

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
“УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ”

2610

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ “ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ”
(ЧАСТИНА II)
ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 6.050502, 6.050503

Затверджено на засіданні
кафедри матеріалознавства.
Протокол № 13 від 23.05.12.

Дніпропетровськ УДХТУ 2013

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання” (Частина II) для студентів спеціальностей 6.050502, 6.050503 / Укл.: О.П. Клименко, Є.В. Колесник. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2013. – 36 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”
(Частина II)
для студентів спеціальностей 6.050502, 6.050503

Укладачі: КЛИМЕНКО Олександр Павлович
КОЛЕСНИК Євген Валерійович

Авторська редакція

Підписано до друку 15.04.13. Формат 60×84 1/16. Папір ксерокс. Друк різнограф.
Умов.-друк. арк. 1,63. Облік.-вид. арк. 1,69. Тираж 80 прим. Замовлення №256.
Свідоцтво ДК №303 від 27.12.2000.
ДВНЗ УДХТУ, 49005, м. Дніпропетровськ-5, просп. Гагаріна, 8.
Видавничо-поліграфічний комплекс ІнКомЦентру

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТРИЧНОЇ РІЗЬБИ

Мета роботи: Набути навичок контролю елементів різьби диференційним методом.

Матеріальне забезпечення: інструментальні мікроскопи ММИ-2, мікрометри МВМ, набір зразків для визначення параметрів різьби, довідкова література.

1.1. Теоретичні відомості

Диференційний метод контролю різьби характеризується роздільною перевіркою кожного елемента: зовнішнього, середнього і внутрішнього діаметру, кроку і половини кута профілю різьби.

Метрична різьба має трикутний профіль, $\alpha=60^\circ$. Виконується з великим і дрібним кроком (рис. 1.1).

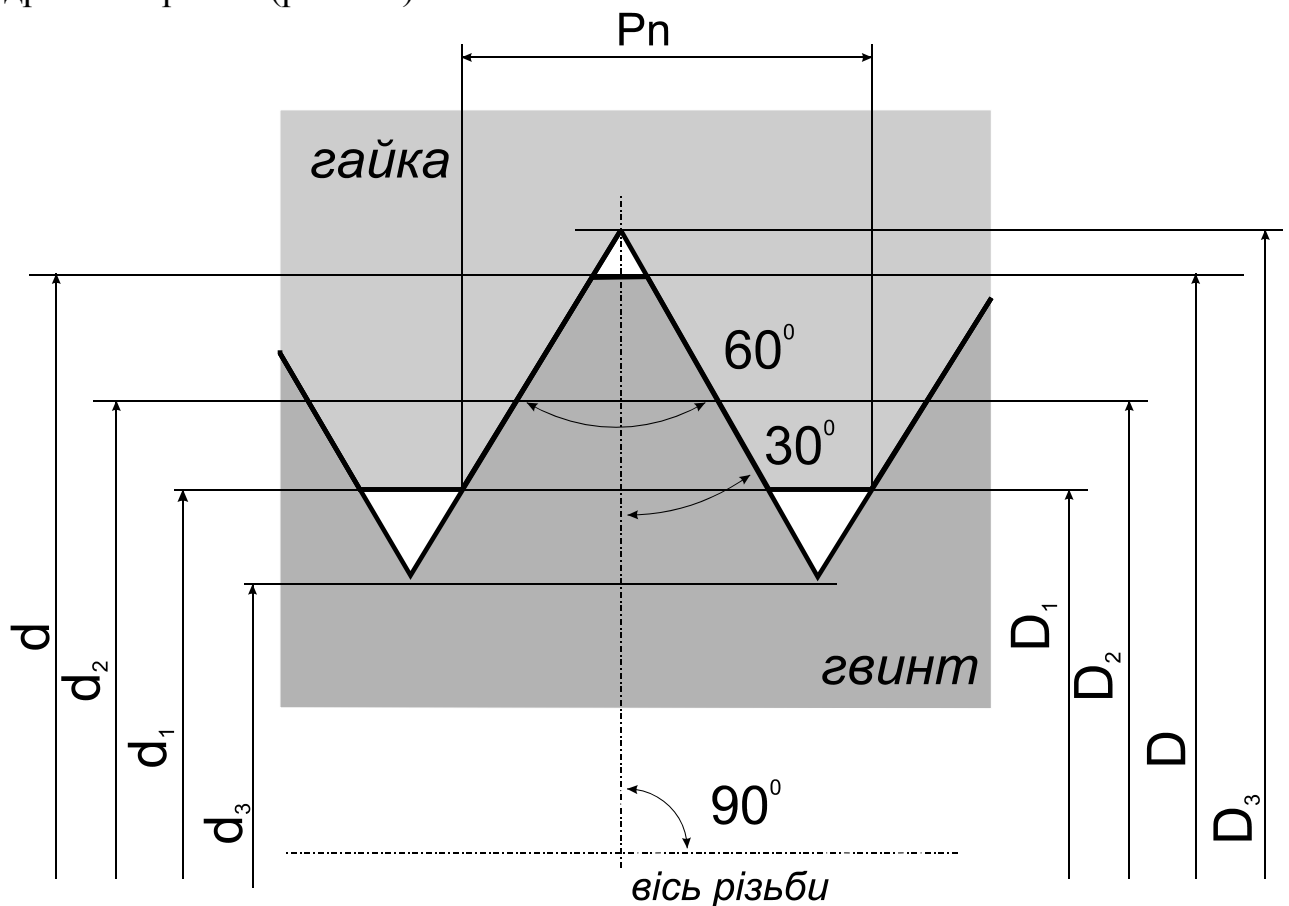


Рис. 1.1 Параметри метричної різьби

Середній діаметр циліндричної різьби d_2 , D_2 – діаметр уявного, співвісного з різьбою прямого кругового циліндра, кожна твірна якого перетинає профіль різьби таким чином, що його відрізки, утворені при перетині з канавкою дорівнюють половині номінального кроку різьби.

Зовнішній діаметр циліндричної різьби d , D – діаметр уявного, прямого кругового циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої або западин внутрішньої циліндричної різьби. Зовнішній діаметр є *номінальним діаметром різьби*, вказується в її позначенні.

Внутрішній діаметр циліндричної різьби d_1 , D_1 – діаметр уявного, прямого кругового циліндра, вписаного у западини зовнішньої або внутрішньої циліндричної різьби.

Крок різьби P – відстань між двома середніми точками однойменних бічних сторін профілю різьби.

Положення поля допуску різьби щодо номінального профілю визначається основним відхиленням – верхнім es для *зовнішньої різьби* (гвинтів) і нижніх EI для *внутрішньої різьби* (гайок). Схеми полів допусків зовнішньої і внутрішньої різьби наведені на рис. 1.2.

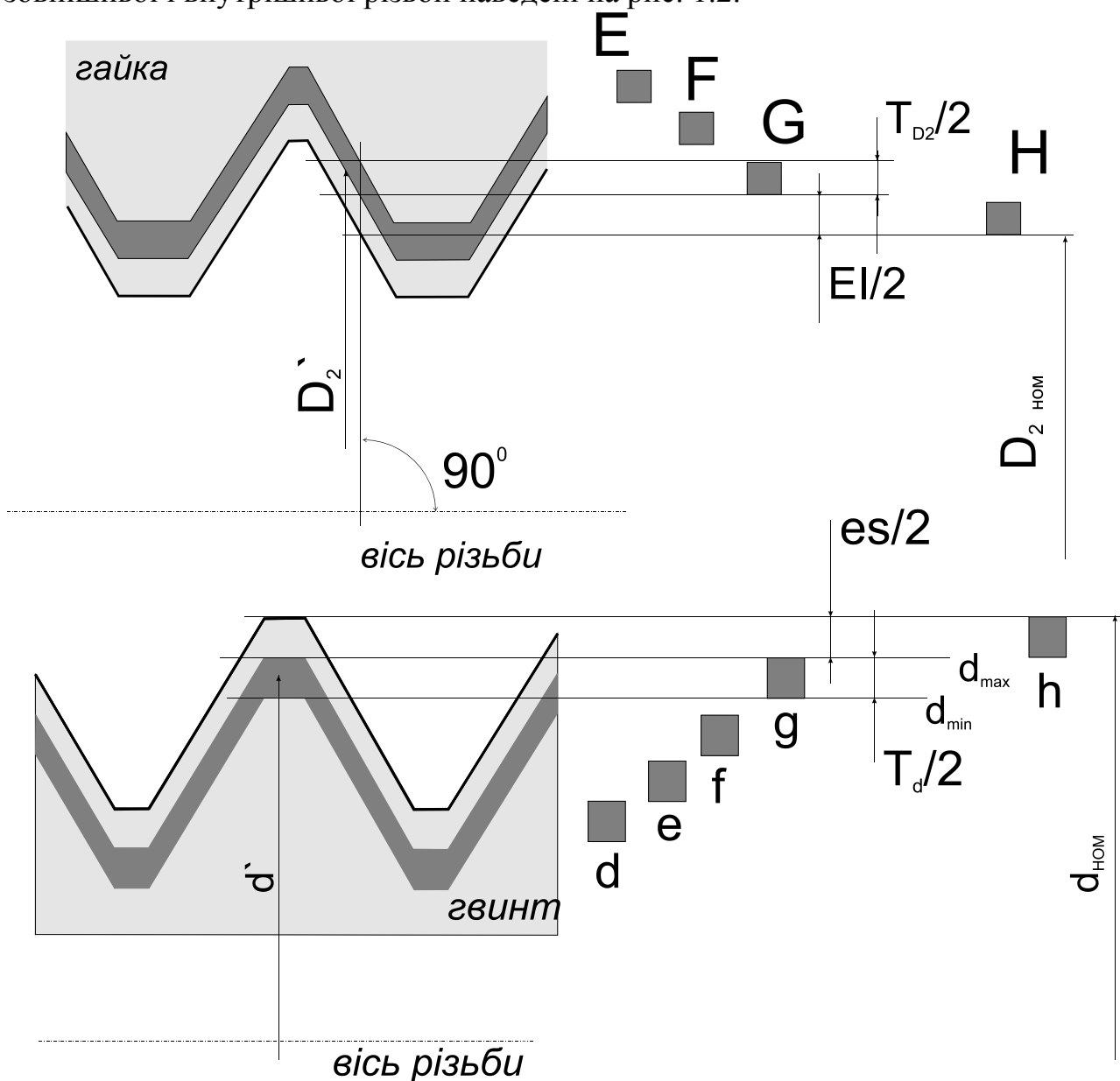


Рис. 1.2 Поля допусків метричної різьби:
 а – зовнішньої по зовнішньому діаметру;
 б – внутрішньої по середньому діаметру

До різьбових з'єднань застосовують загальні терміни (посадка, зазор і натяг), встановлені для гладких з'єднань.

Для посадок з зазором метричних різьб основні відхилення для d , d_2 , D_1 , D_2 однакові. Вони відрховуються від номінального профілю в напрямку, перпендикулярному осі різьби.

Ступені точності різьби (3-10) подібні квалітетам гладких з'єднань. Ступені точності метричних різьб і основні відхилення для посадок з зазором метричних різьб наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Допуски діаметрів метричної зовнішньої і внутрішньої різьби по ступенях точності і основні відхилення

Різьба	Діаметр різьби	Ступінь точності	Основні відхилення
Зовнішня	d	4; 6; 8	d ; e ; f ; g ; h
	d_2	3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	d ; e ; f ; g ; h
Внутрішня	D_2	4; 5; 6; 7; 8; 9	E ; F ; G ; H
	D_1	4; 5; 6; 7; 8	E ; F ; G ; H

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

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

Поділ за класами точності здійснюють в залежності від ступеня точності різьби і довжини згвинчування. Встановлено три групи довжин згвинчування: *S* – короткі, *N* – нормальні, *L* – довгі (табл. 1.2, 1.3).

Таблиця 1.2

Класи точності і поля допусків метричної зовнішньої і внутрішньої різьби

Група довжин згвинчування	Клас точності		
	точний	середній	грубий
Зовнішня різьба			
S	(3h4h)	5g6g; (5h6h)	-
N	4h; 4g	6d; 6e; 6f; [6g]; 6h	8g; 8h*
L	(5h4h)	(7e6e); 7g6g (7h6h)	9g8g
Внутрішня різьба			
S	4H	5G; 5H	–
N	4H5H	6G; [6H]	7G
L	6H	(7G); 7H	(8G); 8H

* для різьби з кроком $P \geq 0,8$ мм. Для різьби $P \leq 0,8$ мм поле допуску – 8h6h.

Таблиця 1.3

Довжина згвинчування за ГОСТ 16093-81, мм

Номінальний діаметр d, понад - до	Крок різби Р	Група довжин згвинчування			
		S	N		L
		до	понад	до	понад
2,8 - 5,6	0,25	0,7	0,7	2,1	2,1
	0,35	1	1	3	3
	0,5	1,5	1,5	4,5	4,5
	0,6	1,7	1,7	5	5
	0,7	2	2	6	6
	0,75	2,2	2,2	6,7	6,7
	0,8	2,5	2,5	7,5	7,5
5,6 - 11,2	0,25	0,8	0,8	2,4	2,4
	0,35	1,1	1,1	3,4	3,4
	0,5	1,6	1,6	4,7	4,7
	0,75	2,4	2,4	7,1	7,1
	1	3	3	9	9
	1,25	4	4	12	12
	1,5	5	5	15	15
11,2 - 22,4	0,35	1,3	1,3	3,8	3,8
	0,5	1,8	1,8	5,5	5,5
	0,75	2,8	2,8	8,3	8,3
	1	3,8	3,8	11	11
	1,25	4,5	4,5	13	13
	1,5	5,6	5,6	16	16
	1,75	6	6	18	18
	2	8	8	24	24
	2,5	10	10	30	30

Приклади полів допусків позначення метричних різьб:

7h6h – 7h поле допуску зовнішнього діаметра; 6h поле допуску середнього діаметра;

6h – поля допусків зовнішнього та середнього діаметра болта однакові.

Повне позначення різьби:

M12-6h – різьба метрична з великим кроком;

M12x1-6h – різьба метрична з дрібним кроком;

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

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

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

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

Для контролю різьби диференційним методом використовують інструментальний мікроскоп (рис. 1.3). Окулярна головка 1 встановлена на колонці. Кут нахилу колонки мікроскопа $\pm 10^\circ$. Столик мікроскопа 4 повертають гвинтом 5. Поздовжнє і поперечне переміщення столика

здійснюють гвинтами 2 і 3. Ціна поділки барабанів гвинтів 0,01 мм. Діапазон переміщення столика мікрогвинта 25 мм, його збільшують до 75 мм за допомогою кінцевих мір, які є в комплекті мікроскопа.

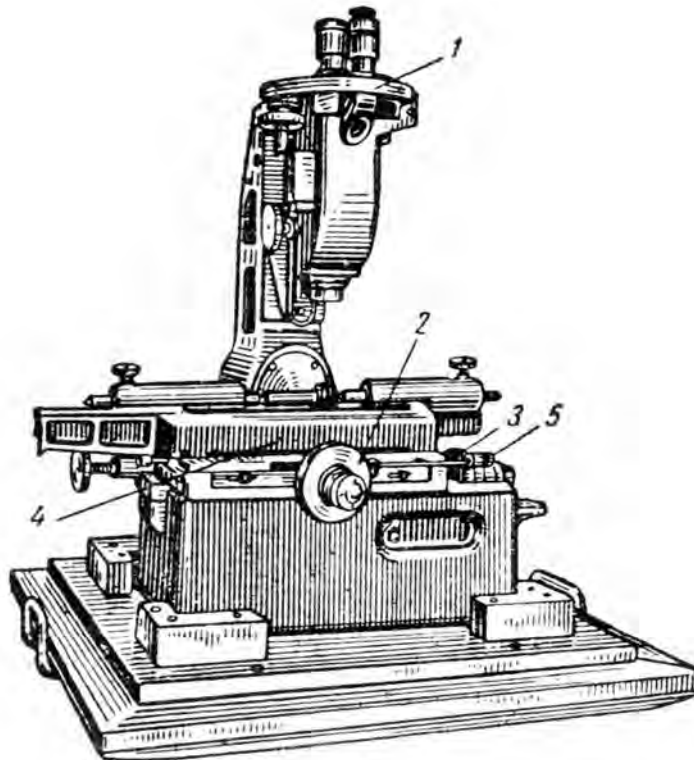


Рис. 1.3 Інструментальний мікроскоп

На рис. 1.4 наведено вид окулярної головки і зображення окулярної сітки. Диск з сіткою обертається на 360° маховичком 5. Одночасно обертається лімб з градусними поділками, розміщений в корпусі 1. Окуляр 2 призначений для роботи з об'єктом вимірювання, окуляр 4 для відліку кутового положення сітки. Ціна поділки кутомірної шкали $1'$.

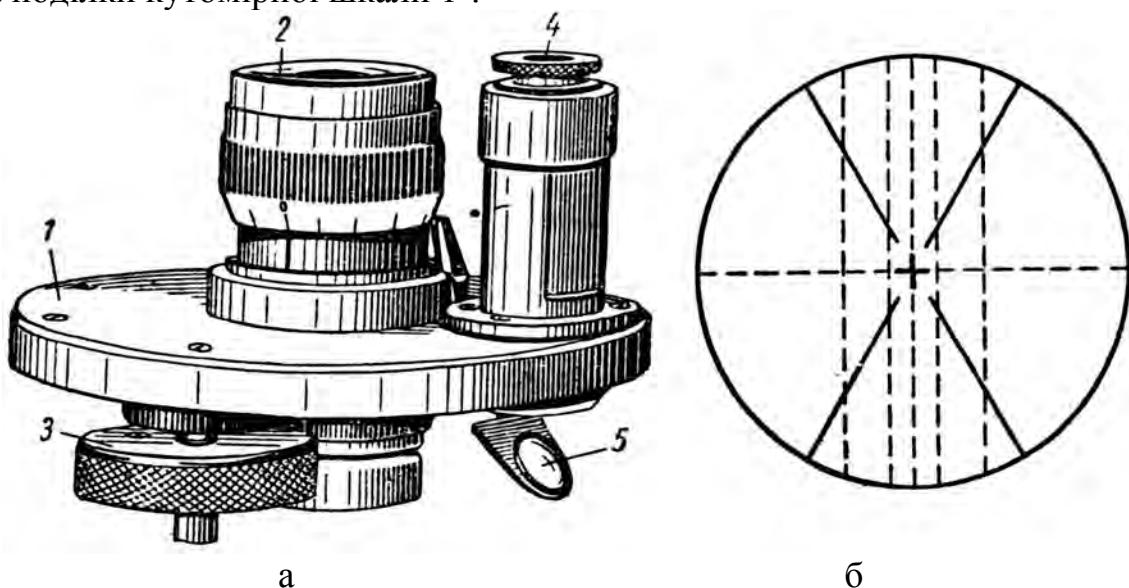


Рис. 1.4 Окулярна головка мікроскопа (а) та окулярна сітка (б)

В комплект мікроскопа входять центри для встановлення деталей, V-подібні направляючі, призми для безцентрових деталей.

Мікрометри зі вставками (ГОСТ4380-78) – засоби контролю елементів профілю зовнішніх різьб.

Мікрометри МВМ зі вставками для метричної різьби $\alpha=60^\circ$, діапазон вимірюваних діаметрів різьби від 0-25 до 325-350 мм. Межа основної похибки мікрометра змінюється від $\pm 0,01$ до $\pm 0,035$ мм. Межа основної похибки пар вставок – від $\pm 0,004$ до $\pm 0,007$ мм. Припустиме відхилення показань від вигину скоби – від 0,002 до 0,007 мм.

Мікрометри МВМ зі вставками для вимірювання трубної різьби $\alpha=55^\circ$, діапазон вимірюваних діаметрів різьби від 0-25 до 150-175 мм. Межа основної похибки мікрометра змінюється від $\pm 0,01$ до $\pm 0,02$ мм. Межа основної похибки пар вставок – від $\pm 0,004$ до $\pm 0,005$ мм. Допустиме відхилення показань від вигину скоби – від 0,002 до 0,005 мм.

Мікрометри МВТ зі вставками для вимірювання трапецеїдальної різьби, діапазон вимірюваних діаметрів різьби від 0-25 до 320-345 мм. Межа основної похибки мікрометра змінюється від $\pm 0,01$ до $\pm 0,035$ мм. Межа основної похибки пар вставок – від $\pm 0,004$ до $\pm 0,007$ мм. Допустиме відхилення показань від вигину скоби – від 0,002 до 0,007 мм.

Мікрометр зі вставками рис. 1.5, а відрізняється від гладкого мікрометра глухими отворами, виконаними в нерухомій п'яті 1 і мікрометричному гвинті 2.

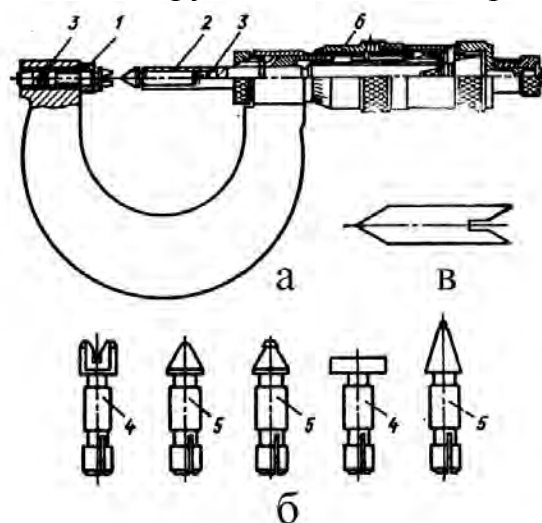


Рис 1.5 Мікрометр зі вставками:

а – загальний вигляд; б – набір вставок; в – установка міра

У кожному з глухих отворів розміщена кулька 3. Вставки з розрізаною хвостовою частиною спираються на кульки нижніми торцевими поверхнями. Конструкція вставок перешкоджає їх випаданню з отворів внаслідок розведення розрізаної хвостовій частині і утворення натягу.

Вставки (рис. 1.5, б) – циліндричні валики з конічною, конусною або плоскою верхньою частиною. Розміри вставок вибирають в залежності від кроку і виду різьби. Вставку призматичну 4 вставляють в глухий отвір п'яти. Вставку конусну 5 вставляють в глухий отвір мікрогвинта.

Для установки мікрометра зі вставками на нульову позначку або нижню межу вимірювання при використанні будь-яких вставок барабан мікрометра б виготовляють розсувним. Він складається з двох частин, з'єднаних цанговим затискачем. У деяких конструкцій мікрометрів замість розсувного барабана передбачена регульована переставна п'ята.

1.2. Порядок проведення роботи

1.2.1. Для отриманого зразка метричної зовнішньої різьби визначити номінальні значення параметрів d , d_1 , d_2 , d_3 , P по табл. 1.4, $\alpha=60^\circ$.

Таблиця 1.4

Номінальні параметри метричних різьб з великим кроком, мм

Номінальний зовнішній діаметр d	Крок P	Середній діаметр d_2	Внутрішній діаметр d_1	Внутрішній діаметр по дну западини d_3
2	0,4	1,740	1,567	1,509
2,2	0,45	1,908	1,713	1,648
2,5	0,45	2,208	2,013	1,948
3	0,5	2,675	2,459	2,387
3,5	0,6	3,110	2,850	2,764
4	0,7	3,545	3,242	3,141
4,5	0,75	4,013	3,688	3,580
5	0,8	4,480	4,134	4,019
6	1	5,350	4,917	4,773
8	1,25	7,188	6,647	6,466
10	1,5	9,026	8,376	8,160
12	1,75	10,863	10,106	9,853
14	2	12,701	11,835	11,546
13	2	14,701	13,835	13,546
18	2,5	16,376	15,294	14,933
20	2,5	18,376	17,294	16,933
22	2,5	20,376	19,294	18,933
24	3	22,051	20,752	20,319
27	3	25,051	23,752	23,319
30	3,5	27,727	26,211	25,706

1.2.2. Визначити граничні розміри елементів різьби:

а) Визначити величину основного відхилення es діаметрів зовнішньої різьби для заданого поля допуску та її кроку по табл. 1.5.

б) Визначити величину допуску T_d по зовнішньому діаметру d за величиною кроку різьби та ступенем її точності по табл. 1.6.

Таблиця 1.5

Основні відхилення діаметрів зовнішньої різьби es

Крок P, мм	Діаметр різьби d; d ₂				
	Основне відхилення es, мкм				
	d	e	f	g	h
0,4	-	-	-34	-19	0
0,45	-	-	-35	-20	0
0,5	-	-50	-36	-20	0
0,6	-	-53	-36	-21	0
0,7	-	-56	-38	-22	0
0,75	-	-56	-38	-22	0
0,8	-	-60	-38	-24	0
1	-90	-60	-40	-26	0
1,25	-95	-63	-42	-28	0
1,5	-95	-67	-45	-32	0
1,75	-100	-71	-48	-34	0
2	-100	-71	-52	-38	0
2,5	-106	-80	-58	-42	0
3	-112	-85	-63	-48	0
3,5	-118	-90	-	-53	0
4	-125	-95	-	-60	0

Таблиця 1.6

Допуски зовнішнього діаметра d, T_d

Крок P, мм	Ступінь точності		
	4	6	8
	Допуск (-)T _d , мкм		
0,4	60	75	-
0,45	63	85	-
0,5	67	95	-
0,6	80	100	-
0,7	90	106	-
0,75	90	125	-
0,8	95	140	-
1	112	140	-
1,25	132	150	236
1,5	150	180	280
1,75	170	212	335
2	180	236	375
2,5	212	265	425
3	236	280	450
3,5	265	335	530
4	300	375	600

в) Визначити граничні значення зовнішнього діаметра:

$$d_{\text{MAX}} = d - e_s \quad (1.1)$$

$$d_{\text{MIN}} = d_{\text{MAX}} - T_d \quad (1.2)$$

г) Визначити величину допуску T_{d2} по середньому діаметру d_2 за величиною кроку різьби та ступенем її точності по табл. 1.7.

Таблиця 1.7

Допуски середнього діаметру d_2 , T_{d2}

Номінальний діаметр d , мм	Крок P , мм	Ступінь точності							
		3	4	5	6	7	8	9	10
		Допуск (+) T_{d2} , мкм							
Понад 1,4 до 2,8	0,35	32	40	50	63	80	(100)	-	-
	0,4	34	42	53	67	85	(106)	-	-
	0,45	36	45	56	71	90	(112)	-	-
	0,25	28	36	45	56	(71)	-	-	-
	0,35	34	42	53	67	85	(106)	-	-
	0,5	38	48	60	75	95	(118)	-	-
Понад 2,8 до 5,6	0,6	42	53	67	85	106	(132)	-	-
	0,7	45	56	71	90	112	(140)	-	-
	0,75	45	56	71	90	112	(140)	-	-
	0,8	48	60	75	95	118	150	190	236
	0,25	32	40	50	63	(80)	-	-	-
	0,35	36	45	56	71	90	-	-	-
	0,5	42	53	67	85	106	(132)	-	-
Понад 5,6 до 11,2	0,75	50	63	80	100	125	(160)	-	-
	1	56	71	90	112	140	180	224	280
	1,25	60	75	95	118	150	190	236	300
	1,5	67	85	106	132	170	212	265	335
	0,35	38	48	60	75	95	-	-	-
	0,5	45	56	71	90	112	(140)	-	-
	0,75	53	67	85	106	132	(170)	-	-
	1	60	75	95	118	150	190	236	300
Понад 11,2 до 22,4	1,25	67	85	106	132	170	212	265	335
	1,5	71	90	112	140	180	224	280	355
	1,75	75	95	118	150	190	236	300	375
	2	80	100	125	160	200	250	315	400
	2,5	85	106	132	170	212	265	335	425
	0,5	48	60	75	95	118	-	-	-
Понад 22,4 до 45	0,75	56	71	90	112	140	(180)	-	-

д) Визначити граничні значення середнього діаметру:

$$d_{2\text{MAX}}=d_2-es \quad (1.3)$$

$$d_{2\text{MIN}}=d_{2\text{MAX}}-Td_2 \quad (1.4)$$

1.2.3. Визначити дійсні розміри елементів різьби:

а) Виміряти зовнішній діаметр d' . Поєднати горизонтальну штрихову лінію з зображенням вершин профілю різьби (рис. 1.6) і провести відлік по барабану мікрометра. Перемістити столик з деталлю до сполучення вершин профілю протилежного боку різьби з тією ж самою штриховою лінією і зробити другий відлік. Різниця відліків дає величину зовнішнього діаметра різьби d' . За остаточний результат приймають середнє арифметичне трьох вимірювань.

Різьба є придатною по зовнішньому діаметру d , якщо виконується умова:

$$d_{\text{MIN}} \leq d' \leq d_{\text{MAX}} \quad (1.5)$$

б) Виміряти внутрішній діаметр d_1' . Горизонтальну лінію штрихової сітки встановити на дно западини (рис. 1.6) і провести відлік по барабану мікрометра. Перемістити столик з деталлю до поєднання западини профілю протилежного боку різьби з тією ж самою штриховою лінією і зробити другий відлік. Різниця відліків дає величину внутрішнього діаметра різьби d_1' . За остаточний результат приймають середнє арифметичне трьох вимірювань.

Різьба є придатною по внутрішньому діаметру d_1 якщо виконується умова:

$$d_3 \leq d_1' \leq d_1 \quad (1.6)$$

в) Виміряти середній діаметр різьби d_2' . Колонку мікроскопа нахилити на кут підйому різьби. Кут підйому різьби ψ :

$$\text{tg}\psi = l/(\pi \cdot d_2), \quad (1.7)$$

де l – довжина згвинчування; $l=0,8d$.

Поєднати одну з штрихових ліній сітки з зображенням боку профілю різьби. Точка перетину ліній сітки повинна знаходитися на середині зображення сторін профілю деталі. Провести відлік показань мікрометра. Перемістити столик до появи діаметрально протилежної паралельної сторони профілю різьби. Зробити другий відлік. Різниця показань мікрометра дає величину середнього діаметра різьби.

Нахилити колонку на той же кут в протилежну сторону і провести аналогічні вимірювання.

Дійсна величина середнього діаметру d_2' – середнє арифметичне результатів вимірювань за правою та лівою сторонами профілю різьби.

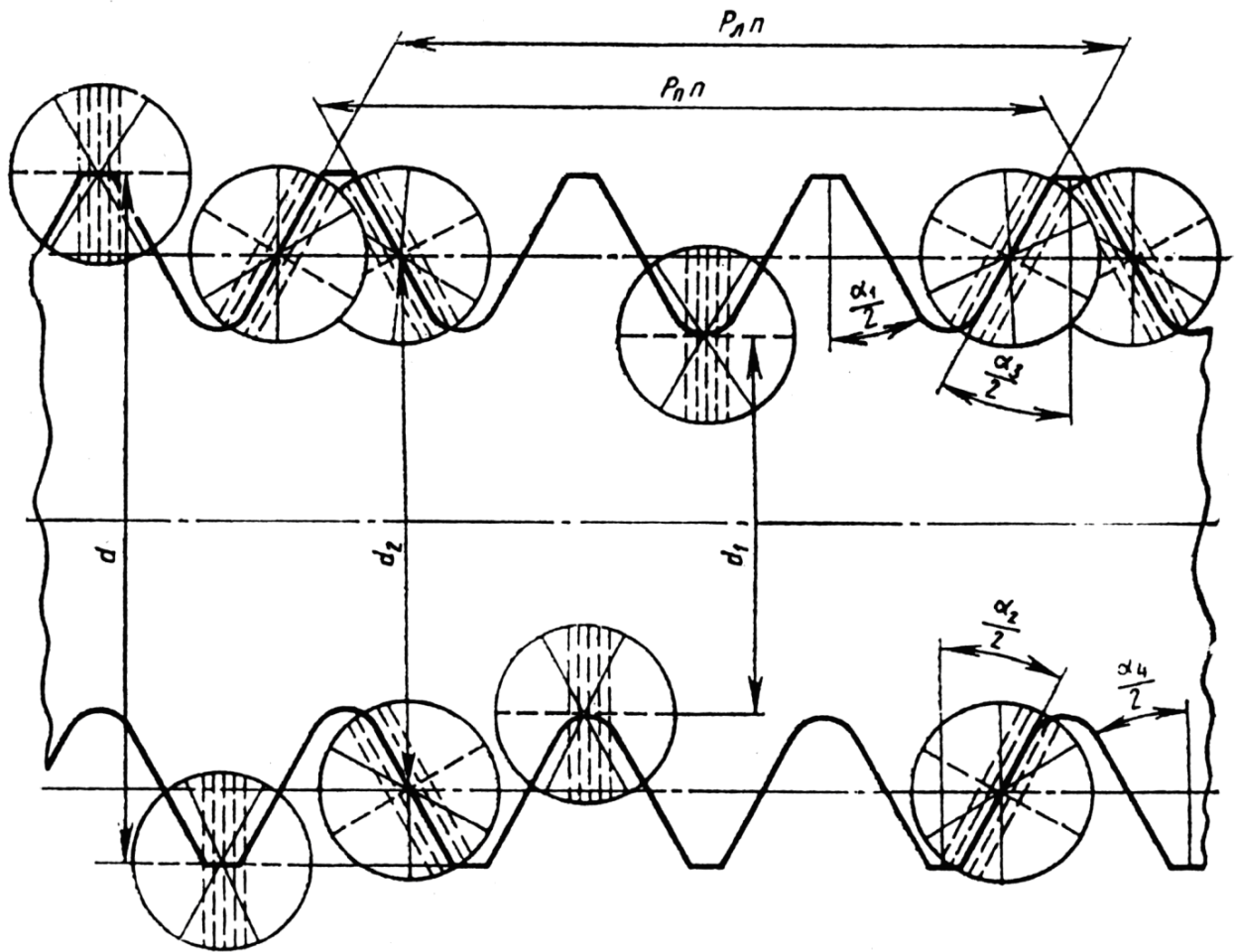


Рис. 1.6 Положення сітки зі штрихами окулярної голівки при вимірюванні параметрів зовнішньої різьби на інструментальному мікроскопі

1.2.4. Виміряти крок різьби P . Колонку мікроскопа нахилити на кут підйому різьби. Поєднати одну з штрихових ліній сітки з зображенням сторони профілю різьби, провести відлік показань мікрометричного гвинта. Перемістити деталь до сполучення обраного штриха із зображенням сторони профілю наступного витка різьби і зробити другий відлік.

Різниця відліків дає величину кроку, виміряного по одній стороні різьби. Поєднати штрихову лінію з протилежною стороною профілю різьби і провести аналогічні вимірювання.

Дійсний розмір кроку – середнє арифметичне результатів вимірювань, отриманих за правою та лівою сторонами профілю різьби (рис. 1.6).

1.2.5. Виміряти половину кута профілю різьби $\alpha'/2$. Колонку мікроскопа нахилити на кут підйому різьби. Поєднати одну з ліній штрихової сітки із стороною профілю різьби і відрахувати половину кута профілю (рис. 1.6) за шкалою кутового положення сітки. Половини кутів виміряти в одному перерізі, з протилежних сторін, змінюючи нахил колонки мікроскопа. Значення половини кутів визначають за формулами:

$$\frac{\alpha}{2} \text{ лев} = \frac{\frac{\alpha_3}{2} + \frac{\alpha_4}{2}}{2} \quad (1.8)$$

$$\frac{\alpha}{2} \text{ пр} = \frac{\frac{\alpha_1}{2} + \frac{\alpha_2}{2}}{2} \quad (1.9)$$

1.2.6. Визначити приведений середній діаметр $d_{2\text{пр}}$.

Середній діаметр, крок, і кут профілю визначають характер контакту різьбового з'єднання. Похибки кроку і кута профілю різьби проявляються при згвинчуванні у вигляді уявного збільшення середнього діаметра різьби. Цей уявний діаметр називають *приведеним середнім діаметром* $d_{2\text{пр}}$:

$$d_{2\text{пр}} = d_2' + f_P + f_\alpha, \quad (1.10)$$

де f_P – діаметральна компенсація похибки кроку;

f_α – діаметральна компенсація похибки кута профілю.

а) Визначити діаметральну компенсацію похибки кроку f_P (рис. 1.7):

$$f_P = 1,732 \Delta P \quad (1.11)$$

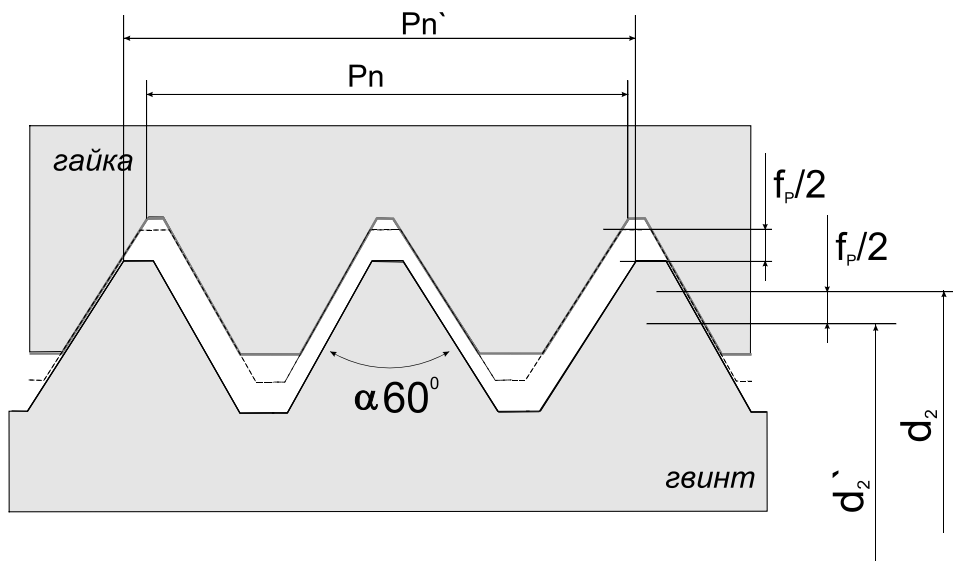


Рис. 1.7 Похибка кроку різьби

б) Визначити діаметральну компенсацію похибки кута профілю (рис. 1.8):

$$f_\alpha = 0,36P \cdot (\Delta\alpha/2) \quad (1.12)$$

$$\frac{\Delta\alpha}{2} = \frac{\frac{\Delta\alpha}{2} \text{ пр} + \frac{\Delta\alpha}{2} \text{ лев}}{2} \quad (1.13)$$

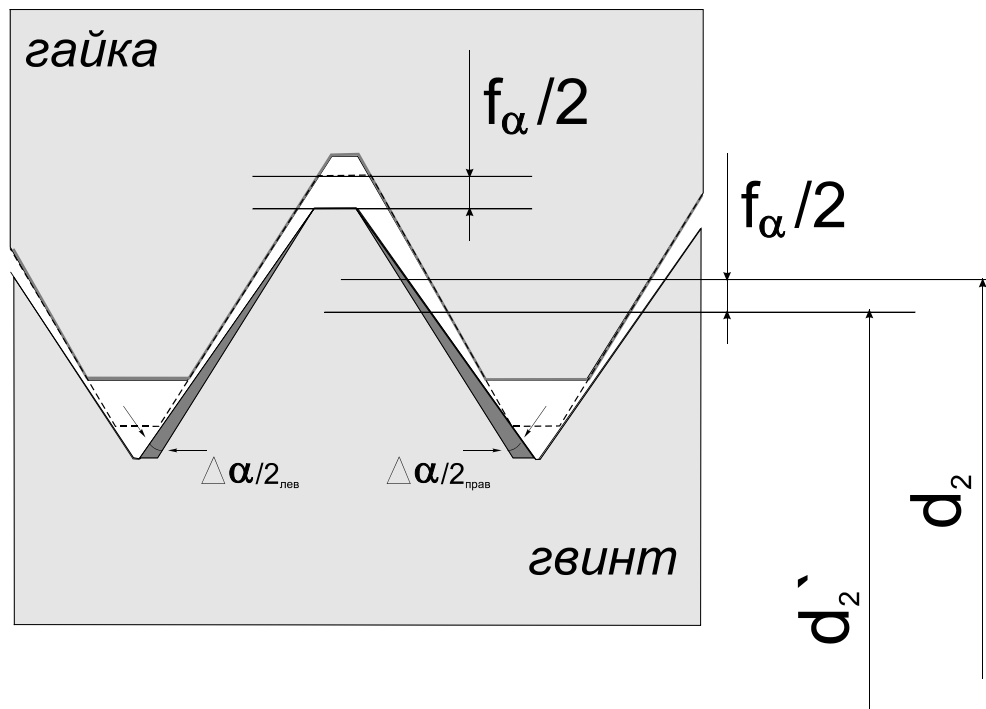


Рис. 1.8 Похибка кута профілю різьби

Різьба є придатною по середньому діаметру d_2 , якщо виконується умови:

$$d_2' \geq d_{2\text{MIN}}; \quad d_{2\text{пр}} \leq d_{2\text{MAX}} \quad (1.14)$$

1.2.7. Виміряти середній діаметр різьби мікрометром:

а) Налаштувати мікрометр:

- підібрані для вимірювання різьби заданого кроку призматичні вставки встановити в п'яти, конічну вставку встановити в отвір мікрогвинта;
- обертанням барабана за тріскачку привести в зіткнення вимірювальні поверхні вставок;
- перевірити збіг нульового штриха барабана з поздовжньою лінією, нанесеною на стеблі;
- при необхідності провести установку на нульову відмітку;
- звільнити цанговий затискач барабана зі шкалою;
- повернути барабан до збігу нульової лінії з лінією на стеблі;
- затиснути цанговий затискач.

б) Закріпити мікрометр на стійці (рис. 1.9).

в) Провести вимірювання (рис. 1.10)

Вимірювану зовнішню різьбу розташувати між вставками. Привести вставки в зіткнення з профілем різьби, обертаючи барабан за тріскачку (рис. 1.10).

Дійсна величина середнього діаметру d_2' – середнє арифметичне результатів трьох вимірювань.

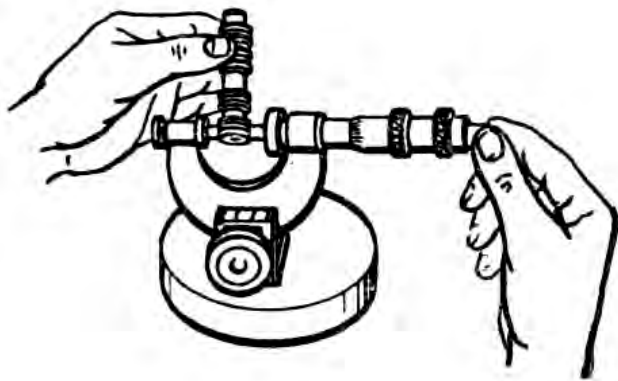


Рис. 1.9 Схема кріплення мікрометра

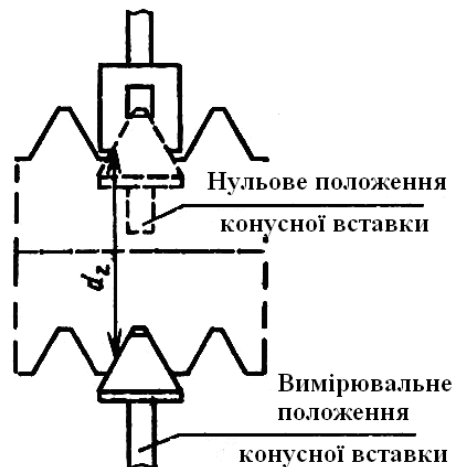


Рис. 1.10 Схема проведення вимірювань

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

КОНТРОЛЬ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Мета роботи: Набути навичок контролю довжини спільної нормалі мікрометричним нормалеміром і контролю товщини зубів штангензубоміром.

Матеріальне забезпечення: мікрометричний нормалемір МЗ, штангензубомір ШЗН-18, набір прямозубих коліс зовнішнього зачеплення, довідкова література.

2.1. Теоретичні відомості

2.1.1. Точність зубчастих передач.

Точність виготовлення циліндричних зубчастих коліс в передачах задається:

- видом сполучення за нормою бічного зазору;
- ступенем точності за трьома нормами точності.

Норма бічного зазору визначається видом сполучень в передачі. Бічний зазор залежить від перепаду температур, матеріалу деталей і умов змащування зубів передачі. Стандарт визначає:

- шість видів сполучень Н, Е, С, D, В, А;
- вісім видів допуску T_{jn} на бічний зазор h , d , c , b , a , x , y , z , які характеризують величину гарантованого бічного зазору (рис. 2.1).

Сполученням Н і Е відповідає вид допуску h ;

Сполученням D, C, B, A – види допусків d , c , b , a відповідно.

Відповідність між видом сполучення зубчатих коліс в передачі і видом допуску на бічний зазор можна змінювати, при цьому також можуть бути використані додаткові види допусків x , y , z (рис. 2.2).

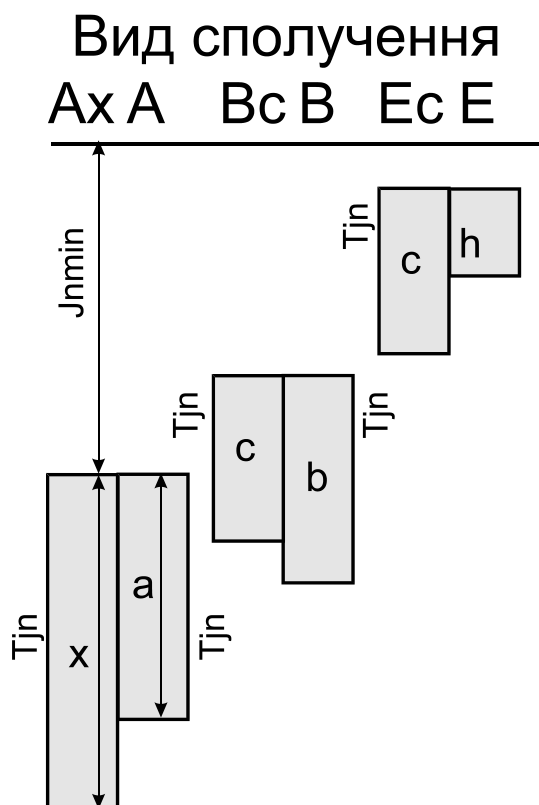
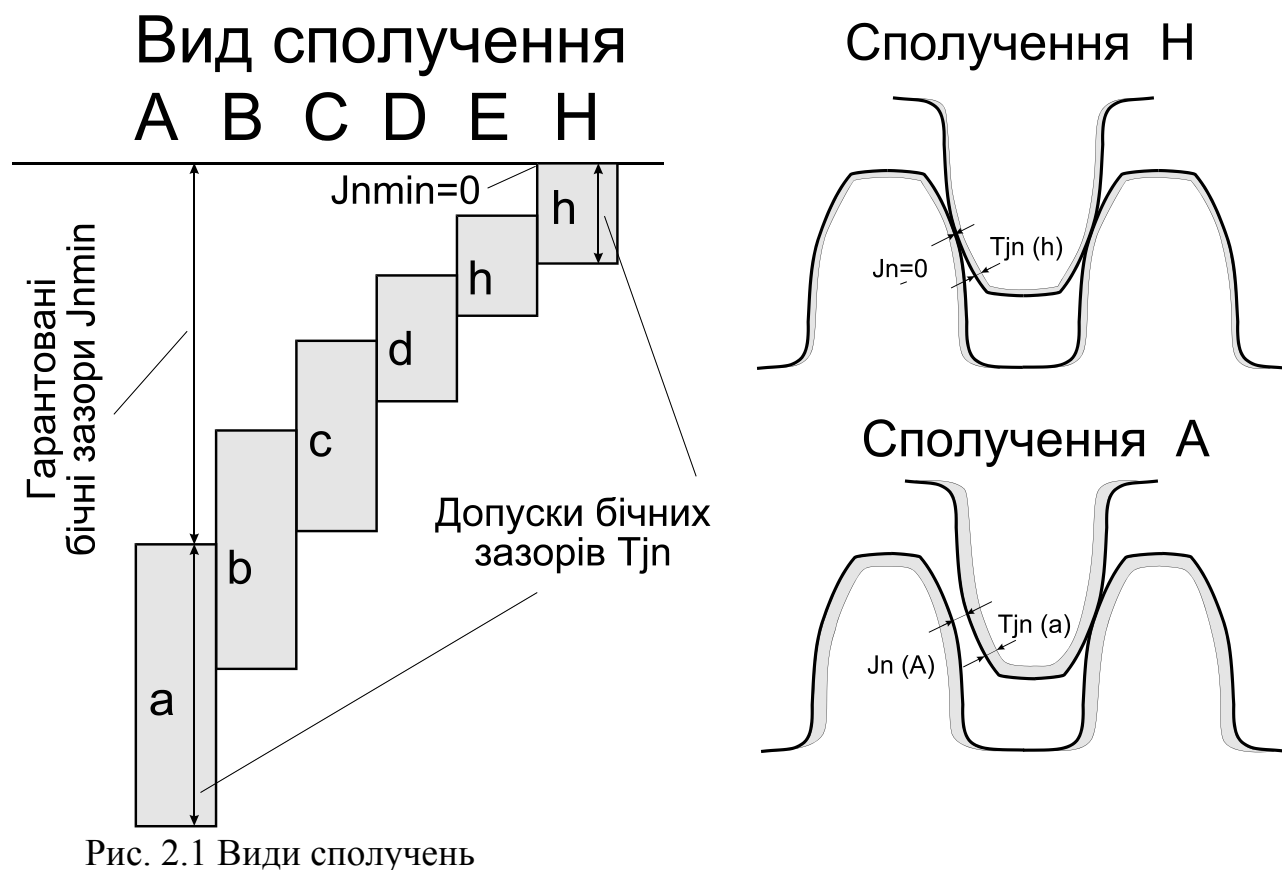


Рис. 2.2 Комбінація виду сполучення і виду допуску бічного зазору

Зубчасті колеса підрозділяють на 12 ступенів точності. Найбільш поширені зубчасті колеса 6-9 ступенів точності.

Ступенем точності задаються три норми точності:

Кінематична точність характеризує точність передачі обертання з допомогою зубчастих коліс від одного вала на інший. Важлива для ділильних і планетарних передач, коли пред'являються високі вимоги до узгодженості кутів повороту.

Плавність роботи важлива для високошвидкісних передач, коли потрібна відсутність циклічних похибок.

Повнота контакту зубів важлива для важко навантажених передач. Норми можуть комбінуватися з різних ступенів точності.

Причому, норми плавності роботи можуть бути не більше ніж на два ступені точніше або на один ступінь грубіше ступеня кінематичної точності. Норми повноти контакту зубів не можуть бути грубіші ступеня плавності коліс.

Точність зубчастих передач і коліс задають на робочому кресленні умовним позначенням ступеня точності і виду сполучення. Наприклад:

7-С – зубчаста передача 7-го ступеня точності за всіма трьома нормами точності, вид сполучення по нормі бокового зазору С, видом допуску с;

8-7-6-Вa – зубчаста передача 8-го ступеня кінематичної точності, 7-го ступеня за нормою плавності роботи, 6-го ступеня точності за нормою повноти контакту зубів, вид сполучення по нормі бокового зазору В, від допуску а.

У звичайних умовах роботи застосовують вид сполучення В, яке виключає заклинення сталеві або чавунної передачі від нагріву при різниці температур зубчастих коліс і корпусу 25°C.

Виробник зубчастих коліс вибирає для вимірювань такі показники точності, які відповідають технологічному процесу обробки і наявності засобів вимірювання на підприємстві.

Контроль зубчастих коліс 6-9 ступенів точності виробляють *накладними зубовимірювальними приладами – мікрометричними нормалемірами і штангензубомірами*.

Для визначення параметрів бокового зазору визначають довжину спільної нормалі і товщину зуба.

2.1.2. Спільна нормаль.

Довжина спільної нормалі W – відстань між різнойменними бічними поверхнями зубів циліндричного зубчастого колеса по спільній нормалі до цих поверхонь.

Кількість зубів в довжині спільної нормалі N – кількість зубів циліндричного зубчастого колеса, що розміщуються в довжині спільної нормалі (рис. 2.3).

Коливання довжини спільної нормалі F_{vWr} – тангенціальна складова кінематичної похибки, різниця між найбільшою і найменшою дійсними довжинами спільної нормалі на одному і тому ж зубчастому колесі:

$$F_{vWr}=W_{1r}-W_{2r} \quad (2.1)$$

Найменше відхилення довжини спільної нормалі E_{ws} – найменше задане відхилення довжини спільної нормалі, що забезпечує в передачі гарантований бічний зазор, є аналогом основного відхилення EI в посадках із зазором гладких з'єднань.

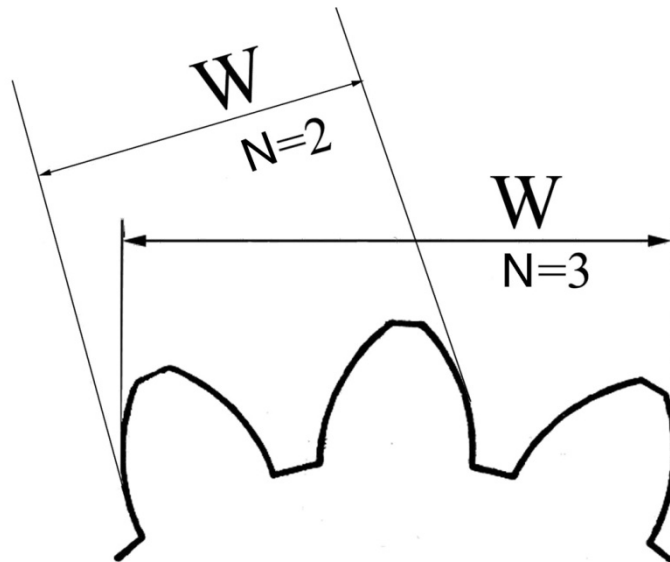


Рис. 2.3 Кількість зубів в довжині спільної нормалі

Допуск на довжину спільної нормалі T_w – різниця граничних відхилень довжини спільної нормалі, є аналог допуску IT.

Середня довжина спільної нормалі W_{mr} – середнє арифметичне з усіх дійсних довжин спільних нормалей по зубчастому колесу:

$$W_{mr} = \frac{W_{1r} + W_{2r} + \dots + W_{zr}}{z} \quad (2.2)$$

2.1.3. Товщина зуба.

Товщина зуба за сталою хордою E_{cs} – товщина, віднесена до нормального перетину, якв відповідає номінальному положенню вихідного контуру.

Постійна хорда зуба – відрізок прямої, що сполучає дві точки різнойменних евольвентних бічних поверхонь зуба циліндричного зубчастого колеса, які належать одній циліндричній співвісній поверхні і нормалям, проведеним до них з однієї точки ділильної поверхні.

Висота по постійній хорді $\bar{h}_c$ – відстань від кола виступів до постійної хорди h (рис. 2.4).

Найменше відхилення товщини зуба E_{cs} – найменше задане зменшення постійної хорди, яке здійснюється з метою забезпечення в передачі

гарантованого бічного зазору, є аналогом основного відхилення ЕІ в посадках із зазором гладких з'єднань.

Допуск на товщину зуба T_c – різниця граничних відхилень товщини зуба.

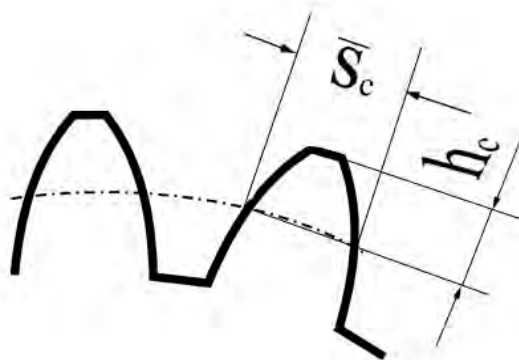


Рис. 2.4 Схема визначення товщини зуба по постійній хорді

Мікрометричний нормалемір МЗ, зубомірний мікрометр, (рис. 2.5) призначений для контролю довжини спільної нормалі. Відрізняється від гладкого мікрометра наявністю двох вимірювальних губок з паралельними площинами-насадками.

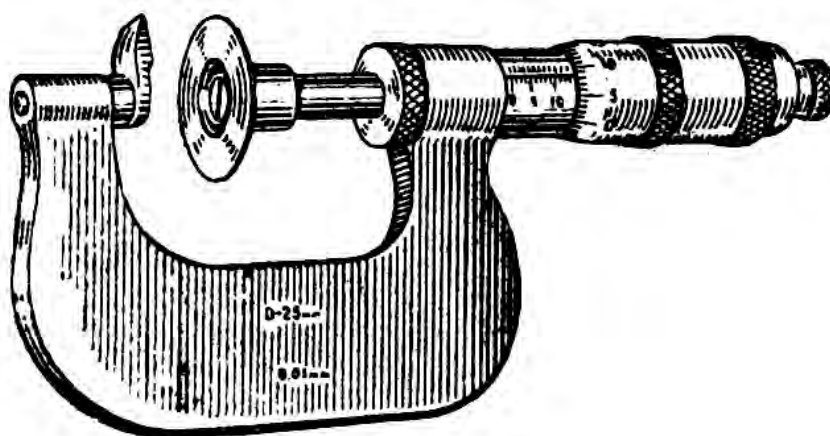


Рис. 2.5 Мікрометричний нормалемір

Штангензубоміри ШЗН застосовують для вимірювання товщини зубів за постійною хордою на заданій відстані від кола виступів циліндричних прямозубих і косозубих коліс зовнішнього зачеплення.

- ШЗН-18 діапазон вимірювання товщини зуба 0-33 мм, ціна поділки ноніуса 0,02 мм.

- ШЗН-36 діапазон вимірювання товщини зуба 0-60 мм, ціна поділки ноніуса 0,05 мм.

До складу штангензубоміра (рис. 2.6) входять:

- штангенциркуль з губками 1, 2, штангою 3 і шкалою ноніуса 4;
- штангенглубіномер з лінійкою 5, з'єднаної з рамкою 7. Рамка переміщується по штанзі 6.

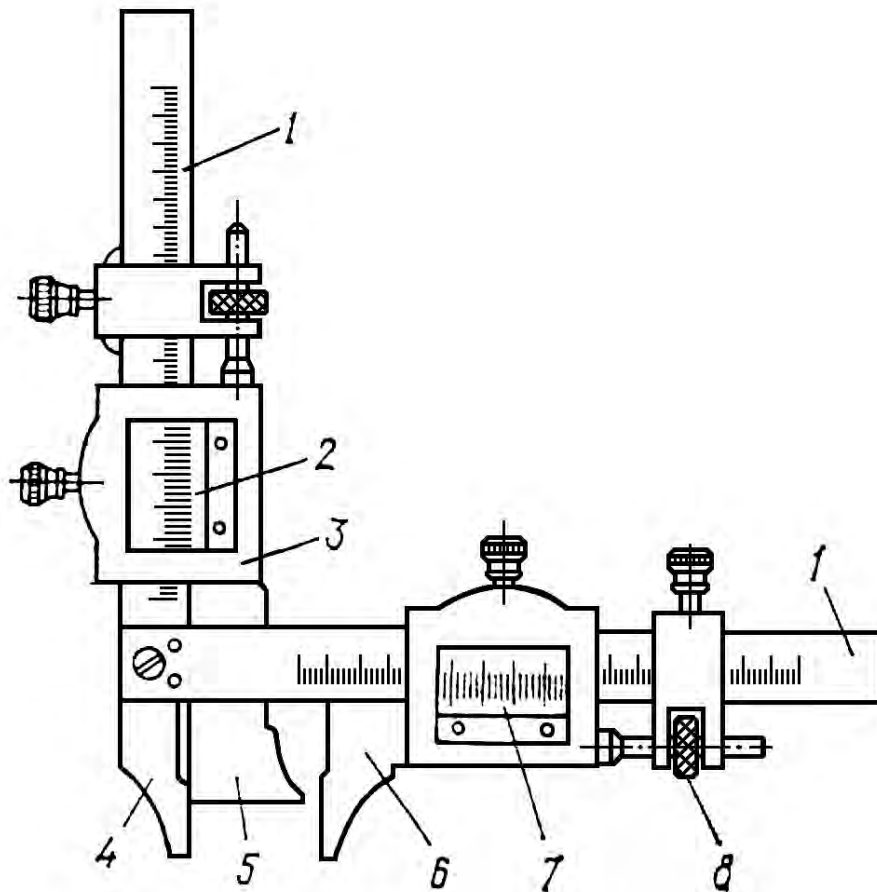


Рис. 2.6 Штангензубомір

2.2. Порядок проведення роботи

2.2.1. Визначення номінальних розмірів.

а) Для зубчастого колеса 8-В з числом зубів $Z = 19$, ділильні діаметром $d = 110$ мм, і модулем $m = 6$ мм за табл. 2.1 визначити число зубів в довжині спільної нормалі N і номінальну довжину спільної нормалі:

$$W = W_{m=1} \cdot m \quad (2.3)$$

б) Визначити номінальну товщину зуба за постійною хордою:

$$\overline{S}_C = 1,387 \cdot m \quad (2.4)$$

в) Визначити висоту зуба за постійною хордою:

$$\overline{h}_C = 0,7476 \cdot m \quad (2.5)$$

Таблиця 2.1

Номінальна довжина W спільної нормалі коліс з модулем $m = 1\text{мм}$

Z	N	W	Z	N	W	Z	N	W
9	2	4,5542	40	5	13,8448	70	8	23,1213
10		4,5683						
11		4,5823						
12		4,5963						
12		4,6103						
14		4,6243						
15		4,6383						
16		4,6523						
17		4,6663						
18		4,6803						
19	3	7,6464	46	6	16,8810	73	9	26,1155
20		7,6604						
21		7,6744						
22		7,6884						
23		7,7024						
24		7,7165						
25		7,7305						
26		7,7445						
27		7,7585						
28	4	10,7246	55	7	19,9591	82	10	29,1937
29		10,7386						
30		10,7526						
31		10,7666						
32		10,7806						
33		10,7946						
34		10,8086						
35		10,8226						
36		10,8366						
37	5	13,8028	64	8	23,0373	91	11	32,2718
38		13,8168						
39		13,8308						
						100	12	35,3500

2.2.2. Визначення граничних розмірів.

а) Визначити допуск тангенціальною складової кінематичної похибки – допуск на коливання довжини спільної нормалі F_{vw} за табл. 2.2 з урахуванням ступеня точності колеса, величини модуля m і ділильного діаметра d .

б) Визначити граничні величини бічного зазору по довжині спільної нормалі:

- Визначити *найменше відхилення довжини спільної нормалі* - E_{ws} за табл. 2.3 з урахуванням ступеня точності зубчатого колеса, виду сполучення і величини ділильного діаметра d .

Таблиця 2.2

Допуск на коливання довжини спільної нормалі F_{vw}				
Ступінь точності	Модуль, мм	Ділильний діаметр d , мм		
		до 125	125-400	400-800
		F_{vw} , мкм		
5	1-16	10	18	28
6	1-16	16	28	45
7	1-25	22	40	60
8	1-40	28	50	80

Таблиця 2.3

Найменше відхилення довжини спільної нормалі - E_{ws}
і найменше відхилення середньої довжини спільної нормалі - E_{wms} , складова I

Вид сполучення	Ступінь точності	Ділильний діаметр d , мм								
		до 80	80-125	125-180	180-250	250-315	315-400	400-500	500-630	630-800
		E_{ws} , E_{wms} складова I, мкм								
H	3-6	8	10	11	12	14	16	18	20	22
	7	10	10	12	14	16	18	20	22	25
E	3-6	20	24	28	30	35	40	45	50	55
	7	25	30	30	35	40	45	50	55	60
D	3-6	30	35	40	50	55	60	70	70	90
	7	35	40	50	55	60	70	70	80	100
	8	40	50	50	60	70	70	80	90	110
C	3-6	50	60	70	80	90	100	110	120	140
	7	55	70	70	80	100	110	120	140	140
	8	60	80	80	100	110	120	140	140	160
	9	70	80	100	110	120	140	140	160	200
B	3-6	80	100	110	120	140	160	180	200	220
	7	100	110	120	140	180	180	200	200	250
	8	100	110	140	140	180	200	200	250	280
	9	110	120	140	160	200	200	250	280	300
	10	110	140	160	180	200	250	250	280	350
	11	120	160	180	200	200	250	280	280	350
A	3-6	120	140	180	200	220	250	280	300	350
	7	140	180	200	200	250	280	300	350	350
	8	160	200	200	250	280	300	350	350	400
	9	180	200	250	280	280	350	350	400	500
	10	200	200	250	280	300	350	400	400	500
	11	200	250	280	300	350	350	400	500	550
	12	200	250	300	350	350	400	500	500	550

- Визначити за табл. 2.4 допуск на радіальне биття зубчастого вінця F_r . Радіальне биття вінця неминує виникати при виготовленні зубчастого колеса. Його величина визначається ступенем точності колеса, його модулем m і величиною ділительного діаметра d . Радіальне биття зубчастого вінця призводить до зміни величини бічного зазору в зібраній передачі, в порівнянні з величиною бічного зазору, визначеною при контролі колеса накладними інструментами.

Таблиця 2.4

Допуск на радіальне биття зубчастого вінця F_r				
Ступінь точності	Модуль, мм	Ділительний діаметр d , мм		
		до 125	125-400	400-800
		F_r , мкм		
5	1-3,5	1	22	28
	3,5-6,3	18	25	32
	6,3-10	20	28	36
	10-16	-	32	40
6	1-3,5	25	36	45
	3,5-6,3	28	40	50
	6,3-10	32	45	56
	10-16	-	50	63
7	1-3,5	36	50	63
	3,5-6,3	40	56	71
	6,3-10	45	63	80
	10-16	-	71	90
	16-25	-	80	100
8	1-3,5	45	63	80
	3,5-6,3	50	71	90
	6,3-10	56	80	100
	10-16	-	90	112
	16-25	-	100	125
	25-40	-	-	140

- Визначити допуск на довжину спільної нормалі T_w за табл. 2.5 з урахуванням виду сполучення і величини допуску на радіальне биття зубчастого вінця F_r .

- Визначити граничні значення довжини спільної нормалі:

$$W_{\max} = W - E_{Ws} \quad (2.6)$$

$$W_{\min} = W_{\max} - T_w \quad (2.7)$$

в) Врахувати вплив радіального биття зубчастого вінця на величину бокового зазору дозволяє визначення середньої довжини спільної нормалі W_{ms} :

- Визначити найменше відхилення середньої довжини спільної нормалі - E_{Wms} :

$$E_{Wms}=(I)E_{Wms}+(II)E_{Wms} \quad (2.8)$$

- Складову I E_{Wms} визначити за табл. 2.3 з урахуванням ступеня точності зубчатого колеса, виду сполучення і величини ділильного діаметра d .

- Складову II E_{Wms} визначити за табл. 2.6 з урахуванням визначеного раніше допуску на радіальне биття зубчастого вінця F_r .

- Визначити *допуск на середню довжину спільної нормалі* T_{Wm} за табл. 2.7 з урахуванням виду сполучення і величини допуску на радіальне биття зубчастого вінця F_r .

- Визначити граничні значення середньої довжини спільної нормалі:

$$W_{mmax}=W-E_{Wms} \quad (2.9)$$

$$W_{min}=W_{mmax}-T_{Wm} \quad (2.10)$$

Таблиця 2.5

Допуск на довжину спільної нормалі T_W , мкм															
Допуск на радіальне биття зубчастого вінця F_r , мкм															
вид сполуч.	вид допуску	до 8	8 -	10 -	12 -	16 -	20 -	25 -	32 -	40 -	50 -	60 -	80 -	100 -	125 -
Н,Е	h	20	20	25	28	28	30	35	40	50	60	70	80	100	140
D	d	25	28	28	30	35	40	50	55	60	70	100	110	140	180
C	c	35	35	35	40	50	55	60	70	80	100	120	140	180	200
B	b	35	40	50	50	55	60	70	80	100	120	140	180	200	280
A	a	50	55	55	60	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300
A	x	60	70	70	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	350
A	y	80	80	100	100	110	120	140	180	200	250	280	350	400	500
A	z	100	110	110	120	140	140	180	200	250	280	350	400	500	600

Таблиця 2.6

Найменше відхилення середньої довжини спільної нормалі - E_{Wms} ,
складова II, мкм

Допуск на радіальне биття зубчастого вінця F_r , мкм													
до 8	8- 10	10- 12	12- 16	16- 20	20- 25	25- 32	32- 40	40- 50	50- 60	60- 80	80- 100	100- 125	125- 160
2	2	3	3	4	5	7	9	11	14	18	22	25	35

г) Визначити граничні значення товщини зуба:

- Визначити *найменше відхилення товщини зуба* E_{cs} за табл. 2.8 з урахуванням ступеня точності зубчатого колеса, виду сполучення і величини ділильного діаметра d .

- Визначити величину *допуску на товщину зуба* T_c по табл. 2.9 з урахуванням виду сполучення і величини допуску на радіальне биття зубчастого вінця F_r .

Таблиця 2.7

Допуск на середню довжину спільної нормалі T_{wm} , мкм

Допуск на радіальне биття зубчастого вінця F_r , мкм															
вид сполуч.	вид допуску	до 8	8-10	10-12	12-16	16-20	20-25	25-32	32-40	40-50	50-60	60-80	80-100	100-125	125-160
H,E	h	16	16	18	20	20	20	22	25	25	28	30	40	55	70
D	d	20	25	25	25	28	30	35	40	40	40	60	70	80	100
C	c	28	30	30	35	40	45	45	50	60	70	90	110	120	140
B	b	35	40	40	40	45	50	55	60	70	100	100	120	140	200
A	a	45	50	50	55	60	60	80	90	100	110	140	150	180	240
-	x	60	60	60	70	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300
-	y	70	80	90	90	100	110	120	160	180	220	240	300	350	400
-	z	90	100	100	110	120	140	160	180	220	250	300	350	400	550

Таблиця 2.8

Найменше відхилення товщини зуба E_{cs}

Вид сполуч.	Ступінь точності	Ділильний діаметр d , мм								
		до 80	80-125	125-180	180-250	250-315	315-400	400-500	500-630	630-800
		E_{cs} , мкм								
H	3-6	9	10	12	14	16	16	18	20	22
	7	10	12	14	14	16	18	20	22	25
E	3-6	22	25	30	35	40	40	45	50	60
	7	25	30	35	35	40	45	50	60	70
D	3-6	35	40	45	55	60	60	70	80	90
	7	35	45	50	60	70	70	80	90	100
	8	40	50	60	70	70	80	90	100	120
C	3-6	55	60	70	80	90	100	110	120	140
	7	60	70	80	90	100	120	140	140	160
	8	70	80	90	100	120	140	140	160	180
	9	70	90	100	120	140	140	140	180	200
B	3-6	90	100	120	140	160	160	180	200	220
	7	100	120	140	140	180	180	200	220	250
	8	100	120	140	160	180	200	220	250	300
	9	120	140	160	180	200	220	250	300	300
	10	120	140	180	180	220	250	250	300	350
	11	140	160	180	200	220	250	300	300	350
A	3-6	140	160	180	200	250	250	300	300	350
	7	150	180	200	220	250	300	350	350	400
	8	160	200	220	250	300	350	350	400	450
	9	180	200	250	300	300	350	350	450	500
	10	200	220	250	300	350	350	450	450	500
	11	200	240	300	350	350	400	450	500	600
	12	220	250	350	350	350	450	500	500	600

Таблиця 2.9

		Допуск на товщину зуба T_c , мкм													
		Допуск на радіальне биття зубчастого вінця F_r , мкм													
ВИД СПОЛУЧ.	ВИД ДОПУСКУ	до 8	8-10	10-12	12-16	16-20	20-25	25-32	32-40	40-50	50-60	60-80	80-100	100-125	125-160
H,E	h	20	22	25	30	30	35	40	45	50	70	70	90	120	140
D	d	25	30	30	35	40	45	50	60	70	70	100	120	140	180
C	c	35	35	35	45	50	60	70	70	90	100	140	160	180	220
B	b	40	45	50	50	60	70	70	90	100	140	140	180	220	300
A	a	50	60	60	70	70	80	100	120	140	140	180	220	250	350
-	x	70	70	70	80	90	100	140	140	160	180	220	250	350	400
-	y	80	90	100	100	120	140	140	180	200	250	300	350	450	500
-	z	100	120	120	140	140	160	180	220	250	300	350	450	500	700

- Визначити граничні значення товщини зуба:

$$\bar{S}_{c_{\max}} = \bar{S}_c - E_{cs} \quad (2.11)$$

$$\bar{S}_{c_{\min}} = \bar{S}_{c_{\max}} - T_c \quad (2.12)$$

2.2.3. Визначення дійсних розмірів.

а) Визначити дійсну величину спільної нормалі W_r :

- Налаштувати нормалемір так, щоб між насадками знаходилося задане число зубів в довжині спільної нормалі N (табл. 2.1).

- Виміряти дійсну величину довжини спільної нормалі для всіх сполучень N зубів по колесу.

- По різниці між найбільшою і найменшою дійсною довжиною спільної нормалі на зубчастому колесі визначити *коливання довжини спільної нормалі* F_{vWr} :

$$F_{vWr} = W_{r_{\max}} - W_{r_{\min}} \quad (2.13)$$

- Зубчасте колесо вважається придатним за тангенціальною складовою кінематичної похибки, визначеною за коливання довжини спільної нормалі, якщо виконується умова:

$$F_{vWr} \leq F_{vW} \quad (2.14)$$

- За результатами вимірювання дійсної довжини спільної нормалі для трьох рівновіддалених один від одного сполучень зубів визначити середнє значення, яке відповідає *дійсній довжині спільної нормалі* W_r .

- Зубчасте колесо вважається придатним за величиною бічного зазору, визначеного за довжиною спільної нормалі, якщо виконується умова:

$$W_{\min} \leq W_r \leq W_{\max} \quad (2.15)$$

- За результатами вимірювання дійсної величини довжини спільної нормалі для всіх сполучень N зубів по колесу визначити її середнє значення, яке відповідає дійсній *середній довжині спільної нормалі* W_{mr} .

- Зубчасте колесо вважається придатним за величиною бічного зазору, визначеного за середньою довжиною спільної нормалі, яка враховує вплив на величину бокового зазору радіального биття зубчастого вінця, якщо виконується умова:

$$W_{m \min} \leq W_{mr} \leq W_{m \max} \quad (2.16)$$

б) Вимірювання дійсної товщини зуба:

- Лінійку штангензубоміра 5 (рис. 2.6) встановити по ноніусу 7 на висоту $\overline{h_c}$ і закріпити стопорним гвинтом. Встановити зубомір на окружність виступів зубчастого колеса. Здійснити відлік товщини зуба.

- Вимірювання провести для трьох рівновіддалених один від одного зубів.

- Зубчасте колесо вважається придатним за величиною бічного зазору, визначеного за товщиною зуба, якщо виконується умова:

$$\overline{S}_{c \min} \leq \overline{S}_{cr} \leq \overline{S}_{c \max} \quad (2.17)$$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

КОНТРОЛЬ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

Мета роботи: Набути навичок контролю шорсткості поверхні за допомогою мікроскопів.

Матеріальне забезпечення: подвійний мікроскоп МИС-11, набір зразків для визначення шорсткості поверхні, набір профілограм поверхні зразків, довідкова література.

2.1. Теоретичні відомості

Шорсткість поверхні – сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками.

Базова довжина l – довжина базової лінії, яка використовується для виділення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні.

Довжина оцінки L – довжина, на якій оцінюються значення параметрів шорсткості, може містити одну або декілька базових довжин.

Базова лінія – лінія заданої геометричної форми, певним чином проведена щодо профілю і яка служить для оцінки геометричних параметрів поверхні.

Для кількісної оцінки та нормування шорсткості поверхонь встановлено три висотних $R_{\max}$, R_z , R_a , два крокових параметра S_m , S і параметр відносної опорної довжини профілю t_p .

Максимальна висота нерівностей профілю $R_{\max}$, мкм – відстань між лінією виступів і лінією западин в межах базової довжини (рис. 3.1), R_p – висота найбільшого виступу; R_v – глибина найбільшої западини.



Рис. 3.1 Схема визначення найбільшої висоти нерівностей профілю $R_{\max}$

Середня висота нерівностей профілю за десятьма точками R_z , мкм (рис. 3.2):

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + \dots + h_9) - (h_2 + h_4 + \dots + h_{10})}{5}, \quad (3.1)$$

де $h_1 + h_3 + \dots + h_9$ відстані від 5 вищих точок виступів до середньої лінії;

$h_2 + h_4 + \dots + h_{10}$ відстані від п'яти нижчих точок западин до середньої лінії.

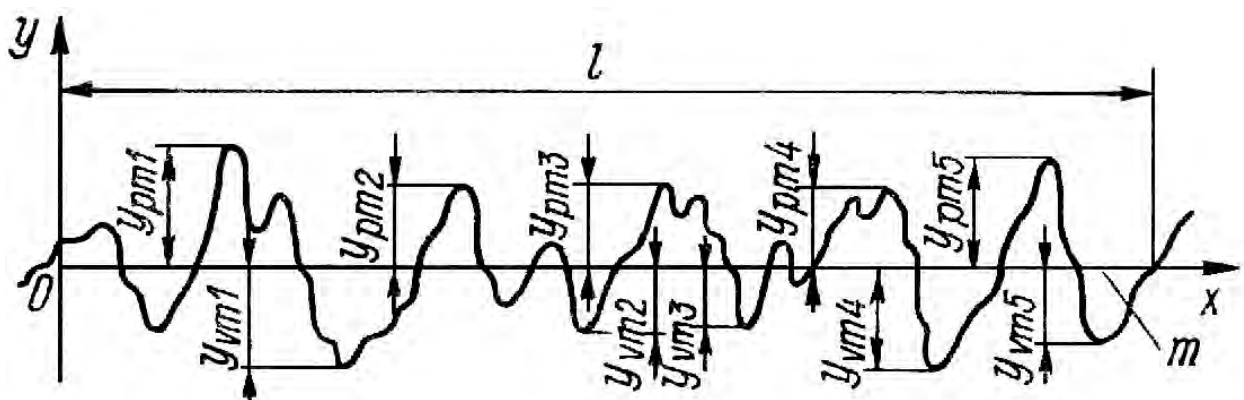


Рис. 3.2 Схема визначення середньої висоти нерівностей профілю за десятьма точками R_z

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a , мкм (рис. 3.3) – середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю y_1 ; y_2 ; ... y_n від середньої лінії профілю m в межах базової довжини l :

$$Ra = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n} \quad (3.2)$$

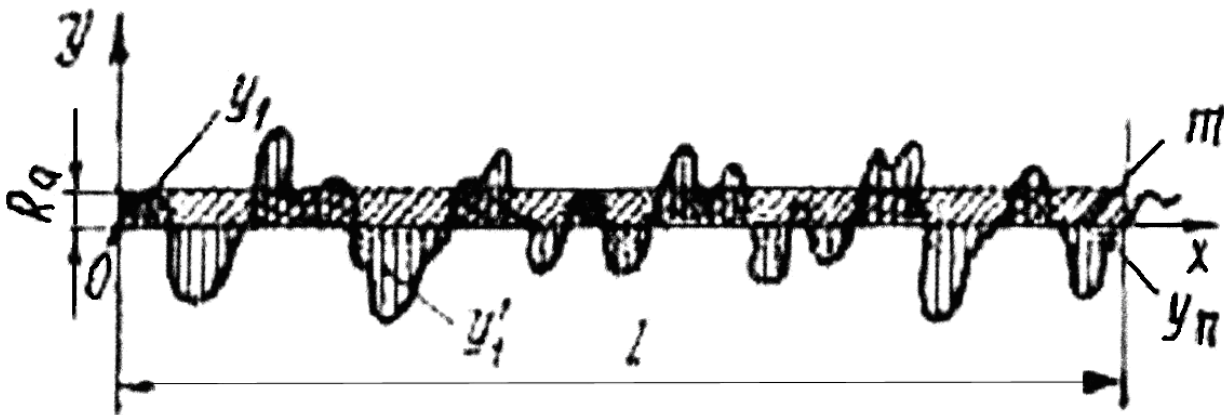


Рис. 3.3 Схема визначення середнього арифметичного відхилення профілю R_a

Шорсткість поверхні вимірюється в напрямку, який дає найбільше значення R_z і R_a .

Середній крок нерівностей профілю S_m , мкм (рис. 3.4) – середнє значення кроку нерівностей профілю по середній лінії в межах базової довжини.

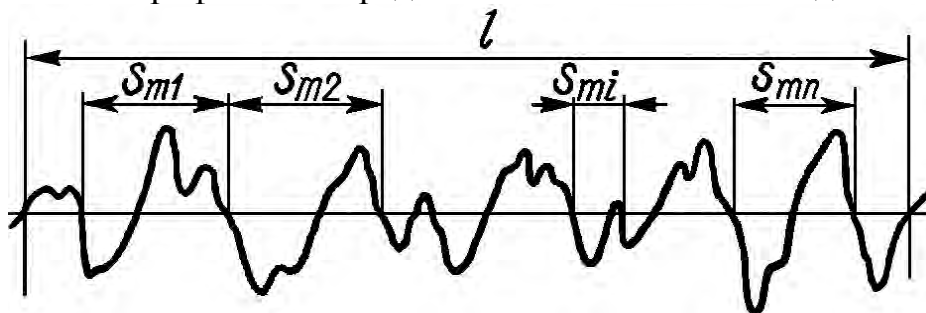


Рис. 3.4 Схема визначення середнього кроку нерівностей профілю S_m

Середній крок місцевих виступів профілю S , мкм (рис. 3.5) – середнє значення кроків місцевих виступів профілю по вершинах, що знаходяться в межах базової довжини l .

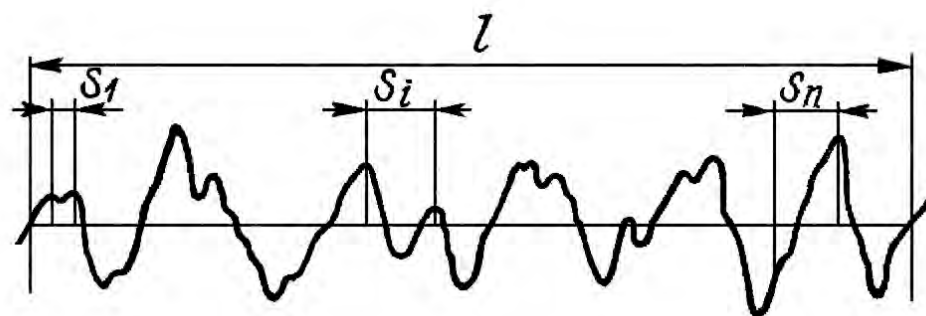


Рис. 3.5 Схема визначення середнього кроку місцевих виступів профілю S

Опорна довжина профілю η_p (рис. 3.6) – сума довжин відрізків, що відсікаються на заданому рівні в матеріалі профілю, лінією, еквідистантною середній лінії в межах базової довжини:

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i \quad (3.3)$$

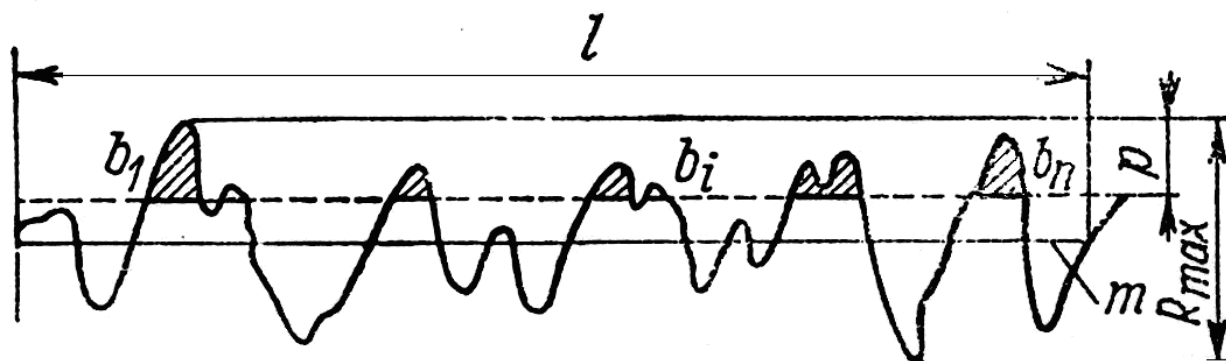


Рис. 3.6 Схема визначення опорної довжини профілю η_p

Відносна опорна довжина профілю t_p , % – відношення опорної довжини профілю до базової довжини на заданому рівні перетину r :

$$t_p = \eta_p / l \quad (3.4)$$

Класи шорсткості наведено в табл. 3.1, а співвідношення значень висотних параметрів R_a , R_z , R_{max} і базової довжини l в табл. 3.2.

Таблиця 3.1

Класи шорсткості поверхні

Клас шорсткості	Параметри шорсткості		Клас шорсткості	Параметри шорсткості	
	R_a	R_z		R_a	R_z
1	80-40	320-160	8	0,63-0,32	3,2-1,6
2	40-20	160-80	9	0,32-0,16	1,6-0,8
3	20-10	80-40	10	0,16-0,008	0,8-0,4
4	10-5,0	40-20	11	0,08-0,04	0,4-0,2
5	5,0-2,5	20-10	12	0,04-0,02	0,2-0,1
6	2,5-1,25	10-6,3	13	0,02-0,01	0,1-0,06
7	1,25-0,63	6,3-3,2	14	0,02-0,01	0,05-0,025

Для оцінки шорсткості застосовують оптичні прилади і щупові прилади.

Подвійний мікроскоп МИС-11 (рис. 3.7) призначений для вимірювань R_z від 80 до 0,8 мкм. Базова довжина, залежно від класу шорсткості поверхні, має охоплювати не менше 5 гребенів і бути не меншою 1-3 мм.

Таблиця 3.2

Співвідношення значень висотних параметрів R_a , R_z , $R_{\max}$ і базової довжини l

R_a , мкм	$R_z = R_{\max}$, мкм	l , мм
до 0,025	до 0,10	0,08
0,025 - 0,4	0,10 - 1,6	0,25
0,4 - 3,2	1,6 - 12,5	0,8
3,2 - 12,5	12,5 - 50	2,5
12,5 - 100	50 - 400	8,0

Салазки корпусу мікроскопів 1 переміщуються по направляючих кронштейна 3 за допомогою рейкової передачі з гвинтом. Фокусування здійснюється гвинтом 8. Прямолинійна щілина освітлюється джерелом світла. Зображення щілини розглядають за допомогою мікроскопа 5 з окулярним мікрометром 6 збільшенням $\times 15$.

Зображення щілини в середині поля окуляра встановлюють гвинтом 7. Ширина зображення щілини регулюється кільцем 11. Деталь 9 встановлюють на столі 10 з мікрометричними гвинтами, за допомогою яких стіл переміщують у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Поворот столу здійснюють при відпущеному гвинті 14.

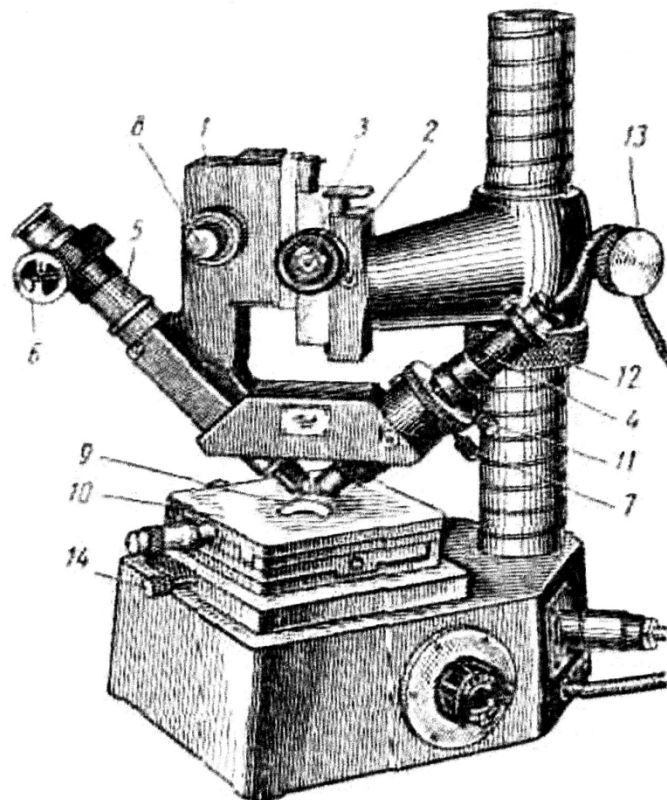


Рис. 3.7 Мікроскоп МІІІ-11

Контроль шорсткості здійснюють за методом світлового перетину. Освітлена щілина S проектується мікроскопом A_1 на поверхню P_1 , що має

сходинок P_2 висотою h (рис. 3.8). У полі зору мікроскопа спостереження A_2 зображення щілини буде мати вигляд, наведений на рис. 3.9. Величина b зміщення зображення S_2' відносно S_2'' служить мірою висоти сходинки h .

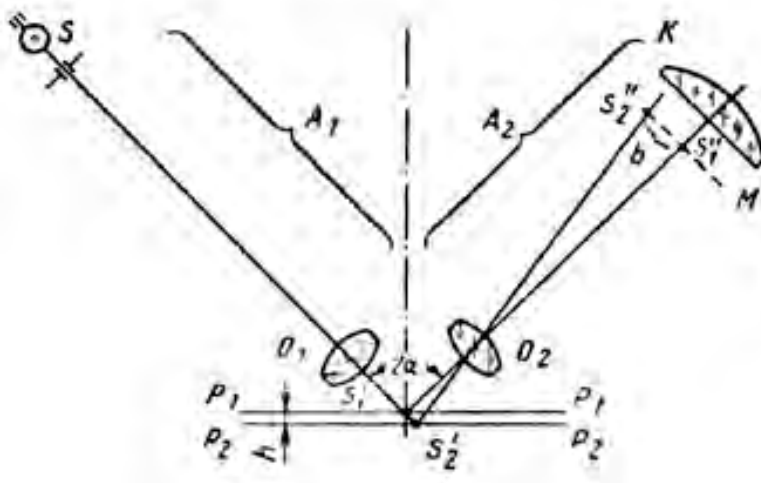


Рис. 3.8 Схема визначення висоти нерівностей профілю

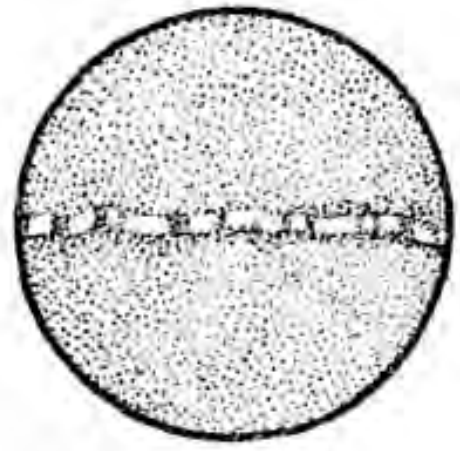


Рис. 3.9 Зображення щілини в окулярі мікроскопа МІІІ-11

3.2. Порядок проведення роботи

3.2.1. Визначення висоти нерівностей профілю поверхні за допомогою мікроскопа МІІІ-11:

а) Визначити ціну поділки шкали окулярного мікрометра за допомогою *об'єкт-мікрометра*. Перемістити об'єкт-мікрометр по столику так, щоб його шкала потрапила у зображення щілини і штрихи шкали були перпендикулярні до зображення щілини.

б) Установити окулярний мікрометр так, щоб поділки його нерухомої шкали були паралельні поділкам шкали об'єкт-мікрометра (рис. 3.10).

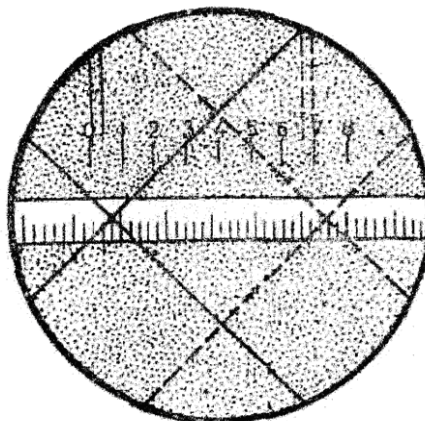


Рис. 3.10 Схема визначення ціни поділки шкали окулярного мікрометра

в) Перехрестя окулярного мікрометра сумістити з будь-яким штрихом об'єкт-мікрометра. Перевести перехрестя на інший штрих і зробити другий

відлік по барабану окулярного мікрометра. Ціну поділки визначити за формулою:

$$R = \frac{z \cdot T}{A} \cos^2 45^\circ = \frac{z \cdot T}{2A}, \quad (3.5)$$

де z – кількість поділок шкали об'єкт-мікрометра, які пройдені перехрестям окулярного мікрометра;

T – ціна поділки об'єкт-мікрометра;

A – різниця відліків, отриманих при двох суміщеннях перехрестя, виражена в поділках барабана.

г) Орієнтувати деталь так, щоб напрямок нерівностей був перпендикулярним зображенню щілини.

д) Горизонтальну лінію перехрестя підвести до вершини вигину щілини по її обраному боку, а потім до западини щілини по тому ж боку. Різниця відліків на барабані мікрометра, помножена на ціну поділки визначає значення висоти нерівності R в даному перетині (рис. 3.11).

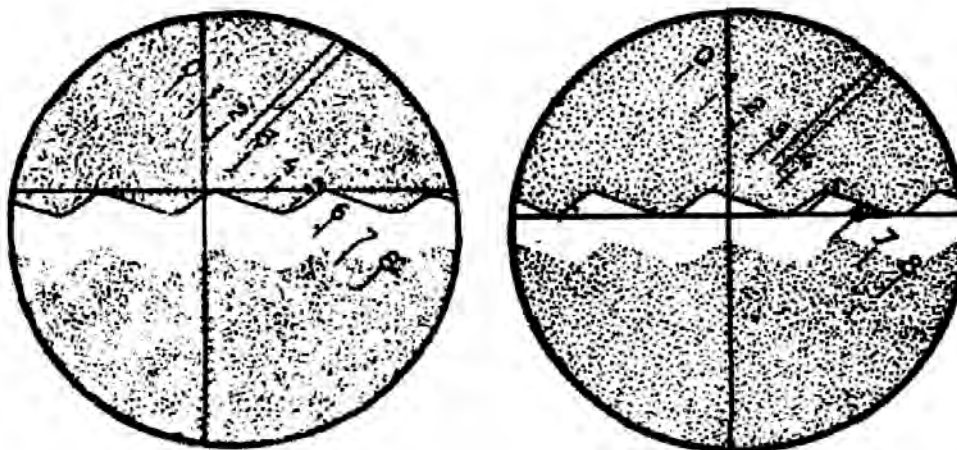


Рис. 3.11 Схема визначення висоти нерівностей профілю

3.2.2. Обробка профілограм.

Профілограми поверхні деталей для визначення шорсткості наведені на рис. 3.12.

а) Визначити параметр шорсткості R_z :

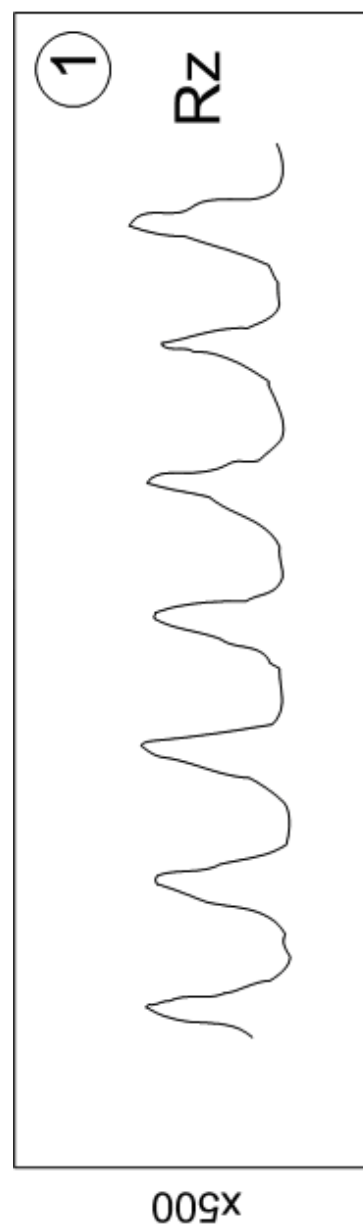
- визначити базову довжину за табл. 3.2 по вимірним значенням параметра R_{max} ;

- провести базову лінію паралельно загальному напрямку профілю в межах базової довжини;

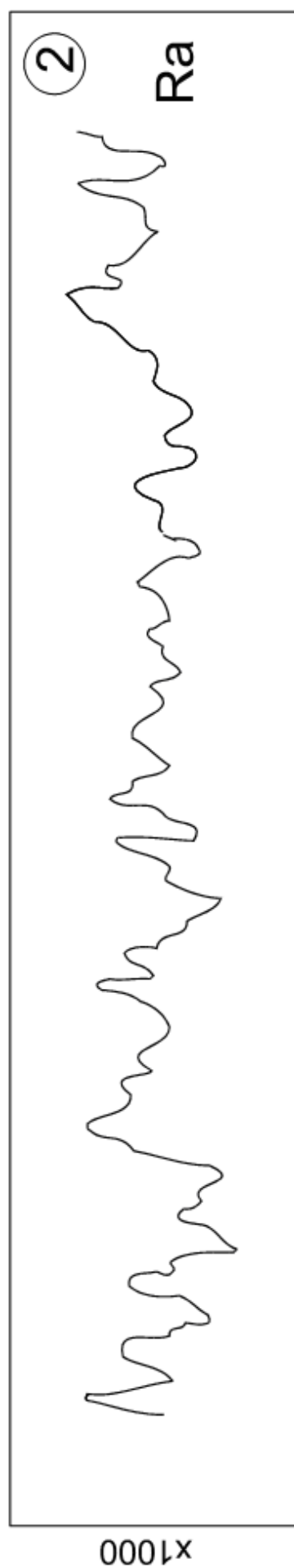
- виміряти відстань h_i від базової лінії до п'яти вищих точок виступів і до п'яти нижчих точок западин;

- обчислити величину R_z за формулою (3.1);

- отримати значення шорсткості в мкм розділивши величину R_z в мм графіка на вертикальне збільшення профілограм.



x200



x1000

Рис. 3.12 Профілограми поверхні деталей

б) Визначити параметр шорсткості R_a :

- визначити базову довжину за табл. 3.2 по виміряному значенню параметра $R_{\max}$;
- провести базову лінію в межах базової довжини таким чином, щоб площі профілю по обидві боки від цієї лінії були рівні між собою;
- розділити профілограми на ділянки довжиною 1-5мм;
- на початку кожної ділянки x_i визначити відстань y_{ni} від середньої лінії;
- для виключення впливу зміщення середньої лінії паралельно її дійсному положенню обчислити величину R_a згідно з формулою:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^{x_i} |y_{ni} - \bar{y}_{ni}|}{n}, \quad (3.6)$$

для чого спочатку обчислити значення $\bar{y}_{ni}$ та $|y_{ni} - \bar{y}_{ni}|$;

- отримати значення шорсткості в мкм, розділивши величину R_a в мм графіка на вертикальне збільшення профілограм.

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.