

Методичні вказівки
до лабораторної роботи з курсу
«Стандартизація, метрологія, сертифікації та управління якістю»

Методичні вказівки мають за мету ознайомити студентів із основними групами нормованих метрологічних характеристик (МХ) засобів вимірювання, критеріями раціонального вибору комплексів МХ, виходячи із специфіки призначення засобів вимірювання й техніко-економічного обґрунтування, способами нормування та представлення МХ у нормативно-технічній документації.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Метрологічні характеристики засобів вимірювання	5
1.1 Загальні положення	5
1.2 Номенклатура метрологічних характеристик	6
1.3 Способи нормування метрологічних характеристик	10
2 Прості вимірювальні засоби	12
2.1 Штангенінструменти	12
2.1.1 Штангенциркулі (ДСТУ ГОСТ 166:2009)	12
2.2 Мікрометричні інструменти	17
2.2.1 Мікрометр (ДСТУ ГОСТ 6507:2009)	17
3 Основні етапи виконання роботи	24
4 Контрольні запитання	25
Перелік посилань	26

ВСТУП

Доцільність застосування будь-якого засобу вимірювальної техніки (ЗВТ) у процесі вимірювання зумовлюють його метрологічні характеристики (МХ). Відсутність відомостей про них чи недостатня достовірність їх оцінювання повністю або частково спотворює отриману в результаті вимірів інформацію щодо технічного стану досліджуваних об'єктів, показників якості продукції, ефективності технологічних процесів тощо.

Так, наприклад, занижена оцінка похибок вимірів може зумовити некоректні висновки на певних етапах наукових досліджень чи помилкові рішення у випробуваннях технічних об'єктів тощо.

І навпаки, завищенні оцінки похибок вимірів, як правило, викликають необґрунтовані затрати на проведення вимірювального експерименту, розроблення, промислове виготовлення й експлуатацію засобів вимірювання.

Таким чином нормування метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) є важливим.

Методичні вказівки мають за мету ознайомити студентів із номенклатурою метрологічних характеристик, критеріями раціонального вибору комплексів МХ із врахуванням особливостей призначення засобів вимірювання і техніко-економічного їх обґрунтування, способами нормування та представлення МХ у нормативно-технічній документації.

1 МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАНЬ

1.1 Загальні положення

Будь-який засіб вимірювальної техніки володіє цілком визначеними, властивими лише йому технічними характеристиками: діапазоном вимірів, класом точності, швидкодією, чутливістю, роздільною здатністю, надійністю, економічністю тощо.

Характеристики властивостей засобів вимірювання, які впливають на результат і похибки вимірів називають *метрологічними характеристиками*. Їх використовують для визначення результатів вимірів, оцінювання інструментальних складових похибок вимірів, оптимального підбору засобів вимірювання, забезпечення відповідних показників технічного стану та якості як засобів вимірювання, так і вимірювального процесу загалом.

Нормування метрологічних характеристик полягає у раціональному виборі й законодавчому затвердженні номенклатури (переліку) МХ, встановленні норм відхилень дійсних метрологічних властивостей ЗВ від їх номінальних значень.

Характеристики, які визначено нормативно-технічними документами¹ (НТД) на той чи інший ЗВ, називають *нормованими метрологічними характеристиками (НМХ)*.

Для засобів вимірювання певного виду або типу, відповідно до специфіки їх призначення, умов застосування, техніко-економічного обґрунтування нормують лише певний *комплекс МХ*. Він повинен бути достатнім для визначення результатів вимірів та оцінювання інструментальних складових похибок вимірів із встановленою точністю. Водночас, необхідно забезпечити контроль метрологічних характеристик, які входять до вибраного комплексу, із прийнятними економічними затратами.

Номенклатуру метрологічних характеристик, форми їх представлення й способи нормування у НТД, а також особливості вибору комплексів

¹ Нормативно технічні документи: стандарти загальних технічних вимог на ЗВ, технічні умови на ЗВ, технічні завдання на розроблення ЗВ тощо.

нормованих метрологічних характеристик для конкретних типів засобів вимірювання регламентує ДСТУ ГОСТ 8.009-2008 «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений».

2.2 Номенклатура метрологічних характеристик

Існує шість груп метрологічних характеристик ЗВТ, серед яких:

- характеристики, за якими визначають результат вимірювання;
- характеристики, за якими оцінюють точність ЗВТ;
- характеристики чутливості ЗВТ до впливних (невимірюваних) величин (характеристики додаткових складових похибки ЗВТ);
- динамічні характеристики ЗВТ;
- характеристики взаємодії ЗВТ з об'єктами дослідження та навантаження;
- неінформативні параметри вихідного сигналу ЗВТ.

До групи характеристик, за якими визначають результат виміру належать:

функція перетворення ЗВТ – це функціональна залежність, яку використовують для визначення інформативного параметра вихідного сигналу Y вимірювального перетворювача за відомим значенням інформативного параметра його вхідного сигналу X (або навпаки):

$$Y = f(X) \quad (2.1)$$

У НТД нормують *номінальну функцію перетворення* для будь-якого екземпляру вимірювального перетворювача відповідного типу аналітично (рівнянням), у вигляді таблиці або графіка.

Інтервал поділки шкали – це відстань між осями симетрії двох сусідніх

штрихів шкали.

Ціна поділки шкали – це значення вимірюваної величини, що відповідає одній поділці шкали.

Діапазон вимірів за шкалою приладу (діапазон показів) – область значень шкали, обмежена її початковим та кінцевим значенням.

Діапазон вимірів – область значення вимірюваної величини, в межах якої допустимі похибки засобу вимірювання нормовані.

Межі вимірів приладу – це найбільше і найменше значення величини, яку можна виміряти даним приладом без перевищення допустимих похибок.

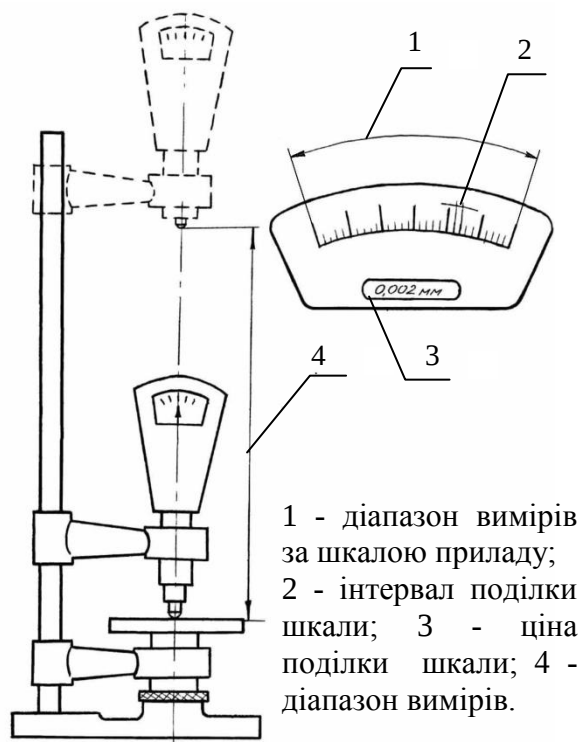


Рисунок 2.1

Група метрологічних характеристик, за якими оцінюють точність ЗВТ містить наступні характеристики:

- варіація (нестабільність) показів;
- похибка виміру;
- допустима похибка ЗВТ;
- гранична похибка виміру.

Варіація (нестабільність) показів – найбільша, отримана експериментально, різниця між окремими результатами багаторазових вимірювань однієї і тієї ж величини при незмінних зовнішніх умовах.

Похибка виміру – алгебраїчна різниця між показами приладу та дійсним значенням вимірюваної величини.

Допустима похибка ЗВТ – найбільша (без урахування знака) похибка засобу вимірювальної техніки, за якої ЗВТ вважають придатним для вимірювання.

Гранична похибка виміру є сукупністю похибок, серед яких:

- а) похибка показів вимірювального приладу;
- б) похибка установчих мір;
- в) температурна похибка;
- г) похибка, викликана вимірюваним зусиллям;
- д) похибка, зумовлена станом поверхні об'єкта вимірювання тощо.

Для характеристики *систематичної складової* похибки засобу вимірювання використовують: *значення систематичної складової похибки* або

σ_s

M_s

математичне сподівання і *середнє квадратичне відхилення* систематичної складової похибки.

Характеристиками *випадкової складової похибки* ЗВ є одна з наступних:

σ

- середнє квадратичне відхилення випадкової складової похибки ;
- варіація вхідного сигналу.

До *характеристик чутливості* належать:

- передаточне відношення;
- поріг чутливості;
- роздільну здатність засобу вимірювання та інш.

Передаточне відношення (чутливість) S – відношення зміни сигналу на виході засобу вимірювання до зміни вимірювальної величини. Чутливість

характеризує здатність приладу реагувати на зміну вхідного сигналу. Розрізняють *абсолютну* та *відносну* чутливість.

Абсолютна чутливість дорівнює похідній функції перетворення засобу вимірювання S :

$$S = \frac{dY}{dx}, \quad (2.2)$$

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta x}, \quad (2.3)$$

Наближену рівність для визначення чутливості через скінченні прирости Δx , ΔY використовують для експериментального визначення чутливості. Наприклад, переміщенню вимірювального наконечника пружинної головки (ВГП) на величину 0,5 мкм відповідає переміщення покажчика на одне ділення шкали, яке рівне 1 мм. Чутливість цього приладу рівна $1000:0,5=2000$.

Іноді для оцінювання характеристик чутливості застосовують *відносну чутливість*:

$$S = \frac{\Delta Y}{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)}. \quad (2.4)$$

Поріг чутливості – найменша зміна вхідного сигналу, яка викликає зміну вихідного сигналу (найменше переміщення вимірювального стержня, здатне викликати зміну в показах приладу).

Динамічні характеристики засобів вимірювання характеризують інерційні властивості приладів. Їх визначають як залежність вихідного сигналу від зміни в часі параметрів вхідного сигналу.

До цієї групи характеристик належать:

- ✓ імпульсна характеристика;
- ✓ перехідна характеристика;
- ✓ диференціальне рівняння;
- ✓ передаточна функція

Імпульсна характеристика $g(t)$ – показує реакцію (зміну) вихідного сигналу ЗВ на одиничний миттєвий імпульс, який називають дельта-функцією $\delta(t)$ або функцією Дірака.

Перехідна характеристика $h(t)$ – реакція на одиничний ступінчатий сигнал або функцію Хевісайда.

Диференціальне рівняння – рівняння, що пов'язує вхідний сигнал та параметри, які характеризують властивості засобу вимірювання.

Передавальна функція $K(p)$ – відношення операторних виразів вихідної величини $Y(p)$ до вхідної $x(p)$:

$$K(p) = \frac{Y(p)}{x(p)}, \quad (2.5)$$

Вхідний та вихідний сигнали ЗВ характеризуються *інформативними та неінформативними параметрами*. **Інформативний параметр** вхідного сигналу є вимірювальною величиною або величиною, функціонально пов'язаною з нею. **Неінформативний параметр** не пов'язаний із вимірювальною величиною, але впливає на метрологічні параметри засобу вимірювання (наприклад, на похибку). Так, при зміні амплітуди напруги інформативним параметром є амплітуда сигналу, неінформативним – його частота.

2.3 Способи нормування метрологічних характеристик

Метрологічні характеристики, за якими визначають результат вимірювання нормують як *номінальні* для засобів вимірювання даного типу.

Характеристики систематичної складової похибки нормують *шляхом встановлення границь допустимої систематичної складової похибки* або *границь допустимої складової систематичної похибки, математичного*

M_c

сподівання і середнього квадратичного відхилення . Якщо границі допустимої систематичної складової похибки симетричні, то їх записують у вигляді .

Характеристики випадкової складової похибки нормують шляхом встановлення границі допустимого середнього квадратичного відхилення σ_c

випадкової складової похибки.

При нормуванні характеристики загальної похибки ЗВТ встановлюють межі допустимої похибки і границю допустимої варіації вихідного сигналу. Нормування інших характеристик, а також форми їх представлення регламентує ДСТУ ГОСТ 8.009-2008.

2 ПРОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ЗАСОБИ

2.1 Штангенінструменти

Штангенінструменти – це універсальні вимірювальні засоби, які широко застосовують у машинобудуванні, особливо в одиничному і дрібносерійному виробництві. Вони служать для проведення *контактних* вимірювань *прямим абсолютним* методом.

До групи **штангенінструментів** належать:

- штангенциркулі;
- штангенглибиноміри;
- штангенрейсмуси;
- штангензубоміри.

2.1.1 Штангенциркулі (ДСТУ ГОСТ 166:2009)

Штангенциркулі² (від нім. *Stangenzirkel*) **призначені** для вимірювання внутрішніх та зовнішніх розмірів до 2000 мм, а також пазів на зовнішніх і внутрішніх поверхнях, відстаней між осями отворів малих діаметрів і стінок труб.

Відліковий пристрій штангенциркуля. Відліковим пристроєм усіх штангенінструментів є *основна шкала* і *шкала ноніуса*.

Ноніус – це додаткова шкала, що служить для відліку часток поділок основної шкали. Принцип роботи шкали заснований на тому факті, що око набагато точніше помічає збіг поділок, чим визначає відносне розташування однієї поділки між іншими.

Розрахунок шкали ноніуса.

Вихідні дані для розрахунку:

- інтервал поділки основної шкали ***a***;

² Дерев'яні штангенциркулі використовувалися вже на початку XVII століття. Перші штангенциркулі з ноніусом з'явилися тільки в кінці XVIII століття в Лондоні.

- ціна поділки ноніуса i ;
- модуль ноніуса γ – число поділок основної шкали, яке відповідає одній поділці шкали ноніуса.

В результаті розрахунку *визначають*:

- число поділок ноніуса n ;
- інтервал поділки шкали ноніуса b ;
- довжину шкали ноніуса l ;

$$n = \frac{a}{i}; \quad (2.1)$$

$$b = \gamma \cdot a - i; \quad (2.2)$$

$$l = n \cdot b = n \cdot (\gamma \cdot a - i). \quad (2.3)$$

Послідовність відліку вимірів штангенциркуля зі шкал штанги і ноніуса:

- зчитують число A *цілих* міліметрів. Для цього знаходять на шкалі штанги штрих, найближчий зліва до нульового штриха ноніуса і запам'ятовують його числове значення;
- зчитують *частки* міліметра. Для цього на шкалі ноніуса знаходять штрих, найближчий до нульової поділки, який співпадає зі штрихом основної шкали штанги, і помножують його порядковий номер k на ціну поділки ноніуса i ;
- вираховують *повну величину показів* L штангенциркуля, для чого до числа цілих міліметрів A додають відраховані долі міліметра $k \cdot i$:

$$L = A + k \cdot i. \quad (2.4)$$

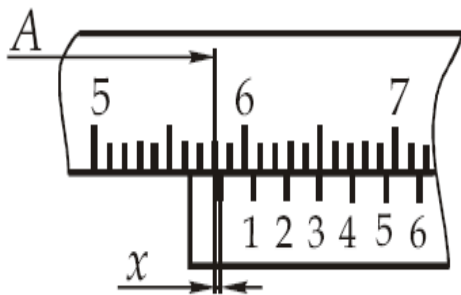


Рисунок 2.1

Таким чином, відлік вимірюваної величини L складається з відліку цілих поділок $A=58$ мм (рис. 2.1) за основною шкалою і відліку часток поділок за шкалою ноніуса (рис.2.1) $k \cdot i = 3 \cdot 0,1 = 0,3$ мм.

$$L = 58 + 0,3 = 58,3 \text{ мм.}$$

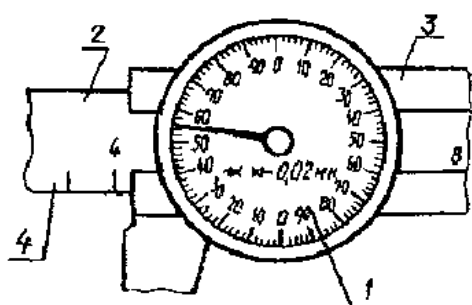
Основні *типи штангенциркулів* згідно з ДСТУ ГОСТ 166:2009:

- **I** – двосторонні з глибиноміром (рис. 2.2);
- **T-1** – односторонні з глибиноміром (рис. 2.3);
- **II** – двосторонні (рис. 2.4);
- **III** – односторонні (рис. 2.5).

Штангенциркулі оснащують пристосуваннями чи допоміжними вимірними поверхнями для розширення їх функціональних можливостей (вимірювання висоти, глибини, проведення розміточних робіт тощо). Типи II, III комплектують пристосуваннями для розмітки та пристроєм точного встановлення рамки – мікрометричною подачею (рис. 2.4).

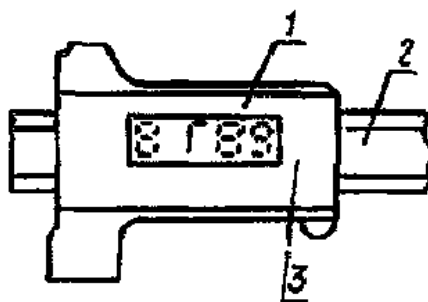
Згідно з ДСТУ ГОСТ 166:2009, штангенциркулі виготовляють:

- з відліком за шкалою ноніуса (ШЦ) (рис. 2.2–2.5);
- з відліком за круговою шкалою (ШЦК) (рис. 2.6);
- з цифровим відліковим пристроєм (ШЦЦ) (рис. 2.7).



1 - кругова шкала відлікового пристрою;
2 - штанга; 3 - рамка; 4 - шкала штанги

Рисунок 2.6

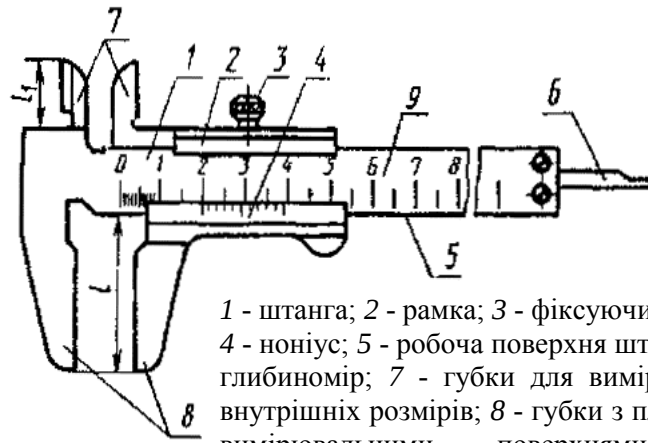


1 - цифровий відліковий пристрій; 2 - штанга; 3 – рамка

Рисунок 2.7

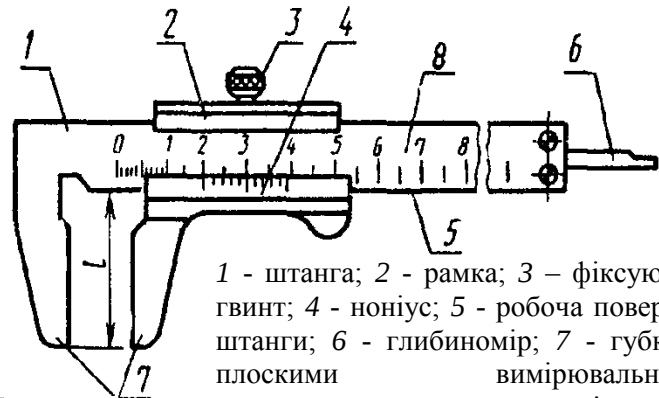
Перед початком вимірювання перевіряють правильність нульового положення штангенциркуля (нульові штрихи штанги та шкали ноніуса повинні співпадати). Далі приводять вимірні ніжки інструмента до контакту з вимірюваною поверхнею, слідкуючи при цьому, щоб не було перекосів. Для точного встановлення розміру користуються мікроподачею. Під час вимірювання *внутрішніх розмірів* штангенциркулями типів ШЦ–II, ШЦ–III до результатів вимірів *додають товщину* вимірних губок.

Діапазон вимірів, значення відліку за шкалою ноніуса, ціна поділки кругової шкали і крок дискретності цифрового відлікового пристрою штангенциркулів наведено в таблиці 2.1.



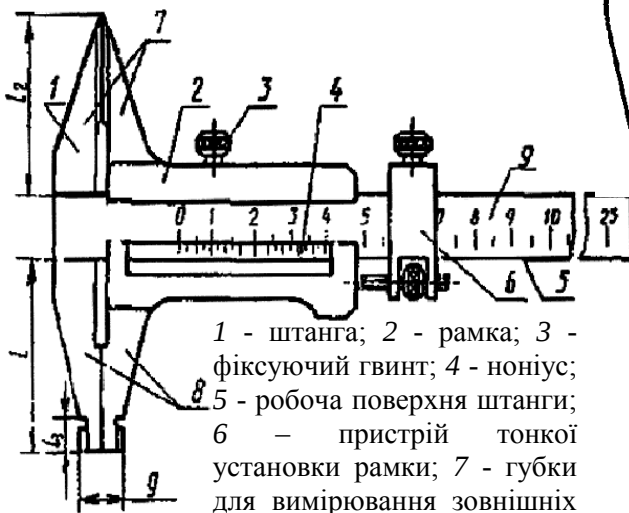
1 - штанга; 2 - рамка; 3 - фіксує гвинт;
4 - ноніус; 5 - робоча поверхня штанги; 6 -
глибиномір; 7 - губки для вимірювання
внутрішніх розмірів; 8 - губки з плоскими
вимірювальними поверхнями для
вимірювання зовнішніх розмірів

Рисунок 2.2



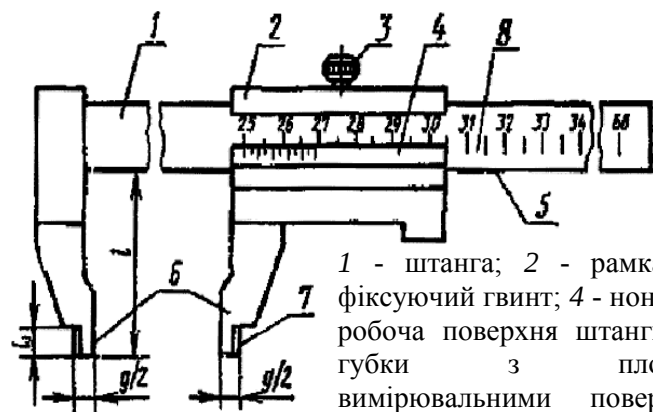
1 - штанга; 2 - рамка; 3 - фіксує гвинт; 4 - ноніус; 5 - робоча поверхня штанги; 6 - глибиномір; 7 - губки з плоскими вимірювальними поверхнями для вимірювання зовнішніх розмірів; 8 - шкала штанги

Рисунок 2.3



1 - штанга; 2 - рамка; 3 - фіксує гвинт; 4 - ноніус;
5 - робоча поверхня штанги; 6 - пристрій тонкої
установки рамки; 7 - губки
для вимірювання зовнішніх
розмірів; 8 - губки з
плоскими і циліндричними
вимірювальними
поверхнями для
вимірювання зовнішніх і
внутрішніх розмірів
відповідно; 9 - шкала
штанги

Рисунок 2.4



1 - штанга; 2 - рамка; 3 - фіксує гвинт; 4 - ноніус; 5 - робоча поверхня штанги; 6 - губки з плоскими вимірювальними поверхнями для вимірювання зовнішніх розмірів; 7 - губки з циліндричними вимірювальними поверхнями для вимірювання внутрішніх розмірів; 8 - шкала штанги

Рисунок 2.5

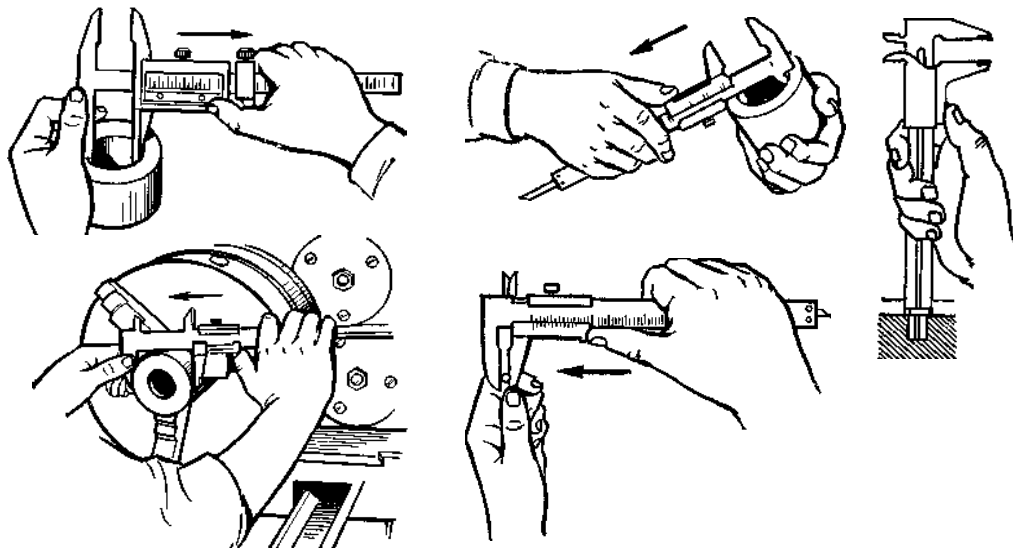


Рисунок 2.6 – Основні прийоми роботи зі штангенциркулями

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики штангенциркулів (ДСТУ ГОСТ 166:2009)

Діапазон вимірів штангенциркулів*, мм	Значення відліку за шкалою ноніуса, мм	Межі допустимої похибки штангенциркулів з відліком за ноніусом, (±) мм		Ціна поділки кругової шкали відлікового пристрою, мм	Крок дискретності цифрового відлікового пристрою, мм
		0,05	0,1**		
0 – 125	0,05; 0,1	0,05	0,1	0,02; 0,05; 0,1	0,01
0 – 135					
0 – 150					
0 – 160					
0 – 200					
0 – 250					
Примітка. * – характеристики інших типів штангенциркулів див. ДСТУ ГОСТ 166:2009; ** – 1 клас точності штангенциркулів					

2.2 Мікрометричні інструменти

Мікрометричні інструменти використовують для вимірювання абсолютним контактним методом внутрішніх і зовнішніх розмірів, глибин і висот. До них належать:

- мікрометри;
- мікрометричні глибиноміри;
- мікрометричні нутроміри.

2.2.1 Мікрометр (ДСТУ ГОСТ 6507:2009)

Будова мікрометра (від англ. *Micrometer*). Корпусом мікрометра (рис. 2.13) є скоба 1, на лівому кінці якої запресовано п'ятку 2, а на правому – вмонтовано

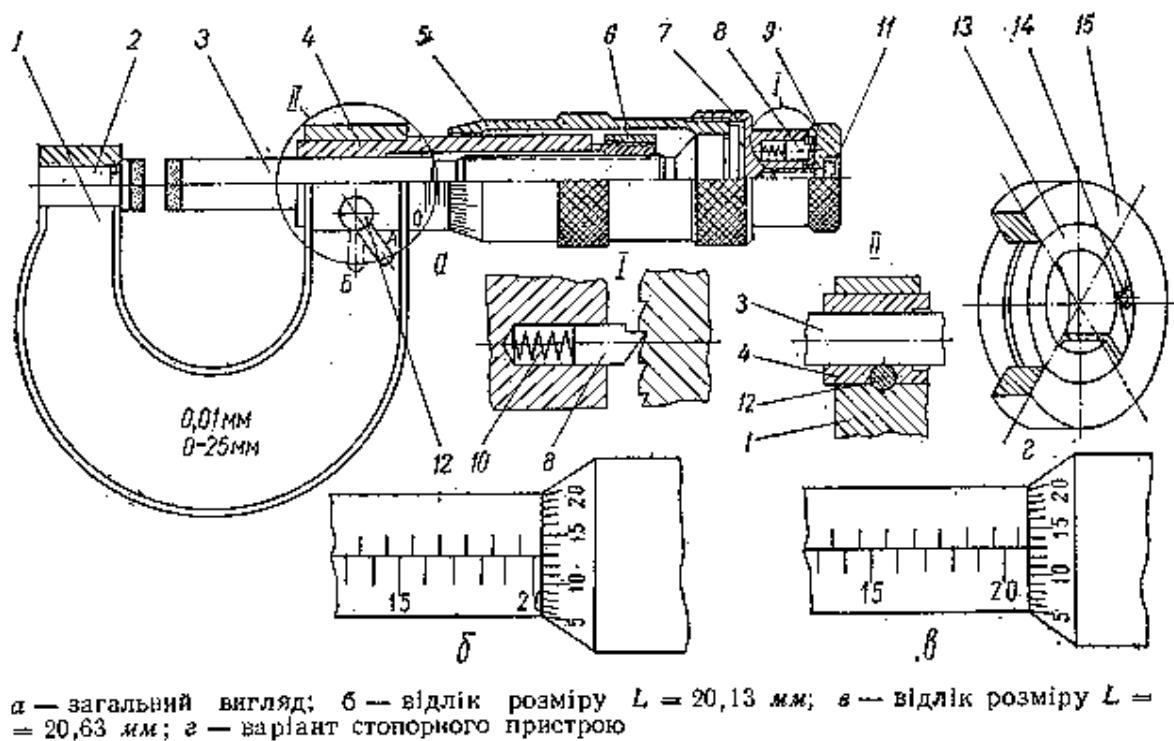


Рисунок 2.13 - Мікрометр

мікрометричну головку. Головка містить мікрогвинт 3, тріскачку 9 (для забезпечення відповідного вимірювального зусилля) та стебло 4. На фасонному циліндричному хвостовику мікрогвинта 3 закріплено барабан 5 з круговою шкалою ($n=50$ поділок). В корпусі тріскачки 9 розміщено пружину 10 і зуб 8 зі скошеним торцем, який під дією пружини притискається до зубчастої поверхні головки 9. При її обертанні крутний момент передається мікрогвинту, але як

тільки вимірювальне зусилля на кінці мікрогвинта перевищить зусилля, створене пружиною, зуб 9 почне проковзувати відносно зубчастої доріжки головки 9.

На зовнішню конічну різьбу стебла 4 нагвинчують гайку 6, за допомогою якої регулюють осьовий зазор мікрогвинта відносно гайки, що виникає в результаті зношення різьби.

Фіксує пристрій служить для закріплення мікрогвинта 3 і виконаний у вигляді ексцентричної осі та важеля 12. При повному повороті важеля вліво мікрогвинт притискається до корпусу стебла 4. Проте такий гальмівний механізм викликає значні перекоси гвинта 3.

Відліковий пристрій мікрометра. Принцип дії відлікового пристрою всіх мікрометричних інструментів ґрунтується на перетворенні кутових переміщень φ у лінійні l за допомогою мікрометричної гвинтової пари (гвинт-гайка). В ній осьове переміщення барабана 5 та мікрогвинта 3 за кожен оберт барабана дорівнює кроку гвинта S :

$$l = S \frac{\varphi}{2\pi}. \quad (2.4)$$

Якщо на стеблі 4, відносно якого обертається барабан 5, нанести поділки через крок, то за допомогою отриманої шкали можна легко визначити ціле число обертів барабана. На конічній частині барабана 5 нанесено шкалу, що має 50 поділок, причому поворот на одну поділку цієї шкали викличе осьове переміщення гвинта на $1/50$ частину кроку. Таким чином, точність відліку мікрометричних інструментів (ціна поділки на барабані) визначають рівністю:

$$i = \frac{S}{n}. \quad (2.5)$$

Крок S вибирають якомога меншим, оскільки основною складовою сумарної похибки відліку при вимірюванні мікрометрами є похибка кроку, і зменшується вона зі зменшенням величини кроку різьби. Для мікрометричних інструментів приймають $S=0,5$ мм. Тоді $i = \frac{0,5}{50} = 0,01$ мм.

Послідовність відліку вимірів мікрометром. Будь-який мікрометр має дві міліметрові шкали, нанесені на стеблі й зсунуті одна відносно одної на крок гвинта (0,5 мм). Таке розміщення штрихів значно спрощує відлік.

Ціле число міліметрів відраховують за штрихом основної шкали (з пронумерованими штрихами), розташованим найближче до зрізу барабана, а частки міліметрів – за допоміжною. Частки кроку встановлюють за числом поділок на барабані, які відповідають горизонтальному штриху на стеблі.

Таким чином, відлік вимірюваної величини L складає:

$$L = S \left(M + \frac{x}{n} \right), \quad (2.6)$$

де M – число цілих ділень, розміщених лівіше зрізу барабана (на рис. 2.13в

$M=20,5$ поділкам, враховуючи верхню та нижню шкали);

x – порядковий номер штриха додаткової шкали на барабані, що співпав з віссю шкали на стеблі.

Основні **типи мікрометрів** згідно з ДСТУ ГОСТ 6507:2009:

- **МК** – гладкі (для вимірювання зовнішніх розмірів виробів (рис. 2.14));
- **МТ** – трубні (для вимірювання товщини стінок труб (рис.2.15));
- **МЛ** – листові з циферблатом (для вимірювання товщини листів і стрічок (рис. 2.16));
- **МЗ** – зубовимірні (для вимірювання довжини загальної нормалі зубчастих коліс з модулем від 1 мм (рис. 2.17));
- **МП** – мікрометри для вимірювання товщини дроту (рис. 2.18);
- **МГ** – мікрометричні головки для вимірювання переміщень (рис. 3.19).

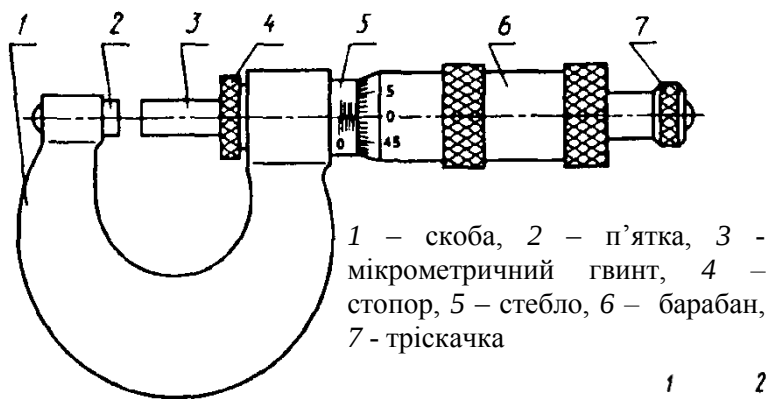


Рисунок 2.14 — МК

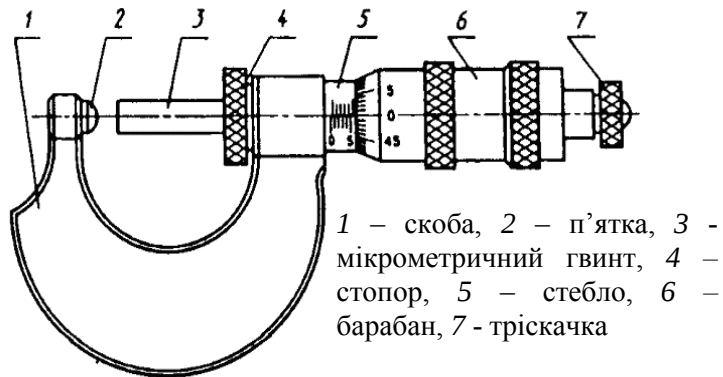


Рисунок 2.15 — МТ

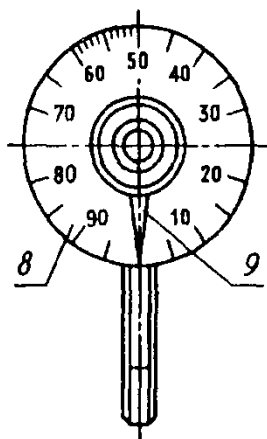


Рисунок 2.16 — МЛ

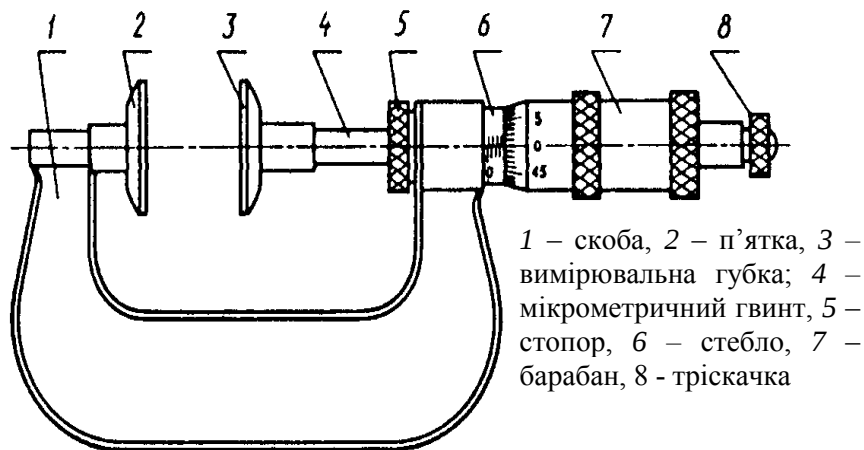
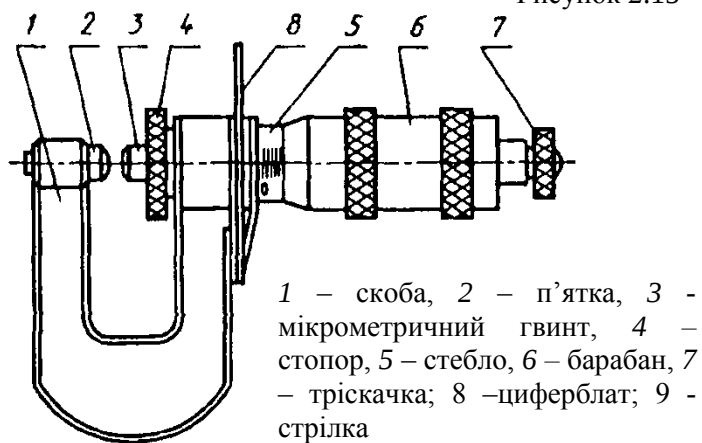
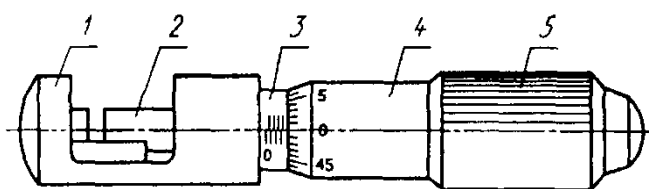
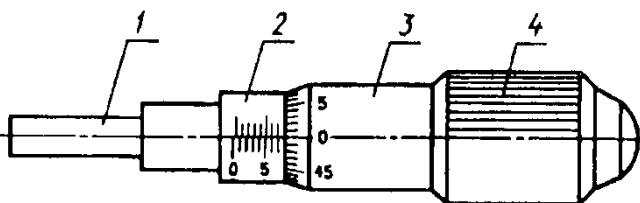


Рисунок 2.17 — МЗ



1 – корпус, 2 – мікрометричний гвинт, 3 – стебло, 4 – барабан, 5 – тріскачка

Рисунок 2.18 – МП

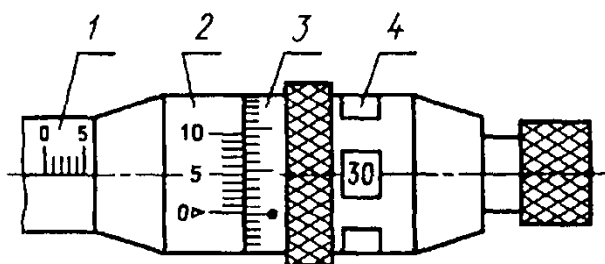


1 – мікрометричний гвинт, 2 – стебло, 3 – барабан; 4 – тріскачка

Рисунок 2.19 – МГ

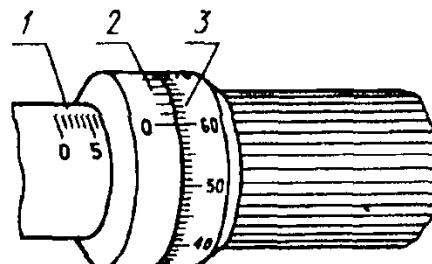
Мікрометри виготовляють:

- з ціною поділки 0,01 мм – відлік показів проводять за шкалами стебла та барабана (рис. 2.14–2.19);
- з відліком за ноніусом 0,001 мм – відлік показів проводять за шкалами стебла та барабана з ноніусом (рис. 2.20–2.21);
- з кроком дискретності 0,001 мм – відлік показів проводять за електронним цифровим відліком пристроєм та шкалами стебла і барабана (рис. 2.22).



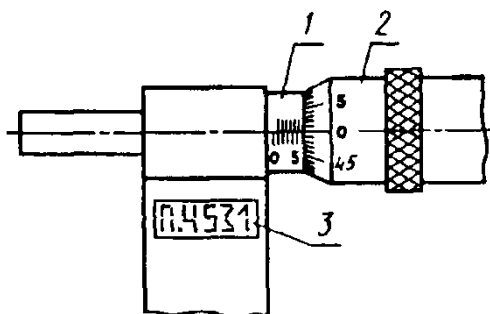
1 – стебло, 2 ноніус, 3 – барабан, 4 – цифровий відліковий пристрій

Рисунок 2.20



1 – стебло, 2 – ноніус, 3 барабан

Рисунок 2.21



1 – стебло, 2 – барабан, 3 – цифровий відліковий пристрій

Рисунок 2.22

Перед початком вимірювання слід перевірити, чи співпадає нульовий штрих барабана мікрометра із поздовжнім відліковим штрихом на стеблі. Якщо ж ні, то необхідно відрегулювати мікрометр. Для цього, притримуючи барабан 5, згвинчують корпус тріскачки з барабана і повертають барабан доти, поки нульовий штрих кругової шкали не співпадатиме із поздовжнім штрихом на стеблі (рис.2.23). Після цього корпус тріскачки нагвинчують на барабан.

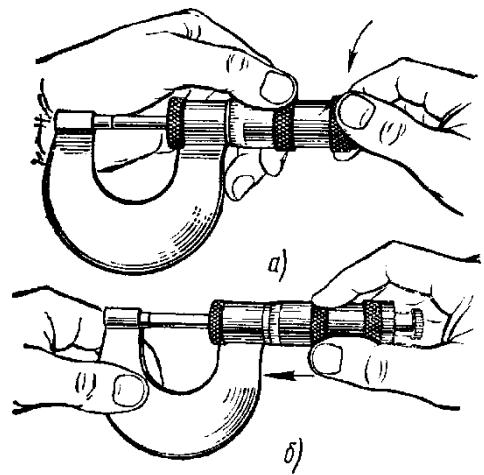


Рисунок 2.23

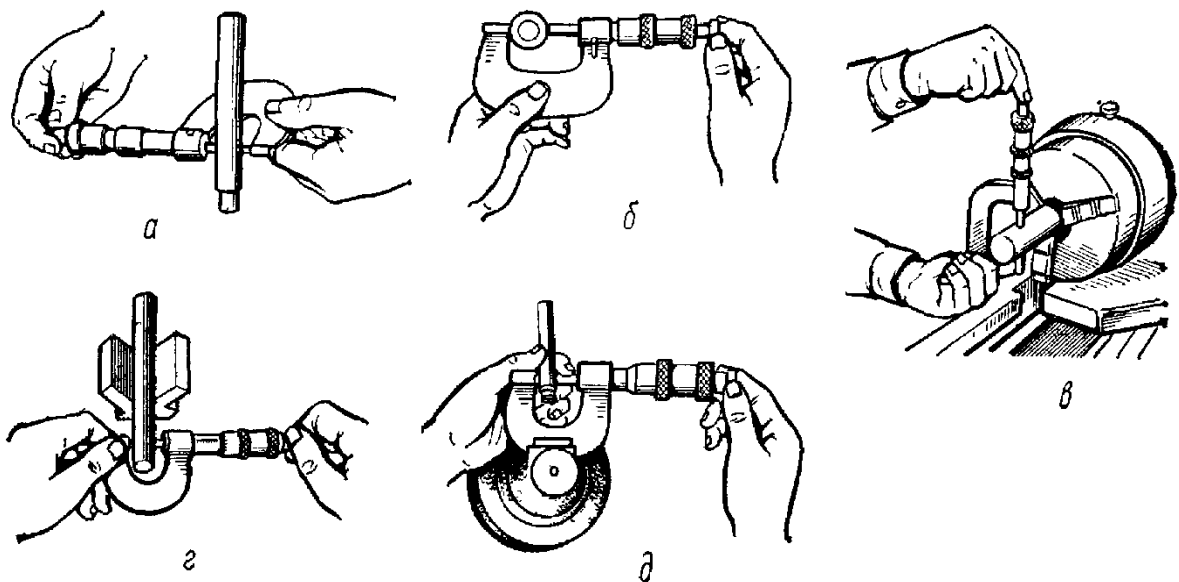


Рисунок 2.24 – Прийоми вимірювання деталей мікрометром

Діапазон вимірів, значення допустимих похибок та інші метрологічні характеристики наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Метрологічні характеристики мікрометрів (ДСТУ ГОСТ 6507:2009)

Тип мікрометра*	Діапазон вимірів, мм	Межі допустимої похибки мікрометрів з відліком показів, мкм				
		за шкалами стебла та барабана (класів точності)		за шкалами стебла та барабана з ноніусом	за електронним цифровим пристроєм класів точності	
		1	2		1	2
МК	0–25	±2,0	±4,0	±2,0	±2,0	±4,0
	25–50	±2,5				
	50–75			±3,0	±4,0	
	75–100					±3,0
	100–125; 125–150	±3,0	±5,0	±3,0	–	
	150–175; 175–200					±4,0
	200–225; 225–250; 250–275; 275–300	±5,0	±8,0	–		
	300–400				±6,0	±10,0
	400–500	±6,0	±10,0	–		
	500–600				±6,0	±10,0
МЛ	0–5; 0–10; 0–25	–	±4,0	±2,0		
МТ	0–25	±2,0			±2,0	±4,0
МЗ	0–25	±4,0	±5,0	±3,0	±3,0	±5,0
	25–50					
	50–75			±3,0	±3,0	±5,0
	75–100					
МГ	0–15; 0–25	±1,5	±3,0	±2,0	±2,0	±3,0
	0–50	–	±4,0	–	–	–
МП	0–10	±2,0		±4,0	±2,0	±2,0
Примітка. * – інші характеристики мікрометрів наведено в ДСТУ ГОСТ 6507:2009						

3 ОСНОВНІ ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Вивчити будову, принцип дії простих вимірювальних засобів.
2. Для заданого засобу вимірювання **заповнити таблицю 3.1** його **основних метрологічних характеристик**.
3. Із набору плоскопаралельних кінцевих мір довжини **скласти блок відповідних розмірів** (згідно з отриманим варіантом завдання) для відтворення заданих значень вхідної величини.
4. **Провести вимірювання** вхідної величини для вказаного викладачем діапазону.
5. Результати вимірів **записати в таблицю 3.2** вихідних значень.
6. **Визначити абсолютні похибки** для кожного виміряного значення вхідної величини

$$\Delta_1 = X_{\text{вим1}} - X_{\text{н}},$$

$$\Delta_2 = X_{\text{вим2}} - X_{\text{н}},$$

$$\Delta_3 = X_{\text{вим3}} - X_{\text{н}}$$

та середні значення **абсолютної**

,

відносної

,

зведеної похибок вимірів

.

7. **Побудувати графік** зміни **середнього значення відносної похибки** у вказаному діапазоні вхідної величини та представити графічно **поле абсолютної та зведеної похибок** засобу вимірювання
8. На основі аналізу результатів вимірів **зробити висновок про придатність досліджуваного засобу вимірювання** та вказати джерела виникнення отриманих похибок.

Таблиця 3.1 – Метрологічні характеристики засобу вимірювання

Назва засобу вимірювальної техніки (ЗВТ), тип	
Інтервал поділки шкали ЗВТ, мм	
Ціна поділки шкали ЗВТ, мм	
Діапазон вимірів за шкалою ЗВТ, мм	
Величина відліку за шкалою ноніуса, мм	
Діапазон вимірів ЗВТ, мм	
Межі вимірів ЗВТ, мм	
Допустима похибка ЗВТ, $\pm$ мкм	

Таблиця 3.2 – Результати вимірів

Дійсне значення $X_{\text{п}}$, мм	Виміряні значення та абсолютні похибки Δ , мм						Абсолютна похибка , мм	Відносна похибка $\delta_{\text{ср}}$, %	Зведена похибка $\gamma_{\text{ср}}$, %
	$X_{\text{вим1}}$	Δ_1	$X_{\text{вим2}}$	Δ_2	$X_{\text{вим3}}$	Δ_3			

4 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Групи метрологічних характеристик
2. Характеристики, за якими визначають результат вимірювання.
3. Характеристики чутливості.
4. Динамічні характеристики засобів вимірювання.
5. Характеристики, за якими оцінюють точність ЗВТ.
6. Способи нормування метрологічних характеристик засобів вимірювання.
7. Призначення, принцип дії, особливості будови й метрологічні характеристики простих вимірювальних засобів. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Метрологія. Терміни та визначення: ДСТУ 2681-94. — [Чинний від 1995—01—01]. — К. : Держстандарт України, 1995. — 87 с. : табл. — (Національний стандарт України)
2. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений (ГОСТ 8.009–84, IDT). — ДСТУ ГОСТ 8.009:2008. — [Чинний 2008—10—01]. — М.: Стандартиформ, 2006. — 40с.: табл. — (Міждержавний стандарт).
3. Государственная система обеспечения единства измерений. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм: ДСТУ ГОСТ 8.051:2009 — [Чинний від 1995—01—01]. — К. : Держстандарт України, 1995. — 87 с. : табл. — (Міждержавний стандарт).
4. Дорожовець М. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підручник: У 2 т - х. / Дорожовець Михайло, Мотало Василь, Стадник Богдан. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. — 532 с.
5. Метрологія та вимірювальна техніка / [Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін.]. — Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2012. — 544 с.
6. Бичківський Р.В. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація / Бичківський Р.В., Столярчук П.Г., Гамула П.Р. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2002. — 560 с.
7. Боженко Л.І. Метрологія, стандартизація, сертифікація та акредитація / Боженко Л.І., Гутта О. Й. — Львів: Афіша, 2001. — 176 с.
8. Методи та засоби визначення показників якості продукції / [Бубела Т.З., Столярчук П.Г., Походило Є.В. та ін.] — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2012. — 292 с.

Додаток А

Таблиця А.1 – Граничні похибки вимірів лінійних розмірів

Універсальні засоби вимірювання*				
Назва засобу вимірювання	Тип	Величина відліку за шкалою ноніуса	Діапазон вимірів, мм	Гранична похибка виміру, мкм
Штангенциркулі	ЩЦ - I	0,1	0-125; 0-135; 0-150; 0-160	100
	ЩЦ - II	0,1	0-200; 0-250	100
	ЩЦ - III	0,1	0-350	100
	ЩЦ - I	0,05	0-125; 0-135	50
	ЩЦ - II	0,05	0-200; 0-250	50
Штангенглибиномір	ШГ	0,05	0-160; 0-200; 0-250; 0-300	50
Штангенрейсмус	ШР	0,05	0-250	50
Мікрометри гладкі	МК	0,01	0-25; 25-50; 50-75; 75-100	4
			100-125; 125-150; 150-175; 175-200	5
			200-225; 225-250; 250-275; 275-300	6
Глибиноміри мікрометричні	ГМ	0,01	0-25; 0-50	4
			0-75; 0-100	5
			0-150	6
Нутроміри мікрометричні	НМ	0,01	50-75; 75-100; 100-125	4
			125-150; 150-175; 175-200	6
Примітка. * - рекомендовані для використання в лабораторній роботі, інші див. РД 50-98-86				