 4
	Модель		
	2УМ	5УМ	4УМ
Діапазон вимірювання, °	0...180		
Діапазон показань, °	0...90		
Ціна поділки основної шкали, °	1		
Значення відліку за ноніусом, ′	2	5	15
Гранична похибка, ′	±2	±5	±10

Кутомір транспортирний (рис. 5.1) складається з основи 2, на яку нанесена основна шкала з ціною поділки 1 градус, нерухомої (жорстко закріпленої на основі) лінійки 1 та рухомої лінійки 10, що обертається на осі 7

одночасно з ноніусом 5. Для точного встановлення лінійки 10 у визначеному положенні використовується мікрометричний гвинт 4, який обертається при закріпленому стопорному гвинті 3. Стопорний гвинт 6 використовується для закріплення лінійки 10 у визначеному положенні, а косинець 8, встановлюється на лінійці 10 за допомогою хомутика 9 для вимірювання кутів від 0 до 90°.

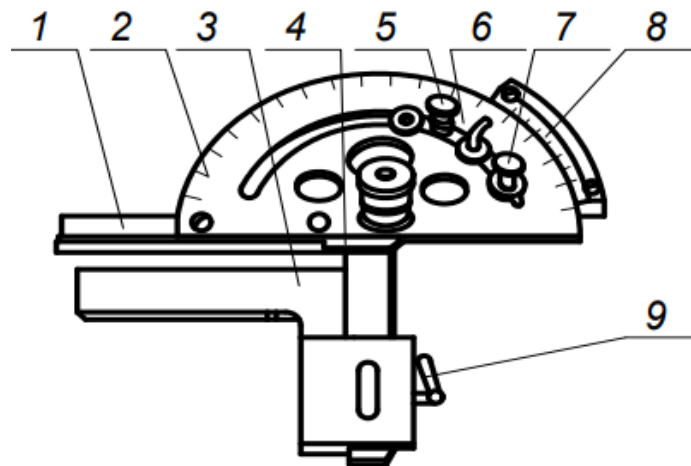


Рис. 5.1. Кутомір транспортирний

1 - лінійка; 2 - транспортир; 3 - кутник, 4 - рухома лінійка; 5 і 7 - гвинти; 6 - гвинт мікрометричної подачі; 8 - ноніус; 9 - гвинт

**Кутомір універсальний.** Кутомір універсальний призначено для вимірювання зовнішніх та внутрішніх кутів різних виробів. Технічні характеристики наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

**Технічні характеристики кутоміра універсального**

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання зовнішніх кутів, °	0...360
Діапазон вимірювання внутрішніх кутів, °	40...180
Діапазон показань, °	0...360
Ціна поділки основної шкали, °	1
Значення відліку за ноніусом, ′	2
Гранична похибка, ′	±2

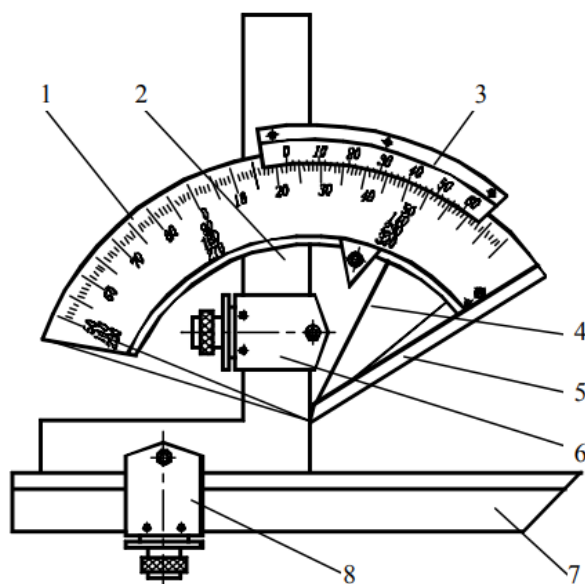


Рис. 5.2. Кутомір універсальний

*1 – основа; 2 – косинець; 3 – ноніус; 4 – сектор; 5 – вимірювальна лінійка; 6, 8 – хомутик; 7 – знімна лінійка; 9 – стопорний гвинт*

Кутомір універсальний (рис. 5.2) складається з основи 1, на яку нанесено основну шкалу з ціною поділки  $1^\circ$ , сектора 4 із закріпленим на ньому ноніусом 3, косинця 2, що встановлюється на секторі 4 за допомогою хомутика 6 та змінної лінійки 7, з'єднаної з косинцем 2 хомутиком 8. З основою 1 жорстко з'єднана вимірювальна лінійка 5, а сектор 4 має можливість переміщення відносно основи 1 разом з ноніусом 3. Стопорний гвинт 9 використовується для фіксації вимірювальної лінійки 5.

### **Методика вимірювання кутів виробів за допомогою кутомірів**

Вимірювання кутів виконується шляхом накладення транспортного кутоміра на сторони деталі, які утворюють вимірюваний кут, лінійок 1 та 10 кутоміра (рис. 5.3) для вимірювання тупих кутів ( $> 90^\circ$ ) або лінійки 1 та косинця 8 при вимірюванні гострих кутів ( $< 90^\circ$ ). Накладання здійснюється таким чином, щоб між лінійками кутоміра та сторонами деталі не було видимого проміжку.

Значення вимірюваного кута відраховують за основною шкалою на основі 2 та за шкалою ноніуса 5. Перший штрих шкали ноніуса, позначений цифрою



«0» є початком даної шкали та одночасно покажчиком значення вимірюваного кута за основною шкалою. Якщо штрих шкали ноніуса «0» співпадає з будь-яким штрихом основної шкали, то значення вимірювального кута відраховується тільки за основною шкалою. Якщо цей штрих не співпадає ні з одним штрихом основної шкали, то відлік складають з двох частин: значення кута, кратне  $1^\circ$ , визначають за найближчим до нульового штриху шкали ноніуса меншому значенню основної шкали; до цього значення додають значення кута в хвилинах, яке визначається штрихом шкали ноніуса, що співпадає зі штрихом основної шкали, наприклад, кут  $39^\circ 6'$  на рис. 5.3.

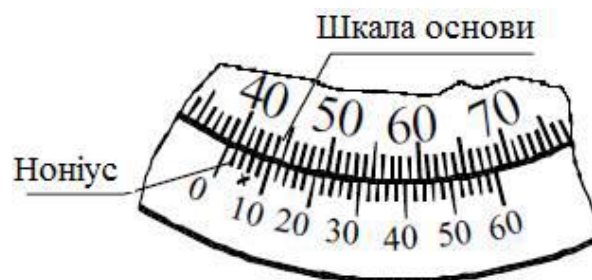


Рис. 5.3. Шкали кутоміра

*Приклад:* Значення вимірюваного кута з рис. 5.4. знімається наступним чином величина градусів -  $89^\circ$ , величина хвилин -  $38'$ .



Рис. 5.4. Приклад зняття відліку.

Вимірювання зовнішніх та внутрішніх кутів універсальним кутоміром здійснюють за схемами, що показані на рис. 5.5.

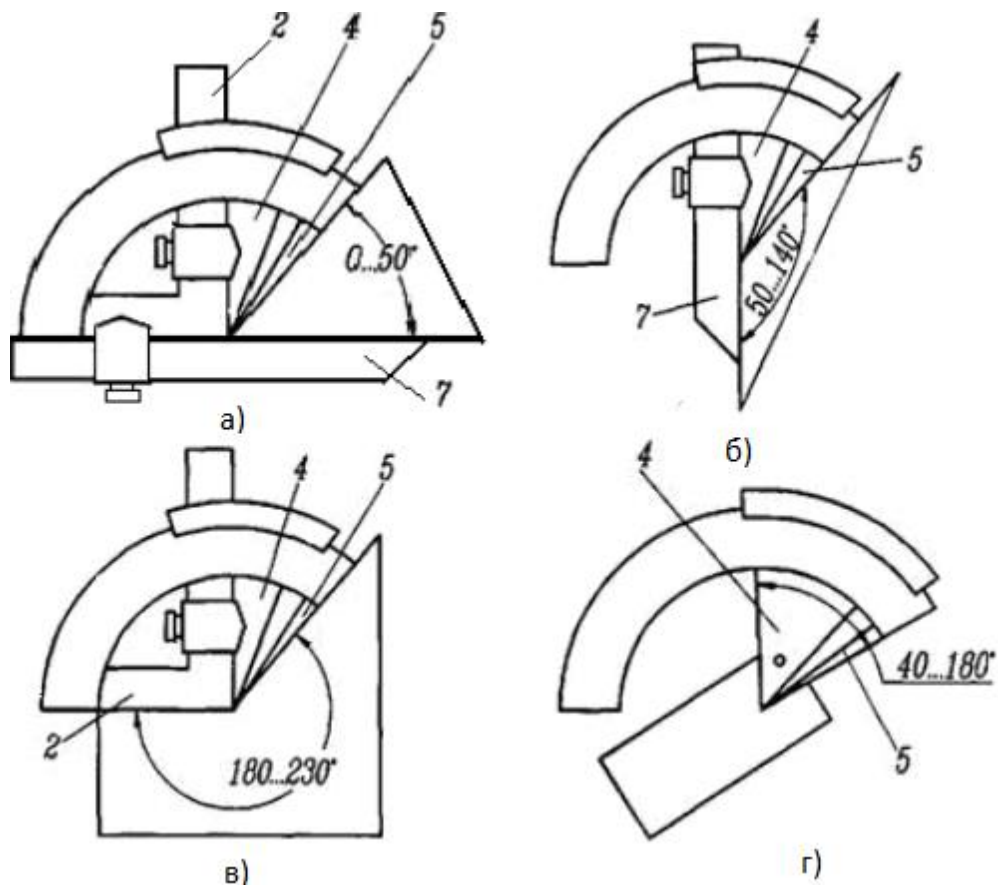


Рис. 5.5. Схеми вимірювання універсальним кутоміром  
а, б – зовнішніх кутів; в, г – внутрішніх кутів

Зовнішні кути в діапазоні від  $0^\circ$  до  $50^\circ$  вимірюють за допомогою косинця 2 та лінійки 7, поєднуючи сторони вимірюваного кута з вимірювальними поверхнями лінійок 5 та 7 (рис. 5.5, а). Кути в діапазоні від  $50^\circ$  до  $140^\circ$  вимірюють без косинця 2, але при встановленій на його місці лінійці 7 (рис. 5.5, б). Вимірювальні поверхні короткої сторони косинця 2 та лінійки 5 при знятій лінійці 7 (рис. 5.5, в) використовують для вимірювання зовнішніх тупих кутів від  $140^\circ$  до  $180^\circ$  та внутрішніх тупих кутів від  $180^\circ$  до  $230^\circ$ . Внутрішні кути в діапазоні від  $40^\circ$  до  $180^\circ$  вимірюють при знятих косинці 2 та лінійці 7 (рис. 5.5., г).

Правила відліку значень, що вимірюються універсальним кутоміром, кутів аналогічні правилам відліку за шкалою транспортирного кутоміра.

## Порядок виконання роботи

1. Ознайомитись з інструкцією по техніці безпеки при проведенні лабораторних робіт.

2. Вивчити конструкції транспортного та універсального кутомірів.

3. Вибрати деталь.

4. Накреслити ескіз деталі.

5. Виміряти усі кутові розміри деталі вказаним кутоміром, нанести значення кутів на ескіз. Вибрати найбільший кут деталі. Здійснити багаторазове вимірювання вибраного кута при закріплених стопорних гвинтах 6 (транспортний кутомір) або 9 (універсальний кутомір) з числом одиничних вимірювань  $n = 20$ . Результати вимірювань заносять в таблицю 5.3.

6. Визначити за кресленням граничні (найбільший та найменший) кутові розміри деталі.

7. Обчислити середнє значення довжини

$$\bar{\varphi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i, n = 20$$

і характеристики точності вимірювання:

- середнє квадратичне відхилення

$$\sigma_{\varphi} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i^2};$$

- середнє квадратичне відхилення середнього арифметичного

$$\sigma_{\bar{\varphi}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sigma_{\varphi};$$

- довірчий інтервал, всередині якого з довірчою імовірністю  $\beta = 0.8$ , знаходиться дійсне значення величини  $\varphi$

$$\bar{\varphi} - \varepsilon_{\beta} < \varphi < \bar{\varphi} + \varepsilon_{\beta},$$

де абсолютна похибка або напівширина довірчого інтервалу

$$\varepsilon_{\beta} = t_{\beta} \cdot \sigma_{\bar{\varphi}}.$$

8. Відносна напівширина довірчого інтервалу з таблиці розподілу Стьюдента становить  $t_{\beta} = 1,533$  для  $n - 1 = 19$ ,  $\beta = 0.8$ .

**Таблиця 5.3.**

$i$	$\varphi_i$	$\Delta\varphi_i = \varphi_i - \bar{\varphi}$	$\Delta\varphi_i^2 = (\varphi_i - \bar{\varphi})^2$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
$\Sigma$	$\Sigma\varphi_i =$	$\Sigma\Delta\varphi_i =$	$\Sigma\Delta\varphi_i^2 =$

## Зміст звіту

Звіт повинен містити наступні пункти:

- мета і завдання роботи;
- перелік обладнання та інструментів;
- таблиця 5.3. та креслення деталі;
- висновок.

## Контрольні запитання

1. Що таке кутомір?
2. Які бувають типи кутомірів?
3. Перерахуйте основні характеристики кутомірів з ноніусом.
4. Для чого служить косинець та стопорний гвинт?
5. Яким кутоміром вимірюється внутрішній кут?
6. Зніміть відлік з наступного вимірювання кута:



a)



б)

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 2499-94. Основні норми взаємозамінності. конуси та конічні з'єднання. Вид. офіц.
2. ДСТУ 3231:2007. Метрологія. Еталони одиниць вимірювань державні, первинні та вторинні. Основні положення, порядок розроблення, затвердження, реєстрації, зберігання та застосування. Вид. офіц.
3. ДСТУ 8324:2015. Метрологія. Міри довжини штрихові. Методика повірки (калібрування). Вид. офіц.
4. ДСТУ 8982:2020. Метрологія. Лінійки вимірювальні металеві. Методика повірки. Вид. офіц.
5. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018. Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). прилади для лінійних та кутових вимірювань. частина 1. штангенциркулі. проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT). Вид. офіц.
6. ДСТУ EN ISO 8015:2018. Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). принципи базових допусків (EN ISO 8015:2011, IDT; ISO 8015:2011, IDT). Вид. офіц.
7. ДСТУ ISO 965-1:2005. Нарізи метричні ISO загального призначення. допуски. частина 1. основні характеристики (ISO 965-1:1998, IDT). Вид. офіц.
8. Основи метрології та вимірювальної техніки : підручник / М. Дорожовець та ін. ; ред. Б. Стадник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2005. Т. 2 : Вимірювальна техніка. 634 с.
9. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України від 05.06.2014 р. № 1314 - VII.
10. Якимчук Г. К., Кирилюк Ю. Є., Саранча Г. А. Взаємозамінність, стандартизація, метрологія та технічні вимірювання : підручник. Київ: Основа, 2006. 560 с.