

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

В. А. ПОЛІЩУК, С. Ж. БОДУ, О. В. ТРОФИМОВА

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
"Взаємозамінність, стандартизація
та технічні вимірювання"**

Рекомендовано Методичною радою НУК

Електронне видання
комбінованого використання на DVD-ROM



МИКОЛАЇВ • НУК • 2016

УДК 621:53.08(076.5)
ББК 34.417я73
П 50

Автори:
В. А. Поліщук, канд. техн. наук, доцент;
С. Ж. Боду, старш. викладач;
О. В. Трофимова, інженер-механік

Рецензент О. П. Шумілов, канд. техн. наук, професор

Поліщук В. А.

П 50 Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання" / В. А. Поліщук, С. Ж. Боду, О. В. Трофимова. – Миколаїв : НУК, 2016. – 79 с.

Дані вказівки містять методику виконання лабораторних робіт у процесі проходження курсу "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання" і складання звітів. У кожній роботі наводяться короткі теоретичні відомості та описуються засоби вимірювань.

Призначено для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 "Прикладна механіка". Можуть бути використані студентами інших спеціальностей, а також викладачами вищих навчальних закладів.

УДК 621:53.08(076.5)
ББК 34.417я73

Навчальне видання

ПОЛІЩУК Віталій Анатолійович
БОДУ Світлана Жаківна
ТРОФИМОВА Олена Валеріївна

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт з дисципліни
"Взаємозамінність, стандартизація
та технічні вимірювання"**

Комп'ютерне верстання *А. Й. Лихіна*
Коректор *М. О. Паненко*

© Поліщук В. А., Боду С. Ж., Трофимова О. В., 2016
© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2016

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 4,5. Об'єм даних 10852 кб. Тираж 15 прим.
Вид. № 1. Зам. № 88.

Видавець і виготовник Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
просп. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025, e-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

Робота № 1

ПЛОСКОПАРАЛЕЛЬНІ КІНЦЕВІ МІРИ ДОВЖИНИ

Мета роботи:

1. Ознайомитися з особливостями застосування кінцевих мір довжини в машинобудуванні.
2. Вивчити та здобути практичні навички використання кінцевих мір для перевірки точності вимірювальних інструментів.

Устаткування, інструменти, принадлежности:

- 1) набір кінцевих мір довжини;
- 2) штангенциркуль;
- 3) бензин (спирт), мастило, чиста тканина.

Завдання

1. Попередньо вивчити призначення і порядок використання кінцевих мір довжини.
2. За даним розміром розрахувати блок кінцевих мір.
3. Скласти блок з кінцевих мір.
4. Підрахувати розмір блоку по атестату.
5. Визначити похибку штангенциркуля.
6. Скласти звіт за формою, наведеною на с. 11.

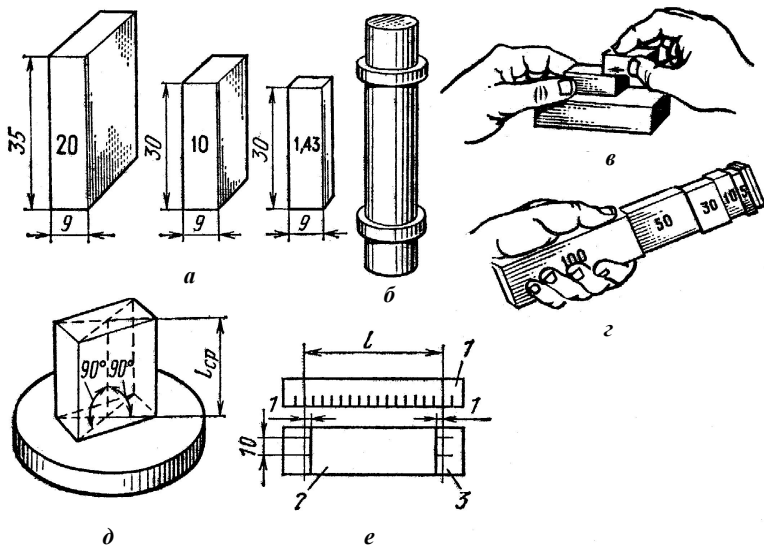
Короткі теоретичні відомості

1. Кінцеві міри довжини (рис. 1.1) представляють собою сталеві загартовані прямокутні плити або циліндричні стержні з двома плоскими паралельними вимірювальними поверхнями, між якими знаходиться номінальний розмір міри.

2. Плоскопаралельна кінцева міра довжини (кінцева міра) – це міра, яка виготовлена у вигляді бруска прямокутного перетину із двома плоскими взаємно паралельними вимірювальними поверхнями, які мають властивість притиратися до вимірювальних поверхонь інших кінцевих мір або плоских допоміжних пластин. Вимірювальні поверхні розташовані на винятково точній відстані L і оброблені з найменшими

можливими шорсткістю, похибкою форми й відхиленням від паралельності.

3. Кінцеві міри довжини служать для відтворення й зберігання одиниць довжини, застосовуються для передачі лінійного розміру від еталона одиниці довжини до виробу у виробництві, для встановлення вимірювальних інструментів і приладів на нуль при відносних вимірах, для перевірки точності й градування інструментів і приладів, встановлення регульованих калібрів на розмір, а також для особливо точних розмічальних робіт, встановлення пристосувань, зборки й налагодження верстатів і т. д.



1.1. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини:

а – призматичні; *б* – циліндричні; *в* – притирання кінцевих мір; *г* – блок мір;
д – серединна довжина міри $L_{\text{ср}}$; *е* – порівняння штрихової міри l з кінцевою по плитках з рисками $З$

4. Кінцеві міри поділяються на зразкові (розрядні) і робочі. Зразкові міри служать для передачі одиниці виміру довжини від еталона – довжини світлової хвилі – до робочих мір, інструментів і приладів. Міри, застосовувані для вимірювань розмірів деталей, називаються робочими.

5. Довжина кінцевої міри (у будь-якій точці) – довжина перпендикуляра, опущеного з даної точки вимірювальної поверхні кінцевої міри на її протилежну вимірювальну поверхню.

6. Вимірювальним, або робочим, розміром плиток є їх серединна довжина – довжина перпендикуляра, опущеного із центра вимірювальної поверхні кінцевої міри на її протилежну вимірювальну поверхню.

7. Відхилення від плоскопаралельності кінцевої міри – це різниця між найбільшою і найменшою довжинами. При вимірюванні відхилення від плоскопаралельності визначають різницю показань при вимірюванні довжини кінцевої міри в середині й поблизу чотирьох кутів вимірювальних поверхонь на відстані приблизно 1,5 мм від прилягаючих неробочих поверхонь. За величину відхилення від плоскопаралельності приймається найбільша різниця, яка визначена зазначеним способом.

8. На кожній кінцевій мірі гравірується її номінальний розмір і товарний знак. У кінцевих мір номінальною довжиною більше 5,5 мм маркування наноситься на одну із широких неробочих поверхонь, а в кінцевих мірах номінальною довжиною 5,5 мм і менше – на одну з вимірювальних поверхонь так, щоб у її центрі зона діаметром 9 мм залишалася вільною від написів. На кінцевих мірах номінальною довжиною 5,5 мм і менше допускається товарний знак не ставити.

9. Кінцеві міри довжини виготовляються за трьома квалітетами 01; 0; 1 (ДСТУ ISO 286-1-2002, ДСТУ ISO 286-2-2002).

10. Завдяки дуже ретельній обробці вимірювальних поверхонь забезпечується шорсткість (висота мікронерівностей) $Ra = 0,1 \dots 0,05$ мкм і плитки мають здатність зчепності (притираємості).

11. Притираємість кінцевої міри – це властивість її вимірювальних поверхонь, яка забезпечує міцне зчеплення кінцевих мір між собою, а також із плоскою металевою, скляною або кварцовою пластинами при прикладанні або насуванні однієї кінцевої міри на іншу або кінцевої міри на пластину.

Притерті одна до одної плитки називаються блоком плиток. Притираємість пояснюється їх молекулярним притяганням при наявності дуже тонкої жирової плівки. Найбільша сила зчеплення виникає при товщині жирової плівки 0,02 мкм. Похибка сумарного розміру блоку в результаті наявності жирових плівок між вимірювальними поверхнями плиток дуже мала й нею можна знехтувати. Міри абсолютно знежирені або з товстим шаром мастила не притираються.

12. Номінальні розміри кінцевих мір встановлені в межах від 0,1 до 2000 мм із градацією 0,001; 0,01; 0,5; 10,0; 25,0; 50,0; 100; 1000 мм.

13. Стандарти ДСТУ ГОСТ 9038:2009 "Міри довжини плоскопаралельні кінцеві. Технічні умови" і ДСТУ ГОСТ 8.367:2009 "Державна система забезпечення єдності вимірювань. Міри довжини плоскопаралельні зразкові 1 і 2-го розрядів та робочих класів точності 00 і 0 довжиною до 1000 мм. Методи і засоби перевірки" поширюються на плоскопаралельні кінцеві міри довжини номінальною довжиною від 0,1 до 1000 мм прямокутної перетину.

14. ДСТУ ГОСТ 9038:2009 передбачені п'ятнадцять наборів кінцевих мір. Найбільше поширення одержав основний набір, що складається з 87 штук, і мікронні набори із градацією через 0,001 мм. За допомогою основного та мікронного наборів кінцевих мір можна скласти велику кількість блоків різних розмірів з інтервалом 0,001 мм.

15. Плитки виготовляються з хромистої сталі Х (ШХ15), ХГ. Для збільшення терміну служби кінцевих мір, який обумовлюється зношуванням, їх загартовують до твердості не нижче 800 HV або HRC 62. Випускаються також кінцеві міри із твердого сплаву, зносостійкість яких у 40–50 разів більша, ніж сталевих.

16. Точність мір визначається точністю їх виготовлення і вимірювання. Міри за точністю виготовлення (у відповідності з ДСТУ ГОСТ 9038:2009) діляться на п'ять класів: 00, 0, 1, 2 і 3. Для мір, що перебувають в експлуатації, додатково встановлені 4-й і 5-й класи точності. Зразкові міри, крім того, атестуються п'ятьома розрядами, позначеними в порядку убудування точності: 1, 2, 3, 4 і 5. Розподіл мір на розряди робиться залежно від граничної погрішності визначення (вимірювання) їх розмірів при атестації.

17. При користуванні атестованими мірами за розмір кожної з них приймається дійсний розмір, зазначений у посвідченні (атестаті).

18. Кінцеві міри довжини можуть використовуватися з різними пристосуваннями – струбцинами (державками) різних розмірів, основами, бічниками, центрами та іншими – для різних цілей: вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів, розмічальних робіт, контролю висот тощо.

Складання блоку з кінцевих мір

1. При складанні блоку з кінцевих мір варто прагнути, щоб кількість складових мір була якнайменшою. Наприклад, при складанні блоку з набору в 87 шт. максимальна кількість кінцевих мір, що входять у блок, повинна бути не більше чотирьох.

2. Виконуючи попередній розрахунок блоку, спочатку вибирають кінцеві міри, що мають тисячні долі міліметра, потім соті, десяти і т. д.

Приклад розрахунку

Потрібно скласти блок для розміру 106,745 мм.

Розмір _____	— 106,745 мм
1-а міра, що входить у блок	1,005
залишок	— 105,740
2-а міра, що входить у блок	1,24
залишок	104,50
3-я міра, що входить у блок	4,5
залишок	— 100,0
4-а міра, що входить у блок	100,0
залишок	0

Порядок притирання

1. Кінцеві міри, призначені для складання блоку, промити бензином (спиртом) для видалення мастила й протерти чистою тканиною. Потім дві кінцеві міри сумістити доведеними (блискучими) поверхнями з одного кута, щільно притиснути одну до одної пальцями й переміщати одну щодо іншої до повного контакту робочих поверхонь. Після притирання двох кінцевих мір до них притирають третю і т. д.

2. Щоб уникнути зайвого промивання кінцевих мір і пошкодження їх робочих поверхонь треба при роботі дотримуватися наступних правил:

- брати робочі поверхні промитих кінцевих мір не руками, а тільки чистою тканиною;
- кінцеві міри розміром понад 5,5 мм класти на стіл неробочими поверхнями;
- не притирати робочу поверхню кінцевої міри до неробочої.

3. Послідовність при складанні блоку: спочатку притираються між собою кінцеві міри малих розмірів, зібраний з них блок притирається до міри середнього розміру і потім уже до плитки великого розміру.

4. Після закінчення роботи блок варто розібрати, кінцеві міри промити бензином (спиртом), ретельно протерти, змастити й покласти у відповідні комірки футляра набору.

Перевірка площинності

1. При притиранні до плоских скляних пластин кінцеві міри розрядів 1 та 2 і класів 00 та 0 повинні бути без інтерференційних смуг і відтінків.

2. Для кінцевих мір більш грубих розрядів і класів допускається наявність кольорових плям і смуг (білого, жовтого та інших кольорів).

Порядок виконання роботи

1. Записати у звіт номер набору плиток, загальну кількість мір, номер скляної пластини, номер штангенциркуля, ціну поділки та межі його вимірювання.

2. Ознайомитися з набором кінцевих мір довжини. Переглянути маркування розмірів плиток, звернувши увагу на те, що у плиток розміром до 5,5 мм маркують робочу сторону, а у плиток розміром понад 5,5 мм – бічну.

3. До початку роботи необхідно кінцеві міри, які призначені для складання блоку, промити в авіаційному бензині й ретельно протерти чистою м'якою тканиною.

4. Скласти блок кінцевих мір. Перед складанням блоку роблять його попередній розрахунок, підбираючи в першу чергу кінцеві міри, що мають тисячні частки, потім соті частки міліметра і т. д. Варто прагнути, щоб блок складався з якомога меншої кількості мір. Максимальна кількість кінцевих мір, що входять у блок, – чотири.

5. Притерти плитки. Дві кінцеві міри накладаються доведеними (блискучими) поверхнями одна на іншу, приблизно на одну третину її, щільно притискаються одна до одної пальцями й переміщаються відносно одна одної до повного контакту робочих поверхонь. Після притирання двох кінцевих мір до них притирають третю і т. д.

Послідовність при складанні блоку звичайно наступна: спочатку притираються між собою кінцеві міри малих розмірів, зібраний з них блок притирається до мірі середнього розміру і потім уже – до плитки великого розміру.

6. Знайти розміри блоків за свідченням (атестатом). У процесі експлуатації й наступного ремонту кінцева міра змінює свій дійсний розмір, відхиляючись від номінального розміру, який намаркований на кінцевій мірі. При вимірюванні таких кінцевих мір визначають їх дійсний розмір, що і вказується в атестаті.

7. Провести вимір блоку штангенциркулем і знайти його похибку.

8. Порівняти знайдену похибку штангенциркуля із припустимою похибкою та зробити висновок про придатність.

9. Після закінчення роботи блок варто розібрати, кінцеві міри промити авіаційним бензином, змазати антикорозійним мастилом (вазеліном) і покласти у відповідні комірки набору.

Контрольні питання

1. Призначення кінцевих мір довжини.
2. Які міри називаються зразковими та робочими кінцевими мірами?
3. Що називається серединною довжиною і відхиленням від плоскопаралельності?
4. За яким квалітетом та з якою шорсткістю робочих поверхонь виготовляються кінцеві міри?
5. Що таке зчеплення (притираємість) кінцевих мір?
6. Які граничні значення номінальних розмірів виготовлених кінцевих мір?
7. На які класи і розряди поділяються кінцеві міри?
8. Порядок розрахунку блоку кінцевих мір для заданого розміру.
9. Порядок складання блоку з кінцевих мір довжини.

Атестат

Номинальний розмір, мм	Дійсний розмір, мм	Номинальний розмір, мм	Дійсний розмір, мм	Номинальний розмір, мм	Дійсний розмір, мм
1,000	1,0002	1,21	1,2102	1,60	1,6001
1,001	1,0008	1,22	1,2109	1,70	1,7002
1,002	1,0019	1,23	1,2301	1,80	1,7999
1,003	1,0032	1,24	1,2401	1,90	1,8998
1,004	1,0041	1,25	1,2499	2,0	2,0002
1,005	1,0049	1,26	1,2598	2,5	2,5001
1,006	1,0062	1,27	1,2702	3,0	3,0001
1,007	1,0071	1,28	1,2801	3,5	3,4999
1,008	1,0078	1,29	1,2901	4,0	4,0001
1,009	1,0091	1,30	1,2998	4,5	4,5002
1,01	1,009	1,31	1,3101	5,0	5,0001
1,02	1,021	1,32	1,3201	5,5	5,5002
1,03	1,032	1,33	1,3298	6,0	6,0001
1,04	1,039	1,34	1,3399	6,5	6,5002
1,05	1,048	1,35	1,3501	7,0	6,9998
1,06	1,061	1,36	1,3602	7,5	7,4999
1,07	1,072	1,37	1,3698	8,0	8,0002
1,08	1,081	1,38	1,3802	8,5	8,4999
1,09	1,088	1,39	1,3901	9,0	9,0001
1,10	1,1002	1,40	1,3998	9,5	9,4999
1,11	1,1101	1,41	1,4099	10,0	10,0001
1,12	1,1201	1,42	1,4198	20,0	20,0003
1,13	1,1299	1,43	1,4302	30,0	30,0002
1,14	1,1402	1,44	1,4401	40,0	39,9999
1,15	1,1501	1,45	1,4501	50,0	50,0004
1,16	1,1599	1,46	1,4602	60,0	60,0003
1,17	1,1702	1,47	1,4699	70,0	69,9997
1,18	1,1801	1,48	1,4799	80,0	80,0004
1,19	1,1899	1,49	1,4901	90,0	90,000
1,20	1,2001	1,50	1,5002	100,0	100,000

Звіт

Робота № 1. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини

Набір № ...

Загальна кількість мір, шт. ...

Штангенциркуль № ...

Ціна поділки штангенциркуля, мм

Межі вимірювання штангенциркуля, мм

Розміри кінцевих мір	Скласти блоки на розміри		
Перша кінцева міра			
Залишок			
Друга кінцева міра			
Залишок			
Третя кінцева міра			
Залишок			
Четверта кінцева міра			
Залишок			
Розміри кінцевих мір щодо атестата			
Перша кінцева міра			
Друга кінцева міра			
Третя кінцева міра			
Четверта кінцева міра			
Розміри блоку по атестату			
Знайти розмір по штангенциркулю			
Похибка штангенциркуля			

Припустима похибка штангенциркуля

Висновок про придатність штангенциркуля

Робота № 2

ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТАМИ

Мета роботи:

1. Ознайомитися з особливостями застосування штангенінструментів у машинобудуванні.
2. Вивчити призначення і будову штангенінструментів.
3. Здобути навички у виконанні вимірювань і знятті відліку розміру за шкалами штангенінструментів.

Устаткування, інструмент, приналежності:

- 1) штангенциркуль;
- 2) штангенглибиномір;
- 3) штангенрейсмус;
- 4) вимірювальна плита;
- 5) деталі для вимірювання розмірів.

Завдання

1. Попередньо вивчити будову штангенінструментів, порядок проведення вимірювань і зняття відліку розміру.
2. Виконати вимірювання.
3. Оформити звіт (див. с. 18).

Короткі теоретичні відомості

Штангенінструменти

1. До штангенінструментів відносяться штангенциркуль – призначений для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів до 4000 мм; штангенглибиномір – для вимірювання глибини отворів, пазів, відстаней між двома площинами до 500 мм; штангенрейсмус – для розмітки й вимірювання висоти виробів до 2500 мм; штангензубомір та інші (рис. 2.1).

2. Вимірювання за допомогою цих інструментів проводяться за абсолютним контактним методом.

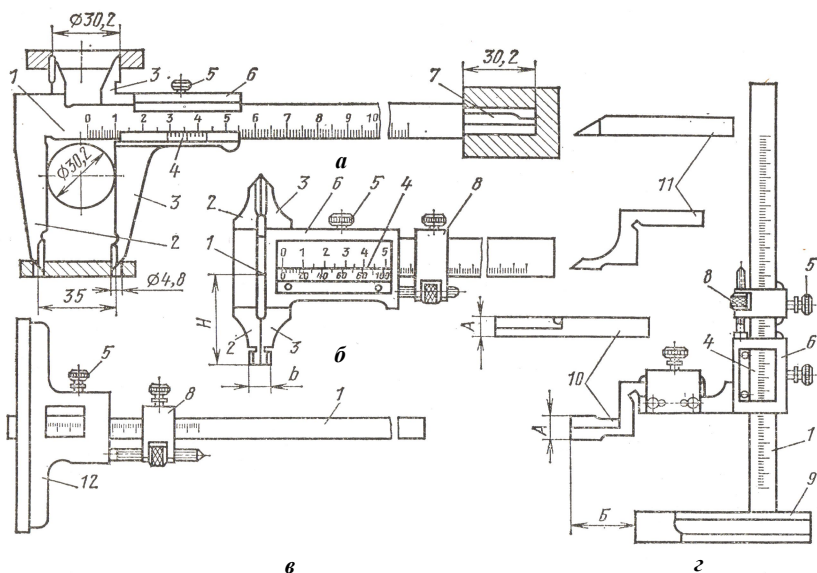


Рис. 2.1. Штангенінструменти:

а – штангенциркуль із межами вимірювання 0-125 і величиною відліку по ноніусу 0,1 мм; *б* – штангенциркуль із межами вимірювання 0-250 і величиною відліку по ноніусу 0,05 мм; *в* – штангенглибомір; *г* – штангенрейсмус; 1 – штанга; 2 – губка штанги; 3 – губка рамки; 4 – шкала ноніуса; 5 – затискач рамки; 6 – рамка; 7 – лінійки глибиноміра; 8 – мікрометрична подача; 9 – основа; 10 – ніжка вимірювальна; 11 – ніжка розмічальна; 12 – основа

3. Штангенінструменти мають дві шкали відліку – основну і додаткову. Основна шкала, яка нанесена на штанзі, служить безпосередньо для вимірювання розміру. Додаткова шкала, яка називається ноніусом, розташована на рамці і призначена для підвищення точності відліку по основній шкалі.

4. Штангенінструменти виготовляють із величиною відліку по ноніусу (ціна поділки) 0,2; 0,1; 0,05; 0,02 мм.

5. Основні шкали мають інтервал між штрихами 1 або 0,5 мм. Граничні похибки штангенінструментів при вимірюванні розмірів від 1 до 500 мм становлять 0,08–0,3 мм.

6. Ноніусом називається відліковий пристрій, що дозволяє точніше визначити частку лінійного розподілу основної шкали. В основі відліку по ноніусу лежить здатність людського ока більш точно визначати збіг або розбіжність штрихів двох зімкнутих шкал.

7. Штангенциркуль, зображений на рис. 2.1,*а*, має межу вимірювання до 125 мм і величину відліку по ноніусу 0,1 мм.

Штангенциркуль (ДСТУ ГОСТ 166:2009) складається зі штанги 1 з нанесеною на неї основною міліметровою шкалою й переміщуваною від руки рамки 6 зі шкалою 4 ноніусу. На штанзі й рамці є нижні губки для зовнішніх вимірювань і верхні – для внутрішніх. Для вимірювання висотних розмірів використовується лінійка глибиноміра 7. Рамка закріплюється на штанзі гвинтом 5.

8. Штангенциркуль, представлений на рис. 2.1,*б*, випускається з величиною відліку по ноніусу 0,05 мм. Мікрометрична подача 8 сприяє плавному переміщенню рамки 4 по штанзі 1. Закріплення рамки 4 на штанзі 1 виконується гвинтом 5. Зовнішні виміри можна робити верхніми й нижніми губками. Для розмітки служать тільки верхні губки. Для внутрішніх вимірювань призначаються нижні губки, у яких зовнішні вимірювальні поверхні мають циліндричну форму. При зрушених губках їх загальна ширина становить 10 мм. Оскільки розмір по шкалах відноситься до відстані між внутрішніми вимірювальними поверхнями губок, то при внутрішніх вимірюваннях до розміру, відрахованому по шкалах, необхідно додати розмір ширини губок, який намарковано на їх поверхні.

9. Штангенглибиномір (рис. 2.1,*в*) складається з основи 12, що є базою при вимірюванні, штанги 1 з основною шкалою і мікрометричною подачею 8. Штанга 1 закріплена в рамці гвинтом 5. Робочими поверхнями є торцева поверхня штанги й нижня поверхня основи.

Припустимі погрішності штангенглибиномірів (ДСТУ ГОСТ 162:2009) приймаються рівними величинам відліків по ноніусу. Так, наприклад, при величині відліку 0,1 мм припустима погрішність дорівнює $\pm 0,1$ мм.

10. Штангенрейсмус (рис. 2.1,*г*) служить для розмітки й вимірювання висоти виробів до 2500 мм. Він складається зі штанги 1 з нанесеними на ній міліметровими поділками (основна шкала) і ноніуса 4. Штангенрейсмус (ДСТУ ГОСТ 164:2009) має масивну основу 9 і рамку 6, на якій за допомогою хомута монтуються ніжки різної конструкції (10 або 11).

Розрахунок ноніуса

1. Позначення (рис. 2.2): i – величина відліку по ноніусу; a – інтервал подіlkів основної шкали; a' – інтервал подіlkів шкали ноніуса; l – довжина шкали ноніуса; n – число подіlkів шкали ноніуса; γ – модуль ноніуса.

Модуль ноніуса показує, скільки подіlkів основної шкали відповідає одному поділку шкали ноніуса.

Для $\gamma = 1$ інтервал поділку ноніуса $a' = 0,9$ мм менше інтервалу поділку основної шкали $a = 1$ мм на величину відліку $i = 0,1$ мм.

2. Параметри ноніуса й основної шкали

зв'язані наступними співвідношеннями: $i = \frac{a}{n}$;

$$a' = \gamma a - i; l = na' = n(\gamma a - i); l = a(\gamma n - 1).$$

Приклад. Якщо $i = 0,1$ мм, $a = 1$ мм, $\gamma = 1$, то

$$n = \frac{a}{i} = \frac{1}{0,1} = 10, a' = \gamma a - i = 1 \cdot 1 - 0,1 = 0,9 \text{ мм.}$$

Вимірювання штангенциркулем, штангенглибиноміром і штангенрейсмусом

1. При вимірюванні штангенциркулем зовнішніх розмірів деталей затискається між внутрішніми вимірювальними поверхнями губок, при вимірюванні внутрішніх розмірів зовнішні вимірювальні поверхні губок приводяться в щільне контактування зі стінками отвору. Сила затиснення повинна забезпечити щільний контакт між вимірювальними поверхнями, але деталь повинна легко ковзати в губках.

2. При вимірюванні штангенглибиноміром вимірювальні поверхні основи й штанга приводяться з однаковим зусиллям у зіткнення з поверхнями деталі. Правильність установки визначається методом світлової щілини, тобто в місцях торкання вимірювальних площин з поверхнями деталі не повинно бути видимого на просвіт зазору.

3. Вимірювання кожного розміру як штангенциркулем, так і штангенглибиноміром виконується в такий спосіб. При відстопорному затиску гвинті 5 (див. рис. 2.1) і гвинті хомутика вимірювальні поверхні інструмента приводяться в нещільне зіткнення з поверхнями вимірюваної деталі. Потім за допомогою гвинта хомутик стопориться й здійснюється мікрометрична подача рамки з ноніусом до повного зіткнення. Після остаточної установки інструмента рамка стопориться і здійснюється відлік показань інструмента по основній шкалі й по ноніусу. Ціле число міліметрів, яке зазначене в розмірі деталі, визначається по шкалі штанги між нульовими поділками основної шкали й ноніуса. Дробова частка міліметра, яка зазначена в розмірі деталі, дорівнює порядковому номеру штриха шкали ноніуса, що збігається зі штрихом шкали штанги, помноженим на величину відліку по ноніусу.

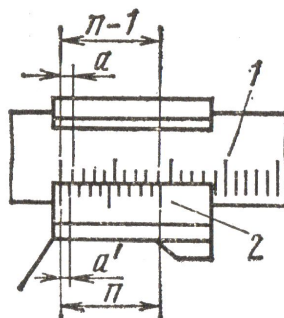


Рис. 2.2. Позначення до розрахунку ноніуса:

1 – основна шкала;

2 – шкала ноніуса

4. Для вимірювання висоти або розмітки штангенрейсмус (див. рис. 2.1, з) обов'язково встановлюють на розмічальну плиту. Деталь повинна бути розташована так, щоб із площиною плити збігалася та площа, від якої відраховують проставлені на кресленні розміри.

Висоту вимірюють у такий спосіб: підтримуючи рукою рамку 6 з ніжкою 10 відstopорити гвинт 5. Рамку встановлюють так, щоб вимірювальна поверхня ніжки торкнулася в першому наближенні поверхні деталі на висоті, яка визначає вимірюваний розмір. Після цього stopорять гвинт 5 движком й обертанням гайки здійснюють тонку подачу рамки 8 з ніжкою до контактування без просвіту між вимірювальною поверхнею ніжки і поверхнею деталі. Потім знімають показання аналогічно, як і в інших штангенінструментах.

Необхідно врахувати, що ніжка 10 має дві вимірювальні поверхні, з яких верхня (у вигляді ребра двогранної призми) служить для внутрішніх вимірювань, а нижня – для зовнішніх. При вимірюванні зовнішніх розмірів можна користуватися також і ніжкою 11.

Порядок виконання роботи

1. Записати у звіт лабораторної роботи номери інструментів, ціну поділки, межі вимірювання інструмента.

2. Виконати виміри штангенциркулем і отримані результати записати в таблицю. Вимірювання діаметрів здійснюється спочатку по напрямку I-I, а потім по напрямку II-II. Кожний розмір вимірюється тричі в такій послідовності.

3. Провести відлік розміру: цілі міліметри зняти по основній шкалі, а дробову частину – по шкалі ноніуса.

4. Отримані величини занести в таблицю, визначити середні арифметичні значення.

5. Виконати вимірювання висот сходинок деталі штангенглибиноміром відповідно до ескізу.

6. Результати занести в таблицю. Розрахувати середні арифметичні значення кожного розміру.

7. Зробити вимірювання висот деталі штангенрейсмусом відповідно до ескізу.

8. Результати вимірювань занести в таблицю. Розрахувати середні арифметичні значення кожного розміру.

Контрольні питання

1. Які вимірювальні інструменти відносять до штангенінструментів?
2. Яка ціна поділки штангенінструментів?
3. Які максимальні розміри можна виміряти різними видами штангенінструментів?
4. Будова штангенінструментів. Точність вимірювань.
5. Порядок виконання вимірювання.
6. Як виконується відлік розміру за шкалами штангенінструментів?
7. Що таке ноніус штангенінструментів і для чого він призначений?
8. Що таке модуль штангенінструментів?
9. Що лежить в основі відліку по ноніусу?

Робота № 2. Вимірювання лінійних розмірів штангенінструментами

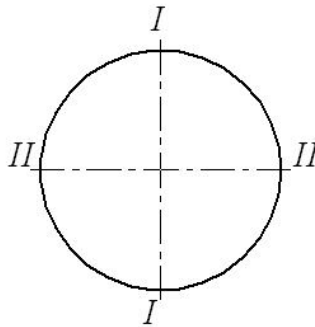
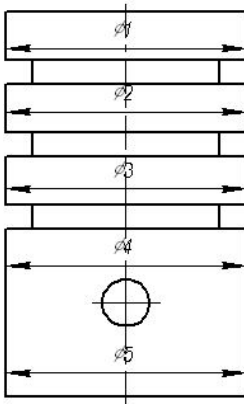
1. Вимірювання штангенциркулем

Штангенциркуль №

Ціна поділки штангенциркуля

Межі вимірювання штангенциркуля

Позначення	Площина виміру I-I				Площина виміру II-II				Відхилення форми
	Вимір 1	Вимір 2	Вимір 3	Середнє арифметичне	Вимір 1	Вимір 2	Вимір 3	Середнє арифметичне	
Ø1									
Ø2									
Ø3									
Ø4									
Ø5									



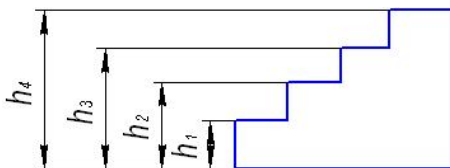
2. Вимірювання штангенглибиноміром

Штангенглибиномір №

Ціна поділки штангенглибиноміра

Межі вимірювання штангенглибиноміра

Позначення на кресленні	Результати вимірювання, мм			
	Вимір 1	Вимір 2	Вимір 3	Середнє арифметичне
h1				
h2				
h3				
h4				



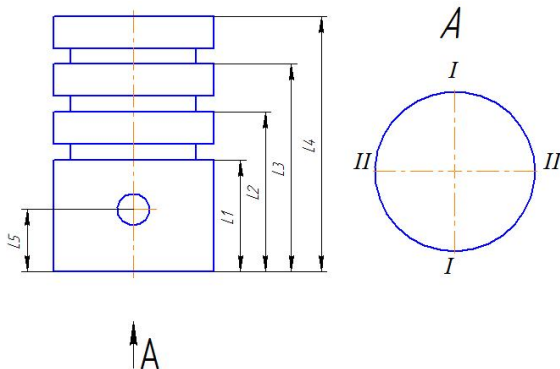
3. Вимірювання штангенрейсмусом

Штангенрейсмус №

Ціна поділки штангенрейсмуса

Межі вимірювання штангенрейсмуса

Позначення на кресленні	Результати вимірів, мм				Середнє арифметичне
	Вимір 1	Вимір 2	Вимір 3	Вимір 4	
L1					
L2					
L3					
L4					
L5					



Робота № 3

ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ МІКРОМЕТРИЧНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ

Мета роботи:

1. Вивчити призначення, конструкцію та порядок вимірювань розмірів мікрометричними інструментами.
2. Здобути практичні навички у вимірюванні мікрометричними інструментами.

Устаткування, інструмент, приналежності:

- 1) мікрометр гладкий, мікрометричний глибиномір, мікрометричний нутромір;
- 2) вимірювальна плита;
- 3) деталі для вимірювань.

Завдання

1. Попередньо вивчити призначення, конструкцію мікрометричних інструментів, порядок виконання вимірювань і зняття відліків за шкалами.
2. Виконати вимірювання.
3. Оформити звіт (див. с. 28).

Короткі теоретичні відомості

Мікрометричні інструменти

1. Мікрометричні інструменти призначені для виміру лінійних розмірів.
2. Основою вимірювального пристрою мікрометричних інструментів є точно виготовлена мікрометрична гвинтова пара, яка має переміщення гвинта 25 мм, величину кроку $P = 0,5$ мм, ціну поділки 0,01 мм.
3. Основні типи мікрометричних інструментів:
 - мікрометри гладкі (ДСТУ ГОСТ 6507:2009) для вимірювання зовнішніх розмірів деталей у межах від 0 до 600 мм (рис. 3.1, *а, б*);

– глибиноміри мікрометричні (ГОСТ 7470-92) для вимірювання глибини пазів, отворів і висот уступів з межами вимірювання від 0 до 100 мм (рис. 3.1, *а*);

– нутроміри мікрометричні (ДСТУ ГОСТ 10:2009) для вимірювання внутрішніх розмірів у межах від 50 до 6000 мм (рис. 3.1, *з, д*);

– спеціальні мікрометри – зубомірні, трубні, різьбові та інші.

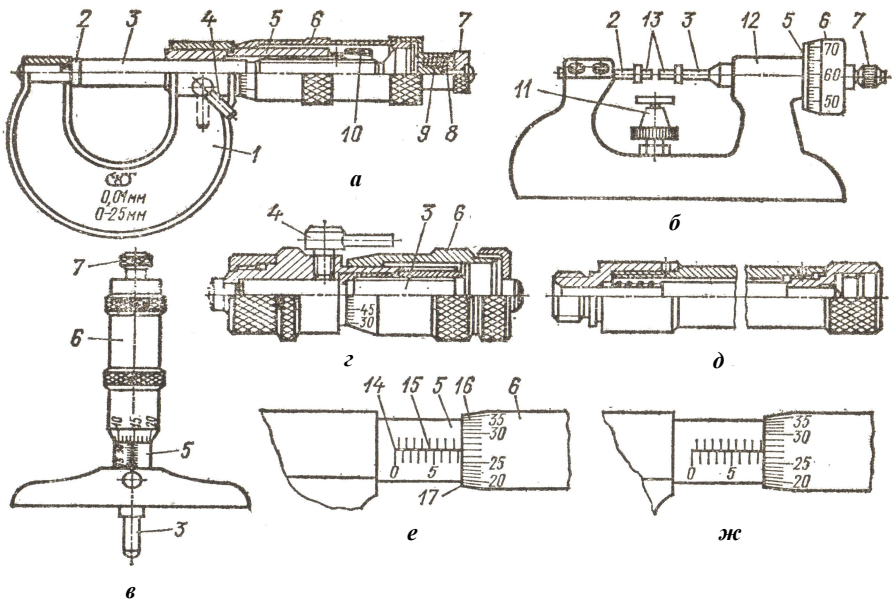


Рис. 3.1. Мікрометри:

а – гладкий МК; *б* – настільний горизонтальний МГ; *в* – глибиномір; *г* – нутромір;

д – подовжувач до нутроміра; *е, ж* – положення шкал відповідно при відліках 8,27 і 8,77 мм; *1* – скоба; *2* – п'ята; *3* – мікрометричний гвинт; *4* – стопор; *5* – стебло; *6* – барабан; *7* – тріскачка; *8* – штифт; *9* – пружина; *10* – гайка з конічною різьбою; *11* – предметний столик; *12* – основа; *13* – вимірювальні наконечники; *14* – поздовжній штрих; *15* – поздовжня шкала; *16* – кругова шкала; *17* – торець барабана

4. Відліковий пристрій мікрометричних інструментів (рис. 3.2) складається із двох шкал: поздовжньої *1* і кругової *2* та барабана *3*. Основна (поздовжня) шкала має два ряди штрихів, розташованих по обох сторонах горизонтальної лінії і зсунутих відносно один одного на 0,5 мм. Обидва ряди штрихів утворюють одну поздовжню шкалу з ціною поділки 0,5 мм, рівною кроку мікрогвинта. Отже, одному оберту мікрогвинта та жорстко скріпленого з ним барабана відповідає лінійне переміщення

торця барабана на одну поділку, рівну 0,5 мм. Показчиком для відліку цілого числа поділок основної шкали служить край 4 барабана 3. Кругова шкала звичайно має 50 поділок (при кроку гвинта $P = 0,5$ мм). Виходить, поворот барабана з мікрогвинтом на одну поділку кругової шкали щодо поздовжнього штриха стебла 5 буде відповідати величині лінійного переміщення мікрогвинта $i = P/n = 0,5/50 = 0,01$ мм. Показчиком для відліку по круговій шкалі барабана є поздовжній штрих 6 основної шкали, проведений на стеблі 5.

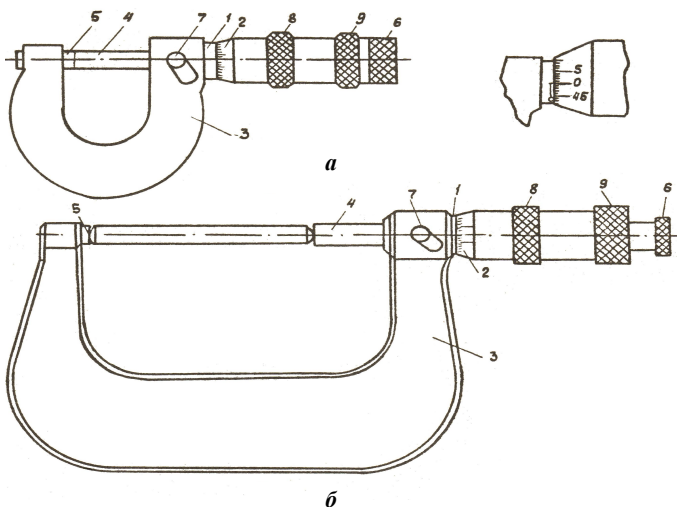


Рис. 3.2. Перевірка нульової установки мікрометра:
а – з межею вимірювань 0-25 мм; **б** – по установній мірі

5. По поздовжній шкалі відраховують цілі міліметри та 0,5 мм, по круговій шкалі – десяті й соті долі міліметра. Положенню шкали на рис. 3.1, **е** відповідає розмір 8,27 мм, а на рис. 3.1, **ж** – розмір 8,77 мм.

6. Гранична похибка мікрометрів залежить від верхніх меж вимірювання й може становити від 0,002 мм (для мікрометрів з межами вимірювань 0-25 мм) до $\pm 0,005$ мм (для мікрометрів з межами вимірювань 500–600 мм).

Вимірювання гладким мікрометром

1. Скоба 1 мікрометра (див. рис. 3.1, **а**) повинна бути досить жорсткою, щоб її деформація не позначалася на точності виміру.

2. Мікрометрична пара розташована в стеблі 5. Мікрометричний гвинт 3 жорстко пов'язаний з барабаном 6 і при вимірюванні приводиться в обертання тріскачкою 7, призначеною забезпечити постійність вимірювальної сили в межах $(7 \pm 2) \text{ Н}$.

3. Вимірювальними поверхнями є торцеві поверхні п'яти 2 і гвинта 3, які обробляються із шорсткістю $Ra = 0,04 - 0,02 \text{ мкм}$.

4. Перед початком вимірювань перевіряється нульова установка мікрометра.

4.1. При перевірці мікрометрів з межею вимірювання 25-50, 50-75 мм і т. д. торці мікрогвинта та п'яти приводять у зіткнення зі спеціальною циліндричною установною мірою або плоскопаралельною кінцевою мірою довжини розміром, рівним нижній межі вимірювання.

При зазначеному контакті (рис. 3.2) скошений край барабана повинен установитися так, щоб штрих (0; 25; 50; ...) початкового ділення шкали із ціною ділення 0,5 мм був би повністю видний, а нульове ділення шкали барабана 2 зупинилося б проти поздовжнього штриха на стеблі 1.

4.2. Якщо установка неправильна, варто змінити положення барабана 2 щодо мікрогвинта. Для цього, закріпивши стопорним устроєм 7 мікрогвинт, притримують лівою рукою корпус барабана за накатний виступ 8 і, обертаючи правою рукою гайку 9 (що є також корпусом тріскачки), звільняють від мікрометричного гвинта корпус барабана. Потім, повернувши вільно розташований на мікрометричному гвинті корпус барабана так, щоб нульова установка відновилася, і притримуючи корпус барабана за накатний виступ 8, знову скріплюють гайкою 9 барабан з мікрометричним гвинтом. Після цього за допомогою тріскачки приводять у щільний контакт вимірювальні поверхні й переконуються в правильності установки на 0.

5. Для визначення розміру вимірювані поверхні деталі затискають між вимірювальними поверхнями мікрогвинта 4 і п'яти 5, стопорять мікрогвинт і роблять відлік, що складається із цілого числа міліметрів, визначених по основній шкалі з боку оцифровки, з 0,5 мм, відлічених по основній шкалі з боку, протилежного оцифровці, і з десятих і сотих часток міліметра, знятих по круговій шкалі барабана.

Вимірювання мікрометричним глибиноміром

1. У мікрометричному глибиномірі стебло 1 жорстко пов'язане з основою (траверсою) 3 (рис. 3.3, а).

2. Однією з вимірювальних поверхонь є нижня площина основи 3, другою – поверхня змінного вимірювального стрижня 4.

3. Обертання мікрогвинта виконується за допомогою тріскачки 5, що обмежує вимірювальне зусилля. Мікрогвинт може бути закріплений у будь-якому положенні за допомогою стопора 6.

4. До комплекту глибиноміра входять змінні вимірювальні стрижні й установні міри (рис. 3.3,*б*), які виконані у вигляді циліндрів з отвором і плоскими вимірювальними торцями. Число і розміри установних мір залежать від числа та розмірів змінних вимірювальних стрижнів. На установних мірах і змінних вимірювальних стрижнях маркіровані їх розміри.

5. Перед початком вимірювань перевіряють по скляній пластині нульову установку (рис. 3.3,*в*) глибиноміра.

5.1. Якщо вона неправильна, то, застопоривши мікрогвинт стопором 6, відгвинчують гайку 7 (див. рис. 3.3,*а*) і, притримуючи лівою рукою корпус барабана за накатне кільце 8, установлюють барабан так, щоб його скошений край торкався нульового штриха стебла 1. Нульовий штрих повинен бути видний при цьому повністю, а проти поздовжнього штриха основної шкали повинне стояти нульове ділення кругової шкали барабана. Потім контргайка 7 знову затягується і знову перевіряється нульова установка.

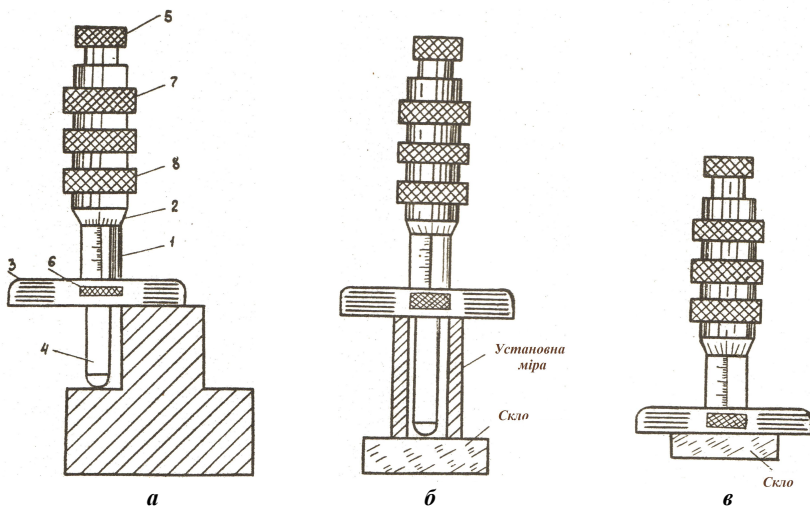


Рис. 3.3. Мікрометричний глибиномір:

а – загальний вигляд; *б*, *в* – перевірка нульової установки

5.2. При зміні вимірювальних стрижнів нульова установка не повинна порушуватися.

6. Як при перевірці нульової установки, так і надалі при вимірюванні, основу 3 варто притискати до поверхні деталі рукою із зусиллям, що перевищує вимірювальне зусилля (при обертанні мікрогвинта тріскачкою), щоб створити щільне прилягання вимірювальної поверхні до деталі.

7. Сумарна погрішність глибиноміра в інтервалі 0-25 мм не повинна перевищувати 0,005 мм.

Вимірювання мікрометричним нутромір

1. Мікрометричний нутромір складається зі стебла 1 (рис. 3.4,*а*), у який запресований вимірювальний наконечник 8 (рис. 3.4,*з*). У стебло вгвинчується мікрометричний гвинт 4, з'єднаний з корпусом барабана 2 установною гайкою 3. Крізь отвір гайки назовні виходить сферичний вимірювальний наконечник 4 мікрометричного гвинта.

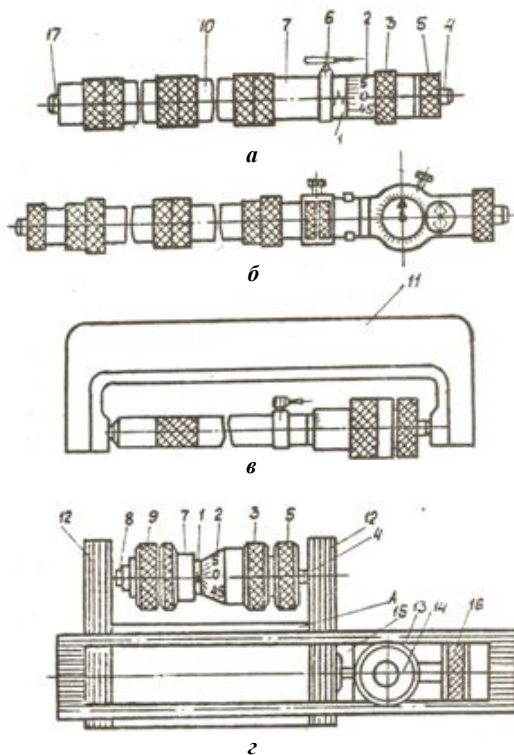


Рис. 3.4. Мікрометричний нутромір:

а – загальний вигляд; *б* – з індикатором; *в* – перевірка нульової установки за установною мірою; *г* – перевірка за кінцевими мірами

2. При вимірюванні розмірів до мікрометричної головки приєднуються відповідні подовжувачі. На кожному подовжувачі маркірований його робочий розмір.

3. У комплект нутроміра входить установна міра, що має вид скоби, по якій перевіряється нульова установка інструмента (див. рис. 3.4,в). При відсутності настановної міри нульову установку нутроміра можна зробити за кінцевими мірами (див. рис. 3.4,г).

3.1. Для перевірки нуля мікрометричний нутромір вводиться між вимірювальними поверхнями скоби або бічниками блоку кінцевих мір. Притримуючи нутромір за гільзу 7 (див. рис. 3.4,а) і обертаючи барабан за накатне кільце 5, вигвинчують мікрометричний гвинт доти, поки вимірювальні наконечники не торкнуться поверхонь установної міри або бічників. Застопоривши мікрогвинт поворотом рукоятки 6, перевіряють нульове показання. Скошений край барабана повинен торкатися нульового штриха основної шкали. Проти поздовжнього штриха основної шкали повинне стояти нульове ділення шкали барабана. Невеликими погойдуваннями визначають, чи відповідає його розмір найменшій відстані між поверхнями міри. При необхідності регулюють нутромір.

4. Мікрометричний нутромір не має тріскачки. Щільність контакту вимірювальних наконечників з поверхнями міри або деталі визначається на дотик.

5. При заміні подовжувачів нульова установка не порушується.

6. При вимірюванні мікрометричний нутромір вводять у отвір, що перевіряється, і, відстопоривши мікрогвинт, обертанням кільця 5 приводять вимірювальні наконечники 4 і 8 (або 4 і 17) у щільний контакт зі стінками отвору, потім знову стопорять мікрогвинт (див. рис. 3.4,а,г).

7. Вимірювання кожного розміру виконують кілька разів, злегка погойдуючи нутромір у площині, перпендикулярній до осі отвору, і відшукуючи при цьому найбільший розмір, а також у площині, що проходить через вісь отвору, відшукуючи при цьому найменший розмір.

Після остаточної установки нутроміра в положення, що відповідає вимірюваному діаметру, мікрогвинт стопорять і, вийнявши нутромір з отвору, роблять відлік.

8. Припустимі погрішності мікрометричних нутромірів: при вимірюванні розмірів від 50 до 150 мм – 0,004 мм; при вимірюванні розмірів від 5000 до 6000 мм – 0,07 мм.

Порядок виконання роботи

1. Записати у звіт номер, ціну поділки й межі вимірювання інструментів.

2. Перш ніж почати вимірювання мікрометричним інструментом, необхідно перевірити і при необхідності відрегулювати нульову установку інструмента.

3. Зробити вимірювання заданих деталей мікрометричним інструментом.

3.1. Для вимірювання мікрометром відводять вимірювальну поверхню мікрогвинта 4 (див. рис. 3.3) шляхом обертання за тріскачку або за виступ 8 на необхідну відстань. Потім між вимірювальними поверхнями поміщають вимірюваний об'єкт і, знову обертаючи мікрогвинт (обов'язково за тріскачку), затискають об'єкт між вимірювальними поверхнями, стопорять мікрогвинт і роблять відлік.

3.2. При вимірюванні мікрометричним глибиноміром обертання мікрогвинта, як і в мікрометрі для зовнішніх вимірювань, виконується тріскачкою 5 (див. рис. 3.4, *а*), що обмежує вимірювальне зусилля. Крім того, на відміну від мікрометрів, нуль основної шкали мікрометричної головки розташований не ліворуч, а праворуч. Вимірюючи, основу необхідно притискати до поверхні деталі рукою із зусиллям, що перевищує вимірювальне зусилля, щоб створити щільне прилягання вимірювальної поверхні до деталі. Мікрогвинт стопориться, і виконується відлік.

3.3. Для вимірювання мікрометричним нутроміром підбирають необхідні подовжувачі. При вимірюванні нутромір погойдують у різних напрямках щодо одного вимірювального наконечника, одночасно обертаючи мікрогвинт із другим наконечником. При цьому потрібно визначити найбільший розмір у поперечному перерізі отвору та найменший – у поздовжньому. Після остаточної установки нутроміра в положення, що відповідає вимірюваному діаметру, закріпити мікрогвинт і, вийнявши з отвору, зробити відлік.

4. Провести виміри кожного розміру в трьох перетинах, перпендикулярних осі виробу (перетини 1, 2, 3), рівномірно розташованих уздовж осі, й у двох взаємно перпендикулярних напрямках (І і II) у кожному перетині.

5. Результати вимірювань записати у відповідну таблицю.

6. Оформити звіт (див. с. 28).

Контрольні питання

1. Призначення й будова мікрометричних інструментів.

2. Які межі вимірювань і ціна поділки основних типів мікрометричних інструментів?

3. Як виконують вимірювання мікрометричними інструментами й відлік розміру?

4. Граничні похибки мікрометрів.

5. Як перевіряється нульова установка мікрометричних інструментів?

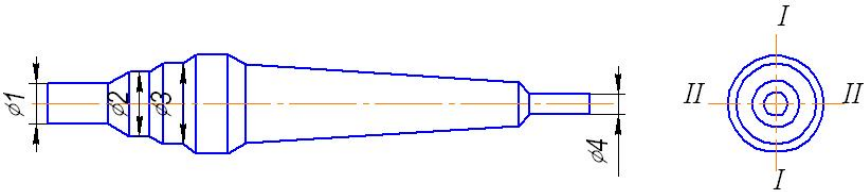
Робота № 3. Вимірювання лінійних розмірів мікрометричними інструментами

1. Вимірювання мікрометром

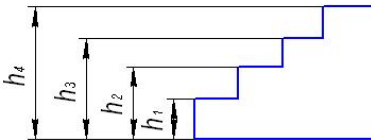
Мікрометр №

Ціна поділки мікрометра

Межі вимірювань мікрометра



Позначення діаметра	Напрямок		Середнє арифметичне	Відхилення від геометричної форми
	I-I	II-II		



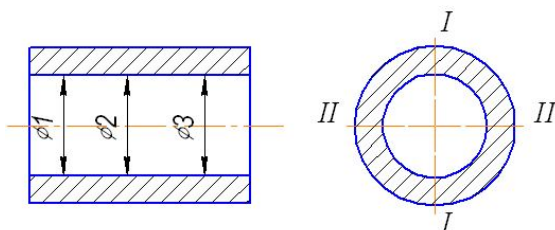
2. Вимірювання мікрометричним глибиноміром

Мікрометричний глибиномір №

Ціна поділки глибиноміра

Межі вимірювань глибиноміра

Позначення на кресленні	Результати вимірювань, мм			
	Вимір 1	Вимір 2	Вимір 3	Середнє арифметичне



Позначення діаметра	Напрямок		Середнє арифметичне	Відхилення від геометричної форми
	I-I	II-II		

Робота № 4

УСТАНОВКА ГЛАДКИХ РЕГУЛЬОВАНИХ СКОБ НА РОЗМІР ЗА КІНЦЕВИМИ МІРАМИ

Мета роботи:

1. Ознайомитися з призначенням калібрів та установкою регульованих скоб на розмір.
2. Здобути практичні навички з розрахунку й складання блоків кінцевих мір і установки по них регульованої скоби на розмір.

Устаткування, інструменти, приналежності:

- 1) регульована гладка калібр-скоба;
- 2) набір кінцевих мір довжини;
- 3) викрутка;
- 4) виписка зі ДСТУ ISO 286-1-2002, ДСТУ ISO 286-2:2002, ГОСТ 24853-81.

Завдання

1. Попередньо вивчити призначення та будову калібрів і контрkalібрів.
2. Ознайомитися з побудовою схем розташування полів допусків на калібри і контрkalібри.
3. Побудувати схему розташування полів допусків деталі і гладких калібрів до неї.
4. Підрахувати середні значення калібрів і контрkalібрів.
5. Розрахувати і скласти блок з кінцевих мір.
6. Установити регульовану скобу (прохідну та непрохідну сторони) на розмір.
7. Оформити звіт (див. с. 39)

Короткі теоретичні відомості

Калібри для гладких циліндричних деталей

1. Калібрами (ДСТУ 2234-93) називаються контрольні інструменти, що служать для перевірки відповідності дійсних розмірів, форми і розташування поверхонь деталей заданим.

1.1. Найбільше поширення в машинобудуванні одержали граничні калібри, що обмежують найбільші і найменший граничні розміри деталі. Граничні калібри визначають не числове значення вимірюваної величини, а придатність деталі, тобто чи перебуває її розмір між заданими граничними розмірами. Деталь вважається придатною, якщо прохідна сторона калібру (прохідний калібр) під дією власної маси або зусилля, приблизно рівному їй, проходить, а непрохідна сторона (непрохідний калібр) не проходить по контрольованих поверхнях деталі. При цьому вимірювальні поверхні калібрів повинні бути злегка змащеними.

1.2. Для контролю профілів деталей складної форми в більшості випадків користуються нормальними калібрами-шаблонами; про придатність деталі судять по величині зазору між контурами деталі й шаблона.

2. За призначенням граничні калібри поділяють на робочі і контрольні. Робочі калібри (прохідний ПР і непрохідний НЕ) призначені для контролю виробів у процесі їх виготовлення.

3. Для контролю діаметра отвору застосовується калібр-пробка, для контролю діаметра вала – калібр-скоба. Скоби бувають жорсткі й регульовані. Регульовані скоби мають меншу точність (їх звичайно застосовують для контролю виробів 8-го і більш грубих квалітетів) та надійність, але вони дозволяють компенсувати знос й дають можливість використовувати одну скобу для вимірювань різних розмірів, які лежать у певному інтервалі.

4. Контрольні калібри (К-ПР, К-НЕ, К-З) застосовуються для перевірки калібрів-скоб, призначених для контролю валів 6-го і більш грубих квалітетів.

К-ПР і К-НЕ використовують для перевірки робочих скоб ПР і НЕ при виготовленні і їх використанні. Ці калібри повинні щільно, без зусиль і погойдувань проходити в нові контрольовані скоби.

Контрольні калібри К-З є непрохідними та служать для вилучення з експлуатації внаслідок зношування прохідної робочої скоби (ПР). Відхилення контркалібрів для скоб К-ПР і К-З відраховують від найбільшого, а для К-НЕ – від найменшого граничного розміру вала.

5. При перевірці калібрів-скоб контрольними калібрами забезпечується точність контролю 1 мкм, якщо відповідний контркалібр (шайба) плавно входить у контрольовану сторону скоби під власною масою не більше 100 г.

6. Середній знос робочих поверхонь калібрів-скоб становить 1 мкм на 10000 вимірювань.

7. Калібри виготовляють з інструментальних або вуглецевих цементуємих сталей (У10А, У12А, 10, 15 та ін.).

Складання блоку з кінцевих мір

3. При складанні блоку з кінцевих мір варто прагнути, щоб кількість складових мір була якнайменшою. Наприклад, при складанні блоку з набору в 87 шт. максимальна кількість кінцевих мір, що входять у блок, повинна бути не більше чотирьох.

4. Виконуючи попередній розрахунок блоку, спочатку вибирають кінцеві міри, що мають тисячні частки міліметра, потім соті, десяті і т. д.

Приклад розрахунку

Необхідно скласти блок для розміру	48,743 мм
Розмір _____	— 48,743 мм
1-а міра, що входить у блок	1,003
залишок	— 47,74
2-а міра, що входить у блок	1,24
залишок	46,50
3-я міра, що входить у блок	6,5
залишок	— 40,0
4-а міра, що входить у блок	40,0
залишок	0

Установка регульованої скоби на розмір

1. Регульовані граничні гладкі скоби (рис. 4.1) установлюються на необхідний розмір у межах певного інтервалу шляхом переміщення вставок.

2. На рис. 4.1 показаний вузол подачі вставки регульованої скоби. Переміщення вставок у бік зменшення розміру здійснюється гвинтами 6 за допомогою викрутки. При необхідності збільшення розміру вставки переміщують при відвернутих настановних гвинтах 6 безпосереднім натиском на голівку. Кріплять вставки за допомогою затискних гвинтів 7. У виробничих умовах після установки розміру настановні гвинти 6 опечатують за допомогою мастики і таврують особистим клеймом контролера.

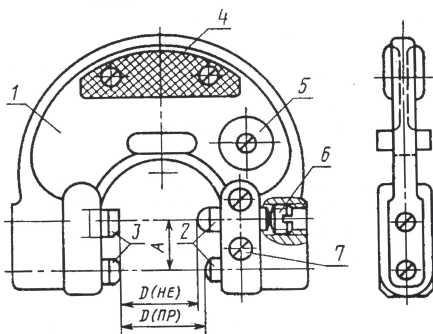


Рис. 4.1. Регульована гладка скоба:

- 1 – корпус; 2 – рухома вставка; 3 – нерухома п'ята; 4 – теплоізоляційна накладка; 5 – маркірована шайба; 6 – регульований гвинт; 7 – вузол затиску вставки

3. Залежно від контрольованого розміру вибирають регульовану скобу з відповідним інтервалом вимірювань. Установку на розмір роблять або по контрольних шайбах, або по блоках кінцевих мір, для чого в даній роботі підраховують середні розміри контрольних калібрів К-ПР, К-З і К-НЕ, за якими повинна встановлюватися і контролюватися скоба.

4. *Приклад.* Розрахувати середні розміри робочого калібру-скоби: прохідний ПР і непрохідний НЕ сторін для контролю вала $\varnothing 27f7$ і контр-калібрів К-ПР, К-НЕ і К-З для контролю скоби.

4.1. Для розрахунку виконуємо побудову схеми полів допусків.

Основні терміни (ДСТУ ISO 286-1-2002):

допуск розміру – це різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами;

поле допуску – це зона між найбільшим і найменшим граничними розмірами. Верхня границя поля допуску відповідає найбільшому, а нижня – найменшому граничному розміру;

відхилення розміру – алгебраїчна різниця між дійсним і номінальним розмірами;

верхнє відхилення (es) – алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами: $es = d_{\max} - d$;

нижнє відхилення (ei) – алгебраїчна різниця між найменшим граничним і номінальним розмірами: $ei = d_{\min} - d$;

основне відхилення – одне із двох відхилень (верхнє або нижнє), найближче до лінії номінального розміру (нульової лінії). На схемах розташування полів допусків відхилення відкладаються в мікрометрах.

4.2. Побудову схеми полів допусків починаємо з нанесення лінії номінального розміру (нульової лінії) – рис. 4.2.

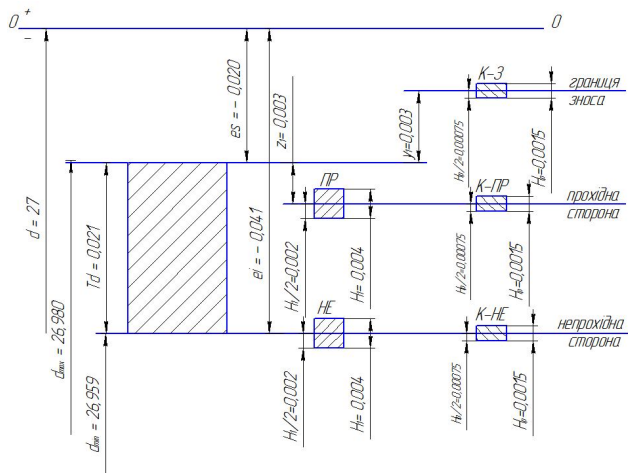


Рис. 4.2. Схема розташування полів допусків для калібру і контркалібрів

4.3. За ДСТУ ISO 286-2:2002 або табл. 4.3 у додатку по номінальному розміру вала $d = 27$ мм і буквеному індексу поля допуску "f" знаходимо основне відхилення вала, що у даному прикладі буде верхнім відхиленням $es = -20$ мкм. За ДСТУ ISO 286-2:2002 або табл. 4.2 у додатку відповідно до номінального розміру $d = 27$ мм і квалітетом 9 знаходимо значення допуску $Td = 21$ мкм. Визначаємо значення нижнього відхилення: $ei = es - Td$; $ei = -20 - 21 = -41$ мкм.

Вибравши довільно масштаб, наносимо поле допуску вала на схему.

За стандартом ГОСТ 24853-81 "Калібри гладкі для розмірів до 500 мм. Допуски" або табл. 4.4 у додатку вибираємо допуски і відхилення для калібру-скоби і контркалибрів. По квалітету вала 7 і його номінальному розміру $d = 27$ мм знаходимо $z_1 = 3$ мкм; $y_1 = 3$; $\alpha_1 = 0$; $H_1 = 4$ мкм; $H_p = 1,5$ мкм. Будуємо поля допусків для калібру й контркалибрів, як показано на рис. 4.2.

4.4. Підраховуємо середні розміри калібру-скоби ПР і НЕ й контркалибрів К-ПР; К-НЕ; К-З за формулами (табл. 4.5 у додатку):

$$d_{\max} = d + es = 27 + (-0,020) = 26,980 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 27 + (-0,041) = 26,959 \text{ мм};$$

$$\text{ПР} = d_{\max} - z_1 = 26,980 - 0,003 = 26,977 \text{ мм};$$

$$\text{НЕ} = d_{\min} + \alpha_1 = 26,959 \text{ мм};$$

$$\text{К-ПР} = d_{\max} - z_1 = 26,980 - 0,003 = 26,977 \text{ мм};$$

$$\text{К-НЕ} = d_{\min} + \alpha_1 = 26,959 \text{ мм};$$

$$\text{К-И} = d_{\max} + y_1 - \alpha_1 = 26,980 + 0,003 = 26,983 \text{ мм}.$$

4.5. За підрахованими розмірами, округляючи отримані значення до третього десяткового знака, збираємо відповідні блоки з кінцевих мір.

По блоку К-ПР встановлюємо зовнішні губки скоби А (див. рис. 4.1), і він для них є прохідним.

По блоку К-НЕ встановлюємо внутрішні губки скоби Б, і він для них також є прохідним.

Блок К-З є при установці контрольним, непрохідним для губок А і Б. Установлені губки закріплюємо за допомогою гвинтів 7 (див. рис. 4.1).

Порядок виконання роботи

1. Записати у звіт заданий номінальний діаметр вала та інтервал вимірювання скоби.

2. Вибрати з ДСТУ ISO 286-2:2002 або з табл. 4.2 у додатку по номінальному діаметру вала і його квалітету значення допуску, а значення основного відхилення за ДСТУ ISO 286-2:2002 або з табл. 4.3. у додатку відповідно до розміру вала та полю допуску. Розрахувавши друге відхилення, побудувати поле допуску вала в прийнятному масштабі.

3. За ГОСТ 24853-81 або з табл. 4.4. у додатку вибрати допуски і відхилення для скоби та контркалибрів по номінальному розміру вала і його квалітету.

4. Нанести на схему полів допусків калибрів ПР і НЕ і контркалибрів К-ПР; К-НЕ; К-З.

5. Розрахувати граничні розміри вала і та середні розміри скоби ПР і НЕ та контркалибрів К-ПР; К-НЕ; К-З, по яких повинна встановлюватися скоба за формулами, наведеними у табл. 4.5 (див. додаток).

6. Розрахувати й скласти блоки кінцевих мір на отримані розміри скоби ПР і НЕ та контркалибрів К-З. Розміри при цьому округляються до третього десяткового знака.

7. Установити гладку регульовану скобу на необхідний розмір. По блоку ПР установлюються зовнішні губки скоби (він для них є прохідним), по блоку НЕ – внутрішні губки скоби (він для них є непрохідним). Блок К-З є при установці контрольним, непрохідним для обох губок.

8. Після закінчення роботи блоки кінцевих мір розібрати, кінцеві міри (плитки) промити авіаційним бензином (спиртом), ретельно протерти, змазати й покласти у відповідні осередки набору.

9. Оформити звіт (див. с. 39).

Контрольні питання

1. Що називається калибрами?

2. Як підрозділяються калибри за призначенням?

3. Для чого призначені калибри?

4. Як визначається придатність деталі граничними і нормальними калибрами?

5. Недоліки та переваги регульованих скоб. У якому типі виробництва доцільно застосовувати жорсткі і регульовані скоби?

6. Для чого призначені контркалибри? У тому числі К-ПР, К-НЕ, К-З?

7. Як виконується установка регульованої скоби на розмір?

8. Що таке допуск розміру, поле допуску?
9. Що таке відхилення? Що таке основне відхилення?
10. Що таке верхнє (нижнє) відхилення?
11. Як виконується побудова схеми полів допусків?
12. Як виконується розрахунок розмірів контркалибрів К-ПР, К-НЕ, К-З?
13. Порядок розрахунку й складання блоку кінцевих мір довжини.

Додаток (довідковий)

1. Позначення:

- d – номінальний розмір вала;
 $d_{\max}$ – найменший граничний розмір вала;
 $d_{\min}$ – найбільший граничний розмір вала;
 Td – допуск виробу;
 H_1 – допуск на виготовлення калібрів для вала;
 H_p – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби;
 z_1 – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала щодо найбільшого граничного розміру виробу ($d_{\max}$);
 y_1 – припустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для вала за межу поля допуску виробу;
 α_1 – величина для компенсації погрішності контролю калібрами валів з розмірами понад 180 мм.

2. Схема розташування полів допусків калібрів для контролю валів наведена на рис. 4.3.

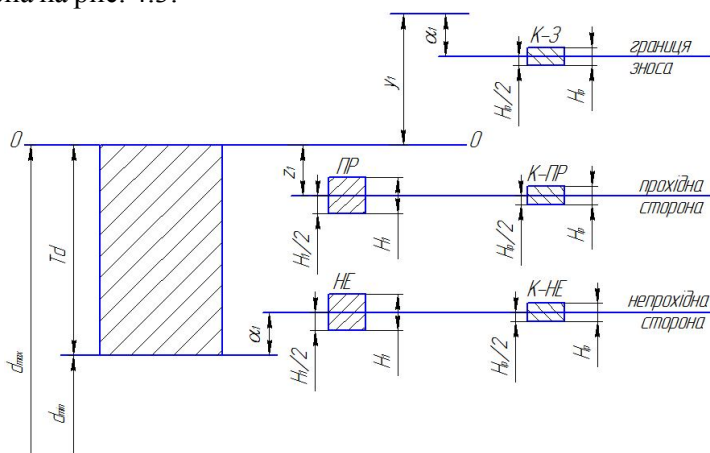


Рис. 4.3. Схема розташування полів допусків калібрів для контролю вала

Таблиця 4.2. Допуски для розмірів до 80 мм, мкм

Номінальні розміри, мм	Квалітети				
	6	7	8	9	10
	Допуски, мкм				
Понад 6 до 10	9	15	22	36	58
Понад 10 до 18	11	18	27	43	70
Понад 18 до 30	13	21	33	52	84
Понад 30 до 50	16	25	39	62	100
Понад 50 до 80	19	30	46	74	120

Таблиця 4.3. Основні відхилення валів для розмірів до 80 мм, мкм

Номінальні розміри, мм	Буквене позначення основних відхилень					
	c	d	e	f	g	h
	Верхніс відхилення es, мкм (всі квалітети)					
Понад 6 до 10	-80	-40	-25	-13	-5	0
Понад 10 до 18	-95	-50	-32	-16	-6	0
Понад 18 до 30	-110	-65	-40	-20	-7	0
Понад 30 до 40	-120	-80	-50	-25	-9	0
Понад 40 до 50	-130					
Понад 50 до 65	-140	-100	-60	-30	-10	0
Понад 65 до 80	-150					

Таблиця 4.4. Допуски й відхилення калібрів, мкм

Квалітет	Позначення	Інтервал розмірів, мм				
		Понад 6 до 10	Понад 10 до 18	Понад 18 до 30	Понад 30 до 50	Понад 50 до 80
6	z_1	2	2,5	3	3,5	4
	y_1	1,5	2	3	3	3
	α_1	0	0	0	0	0
	H_1	2,5	3	4	4	5
	H_p	1	1,2	1,5	1,5	2
7	z_1	2	2,5	3	3,5	4
	y_1	1,5	2	3	3	3
	α_1	0	0	0	0	0
	H_1	2,5	3	4	4	5
	H_p	1	1,2	1,5	1,5	2
8	z_1	3	4	5	6	7
	y_1	3	4	4	5	5
	α_1	0	0	0	0	0
	H_1	4	5	6	7	8
	H_p	1,5	2	2,5	2,5	3

Продовж. табл. 4.4

Квалітет	Позначення	Інтервал розмірів, мм				
		Понад 6 до 10	Понад 10 до 18	Понад 18 до 30	Понад 30 до 50	Понад 50 до 80
9	z_1	7	8	9	11	13
	y_1	0	0	0	0	0
	α_1	0	0	0	0	0
	H_1	4	5	6	7	8
	H_p	1,5	2	2,5	2,5	3
10	z_1	7	8	9	11	13
	y_1	0	0	0	0	0
	α_1	0	0	0	0	0
	H_1	4	5	6	7	8
	H_p	1,5	2	2,5	2,5	3

Таблиця 4.5. Формули для обчислення виконавчих розмірів калібрів для вала

Калібр-скоба	Робочий калібр		Контрольний калібр	
	Розмір	Допуск	Розмір	Допуск
Прохідна сторона нова	$d_{\max} - z_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{\max} - z_1$	$\pm \frac{H_p}{2}$
Прохідна сторона зношена	$d_{\max} + y_1 - \alpha_1$	—	$d_{\max} + y_1 - \alpha_1$	—
Непрохідна сторона	$d_{\min} + \alpha_1$	$\pm \frac{H_1}{2}$	$d_{\min} + \alpha_1$	$\pm \frac{H_p}{2}$

Примітка: при розрахунку середніх розмірів калібрів для валів квалітетів 6–14 та всіх контрольних калібрів треба результат округляти до величин, кратних 0,5 мкм (для лабораторної роботи – до 1 мкм).

Робота № 4. Установка гладкої регульованої скоби на розмір по кінцевих мірах

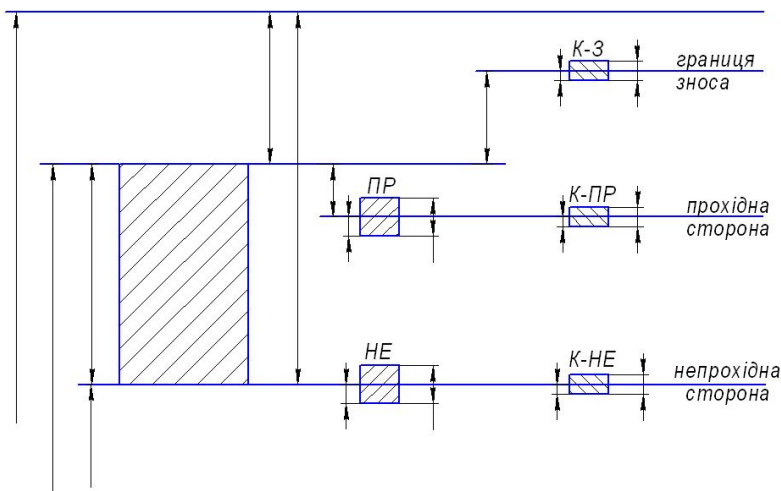
I. Номінальний розмір контрольованого вала ...

II. Межі вимірювання регульованої гладкої скоби ...

1. Таблиця допусків відхилень для вала і контркалібрів

Номінальний розмір вала	Допуск і відхилення вала			Допуски і відхилення для калібрів				
	ei	Td	es	z_1	y_1	α_1	H_1	H_p

2. Схема розташування полів допусків вала і калібрів



3. Середні значення калібру-скоби ПР, НЕ та контркалібрів К-ПР, К-НЕ, К-З:

ПР = ...

НЕ = ...

К-ПР = ...

К-НЕ = ...

К-З = ...

4. Розрахунок і складання блоку кінцевих мір для установки скоби

Розміри кінцевих мір	Найменування блоку					
	ПР =		НЕ =		К-З =	
Перша кінцева міра						
Залишок						
Друга кінцева міра						
Залишок						
Третя кінцева міра						
Залишок						
Четверта кінцева міра						
Залишок						

5. Установити регульовані скоби для перевірки вала:

Зовнішні губки (прохідна сторона) по блоку ПР = ... мм

Внутрішні губки (непрохідна сторона) по блоку НЕ = мм

6. Проконтролювати правильність установки скоби блоком
К-З = ... мм

Робота № 5
**ВИМІРЮВАННЯ ГЛАДКИХ КАЛІБРІВ
ВАЖІЛЬНОЮ СКОБОЮ**

Мета роботи:

1. Вивчити призначення і будову важільної скоби.
2. Здобути практичні навички у виконанні вимірювань важільною скобою.
3. Ознайомитися із призначенням калібрів-пробок.

Устаткування, інструменти, приналежності:

- 1) скоба важільна;
- 2) набір кінцевих мір довжини;
- 3) калібр-пробка;
- 4) виписки з ДСТУ ISO 286-1-2002, ДСТУ ISO 286-2:2002, ГОСТ 24853-81.

Завдання

1. Попередньо вивчити призначення і будову важільної скоби.
2. Попередньо вивчити призначення і будову калібрів для контролю отворів.
3. Ознайомитися з побудовою схем розташування полів допусків калібрів для контролю отворів.
4. Побудувати схему розташування полів допусків гладких калібрів.
5. Розрахувати і скласти блок з кінцевих мір.
6. Настроїти важільну скобу на розмір.
7. Виконати вимірювання.
8. Оформити звіт (див. с. 49).
9. Зробити висновок про придатність калібр-пробки.

Короткі теоретичні відомості (ДСТУ ISO 286-1-2002)

1. Розмір – числове значення лінійної величини (діаметра, довжини і т. д.) в обраних одиницях вимірювання.

2. Дійсний розмір – розмір, установлений виміром із припустимою похибкою.

3. Граничні розміри – два гранично припустимих розміри, між якими повинен перебувати або яким може бути рівним дійсний розмір придатної деталі. Один з них називається найбільшим граничним розміром ($D_{\max}$ – для отворів; $d_{\max}$ – для валів), інший – найменшим ($D_{\min}$ – для отворів; $d_{\min}$ – для валів) (рис. 5.1).

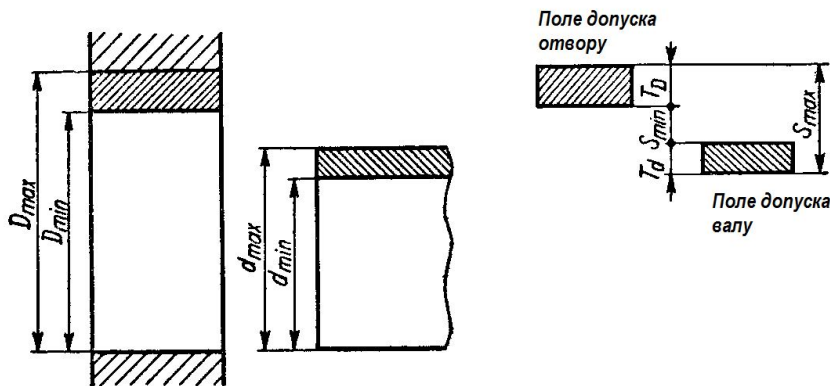


Рис. 5.1. Розташування полів допусків

4. Номінальний розмір – розмір, відносно якого визначаються граничні розміри і який служить також початком відліку відхилень.

5. Відхилення – алгебраїчна різниця між розміром (дійсним, граничним і т. д.) і відповідним номінальним розміром.

6. Дійсне відхилення – алгебраїчна різниця між дійсним і номінальним розмірами.

7. Граничне відхилення – алгебраїчна різниця між граничним і номінальним розмірами. Розрізняють верхнє і нижнє відхилення.

8. Верхнє відхилення – алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами.

9. Нижнє відхилення – алгебраїчна різниця між найменшим граничним і номінальним розмірами.

10. Нульова лінія – лінія, що відповідає номінальному розміру, від неї відкладаються відхилення розмірів при графічному зображенні допусків і посадок.

11. Допуск (T_D – для отворів; T_d – для валів) – різниця між найбільшим і найменшим граничним розмірами або абсолютна величина алгебраїчної різниці між верхнім і нижнім відхиленнями.

12. Поле допуску – поле, обмежене верхнім і нижнім відхиленнями.

13. Квалітет – сукупність допусків, що відповідають однаковому ступеню точності для всіх номінальних розмірів.

14. Вал – термін, який застосовується для позначення зовнішніх (охоплюваних) елементів деталей.

15. Отвір – термін, застосовуваний для позначення внутрішніх (охоплюючих) елементів деталей.

16. Посадка – характер з'єднання деталей, обумовлений величиною зазорів, що виходять у ньому, або натягів.

17. Зазор (S) – різниця розмірів отвору й вала, якщо розмір отвору більше розміру вала.

18. Натяг (N) – різниця розмірів вала й отвору до зборки, якщо розмір вала більше розміру отвору.

19. Посадки розділяють на три групи:

– посадки із зазором, при яких забезпечується зазор у з'єднаннях ($A-H$ і $a-h$);

– посадки з натягом, при яких забезпечується натяг у з'єднаннях ($P-ZC$ і $p-zc$);

– посадки перехідні, при яких можливе одержання як зазорів, так і натягів ($J-N$ і $j-n$).

Посадки в системі отвору (рис. 5.2, *а*) – посадки, у яких різні зазори і натяги одержують з'єднанням різних валів з основним отвором.

20. Основний отвір – отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю (див. рис. 5.2, *а*).

21. Посадки в системі вала (див. рис. 5.2, *б*) – посадки, у яких різні зазори й натяги одержують з'єднанням різних отворів з основним валом.

23. Основний вал – вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю (див. рис. 5.2, *б*).

24. Поле допуску основного отвору відкладається нагору, а основного вала – вниз від нульової лінії.

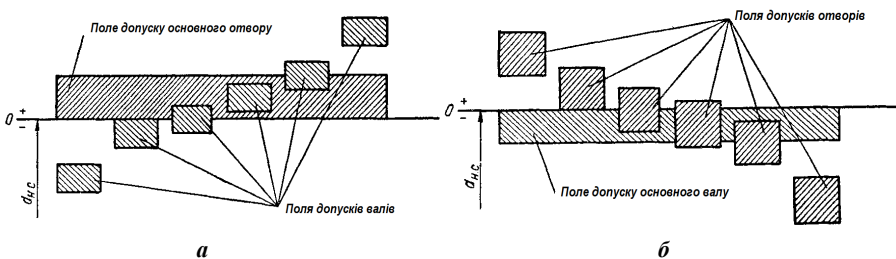


Рис. 5.2. Приклади розташування полів допусків для посадок у системі отвору (*а*) та системі вала (*б*)

Калібри для гладких циліндричних деталей

Калібрами називаються контрольні інструменти, що служать для перевірки відповідності дійсних розмірів, форми й розташування поверхонь деталей заданим.

Найбільше поширення в машинобудуванні одержали граничні калібри, що обмежують найбільші й найменший граничні розміри деталі. Граничні калібри визначають не числове значення вимірюваної величини, а придатність деталі, тобто чи перебуває її розмір між заданими граничними розмірами. Деталь вважається придатною, якщо прохідна сторона калібру (прохідний калібр) під дією власної маси або зусилля, приблизно рівному їй, проходить, а непрохідна сторона (непрохідний калібр) не проходить по контрольованих поверхнях деталі. При цьому вимірювальні поверхні калібрів повинні бути злегка змащеними.

За призначенням граничні калібри ділять на робочі й контрольні. Робочі калібри (прохідний ПР і непрохідний НЕ) призначені для перевірки виробів у процесі їхнього виготовлення.

Для контролю діаметру отвору застосовується калібр-пробка, для контролю діаметру вала – калібр-скоба.

Складання блоку з кінцевих мір

5. При складанні блоку з кінцевих мір варто прагнути, щоб кількість складових мер була якнайменшою. Наприклад, при складанні блоку з набору в 87 шт. максимальна кількість кінцевих мір, що входять у блок, повинна бути не більше чотирьох.

6. Виконуючи попередній розрахунок блоку, спочатку вибирають кінцеві міри, що мають тисячні частки міліметра, потім соті, десяті й т.д.

Приклад розрахунку

Необхідно скласти блок для розміру 38,873 мм.

Розмір _____	– 38,773 мм
1-а міра, що входить у блок	<u>1,003</u>
залишок	– 37,77
2-а міра, що входить у блок	<u>1,27</u>
залишок	36,50
3-я міра, що входить у блок	<u>6,5</u>
залишок	– 30,0
4-а міра, що входить у блок	<u>30,0</u>
залишок	0

Важільні скоби

Важільні скоби (рис. 5.3) служать для відносних вимірювань розмірів і випускаються двох типорозмірів з межами вимірів 0-25, 25-50 мм.

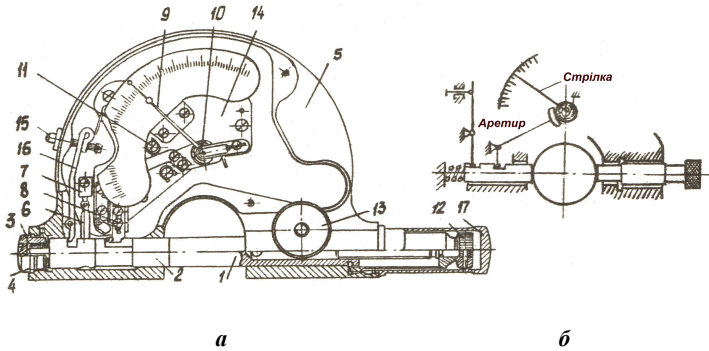


Рис. 5.3. Важільна скоба:

а – будова; *б* – схема

1.1. Скоба складається з корпусу 5, у напрямних якого переміщуються регульована п'ята 1 і рухлива п'ята 2, які перебувають під дією пружини 3, що створює вимірювальне зусилля, рівне $7 \pm 2H$. Вимірювальне зусилля регулюється при зборці та ремонті скоби укручуванням ковпачка 4, що потім стопориться гвинтом. Для запобігання повороту п'яти навколо своєї осі служить палець 6, що одним кінцем ввернутий у п'яту, а іншим, сферичним кінцем, входить у паз прямої колодки 7. У виріз п'яти входить мале плече важеля 8, величина якого регулюється при зборці механізму.

1.2. Велике плече важеля 8 має зубчастий сектор, який зачіпається із трибом, на осі якого сидить стрілка 9. Зазори в зачепленні вибираються пружинним поясом 10. Крайні положення важеля обмежується регульованими упорами 11.

1.3. Деталі важільного механізму збираються на пластині 14 і в зібраному вигляді містяться в корпус скоби. Перед вимірюванням скоба встановлюється на розмір по блоку плиток, для цього регульована п'ята переводиться в потрібне положення обертанням головки 12 гвинта подачі й закріплюється у встановленому положенні затискачем 13. Після цього гвинт закривається запобіжним ковпачком 17. Аретир 15 через важіль 16 дозволяє відводити рухливу п'яту при установці вимірюваної деталі між губками скоби, що зменшує зношування вимірювальних поверхонь

і спрощує вимірювання призматичних деталей. Шкала скоби має межу виміру 0,16 мм при ціні поділки 0,002 мм. Для зручності перевірки великих партій деталей скоба забезпечена покажчиками границь допусків, які виконані у вигляді стрілок і змонтовані на внутрішній стороні кришки скоби. Перестановка покажчиків виконується спеціальним ключем.

Порядок виконання роботи

1. Записати у звіт характеристику важільної скоби.
2. Замалювати у звіті принципову схему приладу (див. рис. 5.3,б).
3. Відповідно до заданих креслярських розмірів деталі, за таблицями ДСТУ ISO 286-2:2002 і ГОСТ 24853-81 або за таблицями додатка знайти відхилення й підрахувати розміри деталі і калібрів. Результати занести в таблицю звіту по лабораторній роботі (див. табл. 1 звіту).
4. Побудувати схему розташування полів допусків на заданий розмір.
5. Підрахувати розмір блоку кінцевих мір. За розмір блоку для настроювання приладу приймають середній розмір у поле допуску виготовлення деталі.
6. За підрахованим середнім розміром набрати блок кінцевих мір.
7. Необхідні для складання блоку кінцеві міри відібрати, промити, протерти насухо й притерти в блок.
8. По блоку кінцевих мір настроїти скобу на нуль, для цього вигвинтити гвинт 12, створивши необхідний зазор між вимірювальними наконачниками, достатній для вільного введення кінцевих мір. Потім ввести блок кінцевих мір і, утвинчуючи гвинт 12, довести вимірювальні наконачники до щільного контакту із блоком, що буде помітно по руху стрілки, і продовжувати вгвинчувати гвинт 12, поки стрілка приладу не досягне нульової оцінки. Після цього затискачем 13 зафіксувати гвинт 12. Для видалення кінцевих мір із приладу варто користуватися аретиром 15, щоб уберегти поверхню плиток і прилад від ушкодження.
9. Настроєною на розмір важільною скобою зробити вимірювання деталі. При введенні і видаленні деталі із приладу при вимірюванні користуються аретиром.
10. Вимірювання виконувати у двох перетинах по довжині деталі й у двох взаємно перпендикулярних площинах у кожному перетині (див. схему вимірювань).
11. Результати вимірювань занести у відповідну таблицю звіту по лабораторній роботі (див. табл. 2 звіту).
12. За отриманими даними зробити висновок про придатність калібр-пробки.

Контрольні питання

1. Що називається номінальним, дійсним і граничним розмірами?
2. Що називається допуском?
3. Що називається посадкою? На які групи вони поділяються?
4. Посадки в системі отвору.
5. Посадки в системі вала.
6. Позначення посадок у системі отвору й вала.
7. Будова важільної скоби.
8. Як настроїти важільну скобу?
9. Призначення калібрів.
10. Як поділяються калібри за призначенням?

Додаток (довідковий)

Таблиця 5.1. Допуски для розмірів до 50 мм, мкм

Номінальні розміри, мм	Квалітети				
	6	7	8	9	10
	Допуски, мкм				
Понад 6 до 10	9	15	22	36	58
Понад 10 до 18	11	18	27	43	70
Понад 18 до 30	13	21	33	52	84
Понад 30 до 50	16	25	39	62	100

Таблиця 5.2. Основні відхилення валів для розмірів до 80 мм, мкм

Номінальні розміри, мм	Буквене позначення основних відхилень					
	С	D	Е	F	G	Н
	Нижнє відхилення EI, мкм (всі квалітети)					
Понад 6 до 10	+ 80	+ 40	+ 25	+ 13	+ 5	0
Понад 10 до 18	+ 95	+ 50	+ 32	+ 16	+ 6	0
Понад 18 до 30	+ 110	+ 65	+ 40	+ 20	+ 7	0
Понад 30 до 40	+ 120	+ 80	+ 50	+ 25	+ 9	0
Понад 40 до 50	+ 130					

Таблиця 5.3. Допуски й відхилення калібрів, мкм

Квалітет	Позначення	Інтервал розмірів, мм			
		Понад 6 до 10	Понад 10 до 18	Понад 18 до 30	Понад 30 до 50
6	z	1,5	2	2	2,5
	y	1	1,5	1,5	2
	α	0	0	0	0
	H	1,5	2	2,5	2,5

Продовж. табл. 5.3

Квалітет	Позначення	Інтервал розмірів, мм			
		Понад 6 до 10	Понад 10 до 18	Понад 18 до 30	Понад 30 до 50
7	<i>z</i>	2	2,5	3	3,5
	<i>y</i>	1,5	2	3	3
	α	0	0	0	0
	<i>H</i>	2,5	3	4	4
8	<i>z</i>	3	4	5	6
	<i>y</i>	3	4	4	5
	α	0	0	0	0
	<i>H</i>	2,5	3	4	4
9	<i>z</i>	7	8	9	11
	<i>y</i>	0	0	0	0
	α	0	0	0	0
	<i>H</i>	2,5	3	4	4
10	<i>z</i>	7	8	9	11
	<i>y</i>	0	0	0	0
	α	0	0	0	0
	<i>H</i>	2,5	3	4	4

Таблиця 5.4. Формули для обчислення виконавчих розмірів калібрів для отвору

Калібр-пробка	Робочий калібр	
	Розмір	Допуск
Прохідна сторона нова	$D_{\min} + z$	$\pm \frac{H}{2}$
Прохідна сторона зношена	$D_{\min x} - y + \alpha$	—
Непрохідна сторона	$D_{\max} - \alpha$	$\pm \frac{H}{2}$

Примітка: при розрахунку середніх розмірів калібрів для валів квалітетів 6–14 та всіх контрольних калібрів треба результат округляти до величин, кратних 0,5 мкм (для лабораторної роботи – до 1 мкм).

Робота № 5. Вимірювання гладких циліндричних деталей і калібрів важільною скобою

Скоба важільна №

Ціна поділки шкали

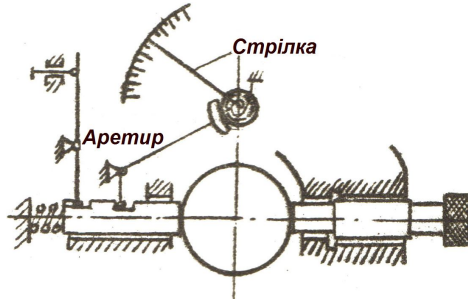
мм

Межа вимірювання по шкалі

мм

Межа вимірювання приладу

мм



Принципова схема приладу

Найменування деталі	Номінальний розмір	Відхилення, мкм							Граничні розміри ПР		Середній розмір ПР
		отвору			калібру				най-більший	най-менший	
		EI	T _D	ES	z	y	α	H			
Калібр-пробка ПР											

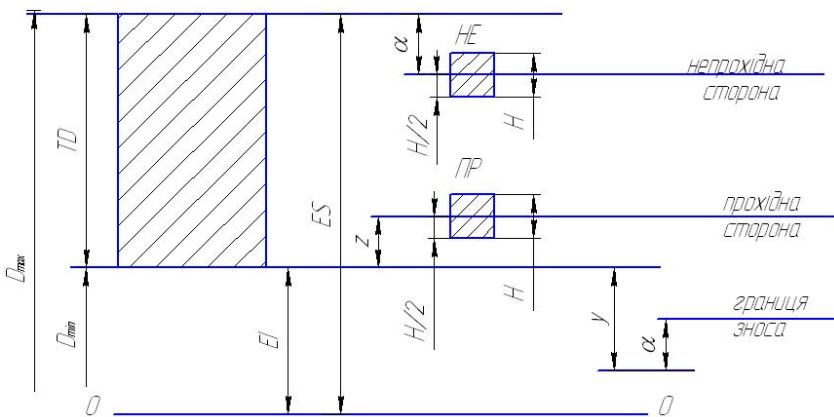


Схема розташування полів допусків отвору

$$\begin{aligned}
D_{\max} &= D_{\text{ном}} + ES; \\
D_{\min} &= D_{\text{ном}} + EI; \\
HE_{\max} &= D_{\max} - \alpha + H/2; \\
HE_{\min} &= D_{\max} - \alpha - H/2; \\
PR_{\max} &= D_{\min} + z + H/2; \\
PR_{\min} &= D_{\min} + z - H/2; \\
PR_{\text{зн}} &= D_{\min} + y + \alpha.
\end{aligned}$$

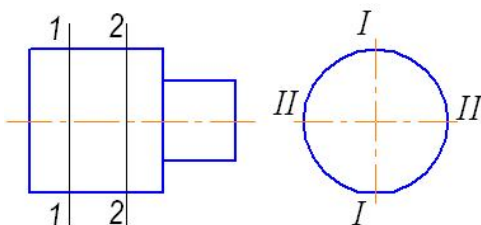


Схема вимірювань

Найменування деталі	Номинальний розмір	Напрямок виміру	Номер перетину	Показання				Дійсний розмір
				1-й вимір	2-й вимір	3-й вимір	Середнє арифметичне	
Калібр-пробка ПР		I-I	1-1					
			2-2					
		II-II	1-1					
			2-2					

Висновок щодо придатності калібр-пробки

Робота № 6

Вимірювання радіального биття та відхилень форми циліндричної деталі

Мета роботи:

1. Вивчити будову індикатора і порядок вимірів за допомогою індикатора.
2. Ознайомитися з будовою і настроюванням приладу для вимірювання радіального биття.

Устаткування, інструменти, принадлежности:

- 1) прилад для вимірювання радіального биття;
- 2) деталі для вимірювань.

Завдання

1. Попередньо вивчити будову індикатора, порядок вимірювання та зняття відліків по шкалах.
2. Ознайомитися з будовою і настроюванням приладу для вимірювання радіального биття.
3. Виконати вимірювання.
4. Оформити звіт (див. с. 59).

Основні поняття й визначення

1. Відхилення форми й розташування поверхонь вказуються на кресленнях при наявності особливих вимог, що впливають із умов роботи, виготовлення й вимірювання деталей.

2. Стандарт ДСТУ 2498-94 дає основні терміни й визначення відхилень форми й розташування поверхонь деталей.

3. Відхилення форми – відхилення форми реальної поверхні або реального профілю від форми номінальної поверхні або номінального профілю. Кількісно відхилення форми оцінюється найбільшою відстанню від точок реальної поверхні (профілю) до прилягаючої поверхні (профілю) по нормалі й прилягаючій поверхні (профілю).

Шорсткість поверхні не включають у відхилення форми.

Прилягаюча поверхня – поверхня, що має форму номінальної поверхні, яка стикається з реальною поверхнею й розташована поза матеріалом деталі так, щоб відхилення від неї найбільш віддаленої точки реальної поверхні в межах нормованої ділянки мало мінімальне значення.

4. Відхилення форми циліндричних поверхонь.

Відхилення від круглості – найбільша відстань Δ від точок реального профілю до прилягаючої окружності (рис. 6.1,*а*).

Окремим видами відхилень від круглості є овальність і огранювання (див. рис. 6.1,*б, в*). Овальність – відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою овалоподібну фігуру, найбільший і найменший діаметри якої перебувають у взаємно перпендикулярних напрямках. Огранювання – відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою багатогранну фігуру. Огранювання з непарним числом граней характеризується рівністю розміру d . Кількісно овальність і огранювання оцінюється так само, як відхилення від круглості.

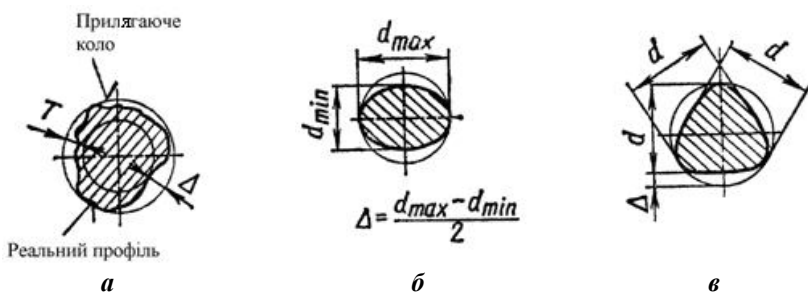


Рис. 6.1. Відхилення форми циліндричних поверхонь у поперечному перетині

5. Відхилення від циліндричності – найбільша відстань Δ від точок реальної поверхні до прилягаючого циліндра в межах нормованої ділянки L (рис. 6.2,*а*). На рис. 6.2,*б* показане поле допуску циліндричності, яке обумовлене простором, обмеженим співвісними циліндрами 1 і 2, що відстоять один від іншого на відстані, рівній допуску циліндричності T .

5.1. Відхилення профілю поздовжнього перетину – найбільша відстань Δ від точок, утворюючих реальну поверхню, які лежать у площині, що проходить через її вісь, до відповідної сторони прилягаючого профілю в межах нормованої ділянки L (див. рис. 6.2,*в*).

Прилягаючий профіль – профіль, що має форму номінального профілю, який дотикається до реального профілю і розташований поза матеріалом деталі так, щоб відхилення від нього найбільш віддаленої

точки реального профілю в межах нормованої ділянки мало мінімальне значення.

5.2. Окремими видами відхилення профілю поздовжнього перетину є конусоподібність, бочкоподібність і сідлоподібність. Конусоподібність – відхилення профілю поздовжнього перетину, при якому утворюючі прямолінійні, але не паралельні (див. рис. 6.2,*з*). Бочкоподібність – відхилення профілю поздовжнього перетину, при якому утворюючі не прямолінійні й діаметри збільшуються від країв до середини перетину (див. рис. 6.2,*д*). Сідлоподібність – відхилення профілю поздовжнього перетину, при якому утворюючі не прямолінійні і діаметри зменшуються від країв до середини перетину (див. рис. 6.2,*е*).

Кількісно конусо-, бочко- і сідлоподібність оцінюються так само, як і відхилення профілю поздовжнього перетину.

5.3. Відхилення Δ від прямолінійності осі (або лінії) у просторі – найменше значення діаметра Δ циліндра, всередині якого розташовується реальна вісь поверхні обертання (лінія) у межах нормованої ділянки L (див. рис. 6.2,*ж*).

6. Відхилення розташування поверхонь.

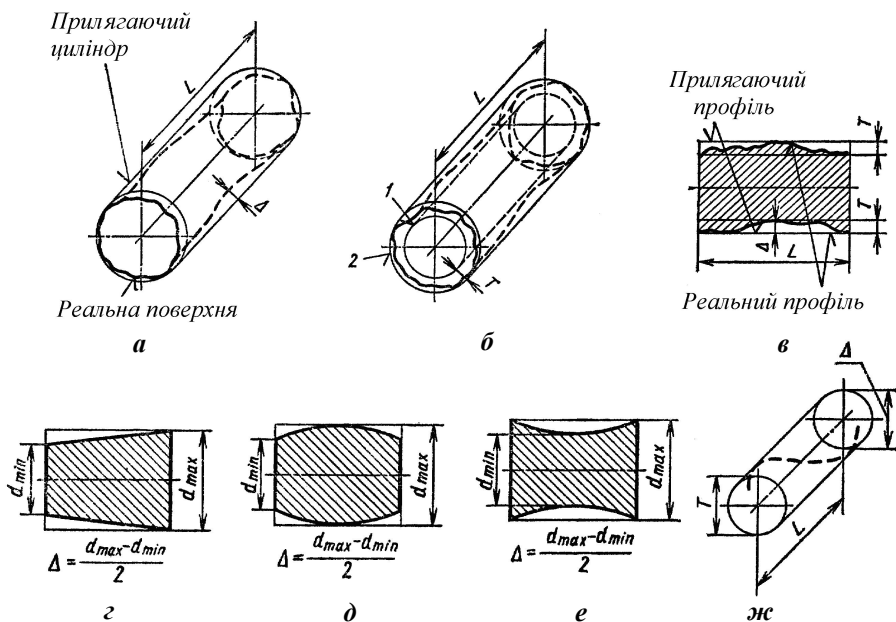


Рис. 6.2. Відхилення від циліндричності і від профілю поздовжнього перетину

Відхиленням розташування поверхні або профілю називається відхилення реального розташування поверхні (профілю) від його номінального розташування. При оцінці відхилень розташування відхилення форми розглянутих поверхонь (профілів) і базових елементів повинні бути виключені з розгляду. При цьому реальні поверхні (профілі) замінюються прилягаючими, а за вісі, площини симетрії й центри реальних поверхонь (профілів) приймають вісі, площини симетрії та центри прилягаючих елементів.

Відхилення від співвісності щодо загальної осі – найбільша відстань (Δ_1 , Δ_2) між віссю розглянутої поверхні обертання й загальною віссю двох або декількох поверхонь обертання на довжині нормованої ділянки (рис. 6.3).

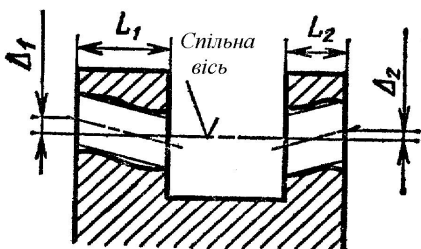


Рис. 6.3. Відхилення від співвісності відносно загальної осі

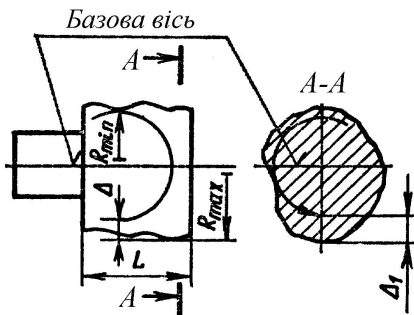


Рис. 6.4. Радіальне биття

7. Сумарні відхилення й допуски форми і розташування поверхонь.

Радіальне биття поверхні обертання щодо базової осі є результатом спільного прояву відхилення від круглості профілю розглянутого перетину й відхилення його центру щодо базової осі. Воно дорівнює різниці найбільшого і найменшого відстаней від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі в перетині, перпендикулярному до цієї осі (рис. 6.4). Якщо цю різницю визначають по всій нормованій довжині реальної поверхні, то знаходять повне радіальне биття циліндричної поверхні щодо базової осі; воно є результатом спільного прояву відхилення від циліндричності поверхні й відхилення від її співвісності щодо базової осі.

Індикатор годинникового типу із ціною поділки 0,01 мм

1. Індикатор із ціною поділки 0,01 мм можна застосовувати як для відносних, так і для абсолютних вимірювань.

Більш точним є відносний метод вимірювання, тому що похибка приладу, накопичена на декількох обертах стрілки індикатора, завжди

буде більше, ніж сума помилки приладу в межах одного оберту й помилки розмірів блоку з кінцевих мір.

3. В індикаторах цього типу (рис. 6.5) переміщення вимірювального стрижня призводить до переміщення великої стрілки 3 по шкалі. Індикатор має дві шкали: більшу – для відліку часток міліметра і меншу – для відліку цілих міліметрів. Один оберт стрілки 3 відповідає переміщенню вимірювального стрижня на 1 мм. Більша шкала має 100 поділок, ціна поділки індикатора рівна 0,01 мм.

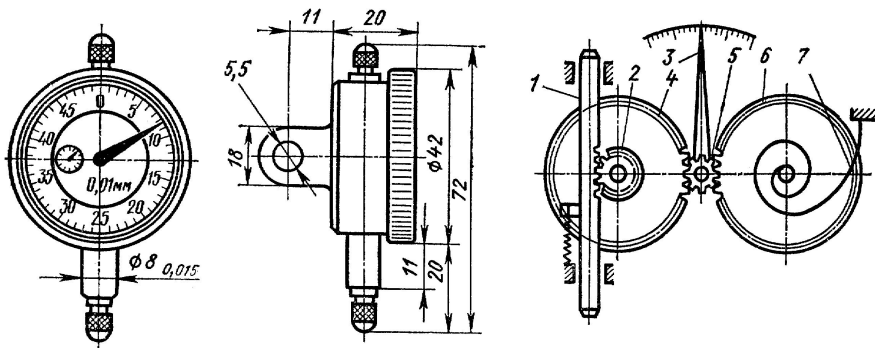


Рис. 6.5. Індикатор годинникового типу

4. Збільшення переміщення вимірювального стрижня виконується за допомогою зубчастої передачі.

На вимірювальному стрижні 1 головки нарізана зубчаста рейка, яка перебуває в зачепленні із зубчастим колесом 2. Зворотно-поступальне переміщення вимірювального стрижня перетворюється в круговий рух стрілки 3 за допомогою зубчастих коліс 2, 4 і 5. Усунення зазору в зубчастих колесах забезпечує спіральна пружина 7, один кінець якої закріплено на зубчастому колесі 6, а інший – у корпусі індикатора.

5. Шкала індикатора разом з ободком може повертатися щодо корпусу приладу так, що проти великої стрілки приладу можна встановити будь-який штрих шкали. Це використовується при настроюванні приладу на нуль, коли проти великої стрілки встановлюється нульовий штрих шкали. Деякі індикатори забезпечуються стопорним пристроєм, за допомогою якого шкала може бути закріплена в якому-небудь положенні й тим самим забезпечена від випадкового повороту.

6. Для роботи індикатор закріплюють за гільзу в різних стійках або штативах. Розмір діаметра гільзи для всіх індикаторів прийнятий $\varnothing 8h7$.

Вимірювальний наконечник угвинчують у торець вимірювального стрижня, який може бути піднятий рукою за головку.

Поділка шкали 0,1 мм у межах другого оберту стрілки називається нормованою ділянкою. Тут похибки показань повинні мати найменші величини.

Вимірювання за допомогою індикатора

1. Для вимірювання індикатор встановлюють у стійку або закріплюють у якому-небудь затискному пристосуванні приладу. Шкалу приладу (див. рис. 6.5) встановлюють на нуль. Для цього при вимірюванні абсолютним методом вимірювальний наконечник приладу приводиться в контакт з поверхнею столика приладу.

2. При вимірюванні відносним методом вимірювальний наконечник приладу приводиться в контакт з поверхнею установчої міри або деталі. Індикатор підводять так, щоб перед установкою на нуль більша стрілка зробила один-два оберти. Таким чином, індикатору дається натяг для того, щоб у процесі вимірювання він міг показувати як мінусові, так і плюсові відхилення від початкового положення.

3. Притримуючи однією рукою індикатор за корпус, іншою рукою повертають ободок разом зі шкалою так, щоб більша стрілка індикатора встановлювалася проти штриха "0". При цьому обов'язково зауважують показання покажчика обертів.

4. При вимірюванні більша стрілка й стрілка покажчика змінять своє положення. Величину відхилення від первісного положення визначають по основній шкалі й шкалі покажчика.

5. Деякі індикатори мають подвійну оцифровку шкал: чорними цифрами – для вимірювання зовнішніх розмірів і червоними – для вимірювання внутрішніх розмірів.

Прилад для вимірювання радіального биття

1. Для вимірювання радіального биття циліндричну деталь 1 (рис. 6.6) встановлюють у центрах приладу ПБ. Центри 2 укріплено в бабках 3, які можуть переміщатися по напрямним станини приладу й закріплюватися у необхідному положенні за допомогою стопорних рукояток 4. Одна з бабок приладу (ліва) має нерухомо укріплений центр, друга – спеціальний важіль 5 для швидкого відводу центру, що полегшує установку деталі в центрах.

2. Індикатор 6 закріплюють у державки стійки 7. Стійка може переміщатися по напрямним станини при відпущеному гвинті. Підтримуючи рукою стрижень із державкою, відпускають гвинт і переміщують муфту по колонці, установлюючи індикатор на необхідній висоті. Потім, переміщують стрижень таким чином, щоб наконечник індикатору торкнувся верхньої деталі в перетині, що перевіряється. Колонку переміщують перпендикулярно лінії центрів, спостерігаючи за показаннями індикатору. Таким

чином, знаходиться точка перетинання осі вимірювального стрижня індикатора й лінії центрів.

Гвинтом остаточно закріплюють стрижень із індикатором. Поворотом шкали ставлять індикатор на нульовий штрих.

3. Повільно обертаючи деталь, замічають найбільше й найменше показання індикатору за повний оберт деталі.

Абсолютна величина різниці найбільшого і найменшого показань буде радіальним биттям.

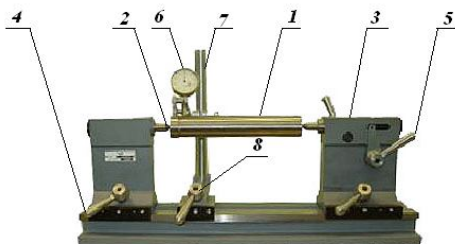


Рис. 6.6. Прилад для вимірювання радіального биття

Порядок виконання роботи

1. Записати у звіт номера приладу й індикатора, ціну поділки індикатора.

2. Замалювати у звіті деталь, принципову схему вимірювання радіального биття і відхилень форми.

3. Протерти насухо вимірювану деталь, центри приладу і наконечник індикатора.

4. Відкрити стопорні гвинти 4 кріплення стійок 3 (див. рис. 6.6) і перемістити стійки між центрами на розмір приблизно на 10...15 мм менший довжини деталі. Закріпити положення стійок поворотом рукоятки 4.

5. Відкрити гайку, перемістити колонку з індикатором перпендикулярно лінії центрів у саме крайнє положення від цієї лінії.

6. Відстопоривши гвинт 8, перемістити стійку з індикатором по напрямних станини до вимірюваного перетину деталі, й досягши цього положення, закріпити гвинт.

7. Нажавши на рукоятку 5, відвести рухливий центр, установити деталь у центрі нерухливої стійки, потім, відпускаючи рукоятку 5, перемістити центр до зіткнення з деталлю.

8. Відкрити гайку, перемістити колонку з індикатором до центру деталі й закріпити гайку.

9. Користуючись гвинтами 13, установити вимірювальний наконечник індикатора у вертикальній площині, що проходить через вісь деталі.

10. Підвести вимірювальний наконечник до зіткнення з деталлю і створити натяг 1,5–2 оберти. Установити індикатор на нульовий штрих поворотом шкали.

11. Повільно обертаючи деталь у центрах, замітити найбільше і найменше показання індикатора за повний оберт деталі. Отримані показання занести у таблицю звіту (див. с. 59).

Повторити вимірювання для кожного із щаблів валика.

Вимірювання овальності і відхилень форми поздовжнього перетину

1. Установити деталь у центрі приладу.
2. Підвести вимірювальний наконечник до зіткнення з деталлю і створити натяг 1,5–2 оберти. Установити індикатор на нульовий штрих поворотом шкали.
3. Олівцем або крейдою на поверхні деталі відзначити утворюючу циліндра, з якої слід починати вимірювання у кожному перетині.
4. Прокочуючи деталь під наконечником, відзначити й записати в таблицю звіту показання індикатора, відповідне до перетину I і напрямку I ; потім, повернувши деталь на 90° , знову прокотити її під вимірювальним наконечником і записати показання, відповідне до перетину I і напрямку II . Ті ж операції проробити для перетинів 2 і 3.
5. За результатами вимірів визначити:
 - відхилення форми у поперечному перетині – найбільшу напіврізницю двох показань, узятих в одному перетині й у двох напрямках;
 - відхилення форми поздовжнього перетину – найбільшу напіврізницю двох показань, узятих в одному напрямку й у різних перетинах – із зазначенням характеру: конусо-, сідло- або бочкоподібність.
5. За отриманими для кожного поперечного перетину (I , 2 і 3) значеннями овальності визначити відхилення від круглості.

Контрольні питання

1. Що розуміється під відхиленням форми?
2. Що розуміється під відхиленням від циліндричності?
3. Що розуміється під відхиленням розташування?
4. Що характеризує відхилення від круглості?
5. Окремі види відхилення від круглості.
6. Що розуміється під відхиленням профілю поздовжнього перетину?
7. Окремі види відхилення профілю поздовжнього перетину.
8. Що розуміється під радіальним биттям?
9. Будова і робота приладу для вимірювання радіального биття.
10. Будова і робота індикатора годинникового типу.

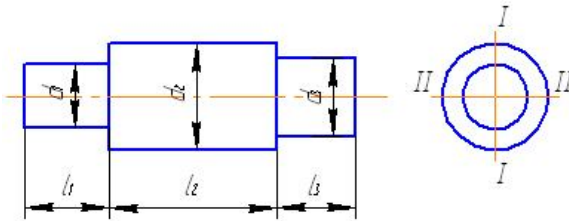
Робота № 6. Вимірювання радіального биття і відхилень форми циліндричної деталі

Прилад №

Індикатор №

Ціна поділки

Межа вимірювання індикатора



Ескіз деталі

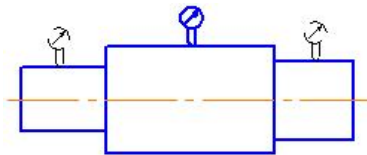


Схема вимірювання радіального биття

1. Вимірювання радіального биття

Ступінь деталі	Показання приладу		Радіальне биття	Висновок про придатність
	найбільше	найменше		

2. Вимірювання відхилень форми поздовжнього перетину, мкм

Напрямок	Показання приладу в перетинах			Погрішність форми поздовжнього перетину, мкм
	1	2	3	
I-I				
II-II				
Овальність, мкм				Конусоподібність, бочкоподібність, сідлоподібність (підкреслити)

Робота № 7

ПЕРЕВІРКА ВІДХИЛЕНЬ МІНІМЕТРА ТА КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ

Мета роботи:

1. Вивчити методи вимірювання.
2. Ознайомитися з будовою і призначенням мініметра.
3. Освоїти на практиці метод перевірки погрішності мініметра за допомогою плоскопаралельних кінцевих мір.
4. Освоїти метод настроювання мініметра на розмір за допомогою плоскопаралельних кінцевих мір.
5. Визначити дійсний розмір деталі.

Устаткування, інструменти, приналежності:

- 1) мініметр;
- 2) набір кінцевих мір довжини;
- 3) бензин (спирт), змащення, чиста тканина;
- 4) мікрометр гладкий;
- 5) деталь.

Завдання

1. Попередньо вивчити методи вимірювання і контролю.
2. Ознайомитися з будовою мініметра.
3. Виконати перевірку мініметра.
4. Виконати вимірювання мікрометром.
5. Скласти блок з кінцевих мір під розмір.
6. Настроїти мініметр на розмір за допомогою блоку кінцевих мір.
7. Визначити дійсний розмір деталі.
8. Скласти звіт за формою, наведеною на с. 67.

Короткі теоретичні відомості

Методи вимірювань

1. Метод вимірювання – це сукупність прикладів використання принципів і способів вимірювань. Комбінація фізичних явищ, на яких засновані вимірювання, є принципом вимірювання.

2. За характером оцінки значень вимірюваної величини метод вимірювання може бути абсолютним або відносним, прямим або непрямим. При абсолютному методі оцінюють значення всієї вимірюваної величини або розміру безпосередньо за показниками вимірювального приладу. Прикладом є вимірювання розмірів деталей за допомогою штангенциркуля, мікрометра, глибиноміра і т. п.

3. При відносному (порівняльному) методі вимірювання оцінюють значення відхилення вимірюваної величини від відомого розміру установчої міри або зразка. Приклад – вимірювання за допомогою мініметра, установлюваного на нуль по кінцевих мірах й показуючого величину відхилення розміру діаметра від розміру блоку з кінцевих мір.

4. Прямий метод вимірювань характеризується безпосередньою оцінкою по показниках вимірювального приладу або розміру перевіряємої деталі, або відхилення її розміру від установчої міри.

5. Непрямим методом оцінюють розмір за результатами вимірювань інших розмірів, пов'язаних із невідомим певною залежністю. Наприклад: визначення величини конусності по величині діаметра у двох перетинах і по величині відстані між цими перетинами.

6. Існують два види контролю – диференційований і комплексний. При комплексному контролі проводиться спільна перевірка декількох елементів. Вимірювальний засіб є звичайно прототипом форми вимірюваної деталі й обмежує розміри її контуру. Прикладом служить перевірка різьбової деталі за допомогою різьбового калібру.

7. Диференційований (поелементний) контроль характеризується незалежним вимірюванням кожного виробу окремо (наприклад, контроль середнього діаметра, шагу й половини кута профілю різьби).

8. За способом одержання результатів вимірювань засоби вимірювання поділяються на контактні і безконтактні.

9. Контактні – це засоби вимірювання, при застосуванні яких відбувається безпосереднє прилягання вимірювальних поверхонь приладу з поверхнею контролюваного об'єкта.

10. Безконтактними називають також засоби вимірювання, при використанні яких у процесі вимірювання немає контакту між поверхнею вимірюваної деталі з вимірювальними поверхнями приладу. Наприклад, при застосуванні пневматичних, проєкційних та інших приладів.

11. Залежно від використаних фізичних принципів вимірювання існують механічні, індуктивні, пневматичні, оптичні, оптико-механічні та інші прилади.

12. Вибір універсальних вимірювальних засобів залежить від ряду факторів, основними з яких є точність виготовлення вимірюваної деталі, метод контролю (пасивний або активний) і його точність, обсяг випуску деталей, конструктивні особливості деталі та економічні показники засобів вимірювання (вартість приладу, його продуктивність, час налаштування, необхідна кваліфікація контролера).

Мініметр

1. Мініметр відноситься до важільно-механічних інструментів, призначених для вимірювань калібрів та інших точних виробів відносним методом.

2. Принципова схема будови мініметра показана на рис. 7.1. Вимірювальний стрижень 1 через нижній хитний ніж 2 пов'язаний із призмою 3, яка опирається на верхній нерухомий ніж 4. До призми кріпиться стрілка 5. Пружина 6, яка прикріплена одним кінцем до призми, а іншим – до кінця

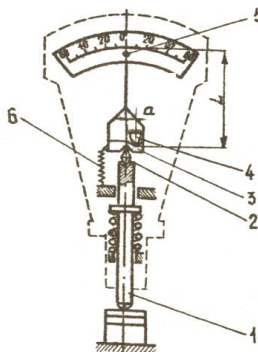


Рис. 7.1. Схема будови мініметра

приладу, забезпечує постійний контакт леза ножа із призмою і створює вимірювальне зусилля. При такій конструкції переміщення вимірювального стрижня нагору або вниз призводить до відповідного переміщення стрілки вправо або вліво.

3. Випускаються мініметри двох типів: вузькошкальні із числом поділок шкали ± 10 і широкошкальні із числом поділок шкали ± 30 . Вимірювальне зусилля мініметра нормується в межах 3...4 Н.

4. Залежно від необхідної точності вимірювання вибирається мініметр із певною ціною поділки й певними межами вимірювання по шкалі.

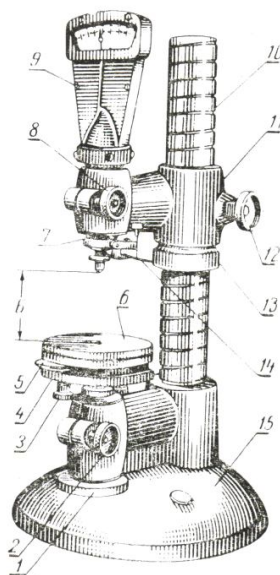
5. На рис. 7.2 показаний широкошкальний мініметр, установлений на нормальній стійці 15 зі столиком. Він закріплюється в кронштейні 11 за допомогою гвинта 12 і разом із кронштейном може переміщатися по ній. У необхідному положенні кронштейн фіксується за допомогою гвинта 12.

6. Налаштування мініметра на розмір проводиться в такий спосіб. На столик 6 поміщають блок кінцевих мір. Після цього опускають кронштейн до щільного контакту вимірювального наконечника з верхньою поверхнею блоку й у цьому положенні закріплюють гвинтом 12. Далі, обертаючи гайку 1, переміщують столик нагору й униз доти, поки стрілка мініметра не стане в нульове положення, після чого закріплюють гвинтом 2.

7. Процес вимірювання на мініметрі полягає в наступному. За допомогою аретира 14 піднімають вимірювальний стрижень, видаляють блок кінцевих мір і на столик поміщають вимірюваний об'єкт, після чого опускають вимірювальний стрижень, потім, притискаючи об'єкт до столика, переміщують його під вимірювальним стрижнем. За найбільшим відхиленням стрілки від нульової поділки судять про розмір вимірюваного об'єкта.

Рис. 7.2. Мініметр:

- 1 – гайка для точного настроювання; 2 – стопорний гвинт стола; 3 – стопорний гвинт регулювальної гайки; 4 – основа стола; 5 – гайка регулювання стола; 6 – стіл; 7 – хомут; 8 – стопорний гвинт вимірювальної головки; 9 – вимірювальна головка; 10 – колонка; 11 – кронштейн; 12 – стопорний гвинт кронштейна; 13 – установче кільце; 14 – відвідний важіль; 15 – основа



Перевірка мініметра

1. Перевірка показань мініметра проводиться на кожній поділці шкали. Для цього на столику 6 мініметра укладаються своїми вимірювальними поверхнями кінцеві міри довжини, що відрізняються одна від одної на 1 або 2 мкм залежно від ціни поділки мініметра, що перевіряється. Наприклад: 1,001; 1,002; 1,003 або 1,001; 1,003 і т. д.

2. Кінцеві міри й столик мініметра повинні бути промиті бензином і ретельно протерті.

3. Порядок перевірки наступний.

3.1. Перевірка від'ємної (лівої) частини шкали. Під вимірювальний наконечник мініметра підводять кінцеву міру найбільшого розміру із застосовуваних, наприклад 1,009 мм, і по ній встановлюють мініметр на нуль.

Після остаточної установки на нуль, не піднімаючи аретиром наконечник, зрушують кінцеву міру, що перебуває під ним, і замінюють її мірою з меншим на 0,001 або 0,002 мм розміром. При відсутності похибки стрілка мініметра повинна переміститися на одну поділку уліво. Потім друга кінцева міра замінюється третьою і т. д. Заміну робити без аретирів наконечника.

3.2. Перевірку позитивної (правої) частини шкали виконують аналогічно, тільки стрілку встановлюють на нульове положення по кінцевій

мірі найменшого розміру (1,001), замінюючи кінцеву міру другою, третьою і т. д. – більшого розміру.

3.3. Перевірку шкали з аретируванням роблять по тим же кінцевим мірам, що й перевірку без аретирування. Так само перевіряють від'ємну й позитивну частини шкали. Аналогічно встановлюють стрілку в нульове положення, але при заміні кінцевих мір вимірювальний наконечник приладу перед видаленням з-під нього кінцевої міри піднімають за допомогою аретира, а після установки під нього іншої кінцевої міри – опускають.

Порядок виконання роботи

1. Записати у звіт номер, межі вимірювань, ціну поділки мініметра й мікрометра, номер набору й загальну кількість кінцевих мір.

2. Замалювати у звіт схему приладу.

3. Покласти на столик 6 мініметра й притерти до нього одну кінцеву міру. Столик і плитка повинні бути промиті бензином і протерті. Гвинт 2 при цьому повинен бути відstopорений і столик 6 обертанням гайки 1 переведений у саме нижнє положення.

4. Відstopорити гвинт 12 і опустити кронштейн 11 разом з головкою мініметра так, щоб вимірювальна поверхня наконечника торкалася поверхні плитки. Опустити кронштейн необхідно плавно, не допускаючи удару наконечника об плитку!

5. Остаточна установка стрілки приладу на нуль виконується обертанням гайки 1. За допомогою гайки 1 піднімати столик доти, поки стрілка зі свого лівого положення не перейде в поле шкали й не досягне її нульового штриха. Після цього столик закріплюють гвинтом 2. З моменту появи стрілки в полі шкали піднімати столик необхідно обережно.

6. Нульову установку приладу слід перевірити, піднімаючи й опускаючи два-три рази наконечник за допомогою аретира 14.

Якщо при аретируванні стрілка не буде вертатися у вихідне положення, необхідно відstopорити гвинт 2 і знову зробити установку на нуль.

7. Перевірити позитивну (праву) частину шкали мініметра, без аретирування. Перевіряти показання приладу потрібно на кожній поділці шкали. Для цього на столику 6 укладають своїми вимірювальними поверхнями кінцеві міри довжини, які відрізняються одна від одної на 1 або 2 мкм – залежно від ціни поділки мініметра, що перевіряється. Під вимірювальний наконечник підводять кінцеву міру найменшого розміру, рівного 1,001 мм (із застосовуваних десяти), і по ній встановлюють мініметр на нуль.

Після остаточної установки на нуль, не піднімаючи аретиром 14 наконечник, зрушують кінцеву міру, що перебуває під ним, і замінюють її

мірою більшого розміру. При відсутності похибки стрілка мініметра повинна переміститися на одну або дві поділки вправо. Похибка у положенні стрілки допускається не більше 0,001 або 0,0005 мм, тобто не більше половини поділки шкали.

Потім друга кінцева міра замінюється третьою, третя – четвертою і т. д. Заміну слід робити без аретирування наконечника.

8. Перевірити від'ємну (ліву) частину шкали мініметра без аретирування аналогічно позитивній, але стрілку встановлювати в нульове положення по кінцевій мірі (плитці) найбільшого розміру (1,009 мм), замінюючи першу кінцеву міру другою, третьою і т. д. – меншого розміру.

9. Перевірити шкалу мініметра з аретируванням. Перевірку робити по тим же кінцевим мірам, що й перевірку без аретирування. Так само перевіряють від'ємну й позитивну частини шкали. Аналогічно встановлюють стрілку в нульове положення, але при заміні кінцевих мір користуються аретиром.

10. Результати вимірювань записати у відповідну таблицю (див. форму звіту).

11. Виконати мікрометром вимірювання заданого розміру деталі.

Для визначення розміру вимірювані поверхні деталі затискають між вимірювальними поверхнями мікрогвинта й п'яти, стопорять мікрогвинт і роблять відлік, який складається із цілого числа міліметрів, певних по основній шкалі з боку оцифровки, з 0,5 мм, відлічених по основній шкалі з боку, протилежної оцифровке, і з десятих і сотих часток міліметра, знятих по круговій шкалі барабана.

12. Скласти блок з кінцевих мір під розмір, визначений за допомогою мікрометра. Перед складанням блоку роблять його попередній розрахунок, підбираючи в першу чергу кінцеві міри, що мають тисячні частки, потім соті частки міліметра і т. д. Кінцеві міри, призначені для складання блоку, промити бензином (спиртом) для видалення мастила й протерти чистою тканиною. Потім дві кінцеві міри з'єднати доведеними (блискучими) поверхнями з одного кута, щільно притиснути одну до одної пальцями й переміщати одну щодо іншої до повного контакту робочих поверхонь. Після притирання двох кінцевих мір до них притирають третю і т. д.

13. Настроїти мініметр на розмір за допомогою блоку кінцевих мір. Кронштейн 11 встановлюють так, щоб між площиною блоку кінцевих мір і кінцем вимірювального стрижня був зазор близько 1–1,5 мм. Для цього послабляють гвинт 12 і підтримуючи однією рукою кронштейн, іншою рукою обертають кільце доти, поки кронштейн не опиниться на

потрібній висоті. У цьому положенні кронштейн закріплюють. Блок кінцевих мір, використовуваний для настроювання приладу, повинен бути притертий до столика.

14. Гайкою 1 піднімають стіл, поки блок кінцевих мір не торкнеться вимірювального наконечника, а стрілка мініметра не стане на нуль. Стіл закріплюють гвинтом 2, коли стрілка займе нульове положення.

15. Перевіряють установку стрілки на нуль повторно, піднімаючи й опускаючи вимірювальний стрижень за допомогою аретира 14. Якщо при перевірці стрілка не вертається у вихідне положення, повторюють операцію установки стрілки на нуль.

16. Установивши остаточно шкалу на нуль, аретиром піднімають наконечник і, вилучивши зі столика блок з кінцевих мір, заміняють його об'єктом вимірювання, тобто деталлю.

17. Знімають показання шкали мініметра, які записують у звіт.

18. Визначають дійсний розмір шляхом підсумовування розміру блоку з відхиленням, яке показав прилад, тобто

$$L_{\text{д}} = L_{\text{бл}} + \Delta_{\text{д}},$$

де $L_{\text{бл}}$ – довжина блоку кінцевих мір; $\Delta_{\text{д}}$ – дійсне відхилення, узятє по показанню мініметра (з урахуванням знака).

19. Результати записати у звіт.

20. Після закінчення роботи блоки кінцевих мір розібрати, кінцеві міри (плитки) промити авіаційним бензином (спиртом), ретельно протерти, змазати й покласти у відповідні осередки набору.

Контрольні питання

1. Назвати методи вимірювань.
2. До якого методу можна віднести вимірювання, виконувані на мініметрі?
3. Пояснити схему мініметра.
4. У чому полягає підготовка мініметра до роботи?
5. Призначення аретира.
6. Як можна поділити вимірювальні засоби, незалежно від їх призначення за типами і конструкціями?
8. До якого типу приладів можна віднести мініметри?
9. Які межі вимірювань мініметра?
10. Назвати основні частини мініметра.
11. Як настроїти мініметр на розмір?
12. Як визначити дійсний розмір деталі?

Робота № 7. Перевірка відхилень мініметра та контроль деталей

Прилад №

Межі вимірювання мініметра по шкалі, мм ...

Межі вимірювання приладу, мм ...

Припустима похибка мініметра, мкм ...

Набір кінцевих мір № ...

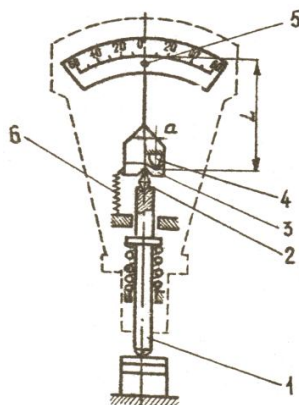
Кількість кінцевих мір ...

Ціна поділки шкали приладу, мм ...

Мікрометр №

Ціна поділки мікрометра, мм ...

Межі вимірювання мікрометра, мм ...



1 – вимірювальний стрижень; 2 – нижній ніж;
3 – призма; 4 – нерухомий ніж; 5 – стрілка;
6 – пружина

Перевірка штриха шкали		Показання приладу, мкм (з точністю до десятих часток)		Погрішність показань мініметра, мм	
Розмір кінцевої міри	Значення шкали, мкм	з аретируванням	без аретирування	з аретируванням	без аретирування
1,001	0				
1,003	2				
1,005	4				
1,007	6				
1,009	8				
1,009	0				
1,007	–2				
1,005	–4				
1,003	–6				
1,001	–8				

Висновок про придатність мініметра

Розмір, вимірюваний за допомогою мікрометра

Розрахувати й скласти блок кінцевих мір для розміру ...

Розміри кінцевих мір	$L_{\text{бл}} =$
Перша кінцева міра	
Залишок	
Друга кінцева міра	
Залишок	
Третя кінцева міра	
Залишок	
Четверта кінцева міра	
Залишок	

Робота № 8

ВИЗНАЧЕННЯ ПОГРІШНОСТІ ПОКАЗАНЬ ОПТИЧНОГО КУТОМІРА

Мета роботи:

1. Ознайомитися з допусками на кутові розміри.
2. Ознайомитися з особливостями кутових мір.
3. Вивчити призначення і будову оптичного кутоміра та одержати навички у виконанні вимірів і знятті відліків по шкалі оптичного кутоміра.
4. Вивчити та одержати практичні навички використання кутових мір для перевірки точності вимірювальних інструментів.

Устаткування, інструменти, принадлежности:

1. Оптичний кутомір.
2. Набір кутових мір.
3. Бензин (спирт), мастило, чиста тканина.

Завдання

1. Ознайомитися з допусками кутових розмірів.
2. Вивчити призначення і порядок використання кутових мір.
3. Вивчити будову оптичного кутоміра, порядок визначення погрішності показань і зняття відліку розміру.
4. Виконати вимірювання.
5. Скласти звіт.

Короткі теоретичні відомості

Допуски кутових розмірів

По стандарту ГОСТ 8908-81 допуск кута дорівнює різниці між найбільшим $\alpha_{\max}$ і найменшим $\alpha_{\min}$ граничними кутами та у загальному випадку позначається буквами AT із цифрами, які вказують прийнятий ступінь точності.

Допуски кутів призначаються залежно від номінальної довжини L_1 меншої сторони кута. Допуск кута може виражатися:

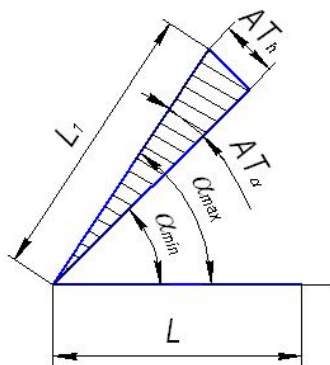


Рис. 8.1. Допуски кутів і лінійних одиницях виражається формулою

$$AT_h = AT_\alpha \cdot L_1 \cdot 10^3,$$

де AT_h вимірюється в мікрометрах (мкм); AT_α – у мікрорадіанах (мкррад), L_1 – у міліметрах (мм).

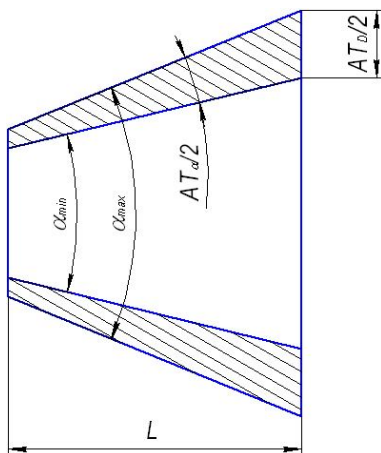


Рис. 8.2. Допуски конусів

і для безпосереднього контролю кутів деталей.

Значна роль у зберіганні й передачі одиниці плоского кута на виробничі вимірювання приділяється кутовим мірам. Вимоги до кутових мір, призначених для перевірки й градуїровки кутових приладів і кутових

1) у кутових одиницях радіанних і градусних AT_α (точне значення) і AT'_α (округлене значення допуску в градусній мірі) – рис. 8.1;

2) довжиною протилежного відрізка на перпендикулярі до сторони кута на відстані L_1 від вершини (цей відрізок приблизно дорівнює дузі з радіусом L_1);

3) допуском на різницю діаметрів у двох перетинах конуса на відстані L між ними – (рис. 8.2).

Зв'язок між допусками в кутових

Застосовуються три основних типи розташування поля допуску щодо номінального кута: плюсове ($+AT$), мінусове ($-AT$) і симетричне ($\pm AT$) – рис. 8.3.

Допуски на кути й конуси загального призначення встановлені в сімнадцяти ступенях точності (1, 2, 3, ..., 17), які позначаються в порядку убудови точності.

Кутові міри

Кутові міри призначаються для зберігання та передачі одиниці плоского кута, для перевірки і градуїровки кутових приладів та кутових шаблонів

шаблонів, а також безпосереднього виміру кутів, передбачені ГОСТ 2875-88. По стандарту кутові міри (рис. 8.4) випускаються п'яти типів (I, II, III, IV, V) і трьох класів точності (табл. 8.1).

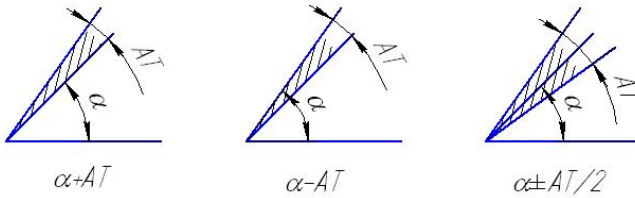


Рис. 8.3. Типи розташування полів допусків кутів

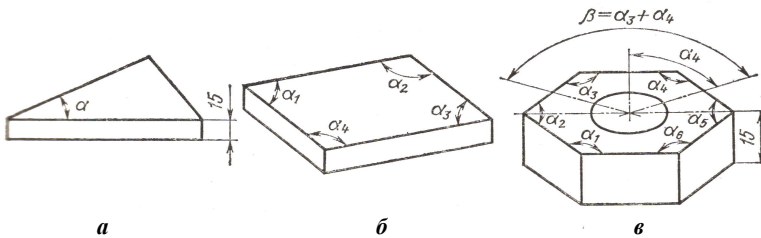


Рис. 8.4. Кутові міри:

а – з одним робочим кутом; **б** – з чотирма робочими кутами; **в** – шестигранна призма з нерівномірним кутовим кроком

Таблиця 8.1. Відхилення основних параметрів кутових мір від їх номінальних значень

Клас точності кутових мір	Відхилення робочих кутів від номіналу для мір різних типів, кутові хвилини		Відхилення від площинності робочих граней, мкм
	I, II, III	IV, V	
0	± 3	± 5	0,1
1	± 10	—	0,15
2	± 30	—	0,3

Найбільше поширення мають кутові міри типів II і III. До типу II відносяться гострокутні плитки з робочим кутом у межах 10° – 79° з градацією через 1° ; $15^\circ 10'$ – $75^\circ 50'$ – із градацією через $10'$; 15° – 16° – із градацією через $10'$; 15° – $15^\circ 10'$ – із градацією через $1'$; 15° – $15^\circ 1'$ – із градацією через $15''$. До типу III відносяться кутові плитки із чотирма робочими кутами.

Кутові міри комплектуються в набори. Найпоширенішими є набори по 24, 33 і 93 шт. Кутові міри типів II і III можна скласти в блоки, скріплення

плиток у які забезпечується застосуванням струбцин або клинів, вставлених в отвір на плитках.

Набір приналежностей для з'єднання кутових мір складається із чотирьох струбцин, п'яти клинів, викрутки й лекальної лінійки.

Щоб з'єднати міри в блок по заданому розміру кута, їх робочі грані з'єднуються за допомогою клинів, що пропускають через отвір струбцин і плиток. Струбцина, показана на рис. 8.5,*а*, служить для з'єднання двох кутових мір, а струбцина, представлена на рис. 8.5,*б*, дозволяє з'єднати відразу три міри.

Струбцина з лекальною лінійкою (рис. 8.5,*в*) забезпечує можливість одержання кутів понад 90° .

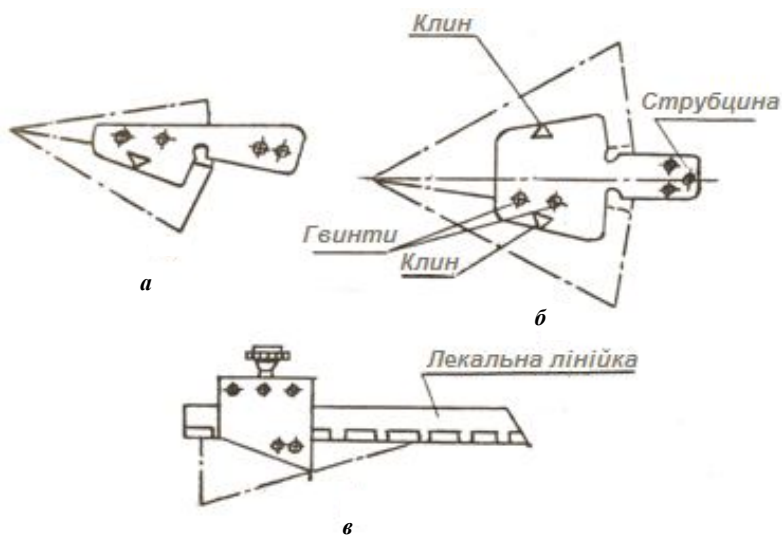


Рис. 8.5. Набір приналежностей для з'єднання кутових мір

Оптичний кутомір

Для прямих абсолютних вимірювань кутів випускаються оптичні кутоміри із ціною ділення $5'$ і $10'$ і межами вимірювання $0-180^\circ$.

Оптичні кутоміри призначені для перевірки градуїровки кутових шаблонів, для проведення розмічальних робіт, а також для безпосереднього контролю кутів деталей. Крім того, випускаються кутоміри з ноніусом для зовнішніх і внутрішніх кутів із ціною ділення основної шкали 1° і відліком по ноніусу $2'$ і $5'$.

На рис. 8.6 представлений оптичний кутомір, який складається з рухом лінійки 1 фасонного перетину і нерухомої здвосної лінійки 5, що жорстко з'єднана з корпусом 6. У корпусі поміщений скляний диск зі шкалою 4. Для спостереження за шкалою при відліку показань у корпус вмонтована лупа 3. Рухому лінійку 1 можна переміщати уздовж паза й повертати навколо осі корпусу, для чого рукоятка стопора 2 повинна бути повернена проти годинникової стрілки. Для закріплення рухомої лінійки у певному положенні служить рукоятка стопора 2, яку для цієї мети необхідно повернути за годинниковою стрілкою.

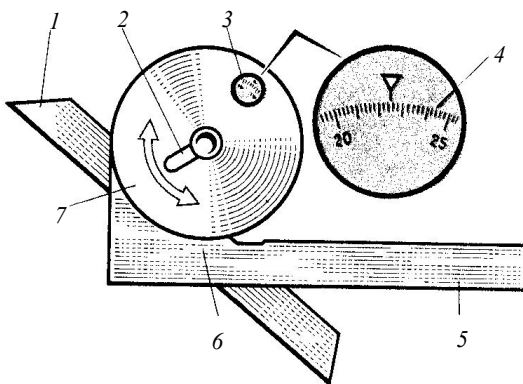


Рис. 8.6. Оптичний кутомір:

1 – рухома лінійка; 2 – рукоятка стопора; 3 – лупа; 4 – скляний диск зі шкалою;
5 – нерухома лінійка; 6 – корпус; 7 – кришка корпусу

Порядок виконання роботи

1. Записати в журнал лабораторних робіт номер оптичного кутоміра, ціну поділки, номер набору кутових мір і номер варіанта кутів, що перевіряють. Номер варіанта див. у табл. 8.2.

2. Замалювати в журнал схему приладу.

3. Зібрати кутомір.

4. При роботі з оптичним кутоміром необхідно пам'ятати, що відлік по шкалі можна робити лише в тому випадку, коли рухома лінійка 1 закріплена в корпусі 6 за допомогою стопора 2 (див. рис. 8.6)

5. Перевірити погрішність показань оптичного кутоміра при відкріпленому й закріпленому стопорі 2 за допомогою набору кутових мір.

6. Перед виміром кутові плитку ретельно очистити від мастила, промити бензином і протерти.

Таблиця 8.2. Варіанти кутів, що перевіряють

Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
25°	26°	27°6'	28°6'	29°6'
27°	28°	27°40'	28°40'	29°40'
31°	32°	28°	29°	30°
36°6'	35°6'	29°	30°	31°
36°20'	35°40'	33°	34°	35°
40°	42°	43°	44°	45°
45°10'	45°2'	45°3'	45°6'	45°7'
50°	55°	65°	70°	75°
62°10'	62°9'	62°8'	62°7'	62°6'
71°	72°	73°	74°	80°

7. Користуючись набором кутових мір, скласти за допомогою державок блоки плиток на задані розміри.

8. При складанні блоків кутових мір, застосовуючи однобічну державку, спочатку потрібно вставити в паз державки одну плитку і закріпити її двома гвинтами, а потім притерти до неї другу плитку й закріпити її клиновим штифтом.

9. Двосторонню державку застосовувати в тих випадках, коли кутові міри, що перебувають у середині державки, мають кут не більше 15°.

10. Результати вимірювань занести в таблицю звіту (с. 76).

11. Неточність вимірювань оптичним кутоміром перебуває в межах $\pm 5'$.

12. Дати висновок про точність оптичного кутоміра.

Контрольні питання

1. Призначення кутових мір.
2. Які типи й класи точності кутових мір передбачені стандартом?
3. Як складаються в блоки кутові міри?
4. Призначення оптичного кутоміра. Які прилади існують для вимірювань кутових величин?
5. Будова оптичного кутоміра.
6. Як виконують відлік по шкалі оптичного кутоміра при вимірюванні кутів?
7. Допуски кутових розмірів.
8. Типи розташування полів допусків щодо номінального кута.

**Робота № 8. Визначення погрішності показань
оптичного кутоміра**

Оптичний кутомір № ...

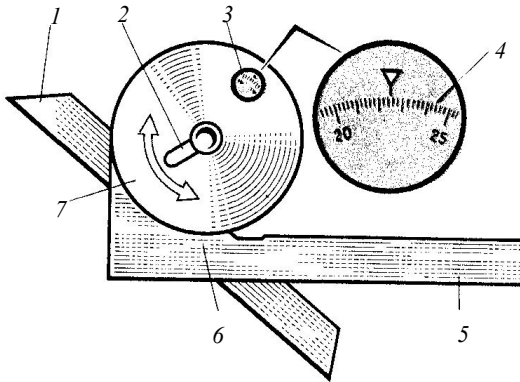
Ціна поділки кутоміра ...

Межі вимірювань кутоміра ...

Набір кутових мір №...

Кількість кутових мір ...

Принципова схема оптичного кутоміра



- 1 —
- 2 —
- 3 —
- 4 —
- 5 —
- 6 —
- 7 —

Таблиця результатів виміру

Кути, що перевіряють	Показання кутоміра при відкріпленому стопорному гвинті	Похибка	Показання кутоміра при закріпленому стопорному гвинті	Похибка

Висновок про придатність

Список рекомендованої літератури

1. ГОСТ 24853-81 Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
2. ГОСТ 2875-88 Меры плоского угла призматические. Общие технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
3. ГОСТ 7470-92 Глубиномеры микрометрические. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
4. ГОСТ 8908-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
5. ДСТУ 2234-93 Калибры. Термины и определения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
6. ДСТУ 2413-94 Основные нормы взаимозаменяемости. Шероховатость поверхности. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
7. ДСТУ ISO 286-1-2002 Допуски и посадки по системе ISO. Часть 1. Основы допусков, отклонений и посадок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
8. ДСТУ ISO 286-2:2002 Допуски и посадки по системе ISO. Часть 2. Таблицы квалитетов, стандартных допусков и предельных отклонений отверстий и валов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
9. ДСТУ ГОСТ 10:2009 Нутромеры микрометрические. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
10. ДСТУ ГОСТ 162:2009 Штангенглубиномеры. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
11. ДСТУ ГОСТ 164:2009 Штангенрейсмусы. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
12. ДСТУ ГОСТ 166:2009 Штангенциркули. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.
13. ДСТУ ГОСТ 25142:2009 Шероховатость поверхности. Термины и определения. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.

14. ДСТУ ГОСТ 6507:2009 Микрометры. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.

15. ДСТУ ГОСТ 8.367:2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Меры длины концевые плоскопараллельные образцовые 1 и 2-го разрядов и рабочие классов точности 00 и 0 длиной до 1000 мм. Методы и средства поверки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.

16. ДСТУ ГОСТ 9038:2009 Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lindex.net.ua>.

17. **Мягков, В. Д.** Допуски и посадки [Текст] : справочник : в 2 т. / В. Д. Мягков. – М. : Машиностроение, 1982.

18. **Якушев, А. И.** Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения [Текст] / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. – М. : Машиностроение, 1987. – 351 с.

Зміст

<i>Робота № 1.</i> Плоскопаралельні кінцеві міри довжини	3
<i>Робота № 2.</i> Вимірювання лінійних розмірів штангенінструмен- тами	12
<i>Робота № 3.</i> Вимірювання лінійних розмірів мікрометричними інструментами	20
<i>Робота № 4.</i> Установка гладких регульованих скоб на розмір за кінцевими мірами	30
<i>Робота № 5.</i> Вимірювання гладких калібрів важільною скобою	41
<i>Робота № 6.</i> Вимірювання радіального биття та відхилень форми циліндричної деталі	51
<i>Робота № 7.</i> Перевірка відхилень мініметра та контроль деталей ..	60
<i>Робота № 8.</i> Визначення погрішності показань оптичного кутो- міра	69
Список рекомендованої літератури	77