

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ
“ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ” ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІІІ КУРСУ
СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 6.050502, 6.050503
(ЧАСТИНА І)

Затверджено на засіданні
кафедри матеріалознавства
Протокол № 13 від 16.06.11

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання” для студентів III курсу спеціальностей 6.050502, 6.050503 (частина I) / Укл.: О.П. Клименко, Є.В. Колесник. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2012. – 39 с.

Укладачі: О.П. Клименко, канд. техн. наук
Є.В. Колесник, канд. техн. наук

Відповідальний за випуск О.Б. Гірін, д-р техн. наук

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт
з дисципліни “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання”
для студентів III курсу спеціальностей 6.050502, 6.050503

(Частина I)

Укладачі: КЛИМЕНКО Олександр Павлович
КОЛЕСНИК Євген Валерійович

Редактор Л.М. Тонкошкур
Коректор В.П. Синицька

Підписано до друку 13.03.12. Формат 60×84^{1/16}. Папір ксерокс. Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 1,77. Обл.-вид. арк. 1,86. Тираж 50 пр. Зам. № 101.
Свідоцтво ДК № 303 від 27.12.2000.

ДВНЗ УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ-5, просп. Гагаріна, 8.

Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

СКЛАДАННЯ БЛОКІВ ПЛОСКОПАРАЛЕЛЬНИХ КІНЦЕВИХ МІР ДОВЖИНИ

Мета роботи: Набути навичок підбору кінцевих мір і притирання їх у блоки.

Матеріальне забезпечення: набір плоскопаралельних кінцевих мір довжини 1-Н1, довідкова література.

1.1. Теоретичні відомості

Кінцеві міри довжини застосовують в машинобудуванні та приладобудуванні:

– *робочі міри* для налагодження вимірювальних приладів, які показують, для вимірювання лінійних розмірів виробів;

– *зразкові міри* для передачі розміру одиниці довжини від первинного еталона кінцевим мірам меншою точністю, для перевірки та градування вимірювальних приладів.

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини (ПКМД) мають форму паралелепіпеда чи циліндра з двома плоскими взаємно паралельними точно обробленими вимірювальними поверхнями. На плитках маркують номінальний розмір міри. Залежно від виду робіт застосовують 20 наборів з різною кількістю мір.

Матеріал мір – сталь ШХ15, Х, ХГ, тверді сплави. *Твердість* вимірювальних поверхонь сталевих мір ≥ 62 HRC. *Температурний коефіцієнт лінійного розширення* $(11,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-6}$ мм на 1°C . *Шорсткість* вимірювальних поверхонь мір $R_z=0,63$ мкм для забезпечення притирання.

Класи точності кінцевих мір:

00, 0, 1, 2, 3 – для мір з твердого сплаву (клас 00 – найточніший);

0, 1, 2, 3 – для мір із сталі.

Труднощі виготовлення і швидкий знос мір визначають систему їх застосування за атестатом (розрядом), виданим перевірочними органами метрологічної служби: *розряди мір* – 1, 2, 3, 4, 5. Розряд 1 – найточніший.

Правила складання мір:

– блок складають з мінімального числа мір, що забезпечує мінімальну похибку розміру;

– міри перед складанням в блок очищають від мастила ватою;

– промивають чистим безводним і безкислотним авіаційним бензином;

– витирають насухо чистою полотняною серветкою;

– одну із мір накладають на другу на третину довжини робочої поверхні і, щільно притискаючи пальцями, просувають уздовж великої осі до повного контакту робочих поверхонь (рис. 1.1,а);

- якщо зібраний блок не вдається роз'єднати за допомогою легкого зусилля, міри вважають притертими (рис. 1.1,б);
- після притирання двох мір до них приєднують третю тощо.

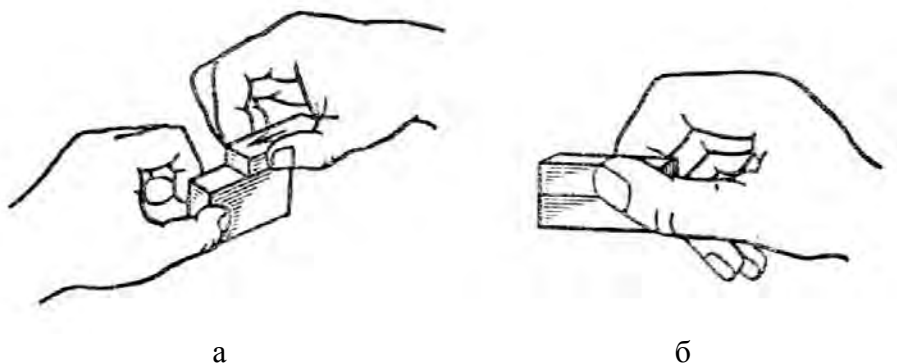


Рис. 1.1. Приєднання мір (а) і перевірка їх притирання (б)

Правила поводження з мірами.

Щоб уникнути зайвих промивок і подряпин робочих поверхонь:

- не брати робочі поверхні промитих мір руками, а тільки чистим рушником. Пальці залишають плями, що викликають корозію;
- кінцеві міри розміром понад 5,5 мм класти на стіл тільки неробочими поверхнями;
- не притирати робочі поверхні кінцевих мір до неробочих;
- не використовувати кінцеві міри для виміру виробів з грубими поверхнями;
- пил твердих абразивних матеріалів (корунду, алмазу) швидко зношує вимірювальні поверхні мір;
- при експлуатації мір стежити, щоб міри зношувалися двома вимірювальними поверхнями, по можливості рівномірно, щоб уникнути появи кривизни.

Порядок підбору мір полягає в послідовному виборі мір, які відповідають останнім найменшим значенням необхідного розміру.

Послідовність складання блоку:

- спочатку притирають кінцеві міри малого розміру;
- зібраний з них блок притирають до міри середнього розміру;
- останньою притирають плитку великого розміру.

У набір № 1 ГОСТ 9038-83 входить 83 міри із сталі.

Розміри кінцевих мір довжини набору ІНІ:

0,5

1

1,005

1,01 1,02 1,03 1,04 1,05 1,06 1,07 1,08 1,09 1,10

1,11 1,12 1,13 1,14 1,15 1,16 1,17 1,18 1,19 1,20

1,21 1,22 1,23 1,24 1,25 1,26 1,27 1,28 1,29 1,30

1,31 1,32 1,33 1,34 1,35 1,36 1,37 1,38 1,39 1,40

1,41 1,42 1,43 1,44 1,45 1,46 1,47 1,48 1,49

1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2

2,5 3 3,5 4 4,5 5 5,5 6 6,5 7 7,5 8 8,5

9 9,5

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Приклад: зібрати блок кінцевих мір на розмір 48,725 мм.

Останню цифру числа 48,725 забезпечує міра 1,005 мм;

$48,725 - 1,005 = 47,720$.

Останню цифру значення, що залишилось, забезпечує одна з мір з цифрою 2 в другому знаку після коми: 1,02; 1,12; 1,22; 1,32; 1,42.

Обрана міра 1,22 мм

$47,720 - 1,22 = 46,500$.

Розмір, що залишився, забезпечений мірами 6,5 і 40 мм.

Необхідний розмір 48,725 мм, склад блоку:

1 міра 1,005

залишок 47,720

2 міра 1,22

залишок 46,500

3 міра 6,5

залишок 40,000

4 міра 40

залишок 0.

Після закінчення роботи:

– блок розібрати;

– кінцеві міри промити авіаційним бензином;

– ретельно протерти;

– змастити;

– покласти в комірку футляра набору з відповідним маркуванням.

Захисні кінцеві міри застосовують для запобігання швидкого зносу мір. Захисні міри встановлюють на кінцях блоку кінцевих мір. При підрахунку розміру блоку враховують розміри захисних мір.

Одна сторона захисної міри завжди стикається тільки з вимірюваним об'єктом, а друга сторона тільки з крайньою мірою блоку. Для цього на бік захисної міри, дотичної з вимірюваним об'єктом, наносять розпізнавальні знаки.

Набори приладів призначені для зручного користування блоками ПКМД при вимірюванні розмірів та виконанні розмічувальних робіт.

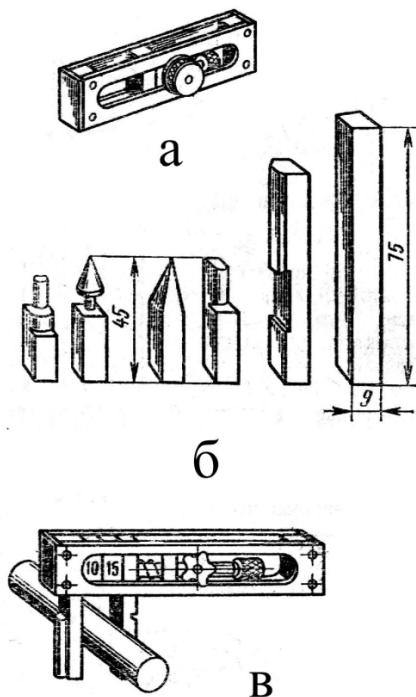


Рис. 1.2. Приладдя:
а – державка
б – набір боковиків;
в – державка з блоком ПКМД
боковиками в зборі

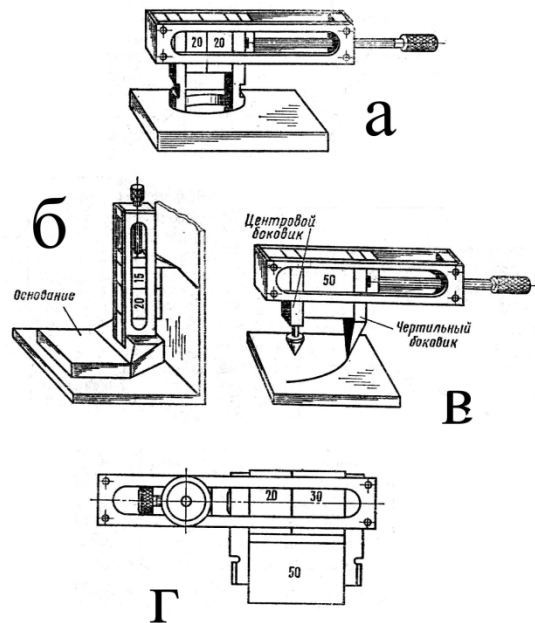


Рис. 1.3. Застосування приладдя:
а – вимір внутрішніх розмірів;
б, в – розмітка;
г – вимірювання зовнішніх і розмірів

Державки забезпечені *стабілізатором сили притиску* блоку мір ≈ 350 Н, встановленим між блоком ПКМД і притисочною планкою.

При вимірюванні внутрішніх розмірів (рис. 1.3,а) збирають блок ПКМД з радіусними боковиками. До суми номінальних розмірів кінцевих мір додають суму радіусів двох боковиків.

При розмічувальних роботах пристосування до ПКМД використовують для креслення прямих, паралельних базі (рис. 1.3,б), або креслення кіл (рис. 1.3,в).

Вимірювання внутрішніх та зовнішніх розмірів за допомогою блоків кінцевих мір застосовують при виготовленні виробів високої точності.

Розмір блоку кінцевих мір відповідає номінальному або граничному розміру виробу.

1.2. Порядок виконання роботи

1.2.1. Вивчити правила користування кінцевими мірами довжини.

1.2.2. Вивчити правила складання блоків мір.

1.2.3. Виконати розрахунок необхідної кількості мір для розміру зазначеного в завданні.

1.2.4. Скласти звіт з лабораторної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

ВИМІРЮВАННЯ РОЗМІРІВ АБСОЛЮТНИМ МЕТОДОМ

Мета роботи: Набути навичок абсолютних вимірювань за допомогою штангенінструментів, мікрометричних інструментів і кутомірів.

Матеріальне забезпечення: штангенциркулі ШЦ-I, ШЦ-II, ШЦ-III, мікрометри, кутоміри 5УМ, 2УРИ, набори зразків для вимірювання лінійних і кутових розмірів абсолютним методом, довідкова література.

2.1. Теоретичні відомості

Абсолютні вимірювання засновані на прямих вимірюваннях розмірів.

Розмір – числове значення лінійної величини у вибраних одиницях виміру.

Номінальний розмір – розмір, щодо якого визначають граничні розміри, служить для відліку відхилень.

Величини лінійних розмірів, отримані в результаті міцнісних або інших розрахунків, приводять у відповідність до рядів нормальних лінійних розмірів (табл. 2.1). Переважно використовують розміри з ряду Ra5. Якщо це не можливо використовують послідовно ряди Ra10, Ra20, Ra40.

Таблиця 2.1

Нормальні лінійні розміри. Основні ряди

Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40
1,0	1,0	1,0 1,1	1,0 1,05 1,1 1,15	4,0	4,0	4,0 4,5	4,0 4,2 4,5 4,8
	1,2	1,2 1,4	1,2 1,3 1,4 1,5		5,0	5,0 5,6	5,0 5,3 5,6 6,0
1,6	1,6	1,6 1,8	1,6 1,7 1,8 1,9	6,3	6,3	6,3 7,1	6,3 6,7 7,1 7,5
	2,0	2,0 2,2	2,0 2,1 2,2 2,4		8,0	8,0 9,0	8,0 8,5 9,0 9,5
2,5		2,5 2,8	2,5 2,6 2,8 3,0	10	10	10 11	10 10,5 11 11,5
	3,2	3,2 3,6	3,2 3,4 3,6		12	12 14	12 13 14

			3,8				15
--	--	--	-----	--	--	--	----

При відсутності в них необхідних значень, можливо використовувати ряди додаткових лінійних розмірів (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Додаткові лінійні розміри

1,25	4,9	16,5	62	205	730	2430	8250
1,35	5,2	17,5	65	215	775	2580	8750
1,45	5,5	18,5	70	230	825	2720	9250
1,55	5,8	19,5	73	270	875	2900	9750
1,65	6,2	20,5	78	290	925	3070	10300
1,75	6,5	21,5	82	310	975	3250	10900
1,85	7,0	23	88	315	1030	3450	11500
1,95	7,3	27	92	330	1090	3650	12200
2,05	7,8	29	98	350	1150	3870	12800
2,15	8,2	31	102	370	1220	4120	13600
2,3	8,8	33	108	390	1280	4370	14500
2,7	9,2	35	112	410	1360	4620	15500
2,9	9,8	37	115	440	1450	4870	16500
3,1	10,2	39	118	460	1550	5150	17500
3,3	10,8	41	135	490	1650	5450	18500
3,5	11,2	44	145	515	1750	5800	19500
3,7	11,8	46	155	545	1850	6150	
3,9	12,5	49	165	580	1950	6500	
4,1	13,5	52	175	615	2060	6900	
4,4	14,5	55	185	650	2180	7300	
4,6	15,5	58	195	690	2300	7750	

Подібна система рядів переважних чисел прийнята для призначення кутових розмірів. Значення нормальних кутів наведені в табл. 2.3. При виборі кутів їх розрахункові значення приводять до значень Ряду 1, якщо це не можливо, то до значень кутів Ряду 2 і Ряду 3. Стандарт не поширюється на кути, пов'язані розрахунковими залежностями з іншими прийнятими розмірами.

Таблиця 2.3

Ряди нормальних кутів за ГОСТ 8908-81

Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3	Ряд 1	Ряд 2	Ряд 3
0	0	0		6°	6°	30°	30°	30°			85°
		15'		7°	7°			35°	90°	90°	90°
	30'	30'		8°	8°		40°	40°			100°
		45'			9°	45°	45°	45°			110°
	1°	1°		10°	10°			50°	120°	120°	120°
		1°30'			12°			55°			135°
	2°	2°	15°	15°	15°	60°	60°	60°			150°
		2°30'			18°			65°			165°
	3°	3°	20°	20°	20°			70°			180°
	4°	4°			22°		75°	75°			270°
5°	5°	5°			25°			80°			360°

Граничні розміри – два допустимих розміри, між якими повинен знаходитися або яким може бути рівним дійсний розмір. Розрізняють найбільший і найменший граничні розміри.

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

Вал – термін, який застосовується для позначення зовнішніх елементів деталей. Верхнє відхилення вала позначають es , нижнє – ei .

Основний вал – вал, верхнє відхилення якого дорівнює нулю.

Отвір – термін, який застосовується для позначення внутрішніх елементів деталей. Верхнє відхилення отворів позначають ES , нижнє – EI .

Основний отвір – отвір, нижнє відхилення якого дорівнює нулю.

Допуск – різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами або абсолютна величина алгебраїчної різниці між верхнім і нижнім відхиленнями.

Квалітет – ступінь точності значень допусків. Кожен квалітет містить ряд допусків, які в системі допусків і посадок розглядаються як відповідні приблизно однакової точності для всіх номінальних розмірів (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Числові значення допусків для розмірів до 250 мм за ГОСТ 5346-82

Інтервал розмірів, мм	Квалітети																		
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Допуск IT, мкм																		
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Понад 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Понад 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Понад 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Понад 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Понад 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Понад 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Понад 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Понад 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Понад 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600

Поле допуску утворено поєднанням допуску за одним з квалітетів і вибраного основного відхилення (положення поля допуску відносно номінального розміру). Схема полів допусків валів і отворів наведена на рис. 2.1.

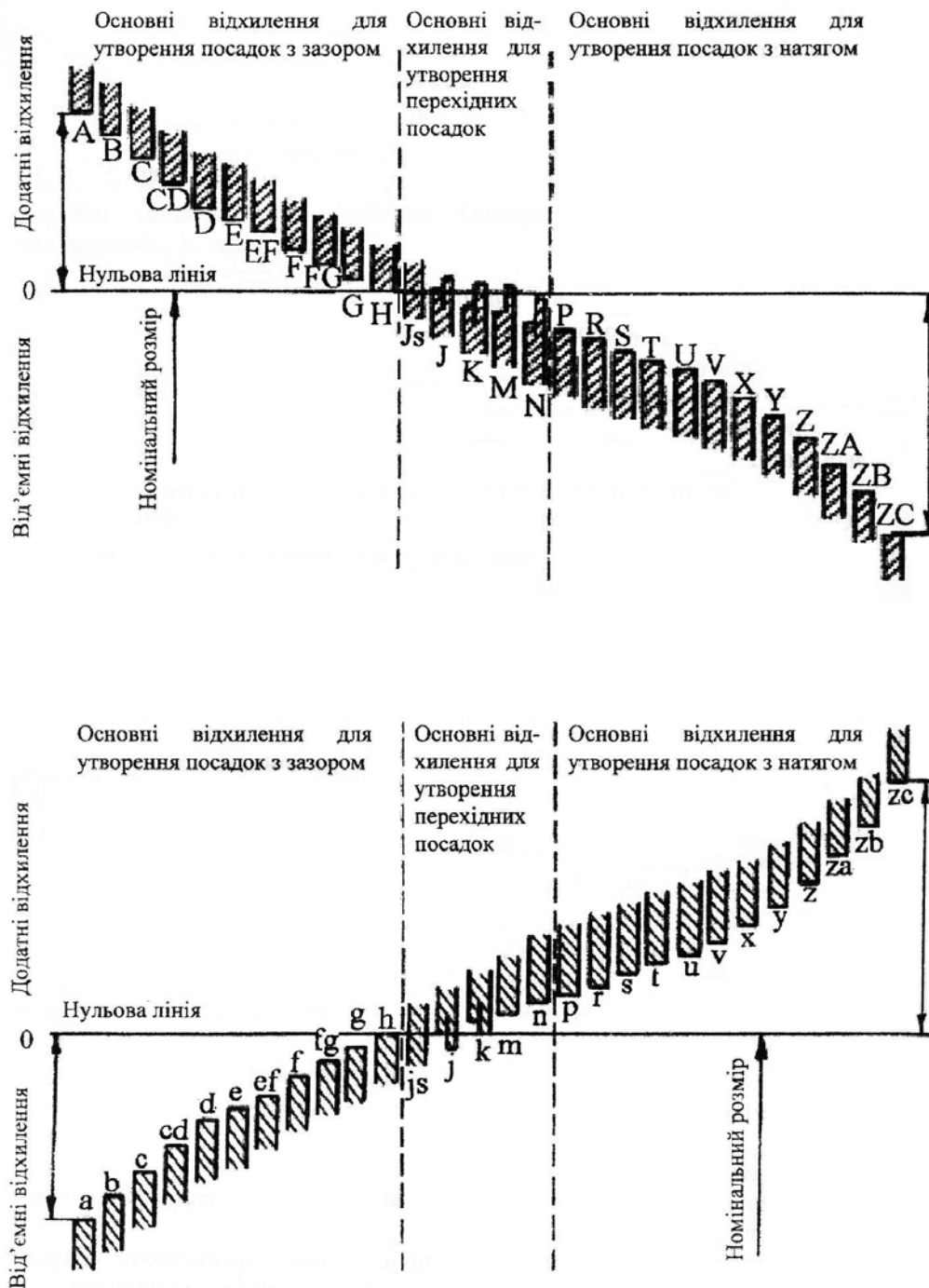


Рис. 2.1 Схема полів допусків

Позначення поля допуску складається з позначення основного відхилення і квалітету. Приклади позначення для валів: h6, d11; для отворів – H6, D11.

Приклади граничних відхилень основних отворів в системі отвору наведені в табл. 2.5, приклади граничних відхилень валів в системі отвору – в табл. 2.6.

Таблиця 2.5

Граничні відхилення основних отворів, розміри від 1 до 250 мм

Інтервал розмірів, мм	Поля допусків								
	H4	H5	H6	[H7]	[H8]	[H9]	H10	[H11]	H12
	Граничні відхилення, мкм								
Від 1 до 3	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0
Понад 3 до 6	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0
Понад 6 до 10	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0
Понад 10 до 18	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0
Понад 18 до 30	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0
Понад 30 до 50	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0
Понад 50 до 80	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0
Понад 80 до 120	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0
Понад 120 до 180	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+400 0
Понад 180 до 250	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460 0

Примітка: [] переважні поля допусків

Таблиця 2.6

Система отвору. Граничні відхилення валів, розміри від 1 до 250 мм

Інтервал розмірів, мм	Поля допусків										
	f6	[g6]	[h6]	[js6]	[k6]	m6	[n6]	[p6]	[r6]	[s6]	t6
	Граничні відхилення, мкм										
Від 1 до 3	-6 -12	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4	+12 +6	+16 +10	+20 +14	
Понад 3 до 6	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	
Понад 6 до 10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	
Понад 10 до 18	-16 -27	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	
Понад 18 до 24	-20 -33	-7 -20	0 -13	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	
Понад 24 до 30											+54 +41
Понад 30 до 40	-25 -41	-9 -25	0 -16	+8,0 -8,0	+18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48
Понад 40 до 50											+70 +54

Продовження табл. 2.6

Інтервал розмірів, мм	Поля допусків										
	f6	[g6]	[h6]	[js6]	[k6]	m6	[n6]	[p6]	[r6]	[s6]	t6
	Граничні відхилення, мкм										
Понад 50 до 65		-10			+21	+30	+39	+51	+60	+72	+85
		-29			+2	+11	+20	+32	+41	+53	+66
Понад 65 до 80	-30		0	+9,5					+62	+78	+94
	-49		-19	-5					+43	+59	+75
Понад 80 до 100					+25	+35	+45	+59	+73	+93	+113
					+3	+13	+23	+37	+51	+71	+91
Понад 100 до 120	-36	-12	0	+11,0					+76	+101	+126
	-58	-34	-22	-11,0					+54	+79	+104
Понад 120 до 140					+28	+40	+52	+68	+88	+117	+147
	-43	-14	0	+12,5	+3	+15	+27	+43	+63	+42	+122
Понад 140 до 160	-68	-39	-25	-12,5					+90	+125	+159
									+65	+100	+134
Понад 160 до 180									+93	+133	+171
									+68	+108	+146
Понад 180 до 200	-50	-15	0	+14,5	+33	+46	+60	+79	+106	+151	+195
	-79	-44	-29	-14,5	+4	+17	+31	+50	+77	+122	+166
Понад 200 до 225									+109	+159	+209
									+80	+130	+180
Понад 225 до 250									+113	+169	+225
									+84	+140	+196

Примітка: [] переважні поля допусків

Дійсний розмір – розмір, встановлений вимірюванням з допустимою похибкою.

Засоби вимірювання – технічні засоби, що мають нормовані метрологічні параметри, які використовують при вимірах.

Вибір засобу вимірювання здійснюють за результатами порівняння граничної сумарної похибки вимірювання з допуском деталі. Необхідно, щоб результати вимірювання можна було прийняти за дійсний розмір.

Допустимі похибки вимірювань δ залежно від допусків ІТ наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Допустимі похибки вимірювань δ залежно від допусків ІТ

Номінальні розміри, мм	Квалітети													
	5		6		7		8		9		10		11	
	мкм													
	ІТ	δ	ІТ	δ	ІТ	δ	ІТ	δ	ІТ	δ	ІТ	δ	ІТ	δ
До 3	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6	40	8	60	12
Понад 3 до 6	5	1,6	8	2	12	3	18	4	30	8	48	10	75	16
Понад 6 до 10	6	2	9	2	15	4	22	5	36	9	58	12	90	18
Понад 10 до 18	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10	70	14	110	30
Понад 18 до 30	9	3	15	4	21	6	33	8	52	12	84	18	130	30
Понад 30 до 50	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16	100	20	160	40
Понад 50 до 80	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18	120	30	190	40
Понад 80 до 120	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20	140	30	220	50

Продовження табл. 2.7

Номінальні розміри, мм	Квалітети											
	12		13		14		15		16		17	
	мкм											
	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ	IT	δ
До 3	100	20	140	30	250	50	400	80	600	120	1000	200
Понад 3 до 6	120	30	180	40	300	60	480	100	750	160	1200	240
Понад 6 до 10	150	30	220	50	360	80	580	120	900	200	1500	300
Понад 10 до 18	180	40	270	60	430	90	700	140	1100	240	1800	380
Понад 18 до 30	210	50	330	70	520	120	840	180	1300	280	2100	440
Понад 30 до 50	250	50	390	80	620	140	1000	200	1600	320	2500	500
Понад 50 до 80	300	60	460	100	740	160	1200	240	1900	400	3000	600
Понад 80 до 120	350	70	540	120	870	180	1400	280	2200	440	3500	700

Значення граничних похибок вимірювань залежать від конструкції вимірювальних інструментів. Граничні похибки вимірювання зовнішніх розмірів для різних інструментів приведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8

Граничні похибки вимірювання зовнішніх розмірів

Засоби вимірювання	Інтервали розмірів, мм						
	1–3	3–6	6–18	18–30	30–50	50–80	80–100
	Граничні похибки вимірювання, мкм ±						
Штангенциркулі 0,1 мм	150	150	150	150	150	200	200
Штангенциркулі 0,05 мм	100	100	100	100	100	100	100
Індикаторні скоби	15	15	15	15	15	20	20
Індикатори годинникового типу	10	10	10	10	10	10	10
Мікрометри гладкі	5	5	5	5	10	10	15
Важільні скоби	4	4	4	4	5	5	10

Величина граничної похибки вимірювань визначається не тільки конструкцією вимірювального інструмента і величиною дійсного лінійного розміру. У табл. 2.8, 2.9, 2.10 наведені зміни величин граничних похибок вимірювань при контролі зовнішніх, внутрішніх і односторонніх розмірів.

Таблиця 2.9

Граничні похибки вимірювання внутрішніх розмірів

Засоби вимірювання	Інтервали розмірів, мм		
	3-18	18-50	50-120
	Граничні похибки вимірювання, мкм ±		
Штангенциркулі 0,1 мм	200	200	250
Штангенциркулі 0,05 мм	150	150	200
Мікрометричні нутроміри 0,01 мм			15
Індикаторні нутроміри 0,01 мм	10	10	15
Індикаторні нутроміри 0,02 мм	4,5	5,5	6,5

Таблиця 2.10

Граничні похибки вимірювання односторонніх розмірів глибини або висоти

Засоби вимірювання	Інтервали розмірів, мм						
	1-3	3-6	6-18	18-30	30-50	50-80	80-120
	Граничні похибки вимірювання, мкм ±						
Штангенглибиноміри 0,1 мм	200	200	250	250	250	300	300
Штангенглибиноміри 0,05 мм	100	100	100	100	100	150	150
Індикаторні глибиноміри 0,01 мм	16	16	16	17	17	17	18
Мікрометричні глибиноміри	5	5	5	5	5	10	10

Для визначення дійсних лінійних розмірів застосовують штангенінструменти і мікрометричні вимірювальні інструменти.

Штангенінструмент – штангенциркуль, штангенглибиноміри, штангенрейсмаси, штангензубоміри.

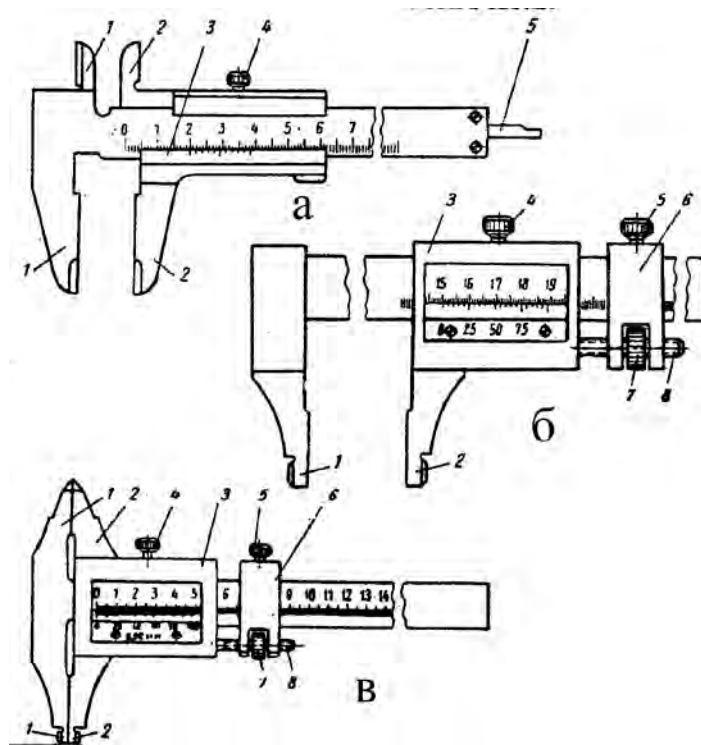


Рис. 2.2. Типи штангенциркулів:
а – ШЦ-I; б – ШЦ-II, в – ШЦ-III

Штангенциркуль ШЦ-I (рис. 2.2,а) з двостороннім розташуванням вимірювальних губок 1 і 2. Верхня пара призначена для внутрішніх вимірювань, нижня для зовнішніх. Лінійка 5 служить для вимірювання глибини.

Штангенциркуль ШЦ-II (рис. 2.2,в) з двостороннім розташуванням губок. Нижня пара служить для зовнішніх і внутрішніх вимірів. Верхня, загострена пара губок для розмітки і зовнішніх вимірювань.

Штангенциркуль ШЦ-III (рис. 2.2,б) з одностороннім розташуванням губок.

При внутрішніх вимірах штангенциркулями ШЦ-II і ШЦ-III до відліку за шкалою ноніуса додають сумарну товщину губок, марковану на них.

Для закріплення рамки з ноніусом 3 служить затискач 4. Штангенциркулі ШЦ-II і ШЦ-III мають хомутики 6, що закріплюються затискачами 5, і гайки 7 для мікрометричної подачі губок. Штангенциркулі ШЦ-I мають межі вимірювань 0–125 мм з величиною відліку за ноніусом 0,1 мм.

Штангенциркулі ШЦ-II і ШЦ-III виробляють з межами вимірювань до 2000 мм з величиною відліку за ноніусом 0,1 і 0,05 мм.

Ноніус – пристосування, що дозволяє відраховувати дробові частки інтервалу поділок основної шкали штангенінструменту (рис. 2.3). Ноніус виконують з ціною поділки 0,1; 0,05; 0,02 мм.

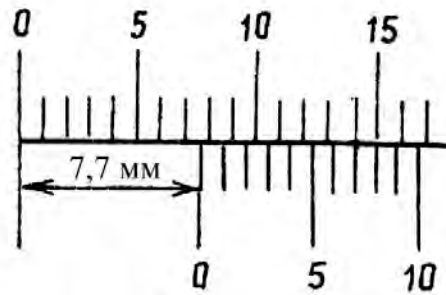


Рис. 2.3. Ноніус

Вимірювання штангенциркулем роблять таким способом:

- після зіткнення губок з вимірюваною поверхнею визначають ціле число поділок шкали на штанзі інструменту до нульової поділки ноніуса. У прикладі на рис. 2.3 це 7 поділок – 7 мм;

- визначають дробову частку, яка дорівнює номеру штриха ноніуса, що збігається з будь-яким з штрихів шкали на штанзі приладу, помноженого на ціну поділки ноніуса. У прикладі на рис. 2.3 збіг спостерігаємо у штриха ноніуса з номером 7, ціна поділки ноніуса 0,1 мм, дробова частка становить $7 \times 0,1 = 0,7$ мм;

- вимірюваний розмір дорівнює сумі цілої і дробової частин: $7 + 0,7 = 7,7$ мм.

Мікрометричні інструменти – мікрометри, мікрометричні глибиноміри, мікрометричні нутроміри. Загальний вигляд і вузли мікрометрів наведені на рис. 2.4.

Мікрометр складається зі скоби 3, п'яти 5, стебла 1, вимірювального стрижня з мікрометричним гвинтом 4, барабана 8 з тріскачкою 6, стопорного пристосування 7, гайки барабана 9 і настановного засобу 10. Тріскачка обмежує вимірювальне зусилля 500–900 г. У деяких мікрометричних інструментів тріскачка замінена фрикціоном.

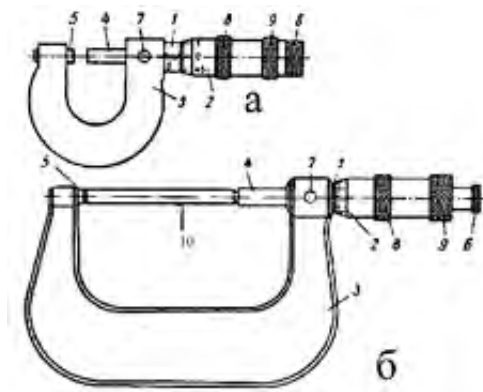


Рис. 2.4. Мікрометри

Межа вимірювань за шкалою мікрометричних інструментів складає 25 мм. Межі вимірювання приладу залежать від розміру скоби. Гладкі мікрометри для зовнішніх вимірювань випускають з межами вимірювань від 0–25 мм до 575–600 мм.

Мікрометричні інструменти мають два відлікових пристрої:

- *перша* шкала з ціною поділки 0,5 мм, нанесена на стеблі 1, показником є торець барабана 2;

- *друга* шкала з ціною поділки 0,01 мм, нанесена на конусну поверхню барабана 2, показником є поздовжній штрих, нанесений на стеблі 1. Кругова шкала барабана має 50 поділок, поворот барабана на одну поділку відповідає переміщенню на 0,01 мм.

Крок мікрогвинта дорівнює 0,5 мм, переміщенню на 1 мм відповідають два оберти гвинта. Тому між нижніми штрихами шкали на стеблі, нанесеними на відстані 1 мм, нанесені верхні штрихи на відстані 0,5 мм. При роботі необхідно відзначати чи перейшла кромка барабана за верхній штрих, який ділить кожен міліметр верхньої шкали надвоє.

Для визначення розміру перевіряється деталі виробляють відлік з двох пристроїв і підсумовують їх (рис. 2.5).

Якщо кромка барабана знаходиться ліворуч будь-якого з верхніх штрихів, показання мікрометра дорівнює цілому числу міліметрів за номером поділки шкали на стеблі мікрометра, у якого знаходиться кромка барабана, а соті частки міліметра відраховують за показаннями шкали на барабані.

Якщо кромка барабана знаходиться праворуч будь-якого з верхніх штрихів на стеблі мікрометра, показання мікрометра дорівнює цілому числу міліметрів за номером поділки шкали плюс 0,5 мм, плюс соті частки міліметра за показаннями шкали на барабані.

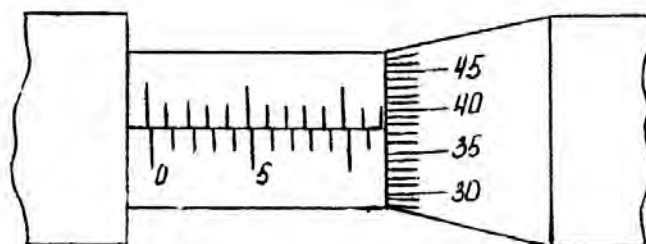


Рис. 2.5. Приклад відліку по мікрометра

Показання мікрометра на рис. 2.5 дорівнює 11,875 мм.

Кутомір – вимірювальний інструмент, призначений для вимірювання тупих і гострих кутів (рис. 2.6).

Кутомір складається з транспортира 1, проградуйованого від 0° до 120° через 1° , нерухомого важеля 8, сполучної лінійки 7. Для точної установки на заданий кут гвинт 2 закріплюють і за допомогою мікрометричного гвинта 3 важіль 6 разом з ноніусом переміщують у потрібне положення. Стопор 5 закріплює важіль 6 в необхідному положенні.

Межі вимірювання за шкалою ноніуса – від 0 до $60'$, ціна поділки ноніуса дорівнює $2'$.

Для вимірювання кутів від 0° до 90° на лінійку поворотного важеля 6 встановлюють рухому лінійку 7. Кути від 90° до 180° вимірюють при знятій лінійці.

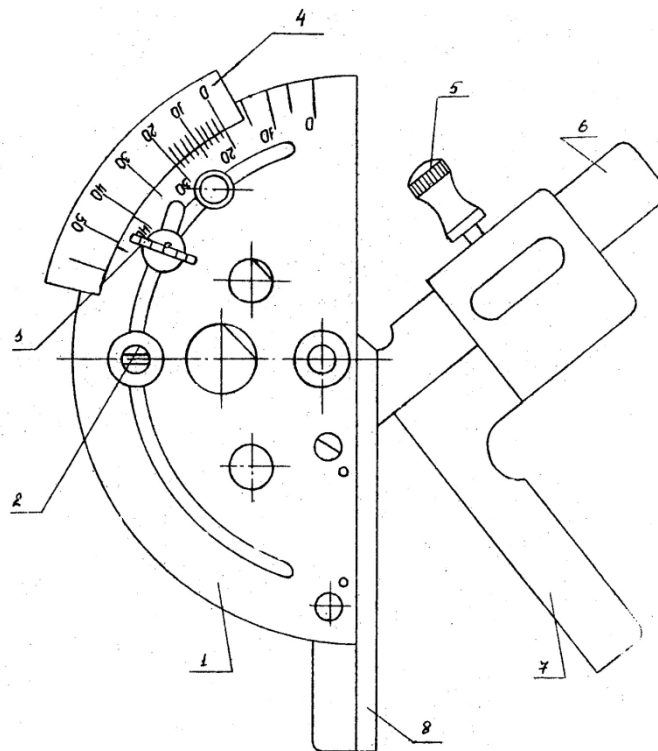


Рис. 2.6. Кутомір

2.2. Порядок проведення роботи

2.1. Ознайомитися з конструкцією засобів вимірювання.

2.2. Викреслити ескіз вимірюваної деталі (рис. 2.7). На ескізі проставляють номінальні розміри і позначення полів допусків елементів деталі, за якими розраховують граничні розміри, які заносять в табл. 2.11.

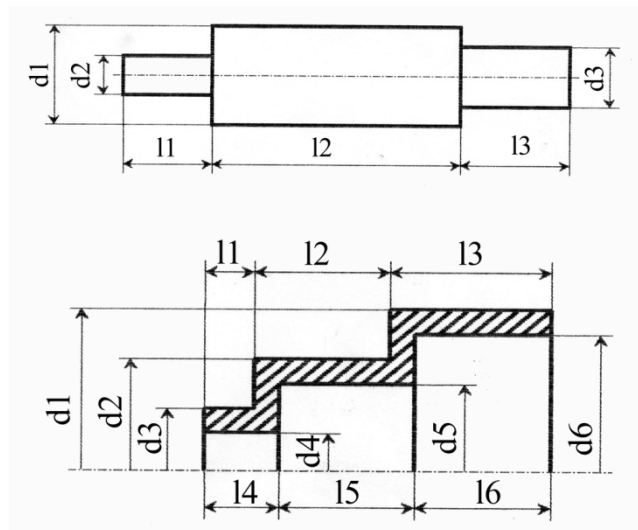


Рис. 2.7. Ескізи деталей

2.3. Визначити, яким з інструментів можна виконати вимірювання з необхідною точністю. До звіту вписати метрологічні характеристики вимірювальних приладів.

2.4. Через наявність похибок форми кожен з діаметрів вимірюють у трьох перетинах, перпендикулярних осі, а в кожному перетині в двох перпендикулярних напрямках (рис. 2.8). Результати вимірювань заносять в табл. 2.11.

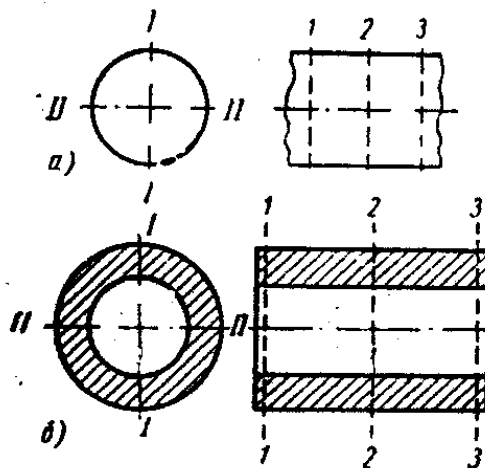


Рис. 2.8. Схема вимірювання діаметрів: а – валу; б – отвору

2.5. Якщо в жодному перетині і напрямку дійсний розмір не виходить за встановлені межі, то деталь з даним розміром вважається придатною.

Таблиця 2.11

Результати вимірювань

№ зп	Позначення на кресленні, мм	Результати вимірювань, мм						Граничні розміри ДСТУ, мм		Висновок про придатність
		Перетини, перпендикулярні до осі								
		1		2		3				
		Напрями								
		I	II	I	II	I	II			
1										
2										

3										
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

Мета роботи: Набути навичок статистичної обробки експериментальних даних.

Матеріальне забезпечення: мікрокалькулятори, результати вимірювань лінійних розмірів деталей лабораторної роботи № 2 «Вимірювання розмірів абсолютним методом», довідкова література.

3.1. Теоретичні відомості

При виготовленні деталей на верстаті за однаковими налаштуваннями, або при повторних вимірах однієї і тієї ж деталі, одним вимірювальним приладом, виявляють розсіювання розмірів виготовлених деталей і результатів вимірювань.

Розсіювання похибок – розкид значень лінійних розмірів при повторенні в незмінних умовах процедури виготовлення або вимірювання деталей.

Розсіювання похибок щодо постійного або закономірно змінюваного рівня визначається випадковою складовою, а рівень, біля якого відбувається розсіювання, характеризує систематичну складову.

Систематична складова похибки залишається постійною при вимірах (розмір блоку кінцевих мір), або закономірно змінюється від невинуваткових величин (змінна налаштування верстата при зносі інструмента). Систематична складова виражається математичним очікуванням:

$MX=a$, якщо a є сталою;

$MX(t)=a(t)$, якщо змінюється в залежності від невинуваткового аргументу (наприклад, від часу) (рис. 3.1).

Математичне очікування MX – середнє, зважене по ймовірностях, значення вимірюваної величини.

Випадкова складова змінюється випадковим чином залежно від безлічі випадкових факторів, дії яких по-різному складаються при повторенні процедури виготовлення або вимірювання деталі.

Випадкова складова визначається шириною розсіювання, яку вимірюють кількістю середніх квадратичних відхилень σ_x (рис. 3.1).

Середнє квадратичне відхилення σ_x – середній, зважений за ймовірностями, квадрат відхилень величини від її математичного очікування.

Зважування значень для досвідних даних означає частоту їх появи в результатах вимірювань.

Поняття математичного сподівання, середньоквадратичного відхилення відносять до, так званої генеральної сукупності.

Генеральна сукупність – весь потік виготовлених або вимірюваних деталей.

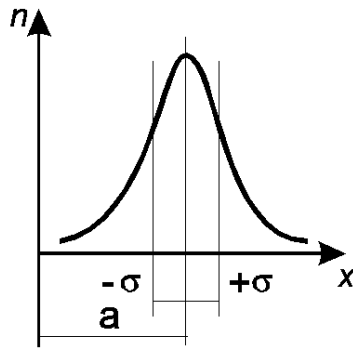


Рис. 3.1 Параметри розподілу похибок:
 a – математичне очікування; σ – середньоквадратичне відхилення

При контролі малих кількостей деталей з їх загального потоку мають справу з *вибірками* з генеральної сукупності.

У процесі статистичної обробки результатів вибірових замірів визначають *вибіркові середні значення* $\bar{X}$ і *середнє квадратичне відхилення вибірки* S_x , як наближені значення математичного очікування і середнього квадратичного відхилення. Наближені значення в статистиці називають *оцінками*.

3.1.1. Обробка результатів вимірювання

Вибіркове середнє значення вимірюваної величини $\bar{X}$:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}. \quad (3.1)$$

Середнє квадратичне відхилення вибірки S_x :

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}. \quad (3.2)$$

3.1.2. Виключення результатів вимірювань, які різко відрізняються від інших

Маємо вибірку, яка містить $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ значення. У ній якесь значення $x_{\max}$ або $x_{\min}$ є "підозрілими", тобто різко відрізняється за величиною від інших. В якості статистичного критерію виключення "підозрілих" результатів вимірювань використовують величину $V_{\text{набл}}$.

Нормоване відхилення $V_{\text{набл}}$

$$V_{\text{набл}} = \frac{X_{\text{max(min)}} - \bar{X}}{S_X}. \quad (3.3)$$

Нормоване відхилення $V_{\text{набл}}$ порівнюють з критичним значенням $V_{n,\alpha}$, наведеним у табл. 3.1 з урахуванням обсягу вибірки n і вибраного рівня значущості α :

– якщо $V_{\text{набл}} < V_{n,\alpha}$ значення $X_{\text{max(min)}}$ з заданою ймовірністю ϵ не випадковим і його необхідно залишити.

– якщо $V_{\text{набл}} > V_{n,\alpha}$ значення $X_{\text{max(min)}}$ з заданою ймовірністю ϵ грубою помилкою і його необхідно виключити.

Дане значення виключають з вибірки і знову перераховують величини $\bar{X}$ і S_X для вибірки зі зміненою кількістю членів n .

3.1.3. Закон розподілу значень випадкової величини

Перед розрахунком за результатами «*вибіркових*» замірів довірчих інтервалів, в яких перебуватимуть розміри деталей «*генеральної сукупності*», необхідно визначити закон розподілу значень випадкової величини у вибірці. Вид закону розподілу визначає математичний апарат, який буде застосований для розрахунку характеристик розподілу.

Похибки розмірів деталей підпорядковуються *нормальному закону розподілу* (закону Гауса) (графік функції наведено на рис. 3.2, а.):

$$\varphi_n(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}, \quad (3.4)$$

$$\text{де } z = \frac{x - a}{\sigma};$$

$$a = MX;$$

$\sigma = \sigma_X$ – параметри розподілу Гауса.

Похибки форми і розташування поверхонь підпорядковуються законам розподілу, що відрізняються від нормального.

Радіальне биття (подвоєний ексцентриситет двох поверхонь) підпорядковується *двовимірному закону Максвела* (графік функції наведено на рис. 3.2,б):

$$\varphi_{\sqrt{X_1^2 + X_2^2}}(x) = \frac{1}{\sigma^2} x \cdot e^{-\frac{x^2}{2 \cdot \sigma^2}}, \quad (3.5)$$

де x – незалежна величина, за допомогою якої задають інтервали значень випадкової величини;

X_1 і X_2 – випадкові зміщення в горизонтальному і вертикальному напрямках. X_1 і X_2 мають нормальні закони розподілу;

σ^2 – дисперсія.

Овальність і конусоподібність визначаються абсолютним значенням різниці двох геометричних параметрів (діаметрів у двох напрямках, але в одному поперечному перетині, – овальність, або в двох поперечних перетинах, але в одній поздовжній площині – конусоподібність). Кожен з параметрів має нормальний закон розподілу (графік наведено на рис. 3.2, в):

$$\varphi_{|X_1 - X_2|}(z) = \frac{1}{\sqrt{2n}} \cdot e^{-\frac{(z-z_0)^2}{2}} + \frac{1}{\sqrt{2n}} \cdot e^{-\frac{(z+z_0)^2}{2}} \quad (3.6)$$

$$\text{де } z = \frac{x}{\sigma_x}; \quad z_0 = \frac{MX}{\sigma_x}.$$

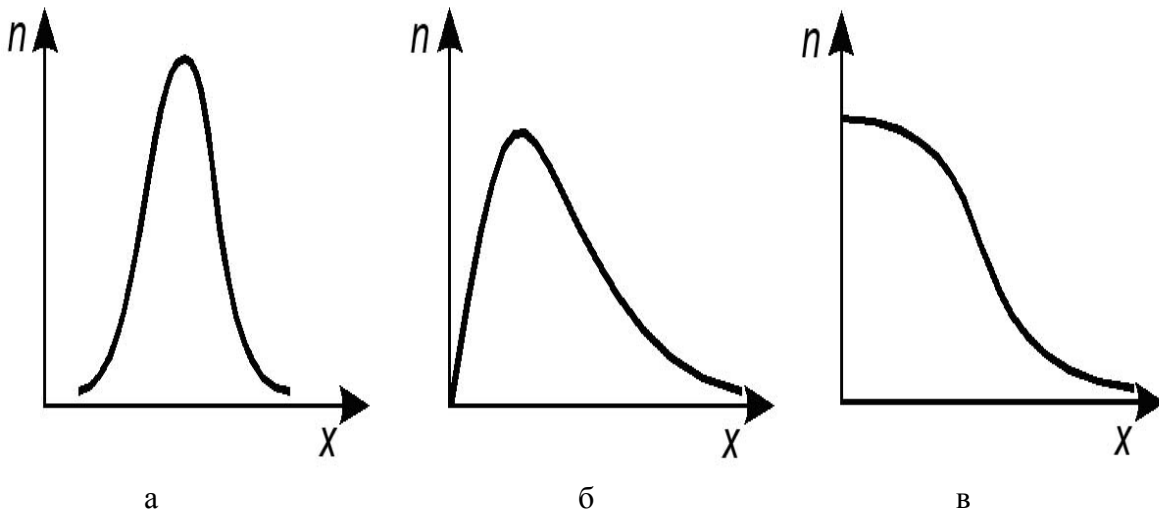


Рис. 3.2. Закони розподілу похибок:

а – лінійні розміри (закон Гауса); б – радіальне биття (закон Максвела);
 в – овальність і конусоподібність (закон Лапласа)

3.1.4. Застосування коефіцієнтів асиметрії та ексцесу для перевірки нормальності розподілу

Одним із способів перевірки гіпотези про нормальність розподілу випадкових величин вибірки є перевірка за допомогою емпіричних коефіцієнтів асиметрії A і ексцесу E . Крива *нормального розподілу* симетрична щодо вертикальної осі.

Асиметричними, або косими називаються криві розподілу, ординати яких змінюються в одну сторону від центральної ординати (рис. 3.3).

Вибіркова асиметрія:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n \cdot S_x^3}. \quad (3.7)$$

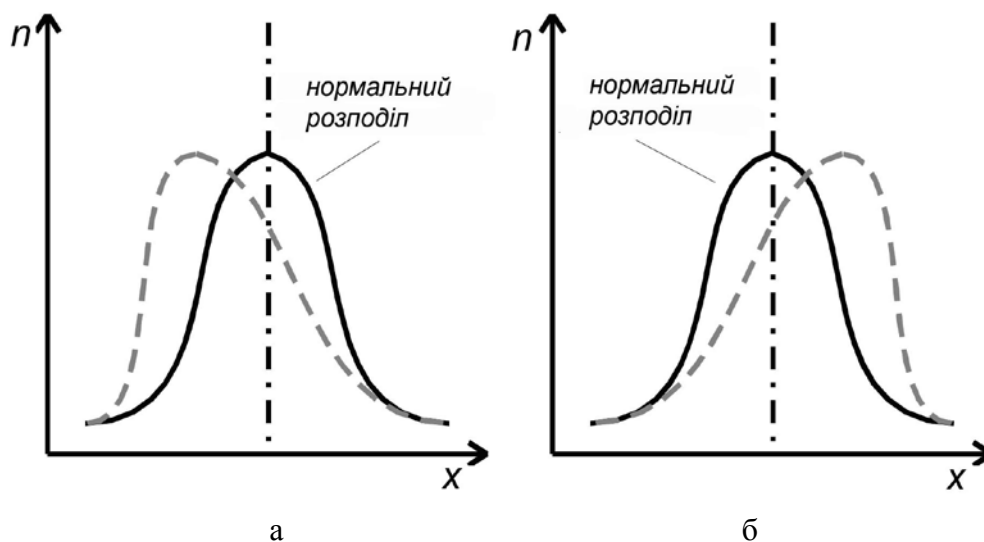


Рис. 3.3 Асиметрія кривих розподілу:
а – позитивна асиметрія; б – негативна асиметрія

Поряд з асиметричним розподілом зустрічаються криві з різною крутизною розподілу у порівнянні з крутизною кривої нормального розподілу.

Ексцес – це явище, при якому вершина кривої розподілу розташовується вище або нижче кривої нормального розподілу (рис. 3.4).

Вибірковий ексцес:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n \cdot S_x^4} - 3. \quad (3.8)$$

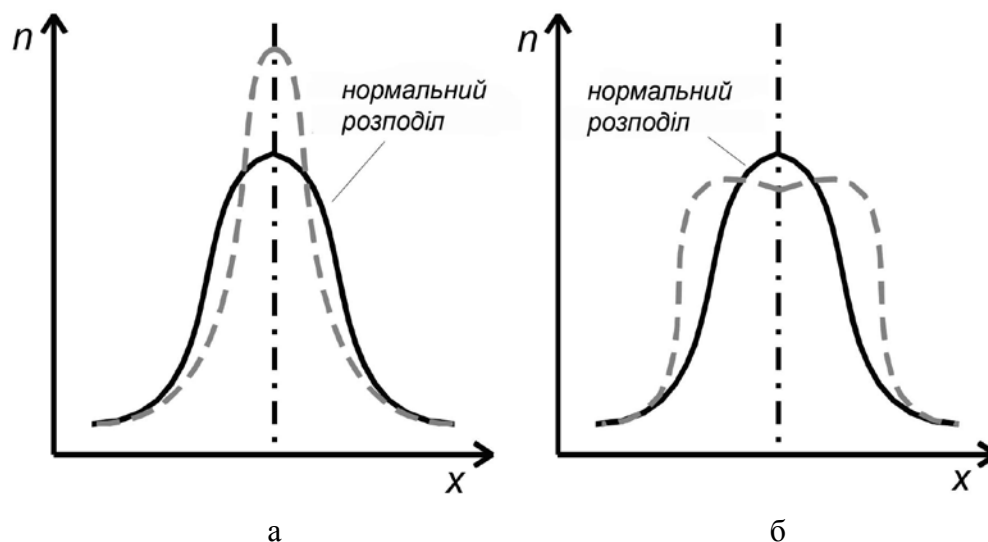


Рис. 3.4 Екセス кривих розподілу:
а - позитивна крутість; б - негативна крутість

Дисперсія асиметрії:

$$D_{(A)} = \frac{6 \cdot (n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)} . \quad (3.9)$$

Дисперсія ексцесу:

$$D_{(E)} = \frac{24 \cdot n \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n-1)^2 \cdot (n+3) \cdot (n+5)} . \quad (3.10)$$

Якщо виконується умова $|A| \leq \sqrt{D_A}$ і $|E| \leq \sqrt{D_E}$, то розподіл можна вважати нормальним.

3.1.5. Перевірка на належність двох вибірок до однієї генеральної сукупності

У ряді випадків виникає необхідність об'єднати в одну вибірку результати контролю деталей із загального потоку, але виконаних різними людьми в різний час і на різному устаткуванні.

Наприклад, необхідний обсяг вибірки ОТК набирає протягом декількох змін. Необхідно об'єднати результати здавального контролю у виробника і вхідного контролю у споживача. Перед об'єднанням вибірок проводять перевірку вибірок на приналежність до однієї генеральної сукупності. Одним з критеріїв може бути ступінь відмінності параметрів розподілу вибірок.

Порівнюють дві вибірки з відомими характеристиками розподілу (рис. 3.5):

- *перша вибірка* – має кількість вимірів n_1 , середнє арифметичне значення вибірки $\bar{x}_1$, дисперсія вибірки S_1^2 ;
- *друга вибірка* – має кількість вимірів n_2 , середнє арифметичне значення вибірки $\bar{x}_2$, дисперсія вибірки S_2^2 .

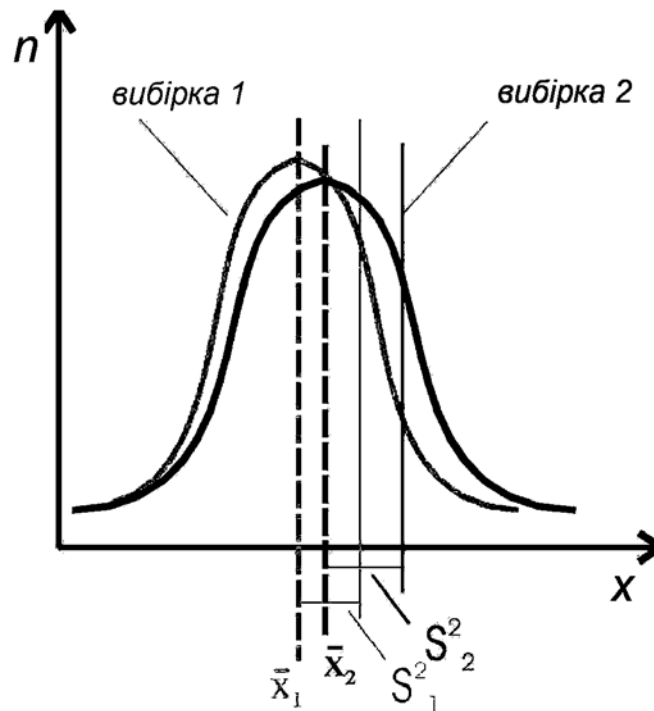


Рис. 3.5. Параметри розподілу похибок двох вибірок

Критерій Романовського R для оцінки розбіжності між середніми застосовують, якщо відсутні табличні дані коефіцієнта Стюдента $t_{n,\alpha}$, для оцінки ступеня розбіжності між середніми значеннями вибірок. Критерій R відповідає рівню значущості $\alpha=0,003$ (99,7%):

$$R = \frac{t}{S_t} \quad (3.11)$$

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{S} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}} \quad (3.12)$$

Середнє квадратичне відхилення двох вибірок S:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot S_1^2 + (n_2 - 1) \cdot S_2^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}} \quad (3.13)$$

$$S_t = \sqrt{\frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 4}} \quad (3.14)$$

Якщо $R < 3$ – вибірки належать до однієї генеральної сукупності.

Якщо $R > 3$ – вибірки не належать до однієї генеральної сукупності.

3.1.6 Розрахунок довірчого інтервалу по заданій довірчій ймовірності

Середнє арифметичне значення вибірки $\bar{X}$ відрізняється від істинного значення X похибкою вимірювання Δx .

Довірчий інтервал – інтервал значень від $\bar{X} - \Delta x$ до $\bar{X} + \Delta x$, в межах якого буде знаходитися істинне значення величини X .

$$\bar{X} - \Delta x \leq x \leq \bar{X} + \Delta x. \quad (3.15)$$

Довірча ймовірність P – ймовірність попадання результату вимірювання в довірчий інтервал.

Наприклад, довірна ймовірність $P = 0,95$ означає, що при 100 вимірах в заданий інтервал потрапить 95 значень зі 100.

Для визначення довірчого інтервалу можна використовувати середньоквадратичне відхилення вибірок S_x .

$$\Delta x = S_x \quad \bar{x} - S_x \leq x \leq \bar{x} + S_x \quad P=0,689$$

$$\Delta x = 2S_x \quad \bar{x} - 2S_x \leq x \leq \bar{x} + 2S_x \quad P=0,955$$

$$\Delta x = 3S_x \quad \bar{x} - 3S_x \leq x \leq \bar{x} + 3S_x \quad P=0,997$$

У свою чергу, довірна ймовірність залежить від ширини вибраного довірчого інтервалу (рис. 3.6).

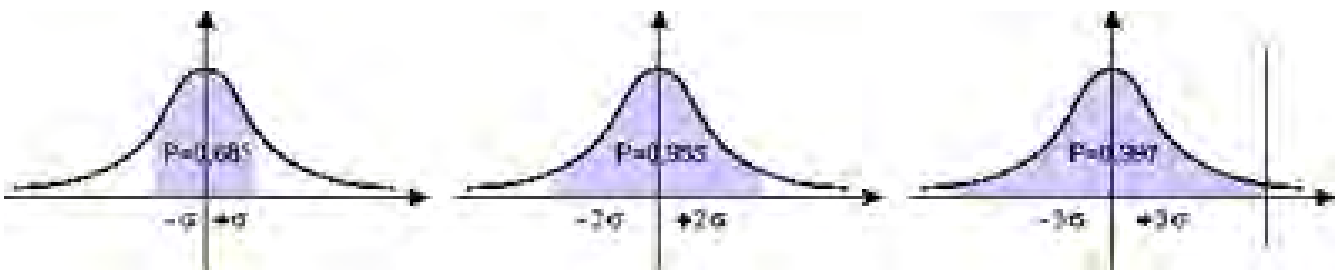


Рис. 3.6. Довірчі ймовірності при різних значеннях довірчих інтервалів

1.7. Ймовірність попадання випадкової похибки в заданий інтервал

При нормальному законі розподілу похибок ймовірність знаходження похибки в будь-якому заданому інтервалі (рис. 3.7) розраховують за допомогою значень функції Лапласа (табл. 3.2).

Функція являє собою інтеграл виду

$$\Phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{v^2}{2}} dv, \quad (3.16)$$

де z – аргумент функції Лапласа; під знаком інтеграла z замінений на v .

Ймовірність того, що похибка буде перебувати в інтервалі значень (x_1, x_2) визначають із співвідношення

$$P(x_1 < X < x_2) = P(z_1 < Z < z_2) = \Phi_0(z_2) - \Phi_0(z_1), \quad (3.17)$$

$$\text{де } z_1 = \frac{x_1 - a}{\sigma}, \quad z_2 = \frac{x_2 - a}{\sigma}.$$

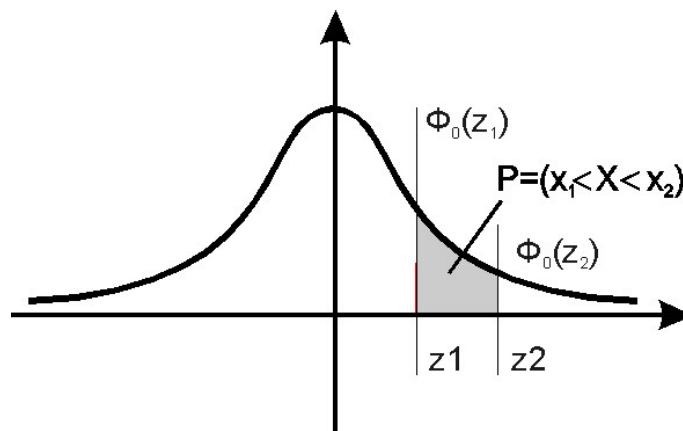


Рис. 3.7. Ймовірність попадання похибки у заданий інтервал значень похибки

3.2. Порядок виконання роботи

3.2.1. Результати контролю розмірів валів, виконаних студентами навчальної групи, об'єднати в одну вибірку.

3.2.2. Відповідно до п. 3.1.1. визначити параметри розподілів похибок, формули (3.1) і (3.2).

3.2.3. Провести виключення значень, які різко відрізняються від інших результатів вимірювань за п. 3.1.2.

3.2.4. Виконати перевірку нормальності розподілу за п. 3.1.4.

3.2.5. Визначити можливість об'єднання вибірок, отриманих різними навчальними групами за п. 3.1.5.

3.2.6. Визначити довірчі інтервали значень розмірів вала для довірчих ймовірностей $P = 0,689$ і $P = 0,997$ за п. 3.1.6.

3.2.7. Визначити ймовірність потрапляння похибок в заданий інтервал за п. 3.1.7.

3.2.8. Скласти звіт з роботи.

Таблиця 3.1

Значення $V_{n,\alpha}$

n	α			n	α		
	0,001	0,01	0,05		0,001	0,01	0,05
3	1,414	1,414	1,412	28	3,528	3,124	2,764
4	1,731	1,723	1,689	29	3,548	3,140	2,778
5	1,990	1,955	1,869	30	3,567	3,156	2,792
6	2,203	2,130	1,996	31	3,586	3,171	2,805
7	2,377	2,265	2,093	32	3,603	3,185	2,818
8	2,521	2,374	2,172	33	3,620	3,199	2,830
9	2,643	2,464	2,238	34	3,636	3,212	2,842
10	2,747	2,540	2,294	35	3,652	3,224	2,855
11	2,837	2,606	2,343	36	3,667	3,236	2,864
12	2,915	2,663	2,387	37	3,681	3,248	2,874
13	2,984	2,713	2,426	38	3,695	3,259	2,885
14	3,046	2,759	2,461	39	3,708	3,270	2,894
15	3,102	2,806	2,494	40	3,720	3,281	2,904
16	3,152	2,837	2,523	41	3,733	3,291	2,913
17	3,198	2,871	2,551	42	3,745	3,301	2,922
18	3,240	2,903	2,557	43	3,756	3,310	2,931
19	3,278	2,932	2,601	44	3,767	3,320	2,940
20	3,314	2,959	2,623	45	3,778	3,329	2,948
21	3,347	2,984	2,644	46	3,788	3,338	2,956
22	3,378	3,008	2,664	47	3,798	3,346	2,964
23	3,407	3,030	2,683	48	3,808	3,354	2,972
24	3,434	3,051	2,707	49	3,818	3,363	2,980
25	3,459	3,071	2,718	50	3,827	3,370	2,987
26	3,483	3,089	2,734	51	3,836	3,378	2,994
27	3,506	3,107	2,742	52	3,845	3,386	3,001

Таблиця 3.2

Значення функції $\Phi_0(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0350
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0909	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1555	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2045	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3113	3438	3461	3485	3508	3531	3554	3577	8599	3621

Продовження табл. 3.2

1,1	3843	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4219
1,5	4332	4345	4337	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4659	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4733	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2,1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4865	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	492	4929	4931	4932	4934	4936
2,5	4938	4940	4941	4943	4945	4946	4948	4949	4951	4952
2,6	4953	4955	4956	4957	4959	4960	4961	4962	4963	4964
2,7	4965	4966	4967	4968	4969	4970	4971	4972	4973	4974
2,8	4974	4975	4976	4977	4977	4978	4979	4979	4980	4981
2,9	4981	4982	4982	4983	4984	4985	4985	4985	4986	4986
3,0	4986	4986	4987	4987	4988	4988	4988	4989	4989	4990
3,1	4990	4990	4990	4991	4991	4991	4992	4992	4992	4992
3,2	4993	4993	4993	4993	4994	4994	4994	4994	4994	4995
3,3	4995	4995	4995	4995	4995	4996	4996	4996	4996	4996
3,4	4996	4996	4996	4997	4997	4997	4997	4997	4997	4997

Примітка: Ціла частка значень функції дорівнює 0; в таблиці наведена дробова частка значень функції; наприклад: $Z=3,25$, $\Phi_0=0,4994$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ВИМІРЮВАННЯ РОЗМІРІВ ВІДНОСНИМ МЕТОДОМ

Мета роботи: Набути навичок вимірювання відхилень форми за допомогою індикаторів годинникового типу і мікрокатора.

Матеріальне забезпечення: індикатори годинникового типу, індикаторний нутромір НИ, мікрокатор, вимірювач малих переміщень 214-П-15, набори зразків, довідкова література.

4.1. Теоретичні відомості

Відносні вимірювання засновані на порівнянні вимірюваної величини з початковим відомим значенням еталонної міри.

Відхилення форми – відхилення форми реальної поверхні або реального профілю від форми номінальної поверхні, або номінального профілю.

Номінальна поверхня – ідеальна поверхня, номінальна форма якої задана на кресленні.

База – поверхня, вісь, точка, що належить виробу і обрана для базування.

Базування – надання заготівці або виробу необхідного положення щодо обраної системи координат.

Умовні позначення відхилень форми і розташування поверхонь наведені в табл. 4.1.

Відхилення від круглості – найбільша відстань від точок реального профілю до прилеглого кола.

Овальність – окремий випадок відхилення від круглості, при якому реальний профіль являє собою овалоподібну фігуру, найбільший і найменший діаметри якої знаходяться у взаємно перпендикулярних напрямках.

Відхилення профілю поздовжнього перетину – найбільша відстань Δ від точок твірної реального профілю, що лежать в площині, яка проходить через її вісь, до відповідної сторони прилеглого профілю в межах нормованого по довжині L ділянки.

Конусоподібність – окремий випадок відхилення профілю поздовжнього перетину, при якому утворюючі прямолінійні, але не паралельні.

Радіальне биття – різниця між найбільшою і найменшою відстанню від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі обертання в перетині, перпендикулярному до базової осі.

Для подібних вимірів застосовують прилади з зубчастої передачею – індикатори годинникового типу, з пружинною передачею – мікрокатори, оптико-механічні прилади з малим діапазоном шкали, прилади з індуктивними і ємнісними датчиками малих переміщень. Прилади призначені для вимірювання контактним методом. Еталонною мірою, за якою прилад встановлюється на нуль, служить блок кінцевих мір довжини.

Таблиця 4.1

Умовні позначення відхилень форми і розташування поверхонь

Група допусків	Вид допуску	Знак	Числове значення допуску
Форми	Допуск прямолінійності		Обмежує абсолютну величину відхилення
	Допуск площинності		
	Допуск циліндричності		Обмежує відхилення у радіусному вираженні
	Допуск круглості		
	Допуск профілю поздовжнього перетину		
Розташування	Допуск паралельності		Обмежує граничне відхилення похибки від бази
	Допуск перпендикулярності		
	Допуск нахилу		

Розташування	Допуск співвісності		Обмежує відхилення або в діаметральному ($\varnothing$ або T), або в радіальному (R або $T/2$) вираженні, що зазначається
	Допуск симетричності		
	Позиційний допуск		
	Допуск перетину осей		
Сумарні – форми і розташування	Допуск радіального биття		Обмежує сумарне відхилення, яке показує індикатор при вимірюванні
	Допуск торцевого биття		
	Допуск биття у заданому напрямку		
	Допуск повного радіального биття		
	Допуск повного торцевого биття		
	Допуск форми заданого профілю		Обмежує сумарне відхилення або T , або $T/2$, що зазначається
	Допуск форми заданої поверхні		

Індикатор годинникового типу (рис. 4.1) – важільно-механічний прилад із зубчастою передачею, складається з корпусу 10, в якому розташована зубчаста передача, вимірювального стрижня 2 з наконечником 1 і голівкою 7, обідка 4 зі шкалою 11 і покажчика обертів 5 зі стрілкою 6. Для фіксування положення нуля шкали циферблата 11 щодо вказівної стрілки 9 застосовано гвинт 8.

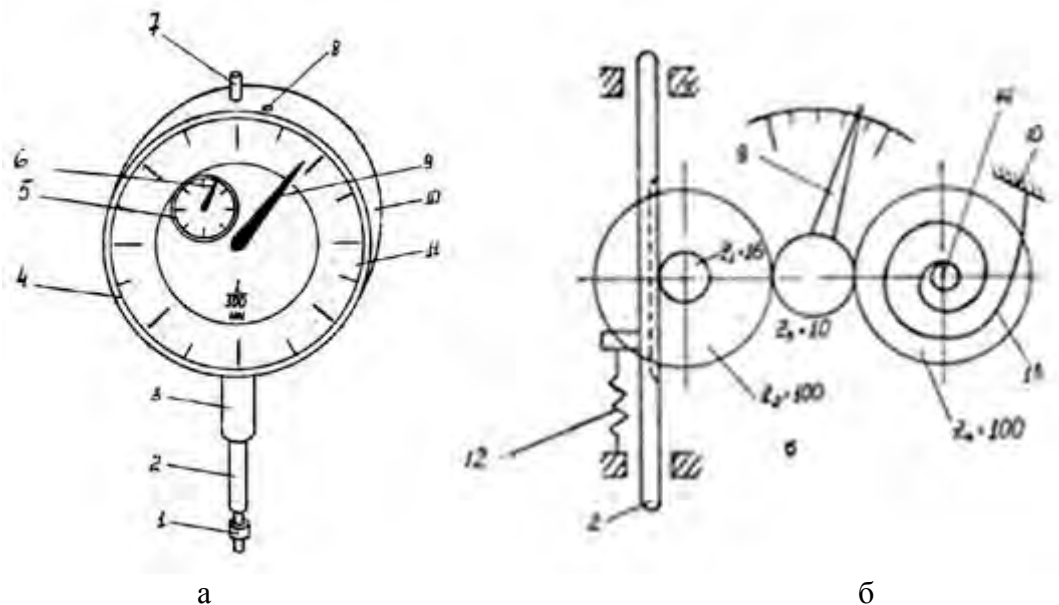


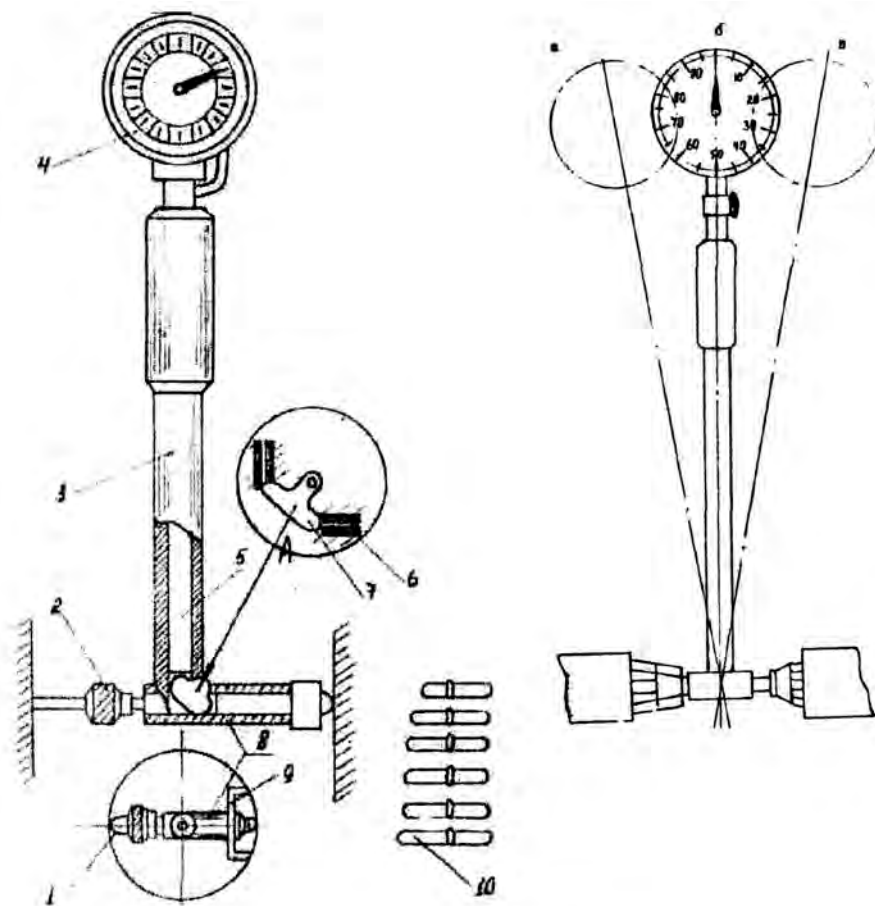
Рис. 4.1 Індикатор годинникового типу:
а – загальний вид, б – кінематична схема

Гільза 3 призначена для кріплення індикатора. На бічній поверхні вимірювального стрижня 2 нарізана зубчаста рейка, яка знаходиться у зачепленні з шестернею $Z1=16$. На осі шестерні $Z1$ нерухомо закріплене зубчасте колесо $Z2 = 100$ і стрілка 6 показника обертів 5.

Зубчасте колесо $Z4 = 100$ з нерухомо закріпленою на його осі втулкою 14 з пружинним волоском знаходиться в зачепленні з шестірнею $Z3$. Завдяки волоску зубчаста передача індикатора працює на одній стороні профілю зуба, що ліквідує можливість появи люфту. Пружина 12, прикріплена одним кінцем до вимірювального стрижня 2, а другим – до корпусу, створює вимірювальний тиск індикатора 0,8–2,0 Н. Шкала індикатора має 100 поділок. Один оберт стрілки 9 відповідає осьовому переміщенню вимірювального стрижня на 1 мм і повороту стрілки 6 показника обертів 5 на одну поділку. Стрілка 6 вказує переміщення вимірювального стрижня в міліметрах, а стрілка 9 – в сотих частках міліметра. Випускають індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 і 0,001 мм.

При вимірах індикатор годинникового типу встановлюють так, щоб положення його корпусу не змінювалося, а переміщувався би тільки вимірювальний стрижень.

Індикаторний нутромір (рис. 4.2) призначений для вимірювання похибок форми і відхилень розмірів отворів. Складається з індикатора часового типу 4, корпусу 3 та голівки 8. З одного боку голівки 8 закріплена змінна вимірювальна вставка 1 з гайкою 2, з другої – рухомий стрижень 6.



а

б

Рис. 4.2. Індикаторний нутромір:

а – загальний вид; б – схема установки нутроміра на нуль

При переміщенні стрижень 6 тисне на важіль 7, який натискає другим плечем на штовхач 5. Штовхач знаходиться в контакті з вимірювальним стрижнем індикатора 4. Центрувальний місток 9 запобігає перекосу приладу при вимірюванні.

Для вимірювання отворів різних діаметрів до індикаторного нутроміру надається комплект змінних вимірювальних вставок 10 і шайб.

Перед вимірюванням нутромір встановлюють на нуль по мікрометру для зовнішніх вимірювань, встановленому на номінальний розмір контролюваного отвору. Нутромір вводять між п'ятою і гвинтом мікрометра і встановлюють індикатор нутроміра на нуль.

Для цього нутромір переводять з положення "а" (рис. 4.2,б) в положення "в". Зафіксувавши положення нутроміра при якому стрілка індикатора зупиняється й змінює напрямок повороту (точка "б"), встановлюють циферблат так, щоб нульова поділка його шкали розташувалася проти вказівної стрілки. Повторним погойдуванням нутроміра перевіряють правильність установки нульового положення. Після цього, зазначивши показання стрілки покажчика поворотів, нутромір виводять з мікрометра.

Мікрокатор – прилад з пружинною вимірювальною системою (рис. 4.3). Їх виробляють з ціною поділки 0,01–0,0001 мм.

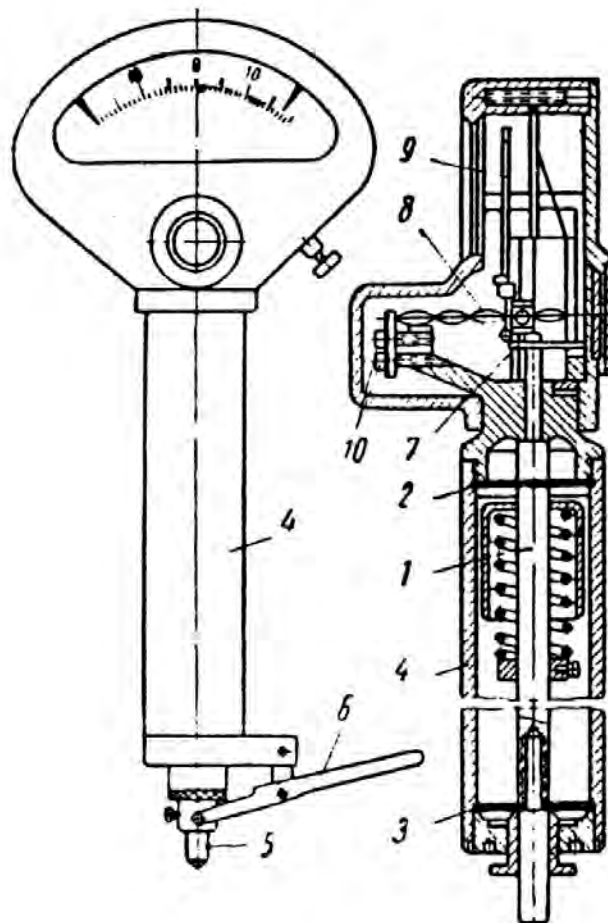


Рис. 4.3. Мікрокатор

Вимірювальний стрижень 1 підвішений на плоских пружинах 2, 3, закріплених в корпусі 4. На стрижень надівається вимірювальний наконечник 5. На корпусі є аретир 6. Переміщення стрижня передається плоскій пружині 7, при русі якої розтягується пружина 8. Пружина скручена так, що від середини її праві і ліві частини утворюють спіралі різного спрямування. Пружина шириною 1 мм, товщиною 5–11 мкм виготовляється з берилієвої бронзи. До середньої частини пружини кріпиться тонка кварцова стрілка 9. При розтягуванні пружини 8 стрілка 9 повертається на кут, пропорційний переміщенню вимірювального стрижня. Гвинти 10 служать для регулювання спіральної пружини. Прилад кріплять на кронштейні.

Щоб хвилястість поверхні не псувала результатів вимірювань, контакт наконечника з деталлю повинен бути точковим або лінійним. Застосовують ножеподібні, плоскі, або сферичні наконечники.

При вимірах індикатор опускають плавно, не допускаючи удару вимірювального наконечника об вимірювану поверхню.

Нульову установку приладу перевіряють, піднімаючи і опускаючи 2–3 рази наконечник за допомогою аретира. Встановивши прилад на нуль, піднімають наконечник приладу і, видаливши зі столика блок кінцевих мір, встановлюють на його місце об'єкт вимірювань. Після закінчення вимірювання деталі перевіряють, чи збереглася нульова установка приладу.

Індуктивний перетворювач перетворює значення вимірюваних лінійних переміщень в значення індуктивності. У диференційного трансформатора з лінійно змінюваним вихідним сигналом три котушки намотані уздовж однієї осі. Центральна котушка – первинна, її обмотка збуджується змінним струмом. Переміщення сердечника всередині котушок, змінює зв'язок між первинною і вторинними обмотками. В результаті на виході вторинних обмоток змінюється амплітуда і фаза сигналу (рис. 4.4).

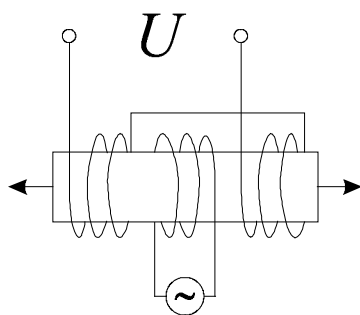


Рис. 4.4. Перетворення магнітного опору в диференціальному трансформаторі з лінійно змінюваним виходом

У лабораторній роботі використовують вимірювач малих переміщень 214-П-15 з індуктивним трансформаторним датчиком (рис. 4.5).

Перед початком вимірювань проводять градування приладу по кінцевим мірам довжини. Кінцеву міру товщиною 1 мм встановлюють між плитою і наконечником індуктивного датчика. Встановлюють межу виміру

«0,2». Включають прилад. Переміщенням датчика грубо, а потім – рукояткою приладу точно встановлюють стрілку приладу на «0». Встановлюють кінцеву міру товщиною 1,1 мм між плитою і наконечником індуктивного датчика. Фіксують показання приладу відповідні товщині міри 1,1 мм. За отриманими даними розраховують величину поправочного коефіцієнта.

При проведенні вимірювань відносним методом установку приладів на нуль здійснюють по блоку кінцевих мір з розміром, відповідним середині поля допуску.



Рис. 4.5. Вимірювач малих переміщень 214-II-15

4.2. Порядок виконання роботи

4.2.1. Ознайомитися з будовою приладів.

4.2.2. Визначити відхилення форми зразків:

Радіальне биття вала ↗ (рис. 4.6). Вал встановлюють в центрах. Вал повинен вільно обертатися і не повинен мати поздовжніх і поперечних переміщень. Встановлюють штатив з індуктивним датчиком так, щоб наконечник торкався поверхні контролюваного валу. Поперечним переміщенням датчика, за зміною напрямку відхилення стрілки приладу встановлюють вісь вимірювального стрижня по осі вала.

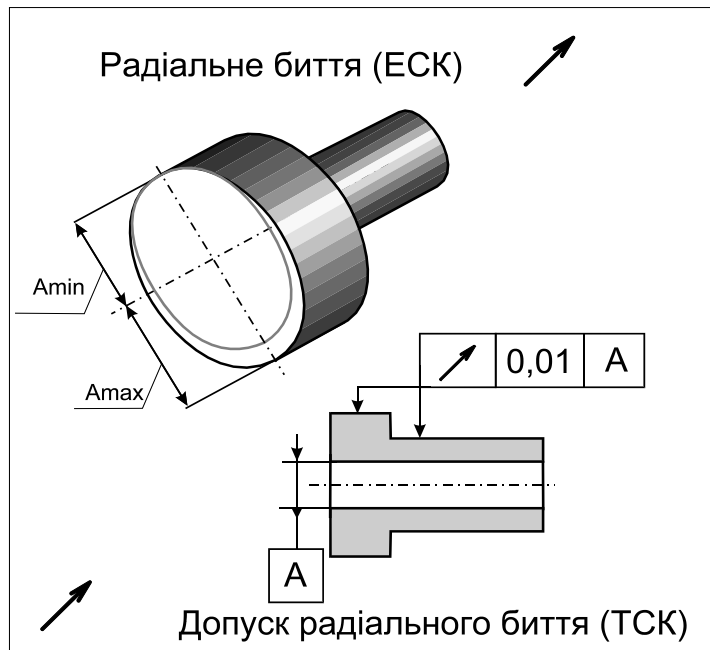


Рис. 4.6. Радіальне биття

Радіальне биття вала визначають як різницю між максимальними і мінімальними показаннями приладу за один оберт вала.

Повне радіальне биття ↗ визначають, вимірюючи радіальне биття в декількох місцях вала на заданій базовій довжині. Це – різниця Δ найбільшого і найменшого відстаней від усіх точок реальної поверхні в межах нормованої ділянки до базової осі L . Повне радіальне биття є результатом спільного прояву відхилення від циліндричності розглянутої поверхні і відхилення від її співвісності щодо базової осі.

Відхилення від круглості отвору ○ визначають індикаторним нутромір. Вимірювання проводять у трьох перетинах і в двох взаємно перпендикулярних напрямках в кожному перетині.

Віджавши рухомий вимірювальний стержень, індикаторний нутромір вводять в отвір. Для встановлення перпендикулярно осі отвору нутромір похитують, фіксуючи положення нутроміра при зміні напрямку руху стрілки індикатора. При проведенні вимірювань поворот стрілки праворуч від нуля вказує на зменшення розміру (відхилення зі знаком мінус), а ліворуч – на збільшення розміру отвору (відхилення зі знаком плюс).

Відхилення від круглості валу ○ (рис. 4.7). Встановлюють індикатор годинникового типу на нуль по блоку кінцевих мір з розміром відповідним середині поля допуску деталі. Деталь кладуть на столик до наконечника приладу. Прокочують деталь під наконечником. Відхилення від круглості визначають, як найбільшу різницю двох показань в даному перетині.

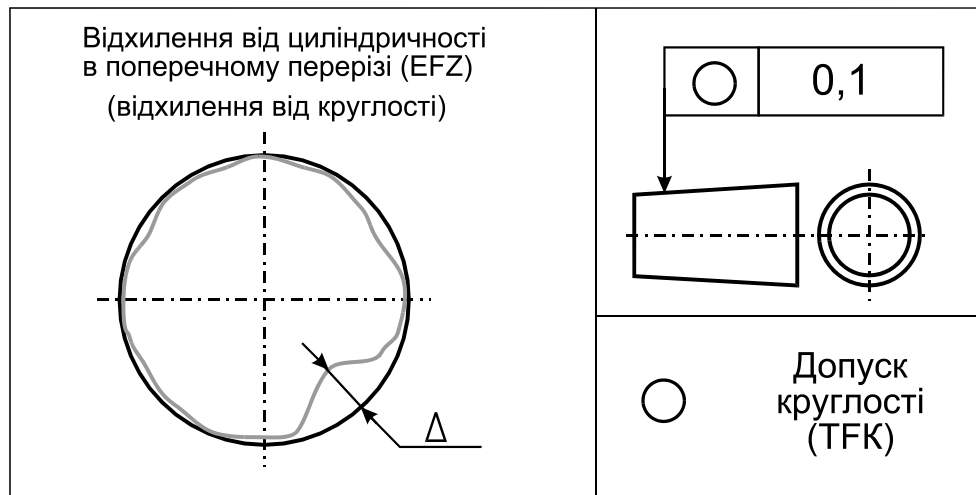


Рис. 4.7. Відхилення від круглості

Відхилення від циліндричності TFZ (рис. 4.8) визначають, вимірюючи відхилення від круглості в декількох місцях вала на заданій базовій довжині.

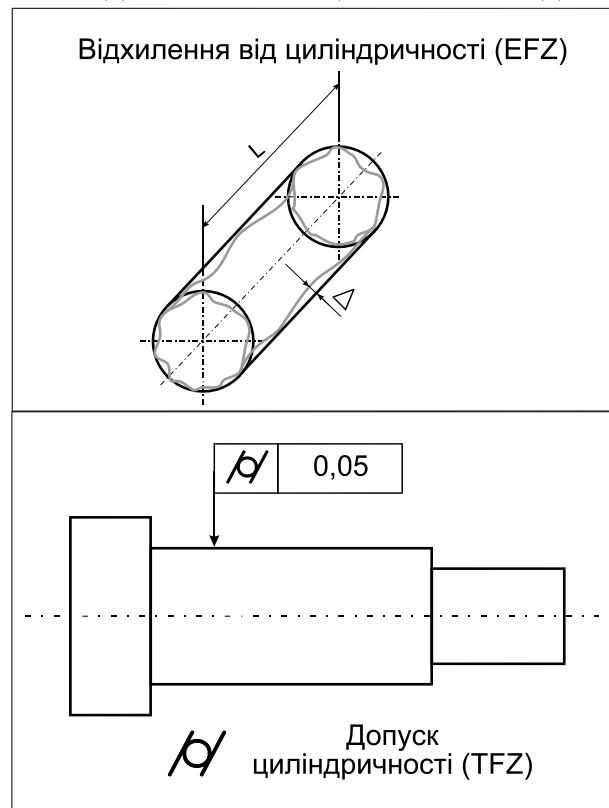


Рис. 4.8. Відхилення від циліндричності

Відхилення профілю поздовжнього перетину TFP (рис. 4.9) отвору або вала визначають як найбільшу різницю двох показань, взятих в одному напрямку.

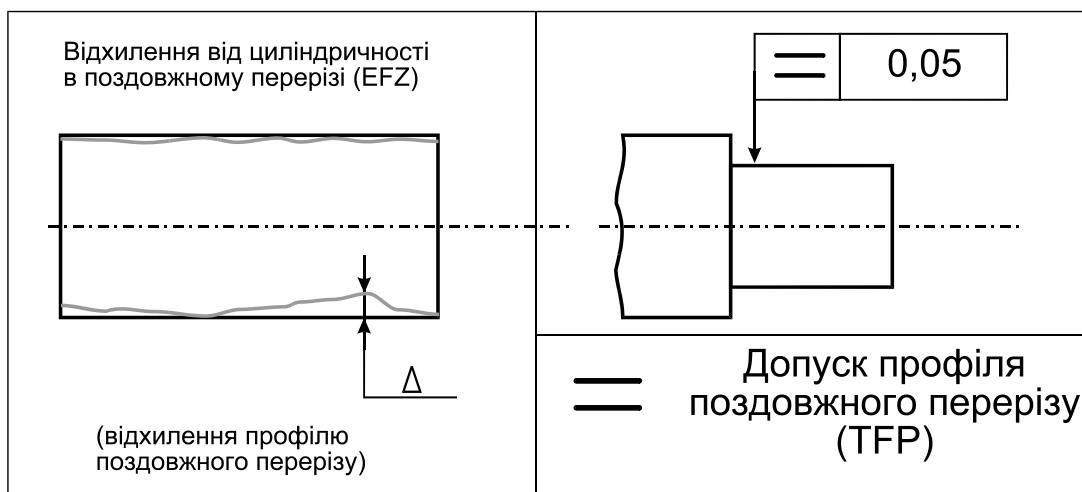


Рис. 4.9. Відхилення профілю поздовжнього перетину

Відхилення від прямолінійності твірної — (рис. 4.10). На столик під наконечник мікрометра встановлюють плоску деталь. Деталь пересувають так, щоб вимірювання проходило уздовж її поздовжньої осі. Максимальна різниця показань мікрометра дає величину відхилення від прямолінійності.

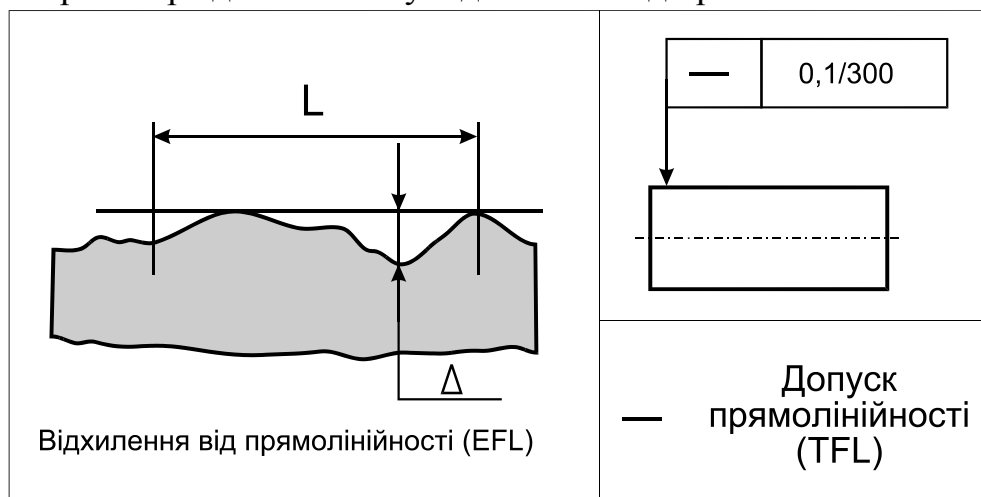


Рис. 4.10. Відхилення від прямолінійності

Відхилення від паралельності $//$ (рис. 4.11). На столик під наконечник мікрометра встановлюють плоску деталь, відзначають перші показання приладу. Деталь пересувають так, щоб вимірювання проходило уздовж її поздовжньої осі. Знімають другий відлік по шкалі і беруть різницю показань. Вимірювання повторюють три рази і визначають середнє значення, як величину відхилення від паралельності контрольованої поверхні щодо базової.

Відхилення від площинності $\square$ (рис. 4.12). На столик під індикатор годинникового типу встановлюють плоску деталь. Наконечник індикатора доводять до зіткнення з одним з кутів деталі і проводять відлік показників по шкалі. Після чого деталь переміщують так, щоб наконечник торкнувся наступного кута деталі, далі – третього і четвертого кутів чотирикутника. П'ятий вимір проводять в центрі, на перетині діагоналей. Складаючи п'ять

отриманих значень з урахуванням знака і визначивши середню величину, отримуємо відхилення від площинності.

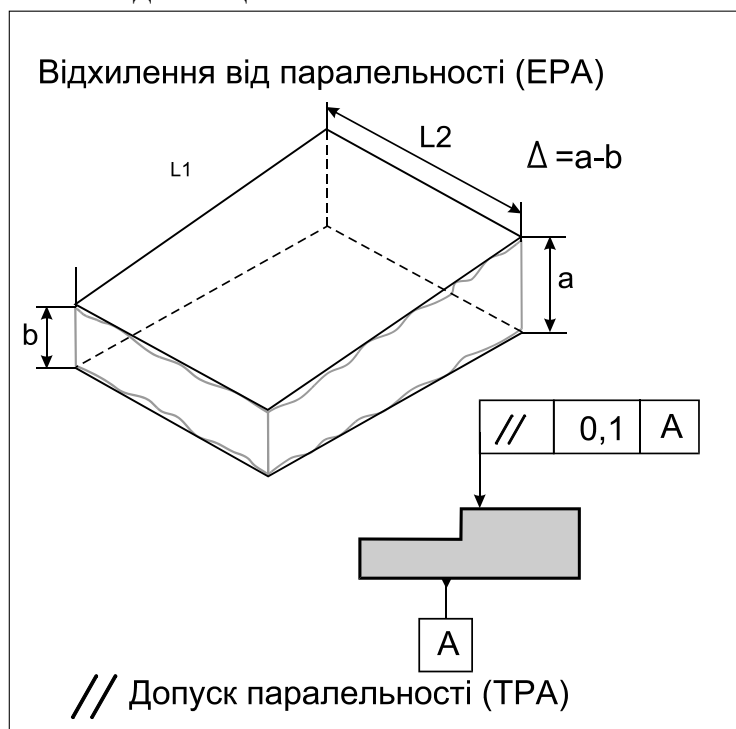


Рис. 4.11. Відхилення від паралельності

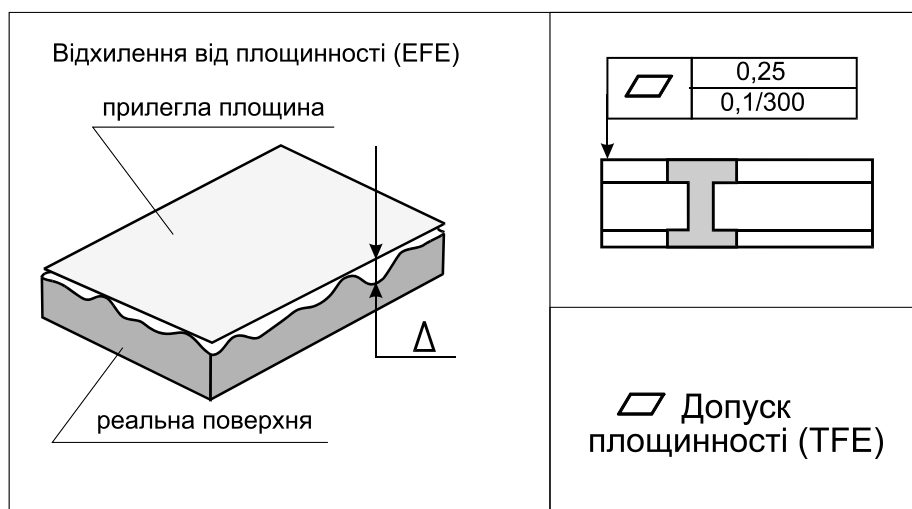


Рис. 4.12. Відхилення від площинності

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Болдин Л.А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.
2. Вязова І.В., Кіжаєв С.О. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: Навч. посібник. – Д.: УДХТУ, 2002. – 198 с.
3. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник – Л: Машиностроение, 1983. – 464 с.