

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

# **Основи метрології та інформаційно-вимірювальної техніки**

**Методичні вказівки**  
до виконання лабораторних робіт  
для студентів приладобудівного факультету  
спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

*Рекомендовано Вченою радою  
Приладобудівного факультету КПІ імені Ігоря Сікорського*

Київ  
КПІ імені Ігоря Сікорського  
2017

Основи метрології та інформаційно-вимірювальної техніки [Текст] : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів приладобудівного факультету спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка / Уклад.: М.В. Філіппова, О.В. Волошко, С.С. Заєць – К.: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017. – 37 с.

*Рекомендовано Вченою радою ПБФ КПІ імені Ігоря Сікорського  
(Протокол № 6/17 від 22 червня 2017 р.)*

Методичні вказівки призначено для студентів приладобудівного факультету спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка. У методичних вказівках наведено мету і завдання лабораторних робіт, їх зміст та обсяг. Розглянуто організаційні питання роботи над лабораторними дослідженнями, послідовність та методику виконання, наведено вимоги щодо оформлення та процесу захисту готових робіт.

Навчально–методичне видання

## ОСНОВИ МЕТРОЛОГІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

### **Методичні вказівки**

до виконання лабораторних робіт  
для студентів приладобудівного факультету  
спеціальності 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Укладачі: *Філіппова Марина В'ячеславівна*, канд. техн. наук, доц.  
*Волошко Оксана Вячеславівна*, асистент.  
*Заєць Сергій Сергійович*, асистент.

Відповідальний редактор *Тимчик Г.С.* д.т.н. професор

Рецензенти: *Нечай С.О.* канд. техн. наук, доц.

## ЗМІСТ

ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 ВИБІР ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ РОЗМІРІВ.....	7
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 ПОВІРКА МІКРОМЕТРУ.....	12
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ВИМІРЮВАННЯ КАЛІБРУ-ПРОБКИ НА УНІВЕРСАЛЬНІЙ ПРУЖИННІЙ ГОЛІВЦІ.....	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4 ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ТА КУТОВИХ РОЗМІРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МІКРОСКОПУ .....	23
ЛІТЕРАТУРА.....	29
ДОДАТКИ.....	31

## **ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Необхідно дотримуватись наступної послідовності: підготовка до роботи, її виконання, оформлення звіту та його захист.

### **Підготовка до роботи**

Студент повинен підготуватись до лабораторної роботи завчасно, до початку заняття в лабораторії. Під час підготовки необхідно ознайомитись з метою роботи, методичними рекомендаціями до виконання, порядком виконання роботи.

Рівень підготовки студента до виконання лабораторної роботи перевіряє викладач на початку заняття. Студенти, які не змогли відповісти на контрольні питання майбутньої роботи або ті які не оформили звіт з попередньої роботи, до виконання лабораторної роботи на допускаються, але під час заняття вони повинні виконати те що не встигли зробити: підготувати відповіді на контрольні запитання або оформити звіт по передній роботі. Такі студенти виконують пропущену лабораторну роботи в додатковий, погоджений з викладачем час.

### **Порядок виконання**

1. В лабораторії необхідно дотримуватись правил внутрішнього розпорядку та техніки безпеки, вказівок викладача.

2. Під час виконання роботи кожному студенту бажано мати калькулятор та протокол (чернетку) експерименту.

При виконанні роботи необхідно ретельно провести всі передбачені завданням вимірювання та розрахунки. Результати експерименту необхідно записувати акуратно, вказувати умови експерименту та одиниці вимірювання.

3. На початку вимірювань рекомендовано по черзі встановити всі можливі значення аргументу, відзначаючи межі та характер зміни функції. При побудові графіків слід проводити усереднені плавні криві, а не з'єднувати відрізками прямих експериментальні точки, координати яких будуються за даними таблиць експериментів.

4. Після проведення всіх передбачених завданням вимірювань та розрахунків результати аналізуються, порівнюються з очікуваними та пред'являються викладачу.

5. Завдання вважається виконаним тільки після приведення робочого місця в порядок.

### **Оформлення звіту**

Звіт кожен студент оформлює самостійно до початку наступної роботи. Звіт повинен містити титульний аркуш, на якому вказано номер та тему роботи, список виконавців (бригади), дати виконання та прізвище студента, який підготував звіт.

Зміст звіту визначається відповідним розділом в методичних вказівках до виконання роботи. В звіті обов'язково відображаються: мета роботи, схеми що використовуються в роботі, список використаного обладнання та інструменту, результати експерименту з необхідними розрахунками.

В кінці роботи зробити висновки, в яких наводиться аналіз результатів експерименту, розкрита фізична сутність результатів роботи.

### **Захист лабораторної роботи**

Лабораторні роботи студенти захищають індивідуально у встановлений термін, як правило, на наступному занятті.

При захисті лабораторної роботи слід знати мету та хід виконання роботи, фізичну сутність процесів дослідження та їх теоретичне обґрунтування, вміти пояснювати та аналізувати результати, отримані під час виконання роботи.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### ВИБІР ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ РОЗМІРІВ

Мета роботи: навчитись обирати засоби вимірювальної техніки для контролю розмірів отвору та валу.

Обладнання та інструмент: засоби вимірювальної техніки

#### Методичні рекомендації

Факторами, які визначають вибір засобів вимірювальної техніки, є:

- тип виробництва;
- конструктивні особливості та розміри деталей, що контролюються;
- допустима похибка вимірювання, нормована стандартами.

Похибки вимірювання залежать від похибки засобу вимірювання, методу вимірювання, умов вимірювання тощо.

Похибка вимірювання  $\Delta X$  - це різниця між результатом вимірювання  $X_d$  та істинним значенням величини, яка вимірюється  $X$ , тобто  $\Delta X = X_d - X$ .

Допустимою похибкою вимірювання  $\delta$  - є граничне значення похибки вимірювання, яке може бути допущене при визначенні дійсного розміру для оцінки відповідності його допустимим граничним розмірам.

Допустима похибка вимірювання  $\delta$  повинна бути незначною в порівнянні з допуском  $T(IT)$  на параметру виробу, який контролюється.

Для вимірювання лінійних розмірів від 1 до 500 мм ДСТУ ГОСТ 8.549:2009 «Державна система забезпечення єдності вимірювань. Похибки, які допускаються при вимірюванні розмірів до 500 мм» [5] встановлює значення допустимої похибки вимірювання  $\delta$  в залежності від допуску на виготовлення виробу, номінального розміру та квалітету (Додаток 1).

Встановлені стандартом допустимі похибки вимірювання  $\delta$  містять в собі як випадкові, так й невраховані систематичні похибки, тобто всі складові, які залежать від засобу вимірювальної техніки, температурні коливання, базування виробу тощо. При цьому випадкова похибка вимірювання не повинна перевищувати 0,6 від нормованої допустимої похибки вимірювання  $\delta$  та приймається рівною  $2\sigma$ , тобто з

довірчою ймовірністю 0,954, де  $\sigma$  - значення середнього квадратичного відхилення похибки вимірювання.

Засіб вимірювання необхідно обирати таким чином, щоб гранична похибка вимірювання ( $\pm\Delta \text{lim}$ ), яка є нормованим метрологічним показником даного засобу вимірювання, не перевищувала допустимої похибки вимірювання  $\delta$ , тобто:  
$$\pm\Delta \text{lim} \leq \delta$$

Вимірювання буде менш трудоемким та більш дешевим, якщо значення граничної похибки засобу вимірювання буде наближене до значення допустимої похибки вимірювання.

Граничні похибки основних засобів вимірювання, встановлені розрахунковим та експериментальним шляхами наведені в додатку 2, відповідно для вимірювання зовнішніх та внутрішніх поверхонь.

Порівняння граничної похибки засобу вимірювання  $\pm\Delta \text{lim}$  з допустимою похибкою вимірювання  $\delta$  проводиться без врахування знаку  $\Delta \text{lim}$ .

При проведенні контролю виробів серійного та масового виробництва похибка вимірювання, яка є випадковою величиною, призводить до розсіювання результатів вимірювання, та впливають на якість контролю.

Вплив похибки вимірювання на ті розміри, які знаходяться ближче до центру групування, буде відбиватись тільки на їх перерозподіл всередині поля допуску. Вплив похибки вимірювання на ті розміри, які знаходяться ближче до границь поля допуску, призведе до того, що частина придатних деталей буде відбракована, а частина деталей, істинні значення яких знаходяться за межами поля допуску, буде прийнята як годні.

За ДСТУ ГОСТ 8.549:2009 «Державна система забезпечення єдності вимірювань. Похибки, що допускаються при вимірюванні лінійних розмірів до 500 мм з не вказаними допусками» вплив похибки вимірювання оцінюється наступними параметрами:

$m$  - кількість деталей у відсотках від загальної кількості вимірюваних, які мають розміри, що виходять за граничні розміри та прийняті в числі придатних (неправильно обрані);

$n$  - кількість деталей в процентах від загальної кількості вимірних, які мають розміри, що не перевищують граничні розміри та забраковані (неправильно забраковані);

$c$  - ймовірна гранична величина виходу розміру за граничні розміри у неправильно прийнятих деталей.

Для різних законів розподілу похибок вимірювання та при розподілі розмірів, що контролюються за нормальним законом значення параметрів  $m$ ,  $n$ ,  $c$  визначається за графіками стандарту [5] в залежності від відносної похибки вимірювання  $A_{мет(\sigma)}$  та від відносної точності виготовлення  $1T/\sigma_{тех}$  параметру, що контролюється, мкм;  $\sigma_{тех}$  - середньоквадратичне відхилення похибки виготовлення, мкм.

Відносна похибка вимірювання визначається за формулою (1.1):

$$A_{мет(\sigma)} = \sigma / IT \cdot 100\% \quad (1.1)$$

де  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення похибки вимірювання, мкм.

Якщо точність технологічного процесу невідома, то параметри  $m$ ,  $n$ ,  $c/IT$  визначаються згідно таблиці 1.3. додатку 1 в залежності від  $A_{мет(\sigma)}$  значення якої приведені в таблиці 2. додатку 1 для різних квалітетів за ГОСТ 8.051-61.

Перші значення  $m$  та  $n$  відповідають розподілу похибок вимірювання за нормальним законом, інші – за законом рівної ймовірності.

Стандарт [5] передбачає два способи встановлення придатних граничних значень з врахуванням похибок вимірювання.

Перший спосіб: придатні границі значень встановлюються співпадаючими з граничними розмірами.

Другий спосіб: придатні границі змішуються всередину відносно граничних розмірів та вводиться, таким чином, виробничий допуск, але при цьому відбувається зменшення допуску на виготовлення. Тому використання першого способу є переважним.

Граничне значення  $c$  можна розрахувати, як:  $c = c_{дон} - c_{наб}$ ,

де  $c_{дон}$  - допустиме значення, яке визначається за таблицею 1 додатку 1 відповідно допуску на виготовлення;

$c_{наб}$  - набуте значення похибки, яке визначається в залежності від квалітету та відповідає похибці вимірювання (табл. 2, додаток 1).

Засіб вимірювання обирають згідно таблиці додатку 1.

Результати вибору засобу вимірювання заносять в таблицю 1.1

Таблиця 1.1

Вибір засобу вимірювання								
Розмір, який контролюється	Допуск на розмір, мм	Допустима похибка вимірювання, мм	Засіб вимірювання					
			Найменування	Тип або модель	Похибка вимірювання, мм	Границі вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	Метод вимірювання

#### Завдання до виконання:

Ознайомитись з методом вибору засобів вимірювання та обрати необхідні для вимірювання деталей засоби вимірювання й визначити параметри  $m$ ,  $n$ ,  $c$ .

#### Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи таблиці допусків та посадок [9], знайти граничні відхилення та допуски розмірів, що вимірюються.
2. За номінальним значенням розміру деталі (рис. 1.1., таблиця 1.2.), квалітету та знайденому допуску визначити значення допустимої похибки  $\delta$ , використовуючи таблицю 1. додатку 1.
3. Визначити параметри  $m$ ,  $n$ ,  $c$  для засобу вимірювання.
4. Обрати засіб вимірювання.
5. Побудувати схему полів допуску на задані розміри.
6. Зробити висновки про виконану роботу.

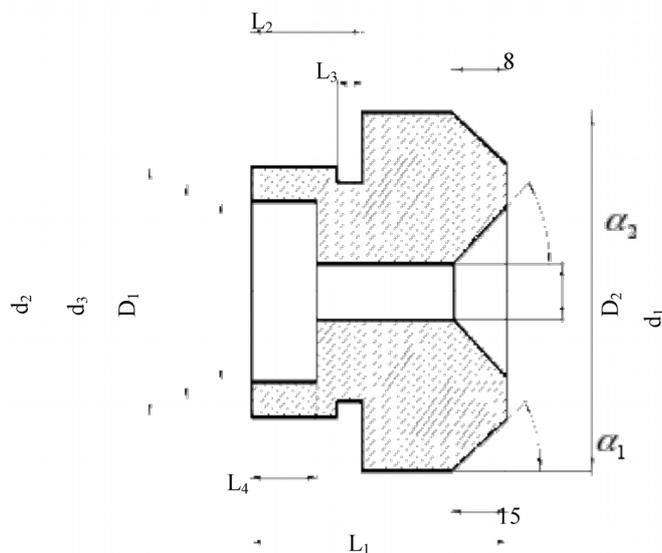


Рис. 1.1. Креслення деталі

Таблиця 1.2.

Допуски розмірів вимірюваної деталі

Варіант	d1	d2	d3	D1	D2	L1	L2	L3	L4	$\alpha 1$	$\alpha 2$
Варіант 1	72h11	60d11	58a11	58H10	10B11	110d10	42h10	8H10	22C11	30AT11	45AT12
Варіант 2	68d11	56h11	50d11	40H11	12C11	98C11	36h11	12H11	18D11	45AT10	60At11
Варіант 3	64d11	58d11	48h10	42H12	8D10	86D11	34k12	6H10	16d11	60AT12	45AT11
Варіант 4	60h10	68C11	44b11	54H10	10A11	80d11	32h10	10H11	14a11	15At11	60AT10

### Форма звіту

1. Найменування роботи, мета роботи, обладнання та інструмент.
2. Порядок виконання роботи
3. Результати експерименту
4. Схема полів допуску на задані розміри
5. Висновок

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

### **ПОВІРКА МІКРОМЕТРУ**

Мета роботи: здійснити повірку мікрометру та надати висновок про його придатність.

Обладнання та інструмент: мікрометри МК гладкі, кл. 1, стійка для мікрометру типу 15 СТМ, набір плоскопаралельних мір довжини.

#### **Методичні рекомендації**

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 плоскості 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. Допустима за ДСТУ ГОСТ 6507:2009 відхилення температури від 20° С при повірці мікрометру наведені в таблиці 1 додатку 2.

##### **3. Проведення повірки**

#### **Зовнішній огляд**

При проведенні зовнішнього огляду повинна бути встановлена відповідність мікрометру вимогам ДСТУ ГОСТ 6507:2009 «Мікрометри. Технічні умови» в частині форми вимірювальних поверхонь та установчої міри, якості поверхонь, нанесення штрихів шкал, комплектності. Вимірювальні поверхні мікрометру, за необхідності, очищують від змазки.

## 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 плоско паралельних мір довжини (плиток). Для отримання більш достовірних результатів кожне вимірювання повторюють 10 разів. Середнє арифметичне значення повторних вимірювань знижу. Вплив випадкових похибок вимірювання. Дані експерименту заносять в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1

Результати вимірювання випадкових похибок показань мікрометру

Точки шкали, що повіряють	Відлік за шкалою мікрометру					Середнє арифметичне значення результату вимірювання $\bar{x}$	Середньоквадратичне відхилення $\sigma$	Абсолютна похибка мікрометру $\Delta x$	Межі довірчого інтревалу $\times_{1,2}$
	1	2	3	4	5				
0									
5									
...									
25									

- визначення відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь мірок метру. Відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь мікрометру вимірюються в двох взаємоперпендикулярних 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 мікрометру з межами вимірювання 0-25 мм рекомендовано обирати розмір 12-13 мм. При складні блоку кінцевих мір, поверхні вимірювання повинні бути очищені та притерті одна до одної.

Вимірювання та відлік аналогічні методу визначення похибки мікрометру, тільки дотик поверхонь вимірювання мікрометру з блоком плиток обмежується сегментом, що приблизно дорівнює 0,25 діаметру мікрометру. Схема розташування блоку мір при повірці мікрометру з вимірювальною поверхнею мікрогвинта показана на рис. 2.1. Результати вимірювання та розрахунків заносять в таблицю 2.2.

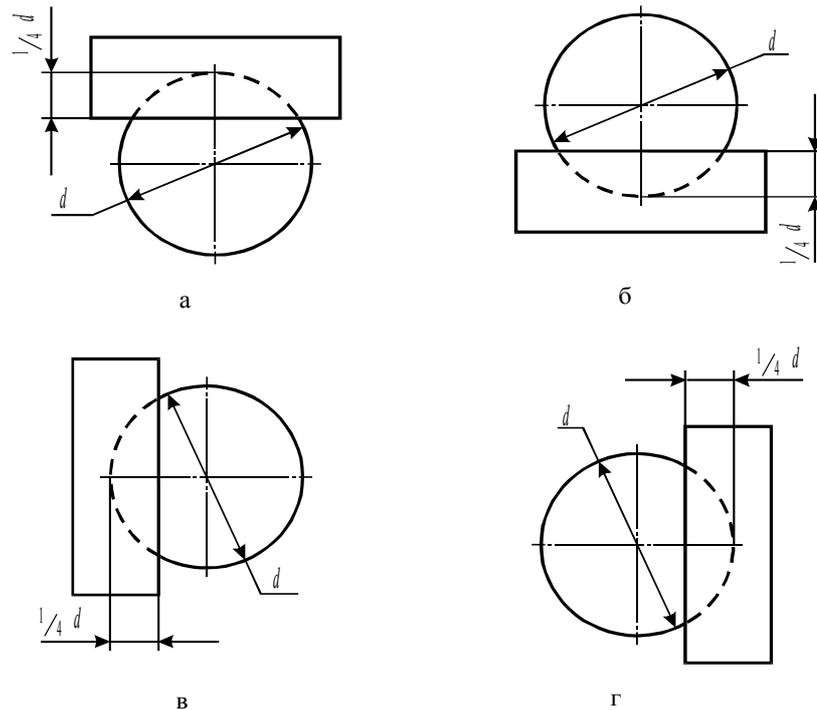


Рис. 2.1. Дотик вимірювальної поверхні мікрогвинта з блоком мір при повірці мікрометру с кінцевою мірою при повірці мікрометру:  
а - зверху; б - знизу; в - попереду; г - позаду

Таблиця 2.2

Результати вимірювання відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь

Положення вимірювання (за рис. 2.1.)	Показання мікрометру				Середнє арифметичне значення результату вимірювання $\bar{x}$	Середньоквадратичне відхилення $\sigma$	Абсолютна похибка мікрометру $\Delta x$	Межі довірчого інтервалу $x_{1,2}$	
	1	2	3	4					5
а									
б									
в									
г									

### 3. Обробка результатів вимірювання

Використовуючи статистичні методи обробки результатів вимірювання для кожної точки дослідження шкали за наступною процедурою:

1. Визначити середньоарифметичне значення вимірювань

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.1)$$

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

2. Визначити середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.2)$$

3. Обрати довірчу ймовірність результатів вимірювання:  $P = 0,90$ ;  $P = 0,95$ ;  $P = 0,99$ .. За таблицею 2, додатку 2 знайти коефіцієнт Стюдента  $t_p(n)$  для обраної ймовірності  $P$  та числа вимірювань  $n$ ;

4. Визначити граничні значення абсолютних похибок вимірювання

$$\Delta x = t_p(n) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.3)$$

5. Визначення границь довірчого інтервалу

$$x_{1,2} = \bar{x} \pm \Delta x \quad (2.4)$$

4. Висновок про придатність мікрометра

Мікрометр є придатним для роботи, якщо жодне з відхилень не перевищує допустимих за ДСТУ ГОСТ 6507:2009. Допустимі похибки мікрометра наведено в таблиці 3 додатку 2.

У випадку, якщо відхилення перевищує допустиме, але має один знак, мікрометр необхідно налаштувати, та висновок надавати з врахуванням пере налаштування. Якщо налаштуванням досягти показань мікрометра в межах допустимих відхилень не можливо, мікрометр використовувати не можна.

Якщо відхилення від паралельності вимірювальних поверхонь перевищують допустимі за ДСТУ ГОСТ 6507:2009, а похибка показань мікрометра задовольняє вимогам ДСТУ ГОСТ 6507:2009 або цим вимогам не може задовольняти після переналагодження, необхідно дати висновок, що потребується виправлення (доведення) вимірювальних поверхонь.

Таким чином, при порівнянні результатів вимірювання з нормами допустимих відхилень за ДСТУ ГОСТ 6507:2009, надають висновок про придатність мікрометра.

### **Завдання до виконання:**

Ознайомитись з методикою проведення повірки мікрометра. Провести повірку мікрометра та надати висновок про його придатність.

### **Порядок виконання роботи:**

1. Провести зовнішній огляд мікрометра
2. Провести опробування мікрометра
3. Закріпити мікрометр, який підлягає повірці в стійці для мікрометра типу 15 СТМ.
4. Визначити метрологічні характеристики мікрометра, згідно наведеної методики. Результати вимірювань та обробки результатів вимірювань заносити у таблиці 2.1. та 2.2. відповідно
5. Дати висновок про придатність мікрометра.

### **Форма звіту**

6. Найменування роботи, мета роботи, обладнання та інструмент.
7. Порядок виконання роботи
8. Результати експерименту
9. Висновок

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3**

### **ВИМІРЮВАННЯ КАЛІБРУ-ПРОБКИ НА УНІВЕРСАЛЬНІЙ ПРУЖИННІЙ ГОЛІВЦІ**

Мета роботи: вивчити призначення, принцип дії, пристрій та методи вимірювання циліндричних деталей на пружинній голівці. Виміряти циліндричні гладкі пробки ПР та НЕ

Обладнання та інструмент: пружинна голівка типу ИГП, стійка для закріплення пружинної голівки, калібри-пробки, набір кінцевих мір.

#### **Методичні рекомендації**

##### 1. Призначення, принцип дії та пристрій пружинної вимірювальної голівки

Пружинні вимірювальні голівки в даний час є найбільш розповсюдженими механічними приладами для відносних вимірювань лінійних розмірів, відхилення розташування та форми. Вони забезпечують відносно високу точність вимірювання завдяки відсутності тертя, мертвого ходу, малого зношування та достатньої надійності в роботі.

В даній роботі використовується пружинна голівка ИГП, основним перетворюючим елементом якої є закручена в різні сторони від середини плоска пружина 2 (рис. 3.1.) з берилової бронзи, закріплена однією стороною на регулювальному пружному елементі 1, а іншим – на пружному важелі 5, пов'язаному з вимірювальним стержнем 7. В середині закрученої пружини 2 переміщення стержня 7 при вимірюванні об'єкту 11 викликає оберт середнього перерізу цієї пружини та тим самим переміщення стрілки 3 вздовж шкали 4, розташованої в площині, яка перпендикулярна до вісі пружини 2. Вимірювальний стержень 7 підвішений в корпусі 8 на плоских пружинах 6 та 9, при чому остання виконана у вигляді круглої мембрани з кільцевими вирізами. Корпус 8 закріплюється в стійці 10.

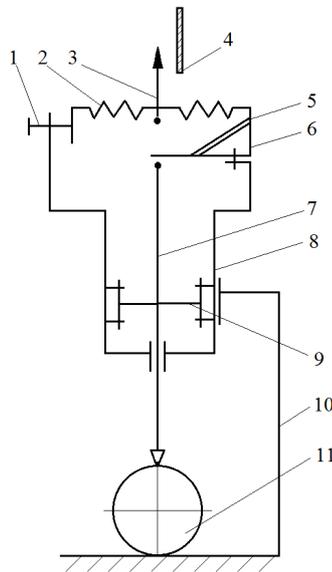


Рис. 3.1. Схема пружинної вимірювальної голівки

1 – регулювальний пружний елемент, 2 – плоска пружину, 3 – стрілка, 4 – шкала, 5 – пружний важіль, 6, 9 – плоскі пружини, 7 – вимірювальний стрижень, 8 – корпус, 10 – стійка, 11 – об’єкт вимірювання

## 2. Встановлення вимірювальної голівки на нуль та робота з нею

Пружинні головки використовуються для відносних вимірювань, тому перед вимірюванням їх необхідно встановити на 0 в наступному порядку.

За кресленням вимірюваного об’єкта або по маркуванню на ньому (або безпосередньо вимірюванням мікрометром) визначається його номінальний і граничний розміри і підраховується блок з кінцевих мір, за яким прилад повинен бути встановлений на нуль. При підрахунку розміру блоку необхідно враховувати знаки і величину допустимих відхилень, а також межі вимірювань за шкалою.

Так, при вимірюванні валів  $\varnothing 40_{u7} \left( \begin{matrix} +0.085 \\ +0.06 \end{matrix} \right)$  вимірювальна голівка з ціною поділку 1 мкм може встановлюватись на нуль по блоку розміром 40 мкм, але в даному випадку за нульовий штрих приймають, штрих – 40 мкм. Тоді при вимірюванні відхилення розміру, який рівний +0,06 мм, прилад покаже +20 мкм, в при вимірюванні відхилення +0,085 мм, показання буде +0,45 мкм. Якщо розмірі блоку взяти рівним 40,07 мм, то за нульовий штрих при настройці можна взяти власний нуль шкали (середнє ділення). Тоді при вимірюванні відхилення +0,06 мм показання приладу складе 10 мкм, а при вимірюванні відхилення +0,085 мм, показання складе +15 мкм.

Блок притирається однієї зі своїх вимірювальних поверхонь до столика приладу. При установці блоку плиток кронштейн з вимірювальною головкою повинен бути піднятий настільки, щоб блок вільно проходив між вимірювальним наконечником і столиком. Після притирання блоку плиток до столика плавно опускають кронштейн з головкою до тих пір, поки вимірювальний наконечник не торкнеться вільної вимірювальної поверхні блоку. У момент торкання наконечника стрілка головки почне переміщатися вправо. Поступово обертанням гайки настройки або механізмом управління столиком доводять стрілку до положення, умовно прийнятого за нульовий.

Після цього стопорними гвинтами (при їх наявності) закріплюють положення кронштейна з головкою і столиком. Нульову установку слід перевірити, піднімаючи і опускаючи 2-3 рази наконечник приладу за допомогою аретира. Якщо при цьому стрілка не буде повертатися у вихідне положення, слід отстопорити відповідний гвинт і знову встановити прилад на нуль.

Остаточно встановив прилад на нуль, піднімають за допомогою аретира наконечник приладу і, видалив зі столика блок кінцевих мір, поміщають на його місце об'єкт вимірювань. Якщо останній має циліндричну форму, то його слід щоб уникнути перекосу при вимірюванні щільно притиснути до столика та, злегка прокочуючи під вимірювальним наконечником, стежити за рухом стрілки.

Свідчення приладу може бути позитивним або негативним відповідно до того, чи зміститься стрілка від нульового розподілу вправо або вліво.

Після закінчення вимірювань перевіряють нульову установку приладу. Для цього під вимірювальний наконечник знову встановлюють блок кінцевих мір. Відхилення в положенні стрілки не повинно перевищувати однієї поділки шкали, а в іншому випадку вимір вважається недійсним, тобто знову перевіряється нуль приладу, а потім проводиться вимірювання.

### 3. Вимірювання гладкого граничного калібру-пробки

Перед початком установки приладу на нуль визначають за маркуванням на калібр, для перевірки якого отвору призначається дана пробка. Потім, користуючись таблицями [5], знаходять граничні відхилення отвору. Будують схему розташування полів допусків.

Положення полів допусків прохідного ПР і непрохідного НЕ калібрів-пробок щодо граничних розмірів контрольного отвору регламентується ГОСТ 24853-81. При цьому граничні розміри контрольованого отвору приймаються за номінальні розміри відповідних калібрів. Поле допуску калібру НЕ розташовується симетрично щодо найбільшого граничного розміру отвору. Ширина поля допуску (допуск на виготовлення калібру) дорівнює  $H$ . Поле допуску калібру ПР розташовується симетрично щодо лінії, що перевищує менший граничний розмір перевіряється отвори на величину  $Z$ . Ширина поля допуску дорівнює  $H$ .

Оскільки калібр ПР в процесі багаторазового використання зношується, то ДСТУ передбачає допуск калібру на знос. Границя зносу характеризується координатою  $Y$ . Чисельне значення величин  $Z$ ,  $Y$ ,  $H$  для 6 ... 17 квалітетів наведені в ГОСТ 24853-81. На кресленнях калібрів проставляються не номінальне, а виконавчі розміри, які вибираються так, щоб допуск на виготовлення йшов в тіло калібру. У калібрів-пробок за виконавчі розміри приймаються найбільші граничні розміри цих калібрів:

$$d_{\max}^{HE} = d_{\text{знос}}^{HE} = D_H + ES + H/2$$

$$d_{\max}^{PP} = d_{\text{знос}}^{HE} = D_H + ES + Z + H/2$$

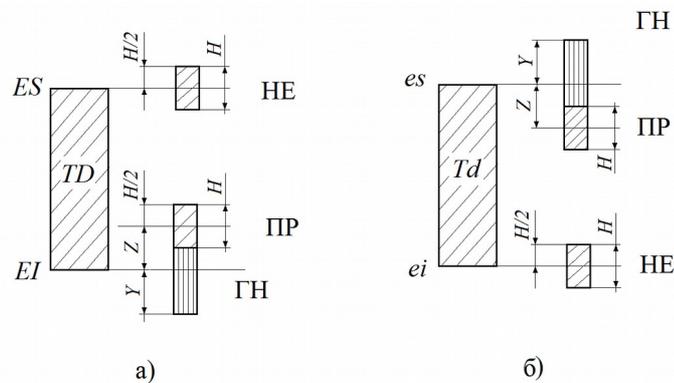


Рис. 3.1. Схема розташування полів допуску калібру

Найменший граничний розмір зношеної прохідної пробки:

$$d_{\text{знос}}^{PP} = D_H + EI - Y.$$

Найменший граничний розмір непрохідної пробки

$$d_{\min}^{HE} = D_H + ES - H/2.$$

Найменший граничний розмір нової прохідної пробки

$$d_{\min}^{PP} = D_H + EI + Z - H/2.$$

При розрахунку розмірів калібрів в квалітетах з 6-го по 14-й округлення необхідно проводити до величини, яка кратна 0,5 мкм, при цьому допуск на калібр повинен зберігатись.

Виходячи зі знайдених розмірів калібрів, розраховують розмір блоку плиток для вимірювання прохідної та непрохідної частин калібру. Діаметр прохідної пробки повинен вимірюватися в трьох перерізах.

Для отримання свідчень приладу заносять в таблицю вхідних даних. Потім, враховуючи розмір блоку кінцевих мір, розраховують розміри діаметру пробки в різних її перерізах та відхилення форми, а саме: овальність, конусність та бочкоподібність. Непрохідну сторону пробки вимірюють аналогічно.

Висновок про придатність дають для кожної сторони окремо, порівнюючи отримані при вимірюванні розміри прохідної та непрохідної сторін з відповідними розрахованими граничними розмірами за ГОСТ 24853-81, а отримані відхилення форми з допуском на форму калібру. Пробка є придатною, якщо жоден з її перевірюваних розмірів у перерізах та будь-яких напрямках, а також відхилення форми не виходять зі встановлених границь.

### Порядок виконання

1. Внести в таблицю 3.1. вхідних даних маркування калібру. Маркування повинно відображати номінальний розмір, систему посадки та квалітет.

2. За таблицями ГОСТ 24853-81, визначити граничні відхилення контролюємого отвору та розрахувати граничні розміри прохідної та непрохідної пробки, та занести отримані значення в табл. 3.1. Внести в таблицю 3.2 розраховані розміри блоку кінцевих мір для прохідної ПР та не прохідної НЕ пробок.

Таблиця 3.1.

Вхідні дані			
Розмір отвору з відхиленнями	Позначення калібру	Система	Квалітет
Граничні розміри калібру ГОСТ 24853-81			
Найбільший	Найменший	Зношений	Сторона
			ПР
			НЕ

3. Встановити пружинну голівку на нуль для вимірювання калібру ПР. Дані установки занести в таблицю 3.2.

4. Виміряти калібр ПР. Показання пружинної голівки (відхилення зі знаком) занести в таблицю 3.3. Перевірити налаштування голівки на нуль після проведених вимірювань. Результати занести в табл. 3.2. Зміщення налаштування не повинно перевищувати однієї поділки шкали.

5. Встановити пружинну голівку на нуль для вимірювання калібру НЕ. Виміряти калібр НЕ. Перевірити налаштування голівки на нуль аналогічно п. 4.

Таблиця 3.2.

Результати вимірювання

Дійсний розмір блоку	Показання вимірювальної голівки		Середнє значення налаштування
	За шкалою налаштування	При перевірці після вимірювання	

6. Розрахувати дійсні розміри калібрів НЕ та ПР з врахуванням поправки на розмір блоку кінцевих мір.
7. Розрахувати відхилення форми кожного з калібрів та дати висновок про придатність кожної зі сторін калібру, порівнюючи дійсні розміри калібрів та відхилення їх форми з граничнодопустими.

### Форма звіту

1. Найменування, мета роботи, обладнання та інструмент, порядок виконання.
2. Таблиці експериментальних даних
3. Схема розташування полів допуску калібру
4. Висновки.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

## ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ ТА КУТОВИХ РОЗМІРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МІКРОСКОПУ

Мета роботи: вивчення методи та техніки вимірювання зовнішньої різьби на великому інструментальному мікроскопі БМІ.

Обладнання та інструмент: великий інструментальний мікроскоп, об'єкт вимірювання (різьбова калібр-пробка).

### Методичні рекомендації

Великий інструментальний мікроскоп БМІ (далі мікроскоп) призначено для вимірювання лінійних та кутових розмірів різних різьбових виробів, різального інструменту, профільних шаблонів та інших аналогічних деталей в в прохідному та відбитому світлі в прямокутної і полярної системах координат. Технічні характеристики мікроскопу наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Технічні характеристики мікроскопу

Діапазон вимірювання лінійних розмірів	
в повздовжньому напрямку, мм	0-150
в поперечному напрямку, мм	0-75
Діапазон свідчень мікрогвинтів, мм	0-25
Ціна поділки мікрогвинтів, мм	0,005
Діапазон вимірювання кутових розмірів, град	0-360
Гранична похибка, мм	$\pm 0,003$

Прилад живиться від мережі змінного струму напругою 220 В. Освітлювач кутовий шкали напругою 6,3 В вмикається в мережу через понижуючий трансформатор. Установку мікроскопа БМІ в горизонтальній площині проводять за допомогою трьох опорних гвинтів за рівнем.

Круглий поворотний стіл 4 (рис. 4.1.) мікроскопа, встановлений на основі, обретається в горизонтальній площині маховиком 15 та стопориться рукояткою 3 в необхідному положенні. Стіл 4 переміщується в поперечному напрямку за допомогою мікрометричного гвинта 2, а в поздовжньому - за допомогою мікрометричного гвинта 14. Вимірювану деталь встановлюють на предметному столі 4 за допомогою двох центрових бабок 5 і висвітлюють проходять світлом від освітлювача 12. Для роботи у відбитому світлі встановлюють додатковий

освітлювач на кронштейн 7. Колонку 11 спільно з кронштейном 7 можна нахилити в вертикальній площині маховиком нахилу 13.

Кронштейн 7 переміщується по колонці 11 під час обертання маховика 9 і стопориться гвинтом 10. Кільце 6 використовується для фокусування тубуса мікроскопа, а окулярна голівка 8 - для відліку лінійних і кутових розмірів. У середині окулярної головки 8 є скляна пластина зі штриховою сіткою (рис. 4.2.) і лімб, розділений по колу на  $360^\circ$  (рис. 4.3). Пластинка з штриховий сіткою і лімб кутомірної шкали жорстко зв'язані між собою і мають загальний центр обертання, який знаходиться на оптичній осі мікроскопа. Штрихову сітку спостерігають в центральний окуляр мікроскопа 16, а градусну і хвилинну шкали - в окуляр відлікового мікроскопа 17 на голівці 8 (див. рис. 4.1).

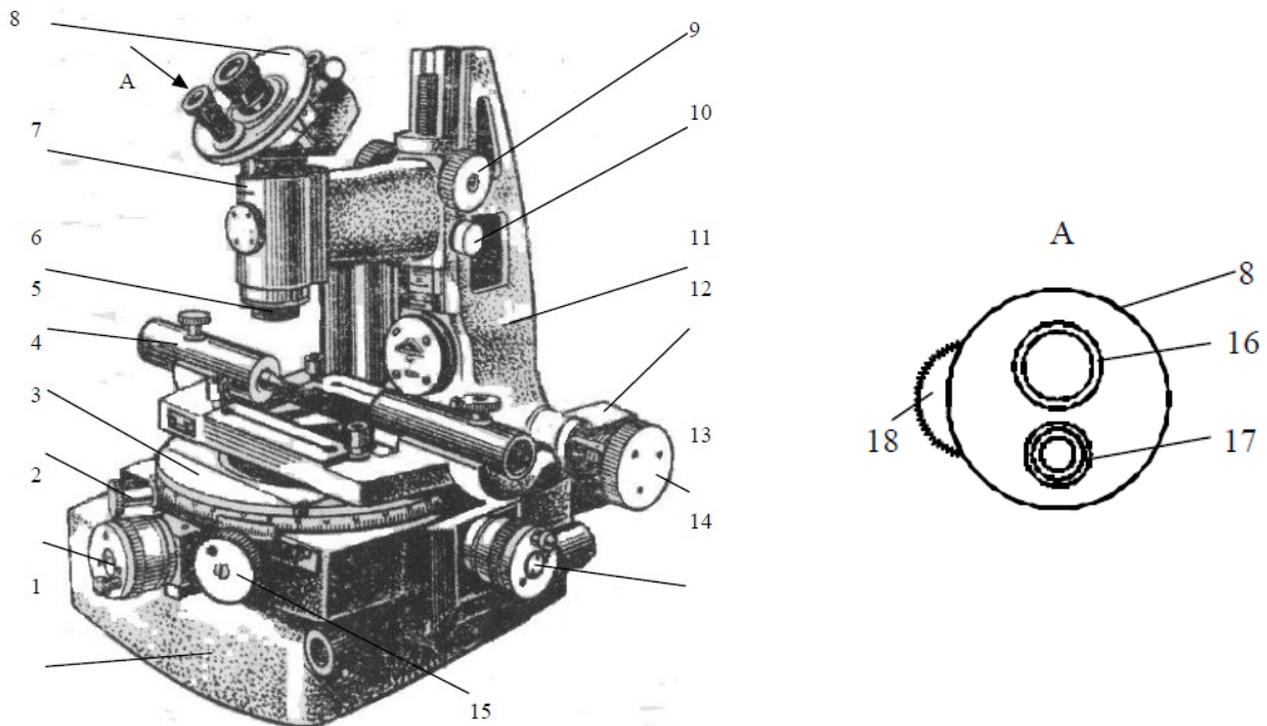


Рис. 4.1. Великий інструментальний мікроскоп

1 – основа, 2 – мікрометричний гвинт поперечної подачі, 3 – рукоятка кріплення столу, 4 – круглий предметний столик, 5 – центрова бабка, кільце фокусування тубуса, 7 – кронштейн з тубусом, 8 – штрихова окулярна голівка відліку з відліковим мікроскопом кутомірної шкали, 9 – маховик переміщення кронштейну, 10 – стопорний гвинт, 11 – колонка, 12 – освітлювач, 13 – маховик нахилу колонки, 14 – мікрометричний гвинт повздовжньої подачі, 15 – маховик повороту столу, 16 – центральний окуляр, 17 – окуляр кутомірного мікроскопу, 18 – маховик кутомірної шкали.

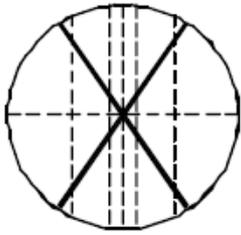


Рис. 4.2. Штрихова сітка

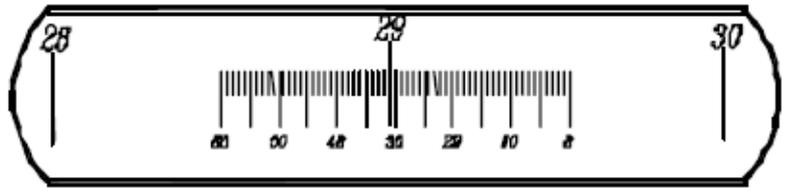


Рис. 4.3. Градусна та хвилинна шкали

### Вимірювання різьби за допомогою інструментального мікроскопу

Перед початком вимірювання штрихову сітку встановлюють обертом маховика 18 в положення. Яке відповідає нульовому відліку по кутовій шкалі (нуль шкали хвилин співпадає з нулем шкали градусів). В такому положенні горизонтальна лінія штрихової сітки паралельна напрямку повздовжнього переміщення столу, а вертикально – напрямку поперечного переміщення столу.

Для вимірювання лінійних розмірів встановлюють та закріплюють деталь, яка вимірюється в центрових бабках 5. Обертанням маховика 9 наводять різкість зображення. Суміщають за допомогою мікрогвинта 2 поперечної подачі горизонтальну лінію штрихової сітки з лінією виступів (для вимірювання зовнішнього діаметру  $d$ ) або лінії западин (при вимірюванні внутрішнього діаметру  $d_1$ ). В цьому положенні виконують перший відлік по барабану мікрогвинта 2 поперечної подачі. Потім обертаючи мікрогвинт 2, переводять зображення деталі, яка вимірюється, таким чином, щоб горизонтальна лінія штрихової сітки була суміщенні з протилежною стороною різьби (рис. 4.4.) Проводять другий відлік по барабану мікрогвинта 2 поперечної передачею.

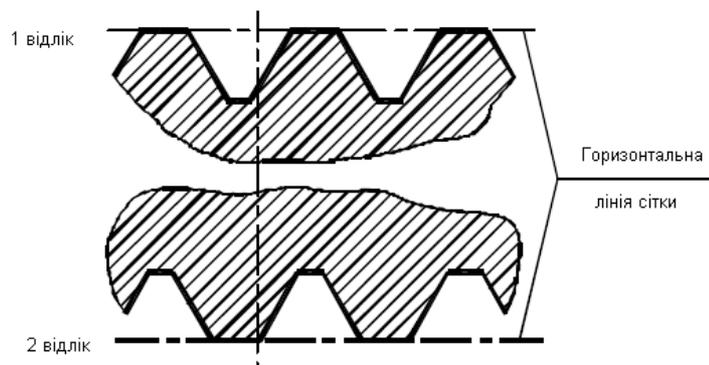


Рис. 4.4. Схема вимірювання діаметральних розмірів

Приклад: перший відлік – 23,895 мм; другий відлік – 8,040 мм, тоді дійсний розмір  $d = 23.895 - 8.040 = 15.855$  мм.

Крок різьби  $P$  вимірюють по черзі між однойменними профілями. Проводять вимірювання або одного кроку різьби, якщо крок достатньо великий, або визначеної

кількості кроків  $k$ . В цьому випадку величину, яка вимірюється позначають  $P_k$ . Для отримання різкості зображення контуру різьби колонку 11 мікроскопу нахиляють маховиком 13 на кут підйому різьби  $\psi$ , який визначають за формулою:

$$\psi = \arctg \frac{P}{\pi d_2^H} \quad (4.1)$$

де  $P$  - номінальний крок різьби, мм;  $d_2^H$  - номінальний середній діаметр різьби, мм (див. додаток 3, таблиця 1).

Для компенсації помилок перекосу осі різьби відносно горизонтальної і вертикальної площин вимір кроку проводять по правим і лівим сторонам профілю різьби на двох протилежних (верхній і нижній в поле зору окуляра) сторонах профілю (рис. 4.5, а). Середнє арифметичне з чотирьох отриманих результатів вимірювань приймають за дійсний розмір кроку  $P_a$  на даній ділянці різьби:

$$P_a = \frac{P_{1k} + P_{2k} + P_{3k} + P_{4k}}{4k} \quad (4.2)$$

Для вимірювання половини кута профілю  $\alpha/2$  різьби різбову калібр-пробку встановлюють так (рис. 4.5. б), щоб центр штрихової сітки співпадав з вершиною кута, який вимірюють (кутове положення штрихової сітки відповідає нульовому відліку за градусною та хвилинною шкалами). Потім за допомогою маховика 18 суміщають центральну вертикальну лінію сітки з бічною стороною профілю різьби, яка утворює кут, який вимірюється. Знімають відлік за градусною та хвилинною шкалами відлікового мікроскопу.



Рис. 4.5. Схема вимірювання кроку (а) та половини кута профілю (б)

Вимірюванням половини кута профілю різьби  $\alpha/2$  встановлюють не тільки значення  $\alpha$ , але й перекіс різьби (нахил профілю до вісі різьби), який може утворюватись при нарізуванні різьби внаслідок неправильного встановлення різьбонарізного інструменту.

Для вимірювання кута  $\alpha/2$  колонку 11 мікроскопу нахиляють на кут підйому різьби  $\psi$ , як й при вимірюванні кроку.

Для компенсації помилок вимірювання кута, які викликані не співпадінням вісі різьби з напрямком повздовжнього переміщення столу, як правий  $\alpha_{\text{пра}}/2$ , так і лівий  $\alpha_{\text{лів}}/2$  кути вимірюють з обох сторін різьби. Далі розраховують середні значення:

$$\frac{\alpha_{\text{лів}}}{2} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}, \quad \frac{\alpha_{\text{пра}}}{2} = \frac{\alpha_3 + \alpha_4}{2}, \quad \alpha = \frac{\alpha_{\text{пра}} + \alpha_{\text{лів}}}{2} \quad (4.3)$$

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію інструментального мікроскопу
2. Виконати налаштування інструментального мікроскопу
3. Встановити різьбову пробку в центрах предметного столу
4. Виміряти зовнішній діаметр  $d$  та внутрішній діаметр  $d_1$ . Багатократне вимірювання здійснюють з числом одиничних вимірювань  $n \geq 5$ . Розраховувати середнє арифметичне значення для отриманих значень  $d$  та  $d_1$ . Результати вимірювань та розрахунків занести в таблицю 4.2.
5. Розраховувати кут підйому різьби  $\psi$ . Нахилити колонку мікроскопу на кут  $\psi$ .
6. Виміряти розміри  $P_{k1} \dots P_{k4}$  при  $k = 3 \div 5$ . Розрахувати дійсний крок різьби  $P_o$ . Результати розрахунку занести до таблиці 4.3.
7. Виміряти розміри  $\alpha_1/2 \dots \alpha_4/2$ . Розрахувати дійсне значення кута  $\alpha/2$  та результати заносять до таблиці 4.4.
8. Визначити граничні значення  $d, d_1, P, \alpha/2$  за кресленням різьбової пробки та занести їх в таблицю.
9. Зробити висновок про придатність калібру-пробки по визначеним параметрам.

### Форма звіту:

1. Найменування, мета роботи, обладнання та інструмент, порядок виконання.
2. Таблиці експериментальних даних
3. Висновки.

Таблиця 4.2.

## Результати вимірювання діаметрів, мм

№ п/п	Перший відлік	Другий відлік	$d_i$	Перший відлік	Другий відлік	$d_i$
1						
2						
3						
4						
5						
Середнє значення	$d = \frac{\sum_{i=1}^5 d_i}{5}$			$d_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 d_{1i}}{5}$		
Граничне значення	$d_{\max}$		$d_{\min}$	$d_{\max}$		$d_{\min}$
Висновок про придатність калібру-пробки						

Таблиця 4.3.

## Результат вимірювання кроку, мм

Перший відлік		Перший відлік		Перший відлік		Перший відлік	
Другий відлік		Другий відлік		Другий відлік		Другий відлік	
$P_{1k}$		$P_{2k}$		$P_{3k}$		$P_{4k}$	
$P_k$				$P_o$			
Граничні значення		$P_{\max}$	$P_{\min}$	Висновок про придатність калібру-пробки за кроком P			

Таблиця 4.4

## Результат вимірювання кута, град

$\alpha_1/2$		$\alpha_2/2$		$\alpha_3/2$		$\alpha_4/2$	
$\alpha_{\text{лів}}/2$		$\alpha_{\text{прав}}/2$			$\alpha/2$		
Граничні значення		$\alpha/2_{\max}$	$\alpha/2_{\min}$	Висновок про придатність калібру-пробки за кутом профілю $\alpha/2$			

## ЛІТЕРАТУРА

1. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы: Учебник для вузов. – М.: “Энергоатомиздат”, 1985
2. Чемодаков АЛ. Описание структуры и алгоритмов функционирования информационно-измерительных систем. Методическое пособие. – ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского: Владивосток. 2008 г. – 18с.
3. Васілевський О.М. Основи теорії невизначності вимірювань : підручник / О.М. Васілевський, В.Ю. Кучерук, Є.Т. Володарський. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 230 с.
4. Основи метрології та вимірювальної техніки [Текст]: у 2т.: навч.посіб. / В.Д. Ціделко, Н.А. Яремчук, С.А. Затока та ін.. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 1т. – 236 с.
5. ДСТУ ГОСТ 8.549:2009 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Похибки, що допускаються при вимірюванні лінійних розмірів до 500 мм з невказаними допусками. – Введ. 01.10.2008. К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 24 с.
6. ДСТУ ГОСТ 166:2009 Штангенциркули. Технические условия (ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76), IDT) – Введ. 01.12.2009. К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 40 с.
7. ГОСТ-162-90 Штангенглубиномеры. Технические условия. – Введ. 01.06.2001. К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 11 с.
8. ДСТУ ГОСТ 6507:2009. Мікрометри. Технічні умови (ГОСТ 6507-90)
9. ГОСТ 25347-82 Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки. – Введ. 01.07.1983. К.: Держспоживстандарт України, 1983. – 63 с.
10. ДСТУ ISO 286-2:2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилів отворів і валів. Видання офіційне. -К.: Держстандарт України, 2002.
11. Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски. (1983). ГОСТ 24853-81. Межгосударственный стандарт. Москва. ИПК. Издательство стандартов

12. Якимчук Г.К. Взаємозамінність, стандартизація, метрологія та технічні вимірювання / Якимчук Г.К., Кирилюк, Ю.Є., Саранча, Г.А. - підручник - К.: Основа, 2006.- 560 с.

## **ДОДАТКИ**

Допустимі похибки вимірювання  $\delta$  (мкм) в залежності від допуску  $T(IT)$  за ДСТУ ГОСТ 8.549:2009

Номінальні розміри	Квалітети							
	2	3	4	5	6	7	8	9
	IT $\delta$							
Св. 1 до 3	1,0; 0,4	2,0; 0,8	3,0; 1,0	4,0; 1,4	6,0; 1,8	10,0; 3,0	14,0; 3,0	25,0; 6,0
“3 до 6	1,5; 0,6	2,5; 1,0	4,0; 1,4	5,0; 1,6	8,0; 2,0	12,0; 3,0	18,0; 4,0	30,0; 8,0
“6 до 10	1,5; 0,6	2,5; 1,0	4,0; 1,4	6,0; 2,0	9,0; 2,0	15,0; 4,0	22,0; 5,0	36,0; 9,0
“10 до 18	2,0; 0,8	3,0; 1,2	5,0; 1,6	8,0; 2,8	11,0; 3,0	18,0; 5,0	27,0; 7,0	43,0; 10,0
“18 до 30	2,5; 1,0	4,0; 1,4	6,0; 2,0	9,0; 3,0	13,0; 4,0	21,0; 6,0	33,0; 8,0	52,0 12,0
“30 до 50	2,5; 1,0	4,0; 1,4	7,0; 2,4	11,0; 4,0	16,0; 5,0	25,0; 7,0	39,0;10,0	62,0; 16,0
“50 до 80	3,0; 1,2	5,0; 1,8	8,0; 2,8	13,0; 4,0	19,0; 5,0	30,0; 9,0	46,0; 12,0	74,0; 18,0
“80 до 120	4,0; 1,6	6,0; 2,0	10,0; 3,0	15,0; 5,0	22,0; 6,0	35,0; 10,0	54,0; 12,0	87,0; 20,0
“120 до 180	5,0; 2,0	8,0; 2,8	12,0; 4,0	18,0; 6,0	25,0; 7,0	40,0; 12,0	63,0; 16,0	100,0; 30,0
“180 до 250	7,0; 2,8	10,0; 4,0	14,0; 5,0	20,0; 7,0	29,0; 8,0	46,0; 12,0	72,0; 18,0	115,0; 30,0
“250 до 315	8,0; 3,0	12,0; 4,0	16,0; 5,0	23,0; 8,0	32,0; 10,0	52,0; 14,0	81,0; 20,0	130,0; 30,0
“315 до 400	9,0; 3,0	13,0; 5,0	18,0; 6,0	25,0; 9,0	36,0; 10,0	57,0; 18,0	89,0; 24,0	140,0; 40,0
“400 до 500	10,0; 4,0	15,0; 5,0	20,0; 6,0	27,0; 9,0	40,0; 12,0	63,0; 18,0	97,0; 26,0	155,0; 40,0

Продовження таблиці 1.

Номінальні розміри	Квалітети						
	10	11	12	13	14	15	16
	IT δ	IT δ	IT δ	IT δ	IT δ	IT δ	IT δ
Св.1 до 3	40,0; 8,0	60,0; 12,0	100,0; 20,0	140,0; 30,0	250,0; 50,0	400,0; 80,0	600,0; 120,0
“3 до 6	48,0; 10,0	75,0; 16,0	120,0; 30,0	180,0; 40,0	300,0; 60,0	480,0; 100,0	750,0; 160,0
“6 до 10	58,0; 12,0	90,0; 18,0	150,0; 30,0	220,0; 50,0	350,0; 80,0	580,0; 120,0	900,0; 200,0
“10 до 18	70,0; 14,0	110,0; 30,0	180,0; 40,0	270,0; 60,0	430,0; 90,0	700,0; 140,0	1100,0; 240,0
“18 до 30	84,0; 18,0	130,0; 30,0	210,0; 50,0	330,0; 70,0	520,0; 120,0	840,0; 180,0	1300,0; 280,0
“30 до 50	100,0; 20,0	160,0; 40,0	250,0; 50,0	390,0; 80,0	620,0; 140,0	1000,0; 200,0	1600,0; 320,0
“50 до 80	120,0; 30,0	190,0; 40,0	300,0; 60,0	460,0; 100,0	740,0; 160,0	1200,0; 240,0	1900,0; 400,0
“80 до 120	140,0; 30,0	220,0; 50,0	350,0; 70,0	540,0; 120,0	870,0; 180,0	1400,0; 280,0	2200,0; 440,0
“120 до 180	160,0; 40,0	250,0; 50,0	400,0; 80,0	630,0; 140,0	1000,0; 200,0	1600,0; 320,0	2500,0; 600,0
“180 до 250	185,0; 40,0	290,0; 60,0	460,0; 100,0	720,0; 160,0	1150,0; 240,0	1850,0; 380,0	2900,0; 600,0
“250 до 315	210,0; 50,0	320,0; 70,0	520,0; 120,0	810,0; 180,0	1300,0; 260,0	2100,0; 440,0	3200,0; 700,0
“315 до 400	230,0; 50,0	360,0; 80,0	570,0; 120,0	890,0; 180,0	1400,0; 280,0	2300,0; 460,0	3600,0; 800,0
“400 до 500	250,0; 50,0	400,0; 80,0	630,0; 140,0	970,0; 200,0	1550,0; 320,0	2500,0; 500,0	4000,0; 800,0

Таблиця 2.

## Відносна похибка вимірювання

Квалітет	Відносна похибка вимірювання
2-7	16
8, 9	12
10 та більше	10

Таблиця 3.

Граничні значення параметрів  $m$ ,  $n$ ,  $c/IT$  за ДСТУ ГОСТ 8.549:2009

Амет <sub>(с)</sub>	$m$ , %	$n$ , %	$c/IT$
1.6	от 0,37 до 0,39	от 0,7 до 0,75	0,01
3	0,87 – 0,9	1,2 – 1,3	0,03
5	1,6 – 1,7	2,0 – 2,25	0,06
8	2,6 – 2,8	3,4 – 3,7	0,1
10	3,1 – 3,5	4,5 – 4,75	0,14
12	3,75 – 4,1	5,4 – 5,8	0,17
16	5,0 – 5,4	7,8 – 8,25	0,25

Примітка: Граничні значення параметрів  $m$ ,  $n$ ,  $c/IT$  враховують вплив тільки випадкової складової похибки вимірювання.

Таблиця 4.

## Характеристики засобів вимірювання лінійних розмірів

Найменування	Тип або модель	Діапазон вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	Похибка вимірювання, мм	Стандарт
1	2	3	4	5	6
Штангенциркуль	ШЦ-I-125	0-125	0,1	±0,1	ДСТУ ГОСТ 166:2009 (ИСО 3599-76)
	ШЦ-I-150	0-150	0,05; 0,1	±0,05; ±0,1	
Штангенглибиномір	ШГ-160	0-160	0,05	±0,05	
	ШГ-200	0-200	0,05	±0,05	

1	2	3	4	5	6
Мікрометр	МК гладкі, кл. 1.	0-25	0,01	±0,002	ГОСТ 6507:2009 ДСТУ ГОСТ 6507:2009 ГОСТ-162-90
		25-50; 50-75; 75-100		±0,0025	
		100-125; 125- 150		±0,003	
	МК гладкі кл. 2	0-25; 25-50; 50-75; 75-100	0,01	±0,004	
100-125; 125- 150		±0,005			
Нутроміри мікрометричні	НМ-75	50-75	0,01	±0,004	ГОСТ 10-88
	НМ- 175	75-175		±0,006	
	НМ- 600	75-600		±0,008	
Нутроміри індикаторні	НИ-10	6-10	0,01	±0,012	ГОСТ 868-82
	НИ-18	10-18		±0,015	
	НИ- 50А	18-50		±0,015	
	НИ- 100-1	50-100		±0,018	

## Допустимі відхилення температури от 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

Таблиця 2

Значення коефіцієнту  $t_p(n)$  для обраної ймовірності  $P$  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

Таблиця 3

## Допустимі похибки мікрометру за ДСТУ ГОСТ 6507:2009

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

Формули визначення номінального середнього діаметру різьби  
 $d_2^H(D_2^H)$ , мм (ГОСТ 24705-81)

Крок різьби, $P$	$d_2^H(D_2^H)$
1,5	$d - 1 + 0.026$
1,75	$d - 1 + 0.863$
2,0	$d - 2 + 0.701$
2,5	$d - 2 + 0.376$
3,0	$d - 2 + 0.051$
3,5	$d - 3 + 0.727$
4,0	$d - 3 + 0.402$
4,5	$d - 3 + 0.077$
5,0	$d - 4 + 0.752$
5,5	$d - 4 + 0.428$