

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія



Желябіна Н.К.

Кобрін Ю.Г.

ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

**Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт**

для студентів ЗДІА за спеціальністю 6.090200 «Металургійне обладнання»

Запоріжжя
2008

Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

**Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт**

для студентів ЗДІА за спеціальністю 6.090200 «Металургійне обладнання»

*Рекомендовано до видання
на засіданні кафедри МО,
протокол № 9 від 24.01.2008*

Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Для студентів ЗДІА за спеціальністю 6.090200 «Металургійне обладнання» / Укл.: Желябіна Н.К., Кобрін Ю.Г. – Запоріжжя, 2008. – 95 с.

Методичні рекомендації по виконанню лабораторних робіт з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» мають за мету ознайомити студентів з експлуатаційними і метрологічними характеристиками вимірювальних приладів та прищепити навички в поводженні з цими приладами.

Укладачі: ***Н.К. Желябіна, професор, к.т.н.***
Ю.Г. Кобрін, асистент

Відповідальний за випуск: ***зав. кафедрою МО***
професор, к.т.н. А.Я. Жук

Зміст

Вступ.....	4
Правила поведінки студентів у вимірювальній лабораторії.....	5
1. Лабораторна робота № 1. Визначення розмірів деталей за допомогою штангенінструментів і мікрометричних вимірювальних засобів.....	6
2. Лабораторна робота № 2. Вимір кутів і конусів.....	16
3. Лабораторна робота № 3. Вимір лінійних розмірів деталей відносним методом.....	26
4. Лабораторна робота № 4. Вимір радіального, торцевого биття і похибки форми вала.....	37
5. Лабораторна робота № 5. Контроль параметрів метричної різьби.....	48
6. Лабораторна робота № 6. Визначення параметрів шорсткості поверхні.....	60
7. Лабораторна робота № 7. Контроль параметрів, що характеризують боковий зазор зубчастих передач.....	72
8. Лабораторна робота № 8. Контроль деяких параметрів, що характеризують кінематичну точність і плавність роботи зубчастих коліс.....	80
Список використаної літератури.....	88
Додатки.....	89
Додаток А. Відхилення метричних різьб з зазорами для діаметрів 1 – 600 мм (по ГОСТу 16093-2004).....	89
Додаток Б. Колеса зубчасті циліндричні, допуски. Норми кінематичної точності (по ГОСТу 1643-81).....	90
Додаток В. Передачі зубчасті циліндричні. Норми бокового зазору. Границі відхилення $-E_{HS}$ для зовнішнього зачеплення $+E_{Hi}$ для внутрішнього зачеплення (по ГОСТу 1643-81).....	91
Додаток Д. Передачі зубчасті циліндричні. Норми бокового зазору. Показники T_H (по ГОСТу 1643-81).....	92
Додаток Е. Система допусків і посадок гладких з'єднань. Значення допусків.....	93
Додаток Ж. Колеса зубчасті циліндричні, допуски. Норми плавності роботи (по ГОСТу 1643-81).....	94

Вступ

У центрі економічної політики на сучасному етапі поставлено завдання всебічного підвищення технічного рівня і якості продукції, яка повинна втілювати останні досягнення наукової думки, задовольняти найвищі техніко-економічні, естетичні та інші вимоги споживачів.

В сучасних умовах спеціалізація виробництва робить необхідним проведення випереджувальних робіт по стандартизації в галузі взаємозамінності деталей, агрегатів і вузлів машин і застосування єдиної системи допусків і посадок. Взаємозамінність вимагає високого рівня вимірювальної техніки.

Ось чого засвоєння широкого кола питань, що стосуються стандартизації, взаємозамінності та технічних вимірювань, становить основу підготовки сучасного інженерно-технічного працівника.

Лабораторні заняття з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» мають за мету:

- ознайомити студентів з експлуатаційними і метрологічними характеристиками широко розповсюджених вимірювальних приладів;
- прищепити студентам навички в поводженні з цими приладами;
- закріпити отримані на лекціях основні поняття про вітчизняну систему допусків.

Перед виконанням лабораторних робіт кожен студент повинен ознайомитись з інструкцією з техніки безпеки при роботі на обладнанні лабораторії та строго виконувати цю інструкцію.

Безпосередні вимірювання на обладнанні та їх обробка виконуються у відповідності з методичними вказівками.

Звіт за виконану лабораторну роботу оформлюється кожним студентом та захищається перед виконанням наступної роботи.

Автори виносять подяку студентам Запорізької державної інженерної академії Максименко Д.Ю., Муравйовій Г.С. за подання допомоги в складанні комп'ютерного макету.

ПРАВИЛА

поведінки студентів у вимірювальній лабораторії

У вимірювальній лабораторії студентам надається цілий ряд точних і дорогих приладів і інструментів.

У цілях виключенні можливості поломок приладів студенти перед початком лабораторних занять зобов'язані ознайомитися з наступними правилами поведінки в лабораторії і надалі строго дотримувати їх.

1. Не можна переміщати деталі приладів рукою або за допомогою пристосувань (гвинти, рейки, маховички і т.інш.), не ознайомившись заздалегідь з пристроєм інструменту або приладу по методичних вказівках.

2. Не можна включати освітлення приладів, поки лаборант не перевірів правильність включення його в електромережу.

3. Всі деталі приладів переміщуються плавно без заїдань. У разі відмічених несправностей слід негайно звертатися до лаборанта. У жодному випадку не можна, працюючи на приладах, прикладати зайве зусилля.

4. Після закінчення роботи інструмент і прилади повинні бути розкладені або розставлені в коробках, чохлах або інших призначених місцях, а робоче місце на столі приведене в порядок і здане лаборанту.

ОБ'ЄМ ВИМОГ,

що пред'являються до студентів при здачі заліку по лабораторних роботах

До лабораторних занять студент повинен ознайомитися з майбутньою роботою, пристроєм засобів вимірювання і правилами вимірювання деталей.

На заняттях одержати інструмент і деталі для вимірювання, виконати встановлений завданням об'єм робіт, після закінчення роботи оформити звіт, перевірити правильність його оформлення у лаборанта і відзвітувати перед викладачем.

Лабораторна робота № 1

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТІВ І МІКРОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Мета роботи:

- ознайомитись з устроєм штангенінструментів й мікрометричних інструментів,
- ознайомитись з методами виміру й визначення систематичної похибки.

Зміст роботи:

- вивчити принцип дії й устрій вимірювального інструмента;
- визначити межі виміру, точність відліку;
- провести вимір зазначених розмірів і визначити дійсні розміри деталей;
- оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: штангенциркуль, штангенрейсмус, штангенглибиномір, мікрометр, мікрометричний глибиномір, контрольна плита, деталь.

1.1 Штангенінструменти

До штангенінструментів відносяться вимірювальні інструменти з лінійним ноніусом: штангенциркулі, штангенглибиномири й штангенрейсмуси. Ці три основних типи вимірювальних засобів відрізняються один від одного конфігурацією вимірювальних поверхонь і їх взаємним розташуванням.

Штангенциркуль служить для виміру зовнішніх і внутрішніх розмірів гладких виробів, а в деяких випадках і для розмітки. Штангенциркуль (рис. 1.1) складається зі штанги 9, на кінці якої є нерухома губка 1, рухома губка 2 укріплена на рамці 4. Для плавного переміщення рамки служить мікрометричний гвинт із гайкою 8 і хомутиком 7. Для виконання мікрометричних переміщень рухомої губки необхідно відвернути гвинт 3 рамки 4 і закріпити хомутик 7 гвинтом 6. Конструкція штангенциркулів передбачає можливість проведення вимірів внутрішніх розмірів за допомогою губок 10. Розмір цих губок " b " у зведеному стані є 10 мм і маркується на бічній поверхні однієї з губок.

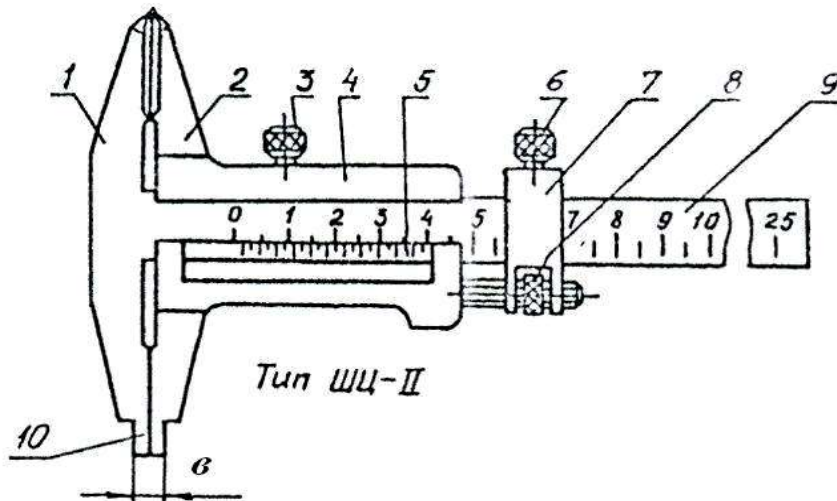


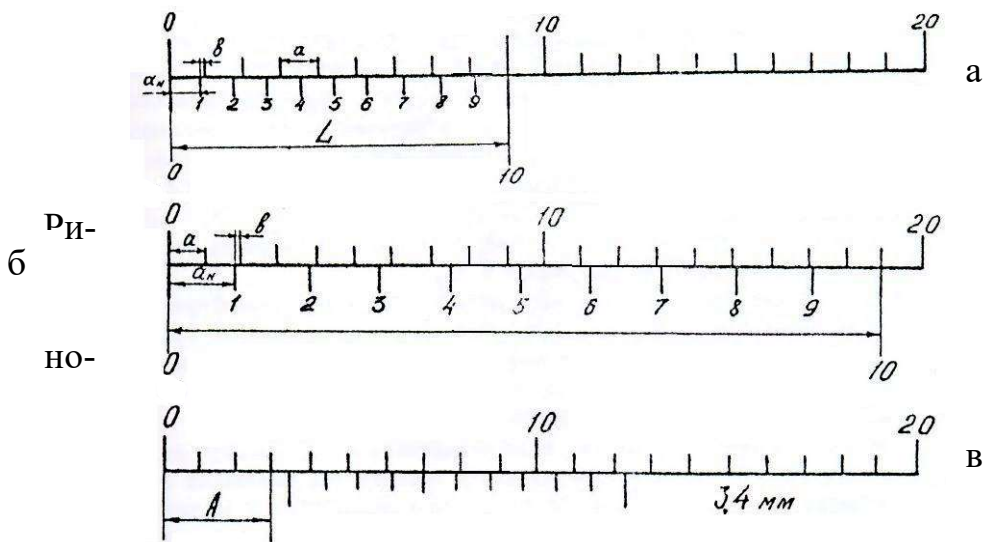
Рисунок 1.1
Штангенциркуль

Крім основної шкали, нанесеної на штанзі, на рухомій рамці є додаткова шкала 5, названа ноніусом, що служить для відліку дробової частини ділення у основної шкали.

Для з'ясування принципу пристрою ноніуса ознайомимося з найпростішим із них, що дозволяє відряхувати показання через 0,1 мм. Для розрахунку ноніуса потрібно знати довжину L , рівну дев'яти діленням основної шкали, тобто 9 мм, розділену у ноніуса на десять рівних частин (рис. 1.2, а), отже, інтервал ділення на ноніусі буде коротше інтервалу ділення на штанзі на 0,1 мм. Ця різниця називається величиною відліку по ноніусу. Якщо позначити: a - інтервал ділення на штанзі, n - число інтервалів шкали ноніуса, L - довжина ноніуса, то величина відліку по ноніусу:

$$b = a - a_n = a - L / n = 1 - 0,9 = 0,1 \text{ мм.}$$

При занадто малому інтервалі на ноніусі відряхувати показання важко. Для усунення цього недоліку збільшують інтервал ділення ноніуса за рахунок збільшення його загальної довжини. Наприклад, щоб збільшити інтервал ноніуса при тій же величині відліку по ноніусу, варто збільшити його довжину на 19 ділень штанги (рис. 1.2, б) тобто до 19 мм і розділити також на десять частин.



сунок 1.2
Принцип роботи
ніуса

У цьому випадку інтервал ділень на ноніусі буде $a_n = 1,9$ мм, а величина відліку по ноніусу:

$$b = 2a - a_n = 2 - 1,9 = 0,1\text{мм}$$

Якщо довжину ноніуса L залишити такою ж, тобто 19 мм, але розділити цю відстань на 20 частин ($n = 20$), то a_n буде дорівнювати 0,95 мм, а величина відліку по ноніусу:

$$b = 1,0 - 0,95 = 0,05\text{мм}$$

Величину відліку по ноніусу можна знайти й на підставі іншої, більш простої залежності. Якщо з вихідного положення переміщати ноніус щодо основної шкали, то послідовно будуть збігатися 1, 2, 3-і й, нарешті, останнє ділення. Причому всі ці послідовні збіги ділень ноніуса й штанги відбудуться в результаті переміщень ноніуса на один інтервал ділення штанги. Таким чином, величина відліку по ноніусу:

$$b = a/n.$$

При вимірі дробова частка міліметра дорівнює порядковому номеру шкали ноніуса K , що співпадає з яким-небудь штрихом штанги, помноженому на ве-

личину відліку по ноніусу, тобто K_b . Ціле число міліметрів, що міститься в розмірі деталі, визначається цілим числом інтервалів шкали, укладених між нульовим діленням штанги й нульовим діленням ноніуса, тобто A . Розмір деталі буде дорівнює $A + K_b$ (приклад відліку на рис. 1,2, в - 3,4 мм).

Похибка виміру штангенциркулем зовнішніх розмірів до 500 мм при величині відліку 0,05 мм становить не більше 0,1 мм. При вимірі внутрішніх розмірів тим же штангенциркулем похибка виміру становить 0,15...0,25 мм для того ж діапазону розмірів.

Штангенглибиномір (рис. 1.3) призначений для виміру глибини отворів, пазів, висоти виступів і т.ін.

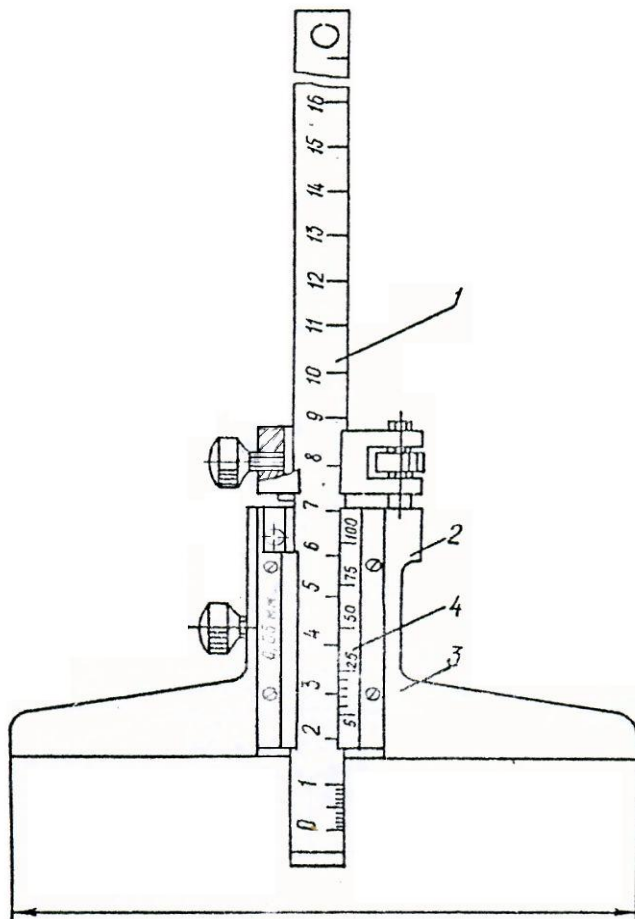


Рисунок 1.3
Штангенглибиномір

Конструкція штангенглибиноміра відрізняється від штангенциркуля тим, що тут відсутня нерухома губка, а замість рухомої губки на рамці 2 з ноніусом 4 зроблена траверса 3, що є підставою (опорою) при вимірі глибини пазів і

отворів. Інші елементи конструкції і їхнє призначення аналогічні штангенциркулю.

Нульовий відлік виходить, якщо сумістити вимірювальну поверхню (торець) лінійки 1 і вимірювальну поверхню підстави 3.

Похибка виміру штангенглибиноміром з відліком 0,05 мм глибин до 300 мм становить 0,10...0,15 мм при відліку 0,1 мм - 0,2...0,3 мм.

Штангенрейсмус (рис. 1.4) застосовується в основному для розмічальних робіт. У конструкції штангенрейсмуса, у відмінності від штангенциркуля, замість нерухокої губки знаходиться підстава 4, за допомогою якої штангенрейсмус встановлюється на плиті.

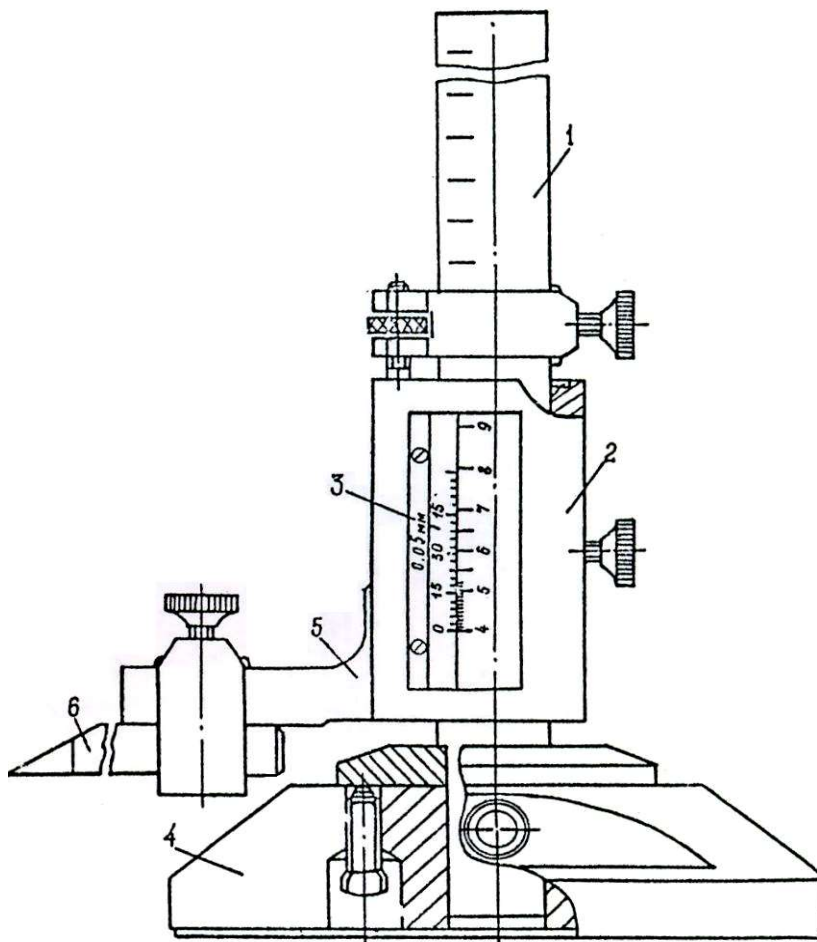


Рисунок 1.4
Штангенрейсмус

На рамці 2 з ноніусом 3 є спеціальна державка 5 для закріплення змінних розмічальних ніжок 6. Деталь, що розмічається, і настроєний штангенрейсмус встановлюються на плиту. Штангенрейсмус переміщують по плиті, що притис-

кається одночасно підставою до плити, а розмічальною ніжкою - до деталі, що, розмічається так, щоб на ній залишився помітний слід від розмічальної ніжки.

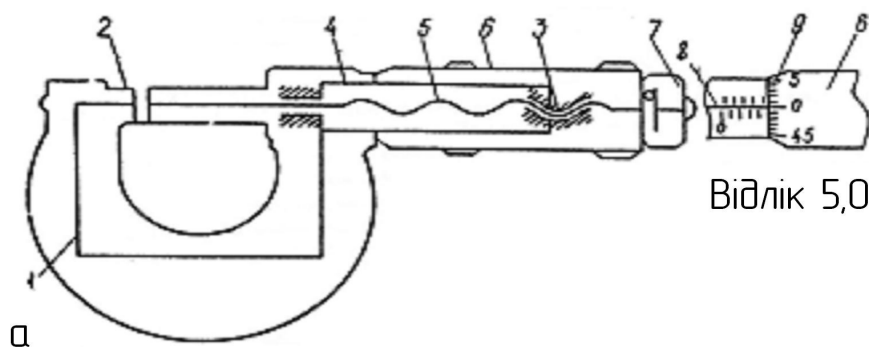
1.2 Мікрометричні вимірювальні засоби

До мікрометричних інструментів відносяться мікрометри, мікрометричні глибиноміри й мікрометричні нутроміри.

Мікрометричні інструменти засновані на принципі перетворення кутових переміщень у лінійні за допомогою гвинтової пари.

Крок гвинта мікрометричного інструмента прийнятий 0,5 мм. Один оберт барабана відповідає осьовому переміщенню 0,5 мм. Точність відліку мікрометричного інструмента 0,01 мм.

Гладкий мікрометр служить для виміру зовнішніх розмірів виробів. Гладкий мікрометр (рис. 1.5, а) складається з скоби 1 із запресованими в неї п'ятою 2



з мірильною площиною й стеблом 4. Мікрометричний гвинт 5 ввернутий у мікрометричну гайку 3 стебла, а його циліндрична частина із другою мірильною площиною направляється точним отвором у лівій частині стебла. Барабан 6 кріпиться до мікрогвинта ковпачком. На кінці вузла гвинт - барабан знаходиться пристрій 7, що забез-

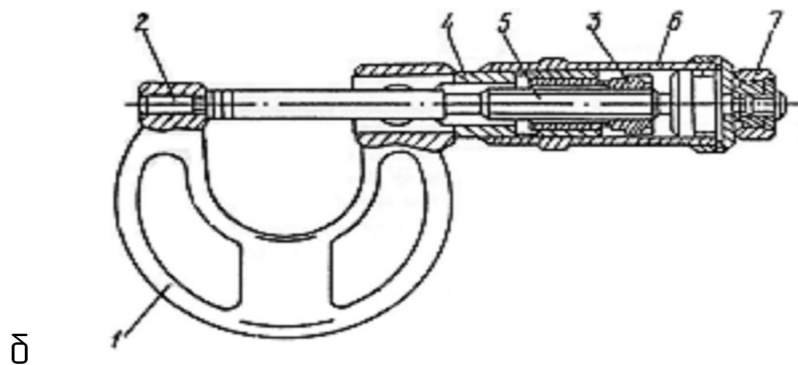


Рисунок 1.5 Мікрометр гладкий

печує створення певного постійного вимірювального зусилля (7 ± 2 Н) Для фіксації мікрогвинта в потрібному положенні щодо скоби служить стопор. Відліковий пристрій мікрометра складається із двох шкал. Перша шкала 8 із ціною ділення 0,5 мм, рівної кроку мікрогвинта, нанесена на стебло 4 (рис. 1.5, б). Обертання барабана супроводжується його переміщенням уздовж стебла. Таким чином, по торцю барабана можна відраховувати цілі міліметри і 0,5 міліметра.

Друга колова шкала 9 складається з 50 ділень і нанесена на конічній частині барабана. Поворот барабана з мікрогвинтом на одне ділення щодо поздовжнього штриха на стеблі відповідає переміщенню торця мікрогвинта на величину $0,5/50 = 0,01$ мм. Отже, ціна відліку мікрометра рівна 0,01 мм.

Діапазон виміру мікрометра залежать від розмірів скоби й вимірювального переміщення мікрогвинта. Гладкі мікрометри для виміру розмірів до 300 мм випускаються з межами виміру (0...25, 25...50, 50...75, 275...300 мм), тобто через 25мм, а для розмірів понад 300 мм - через 100 мм.

Перед виміром мікрометром необхідно перевірити правильність його установки на нуль, для чого обертанням барабана за тріскачку 7 при відпущеному стопорі доводять до контакту мірильні площини. При перевірці мікрометрів з межами виміру 25...50 мм і більше між мірильними площинами повинні встановлюватися кінцеві міри або спеціальні еталони. Після триразового проклацування необхідно закріпити мікрогвинт стопором і перевірити збіг нульового штриха колової шкали барабана з поздовжнім штрихом на стеблі.

Гранична похибка мікрометрів визначається верхніми границями вимірювання і становить від ± 4 мкм для мікрометрів з діапазоном вимірювання 0...25мм до ± 50 мкм для мікрометрів з діапазоном вимірювань 500...600мм. Мікрометри випускаються 1-го і 2-го класів точності з цифровим відліком ціною поділки 0,001 мм (рис. 1.5).

Мікрометричний глибиномір являє собою вимірювальний пристрій на базі описаної мікрометричної пари й призначений для виміру глибини пазів, отворів і т.п. Мікрометричний глибиномір (рис. 1.6, б) складається з мікропари 2, уста-

новленої в планці 1. Вимірювальними поверхнями глибиноміра є нижня площина планки 1 і торцева поверхня змінного стержня 3.

Устрій мікрометричного вузла аналогічно устрою мікрометра гладкого. Через особливість виміру оцифрування шкали на стеблі дане у зворотному напрямку в порівнянні зі звичайним мікрометром. На (рис. 1.6, а) зображено відліковий пристрій мікрометричного глибиноміра.

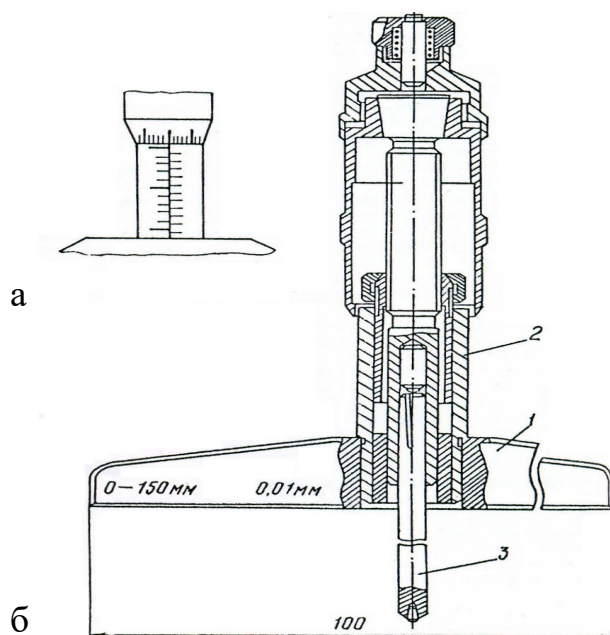


Рисунок 1.6 Глибиномір мікрометричний

Поверхню основи глибиноміра прижимають до плити. Обертаючи тріскачку, вимірювальну поверхню стержня доводять до зіткнення з плитою. Якщо при цьому відлік за шкалою глибиноміра дорівнює нулю, то інструмент настроєно правильно, якщо не дорівнює нулю потрібно відрегулювати, як було описано вище.

1.3 Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з контрольованою деталлю і розмірами, що треба виміряти.
2. Вивчити конструкцію вимірювальних інструментів, пристрій ноніуса й методику виконання вимірів.

2. Виконати вимір зазначених на ескізі розмірів. Визначити дійсні розміри деталі.
3. Оформити звіт.

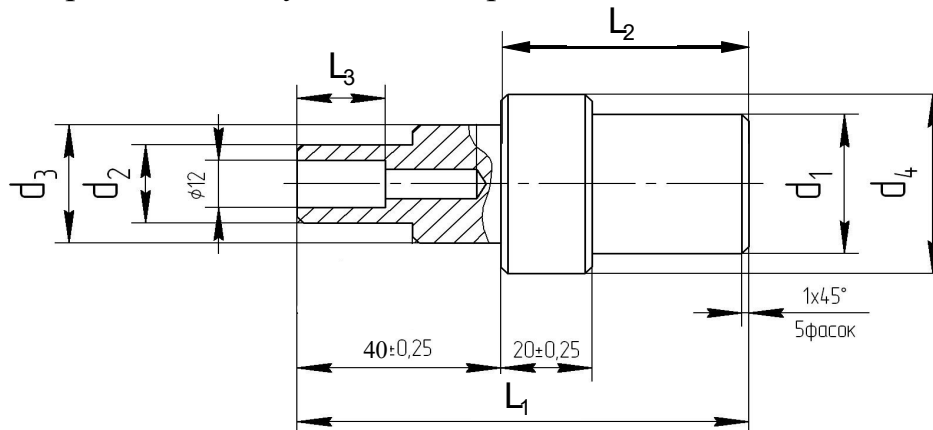
Запитання для самопідготовки

1. Дайте визначення дійсного та номінального розміру в деталі?
2. Як позначається на кресленнях розмір деталі з відхиленнями?
3. Розкажіть про принцип роботи штангенциркуля?
4. Як оцінюється придатність розміру?
5. Розкажіть принцип пристрою ноніуса мікрометра.
6. Для яких цілей використовується штангенрейсмус?

Лабораторна робота № 1

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТАНГЕН-ІНСТРУМЕНТІВ І МІКРОМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Завдання. Ознайомитися з вимірювальними засобами. Виміряти дійсні розміри деталі. Результати вимірювань занести в таблицю.



Ескіз деталі

Таблиця

Вимірювання деталі штангенциркулем					
Тип штангенінструмента	Відлік по ноніусу, мм	Діапазон вимірювання, мм	Розміри деталі з відхиленнями, мм	Дійсні розміри деталі, мм	Висновок про придатність
			d_1		
			d_2		
			d_3		
			d_4		
Вимірювання деталі штангенрейсмусом					
			L_1		
			L_2		
Вимірювання деталі штангенглибиноміром					
			L_3		
Вимірювання деталі мікрометром					
Тип мікрометричного інструмента	Величина по ноніусу, мм	Діапазон вимірювання, мм	Розміри деталі з відхиленнями, мм	Дійсні розміри деталі, мм	Висновок про придатність
			d_3		
			d_4		
Вимірювання деталі мікрометричним глибиноміром					
			L_3		

Висновок про придатність деталі:

Дата:

Роботу виконав:

Роботу прийняв:
Лабораторна робота № 2

ВИМІР КУТІВ І КОНУСІВ

Ціль роботи - ознайомитися із засобами, методами й технікою виміру кутів і конусів.

Зміст роботи:

- виміряти два зовнішніх і два внутрішніх кути кутомірами та універсальним кутоміром;
- виміряти конусність заданого інструментального конуса за допомогою синусної лінійки й дати висновок про його придатність;
- виміряти конусність внутрішнього конуса двома кульками;
- оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: кутоміри універсальні й оптичні, кутові міри, синусна лінійка, індикатор зі стійкою, плоскопаралельні кінцеві міри довжини, лінійка, мікрометричний глибиномір, мікрометр, атестовані кульки.

2.1 Короткі теоретичні відомості

Методи виміру кутів і конусів можуть бути розділені на чотири основні групи:

- 1 - методи вимірів за допомогою жорсткої зразкової міри (кутові міри, шаблони, угольник і конусні калібри);
- 2 - тригонометричні методи вимірів (на універсальному мікроскопі координатним методом, за допомогою кульок, синусної або тангенсної лінійки);
- 3 - гоніометричні методи вимірів (гоніометр, оптична ділильна головка, універсальний і інструментальний мікроскопи, кутоміри з ноніусом);
- 4 - вимірювання розмірів розрахункових перетинів (за допомогою синусної лінійки, кульок або роликів, універсального мікроскопа).

Вимір кутів за допомогою кутових мір

Кутові міри призначаються для зберігання й передачі одиниці плоского кута, перевірки й градування кутомірних приладів і кутових шаблонів і безпосереднього контролю кутів деталі. Кутові міри являють собою сталеві призми трьох типів (1-3) доведені вимірювальні поверхні яких утворюють один або кілька певних робочих кутів (рис. 2.1).

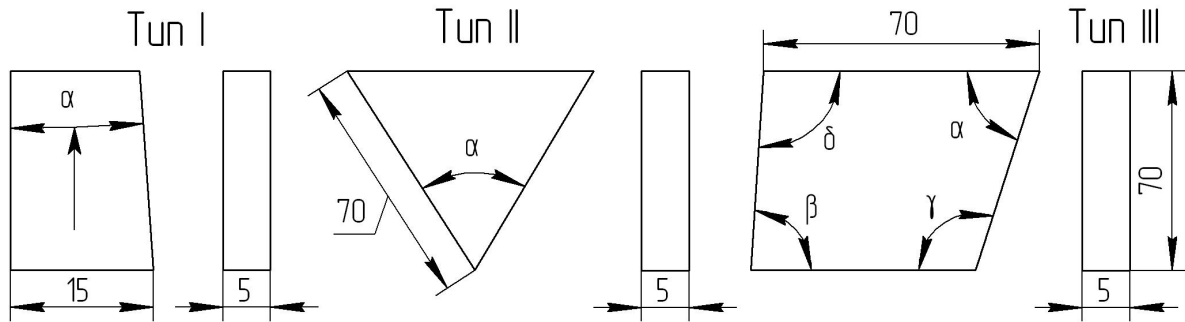
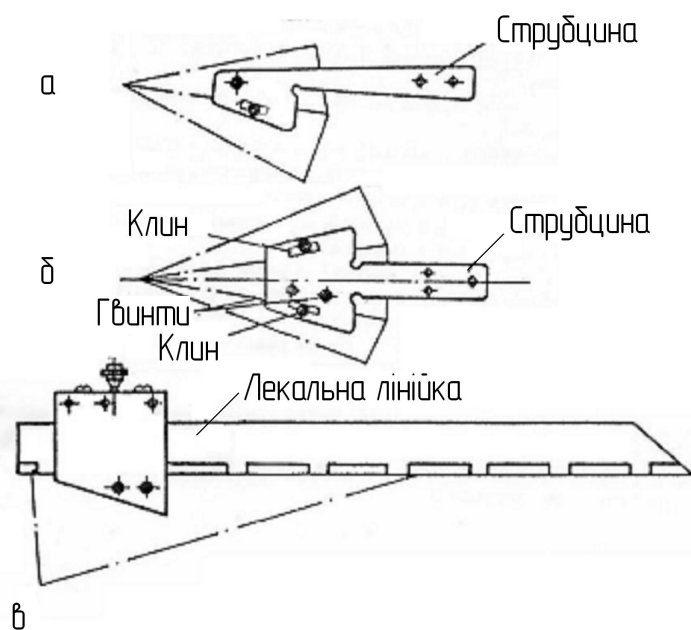


Рисунок 2.1 Кутові міри

Найбільш поширені набори, що містять кутові міри з одним або чотирма робочими кутами. У наборі трикутні міри охоплюють розміри від 0 до 79° (через 1°), від 15°10' до 15°50' (через 10'). Від 15°01' до 15°09' (через 1') і чотирикутні - розміри від 80° до 100° (градусні й хвилини). Кутові міри з робочими кутами, виконаними з точністю до секунди (наприклад, 89°59'45") містить тільки набір в 7 одиниць.



Для з'єднання кутових мір у блоки випускається набір пристосувань (рис. 2.2), що складається із чотирьох струбцин, п'яти клинів, викрутки й лекальної лінійки. Щоб з'єднати кутові міри в блок по заданому розміру кута, їх робочі грані з'єднують струбцинами. З'єднання мір у блок проводиться за допомогою

Рисунок 2.2 Схема з'єднання кутових мір в блоки

клинів, що пропускають через отвори струбцин й плиток.

Струбцина, зображена на рис. 2.2, а, служить для з'єднання двох кутових мір, а струбцина на рис. 2.2, б, дозволяє з'єднувати відразу три кутові міри. Струбцина з лекальною лінійкою рис. 2.2,в, забезпечує можливість одержання внутрішніх кутів понад 90° .

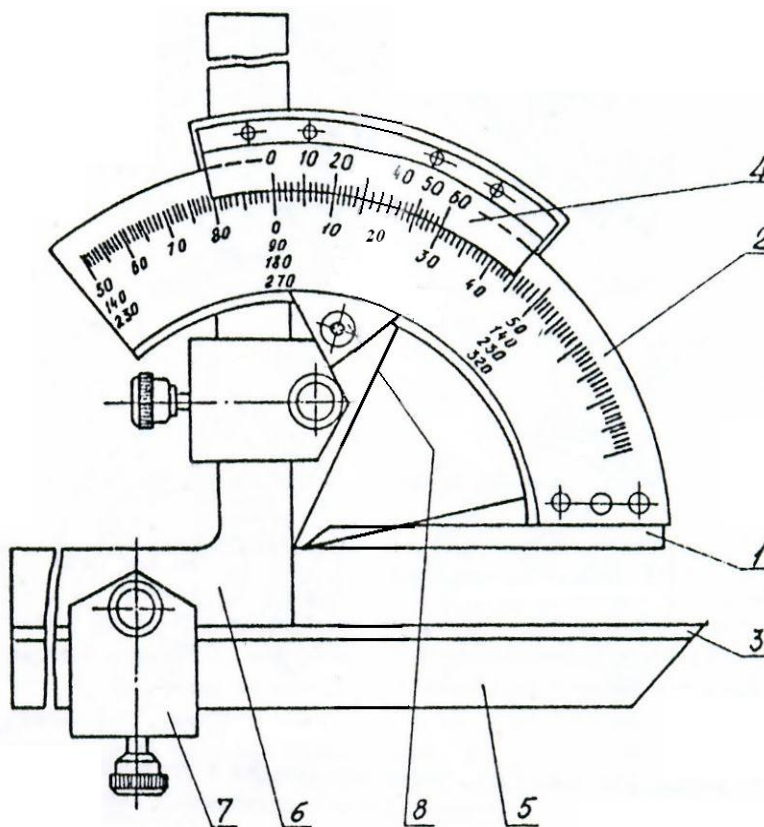
Перевірка кутів за допомогою кутових мір проводиться на просвіт.

Вимір кутів кутомірами

Кутомір називається вимірювальний інструмент, призначений для виміру кутів у дуговій мері. Стандартизовані два типи кутомірів для вимірювання кутів деталей машинобудування контактним методом з відліком по кутовому ноніусу: тип I - кутомір з ноніусом транспортирний, тип II- кутомір з ноніусом універсальний.

Величина відліку по ноніусу обох кутомірів - $2'$, ціна ділення основної градусної шкали 1° .

Найбільшого поширення на заводах одержали універсальні кутоміри (рис. 2.3).



Принцип устрою кутоміра якоюсь мірою аналогічний штангенциркулю. Він має дві вимірювальні поверхні, з яких одна 1 зв'язана зі шкалою 2, а інша 3 - з ноніусом 4. Прикладаючи поверхню 1 і 3 без просвіту до сторін вимірюваного кута, відраховують його значення за до-

Рисунок 2.3 Універсальний кутомір Семенова

помогою шкали й ноніуса.

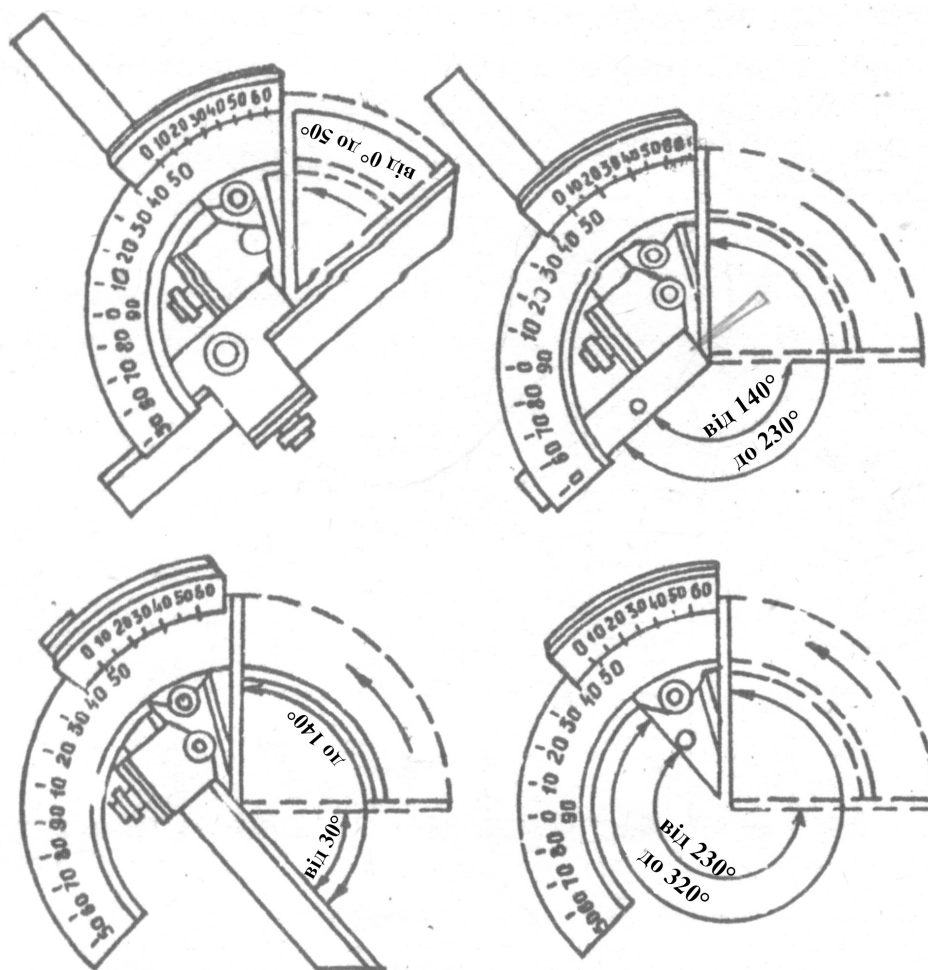


Рисунок 2.4 Схема установки лінійки та угольника

Кутомір (див. рис. 2.3) оснащений змінною лінійкою 5 і угольником 6, які за допомогою державок 7 закріплюються на кутомірі й дозволяють робити виміри внутрішніх і зовнішніх кутів. Основна шкала кутоміра нанесена на дузі 130° . Шляхом різних сполучень в установці вимірювальних деталей кутоміра досягається можливість використання кутоміра в діапазоні $0...320^\circ$ (рис. 2.4).

Кути від 0° до 50° вимірюються, коли до пластини 8 кріпляться одночасно угольник 6 і лінійка 5; кути від 50° до 140° , - коли в хомутик 7 встановлюється тільки лінійка; кути від 140° до 230° , - коли до пластини 8, кріпиться один угольник 6.

2.2 Синусна лінійка

Синусна лінійка (рис. 2.5) застосовується для виміру кутів шаблонів конусів й інших інструментів і деталей.

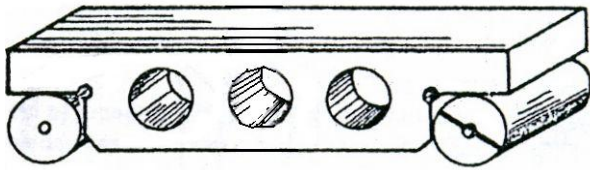


Рисунок 2.5 Синусна лінійка

Вона представляє собою, сталеву плиту з двома прикріпленими до неї циліндричними роликами однакового діаметра, розташованими на певній відстані один від одного (100 або 200 мм між осями роликів).

Помістивши на перевірочну плиту лінійку й підкладаючи під один з роликів блок кінцевих мір, можна встановити вимірювальну поверхню лінійки під заданим кутом до поверхні плити. При цьому користуються наступним співвідношенням:

$$\sin \alpha = h / L,$$

де α - кут установки лінійки; h - висота блоку кінцевих мір; L - відстань між осями роликів.

2.3 Порядок вимірювання конусності за допомогою синусної лінійки

1. Заданий інструментальний конус закріплюється на синусній лінійці. На вимірювальній поверхні синусної лінійки є ряд отворів з різьбленням, використовуваних для всіляких варіантів кріплення.

2. Визначаючи по номеру конуса відповідну конусність (табл. 2.1), знаходимо кут конуса 2α і по формулі $h=L \sin \alpha$ підраховуємо величину блоку плиток, яку варто підставити під один з роликів, щоб твірна конуса була паралельна перевірочній плиті (рис. 2.6).

3. На плиту поміщають будь-яку важільно-механічну головку із ціною ділення 0,001 мм, закріплену на штативі. Прилад встановлюється на нуль або на будь-яке інше ділення у крапці a , потім прилад переводиться по плиті й конус вимірюється в крапці b . Відстань від крапки до переднього торця повинна бути не менш 2 мм.

Відстань між крапками *a* й *б* вимірюється за допомогою вимірювальної лінійки.

Таблиця 2.1

Номер конуса Морзе	Кут конуса 2α	Відхилення, що допускається у інструментальних конусів (за ГОСТ 2848-75)	
		Нормальна конусність K	Граничне відхилення конусності ΔK
0	2°58'54"	0,05205	±0,0006
1	2°51'26"	0,04988	
2	2°51'41"	0,04995	
3	2°52'32"	0,05020	±0,0005
4	2°38'31"	0,05194	
5	3°00'53"	0,05263	±0,0004
6	2°59'12"	0,05214	±0,00035

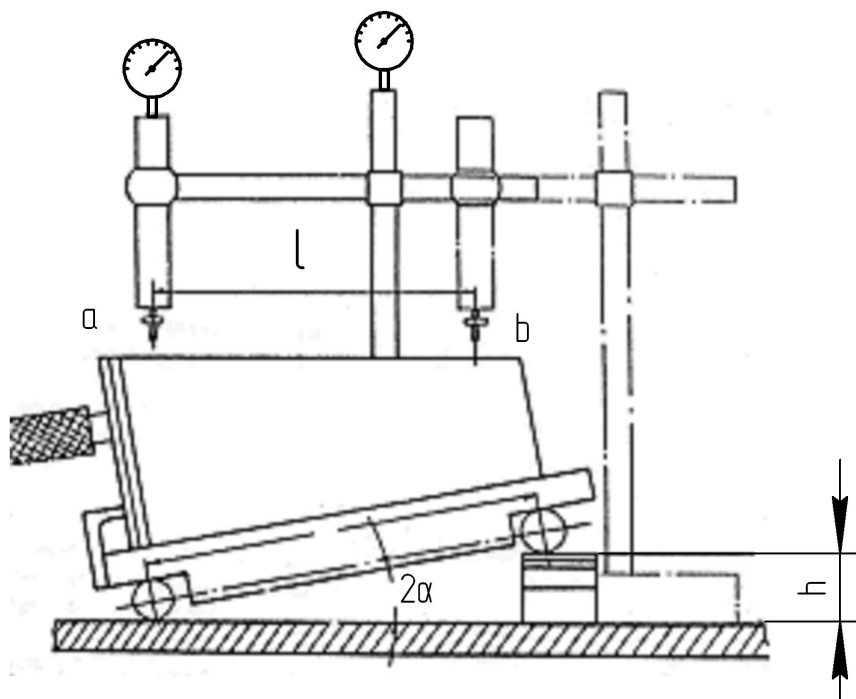


Рисунок 2.6 Схема вимірювання конусності

Різниця показань приладу n , віднесена до відстані l між крапками a і b , дає величину відхилення конусності:

$$\Delta K = n/l.$$

Відхилення кута конуса від його номінального розміру, виражене в кутовій мірі $\Delta 2\alpha$, підраховується по формулі:

$$\Delta 2\alpha = n / l \cdot 2 \cdot 10^5, \text{ с}$$

де $2 \cdot 10^5$ - коефіцієнт, що вводиться у формулу для перекладу радіан в секунди.

2.4 Вимір конусності двома кульками

Конусність внутрішніх конічних поверхонь визначається двома кульками непрямим методом виміру. Із цією метою в конічний отвір контрольованої деталі послідовно закладають дві атестовані кульки різних діаметрів і вимірюють H і h від прийнятої бази (рис. 2.7).

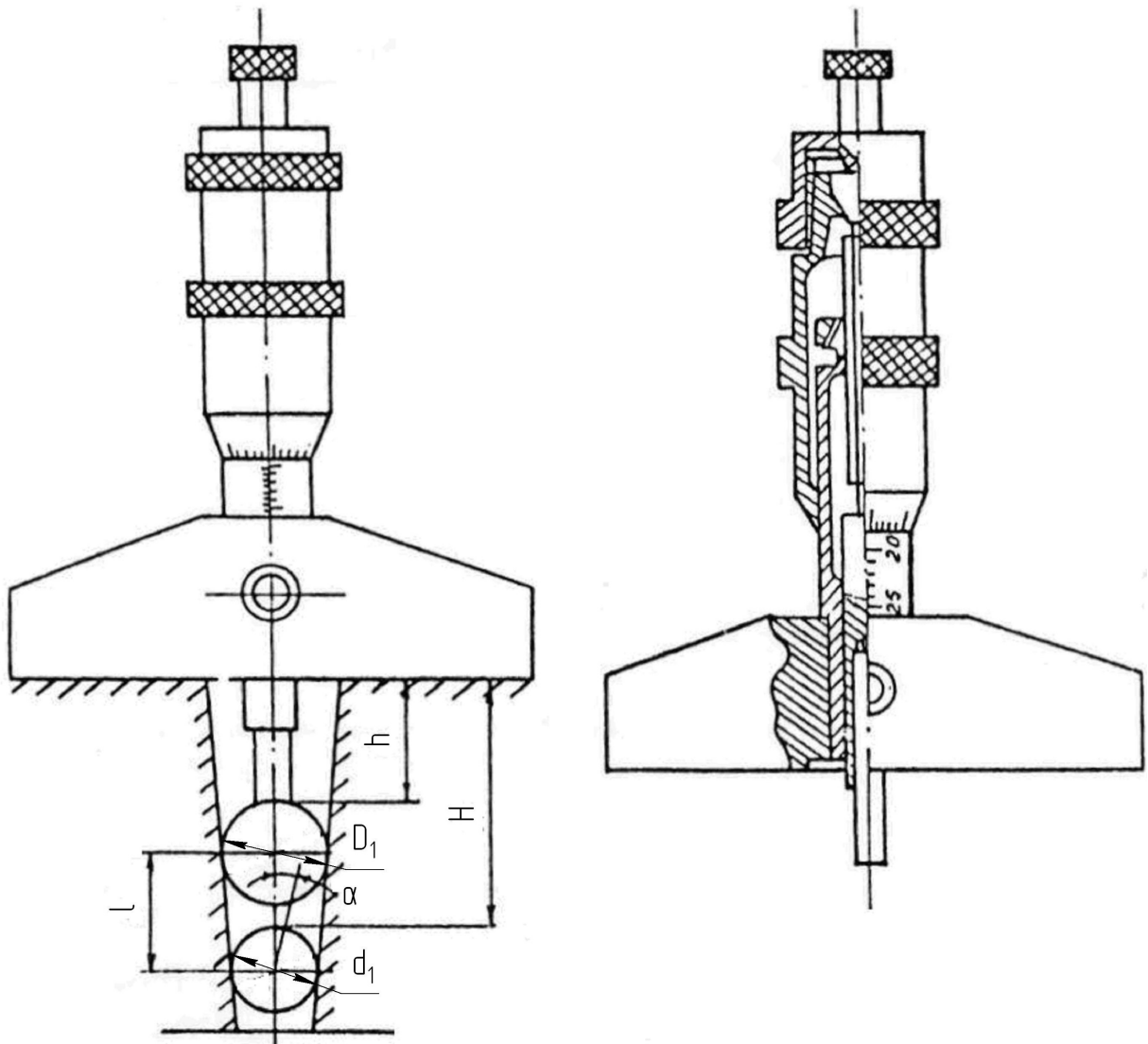


Рисунок 2.7 Схема вимірювання кута внутрішнього конуса за допомогою двох кульок

За результатами виміру H і h і розмірами кульок D_1 і d_1 , знаходять тангенс кута, утвореного конічною поверхнею:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D_1 - d_1}{2l},$$

де:

$$l = H - h - \frac{D_1 - d_1}{2}.$$

По синусу кута підраховують конусність:

$$K = 2 \operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} \approx \frac{2 \sin \alpha}{1 - 1/2 \sin^2 \alpha}.$$

Для виміру розмірів H и h у роботі використовується мікрометричний глибиномір.

2.5 Порядок вимірювання конусності двома кульками

1. Виміряти гладким мікрометром діаметри кульок.
2. Підібрати необхідний вимірювальний стержень до мікрометричного глибиноміра.
3. Встановити вертикально деталь, що перевіряється (див. рис. 2.7).
4. Опустити в отвір кульку меншого діаметра, виміряти мікрометричним глибиноміром відстань H .
5. Опустити кульку більшого діаметра, виміряти мікрометричним глибиноміром відстань h .
6. Вимірювання проводити не менш трьох разів.

2.6 Порядок виконання роботи

1. Виміряти кутовими мірами кути шаблона.
2. Ознайомитися із пристроєм кутомірів, визначити ціну ділення ноніуса.
3. Виміряти внутрішні й зовнішні кути шаблона кутомірами. Зробити ескіз шаблона й проставити дійсні значення кутів.
4. Ознайомитися із пристроєм синусної лінійки й методами контролю конусів.

5. Виміряти конусність за допомогою синусної лінійки.
6. Зрівняти отримане значення погрішності конусності із граничними відхиленнями конусності й дати висновок про придатність.
7. Ознайомитися з методикою розрахунку конусності внутрішніх конічних поверхонь двома кульками. Провести виміри величин H и h і розрахувати конусність деталі, що перевіряється.

Запитання для самопідготовки

1. Які методи вимірювання кутів і конусів використані в лабораторній роботі?
2. Як вимірюють плоский кут кутовими мірами?
3. Розкажіть принцип дії універсального кутоміра?
4. Як вимірюється конусність за допомогою синусної лінійки?
5. Як визначається конусність внутрішніх поверхонь?

Лабораторна робота № 2

ВИМІР КУТІВ І КОНУСІВ

Завдання 1. Вимірювання кутів кутовими мірами та універсальним кутоміром. Ескіз вимірюваного шаблону

Завдання 2. Вимірювання конусності за допомогою синусної лінійки і двох кульок.

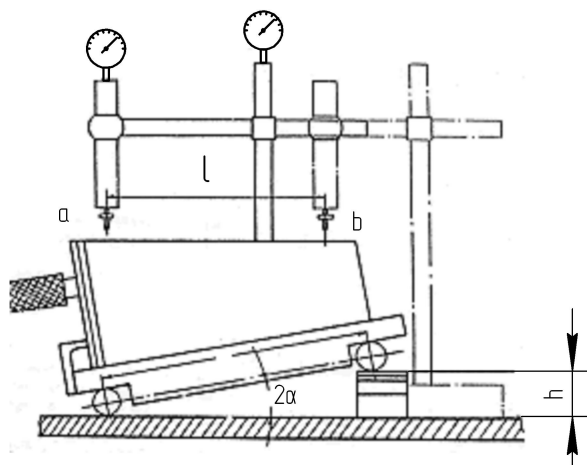


Схема вимірювання конусності за допомогою синусної лінійки і двох кульок

Таблиця. Результати вимірювань

Показання індикатора в крапках		Різниця показань, n мм	$l_1, \text{мм}$	$\Delta K_{\partial} = \frac{h}{l}$	
а	б				
Показання мікрометричного глибиноміра, мм		$K = \frac{2 \sin \alpha}{1 - 0,5 \sin^2 \alpha} =$ $\alpha =$			
Вимірювання	H				h
1					
2					
3					
Середнє					

Висновок:

Дата

Роботу виконав:

Роботу прийняв:

Лабораторна робота № 3

ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ВІДНОСНИМ МЕТОДОМ

Мета роботи - ознайомитись з вимірювальними приладами й інструментами, які використовуються для визначення лінійних розмірів відносним методом.

Зміст роботи:

- вивчити принцип дії вимірювальних приладів;
- по заданому номінальному розміру набрати блок кінцевих мір;
- настроїти прилади;
- зробити виміри заданого розміру на вказаних приладах і визначити дійсний розмір;
- оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: набір плоскопаралельних кінцевих мір довжини, мінометр, індикатор годинного типу, микроратор, деталь.

3.1 Короткі теоретичні відомості

Відносним методом виміру називають такий метод, при якому за допомогою вимірювального приладу визначається різниця між номінальним розміром деталі і дійсним її значенням, тобто прилад показує не дійсний розмір деталі, а відхилення від номінального розміру. Щоб визначити дійсний розмір деталі до відомого розміру міри додають або віднімають від нього відхилення залежно від напрямку зміщення стрілки від нульового штриха.

Для виміру відносним методом необхідно насамперед настроїти прилад на нуль за заданим номінальним розміром. Для настроювання приладу застосовуються плоскопаралельні кінцеві міри довжини.

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини (ГОСТ 9038-90), або плитки (рис. 3,1, а), являють собою сталеві загартовані паралелепіпеди, у яких дві протилежні вимірювальні грані розташовані на винятково точній відстані L і оброблені з найменшою можливою шорсткістю, погрішністю форми й відхиленням від паралельності.

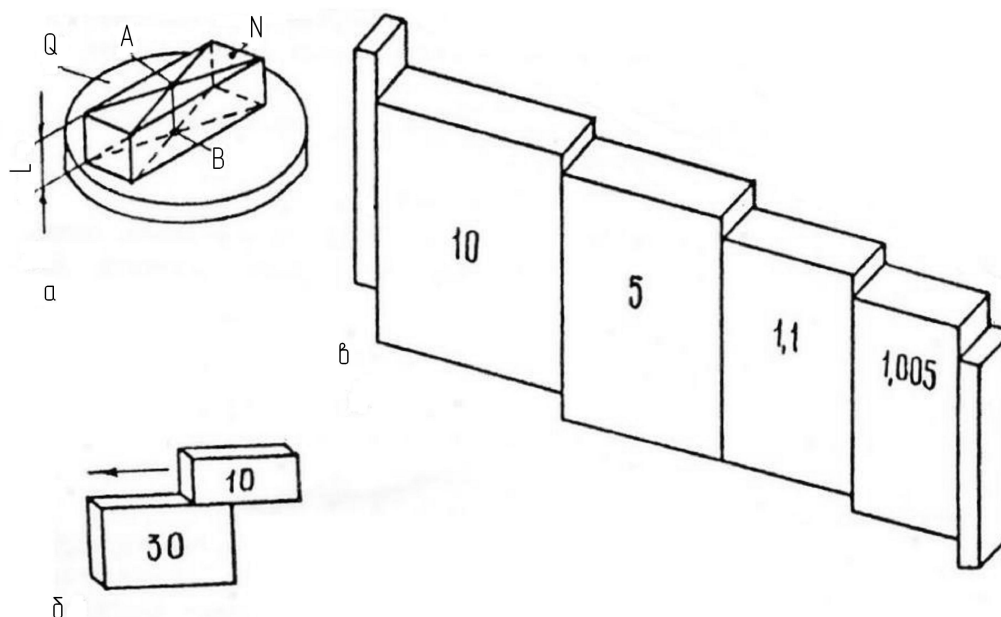


Рисунок 3.1 Набір плоскопаралельних кінцевих мір

Випускають набори з 112, 83, 38 і менш плиток з різними вимірювальними розмірами.

Для одержання заданих розмірів із плиток складають блоки шляхом взаємного притирання декількох (не більше чотирьох) плиток.

Процес притирання плиток зображений на (рис, 3.1, в). Добра притираємість плиток пояснюється силами молекулярного зчеплення, що виникають завдяки високій чистоті обробки й покриттю вимірювальних площин найтоншої (не більше 0,2 мкм) плівкою мастила. Притерті плитки настільки надійно зчіплюються, що роз'єднати їх можна тільки за допомогою зрущуючих, а не розтягуючих зусиль.

Блоки складають за певним правилом. Розглянемо його на прикладі складання блоку за розміром 17,105 мм (рис. 3.1, б). Перша плитка завжди повинна містити останню цифру заданого розміру. Вибираємо першу плитку з мікронного набору з розміром 1,005 мм. Потім, віднімаючи з розміру 17,105 розмір 1,005, одержуємо залишок 16,1 мм. Другу плитку вибираємо з основного набору також зі значенням останньої цифри попереднього залишку, тобто 1,1 мм. Наступний залишок дорівнює 15 мм. Тому третя й четверта плитки повинні мати розміри 5 і 10 мм.

До механічних вимірювальних приладів відносяться прилади з важільною, зубчастою, важільно-зубчастою, важільно-гвинтовою й пружинною передачами, що служать для збільшення переміщення вимірювального стержня приладу до величини, що може бути відличена по шкалі приладу.

Мініметр

Мініметри закріплюються у нормальній стійці або універсальному штативі (рис. 3.2,а), що дозволяє встановлювати мініметр на різній висоті й під різними кутами, по відношенню до площини, по якій переміщається штатив. До мініметра надаються три стандартних вимірювальних наконечники: ножевидний, плоский і сферичний. Ножевидний наконечник застосовується для виміру циліндричних деталей діаметром не менш 10 мм, а плоский - діаметром до 10 мм. Сферичний наконечник застосовують для виміру плоских деталей. З кінематичної схеми мініметра (рис. 3.2, б) видно, що принцип дії його заснований на використанні нерівноплечого важеля, малим плечем якого є відстань між ножовими опорами "а", а великим - стрілка.

Мініметри випускають із ціною ділення шкали 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 і 10 мкм.

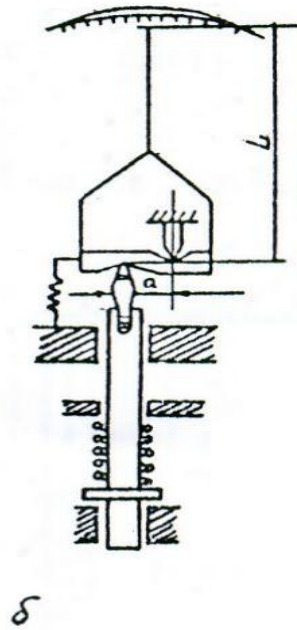
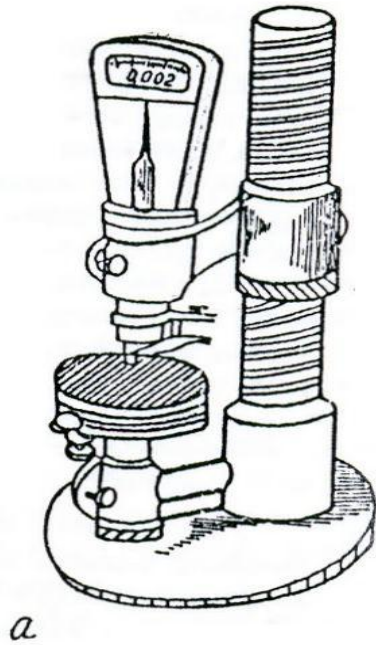
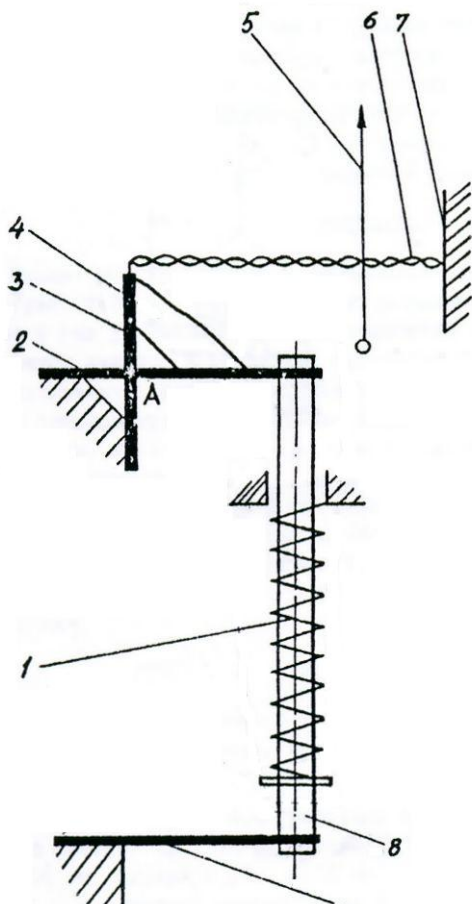


Рисунок 3.2
Зовнішній вид і
схема мікрометра

тор

Мікрока-

У конструкціях важільно-механічних приладів іноді використовують як важелі плоскі пружини. Передача в приладі здійснюється без тертя за допомогою скрученої металевої стрічки.



Мікрокатор (рис. 3.3) працює на основі використання пружних властивостей плоскої скрученої стрічки. Товщина бронзової стрічки 0,004... ..0,006 мм, ширина 0,15...0,30 мм. Ця плоска стрічка 6, скручена від середини в різних напрямках (правий і лівий гвинт) прикріплений з однієї сторони до нерухомого кронштейна 7, а з іншої до угольника 4, що може погойдуватися навколо крапки *A* на двох плоских пружинах 2 і 3. У середній час-

тині стрічки прикріплена тонка скляна стрілка. Вимірювальний стержень 8 підвішений у корпусі приладу на двох плоских пружинах 2,9 і здійснює поступальний рух. При цьому переміщення вимірювального стержня відбувається поворот угольника й розтягування стрічки. При розтяганні вона розкручується, що й викликає поворот стрілки навколо вісі стрічки. Вимірювальне зусилля створюється пружиною 1.

Так само як і мінометр, мікрокатор закріплюється в стійці або штативі.

Індикатор годинного типу

Індикатори можна розділити на два типи: індикатори годинного типу (із зубчастою передачею) і важільно-зубчасті. Механізм передачі індикатора годинного типу (рис. 3.4) складається із зубчастих пар. На вимірювальному стержні 1 головки нарізана зубчаста рейка, що перебуває в зачепленні із зубчастим колесом 2. Обернено-поступальне переміщення вимірювального стержня перетворюється в круговий рух стрілки 3 за допомогою зубчастих коліс 2, 4 і 5. Усунення зазору в зубчастих колесах забезпечує спіральна пружина 7, один кінець якої закріплений на зубчастому колесі 6, а іншої - у корпусі індикатора. Індикатор має дві шкали: більшу (для відліку часток міліметра) і меншу (для відліку цілих міліметрів). Один оберт стрілки 3 відповідає переміщенню вимірювального стержня на 0,5 мм. Більша шкала має 50 ділень, ціна ділення індикатора 0,01 мм.

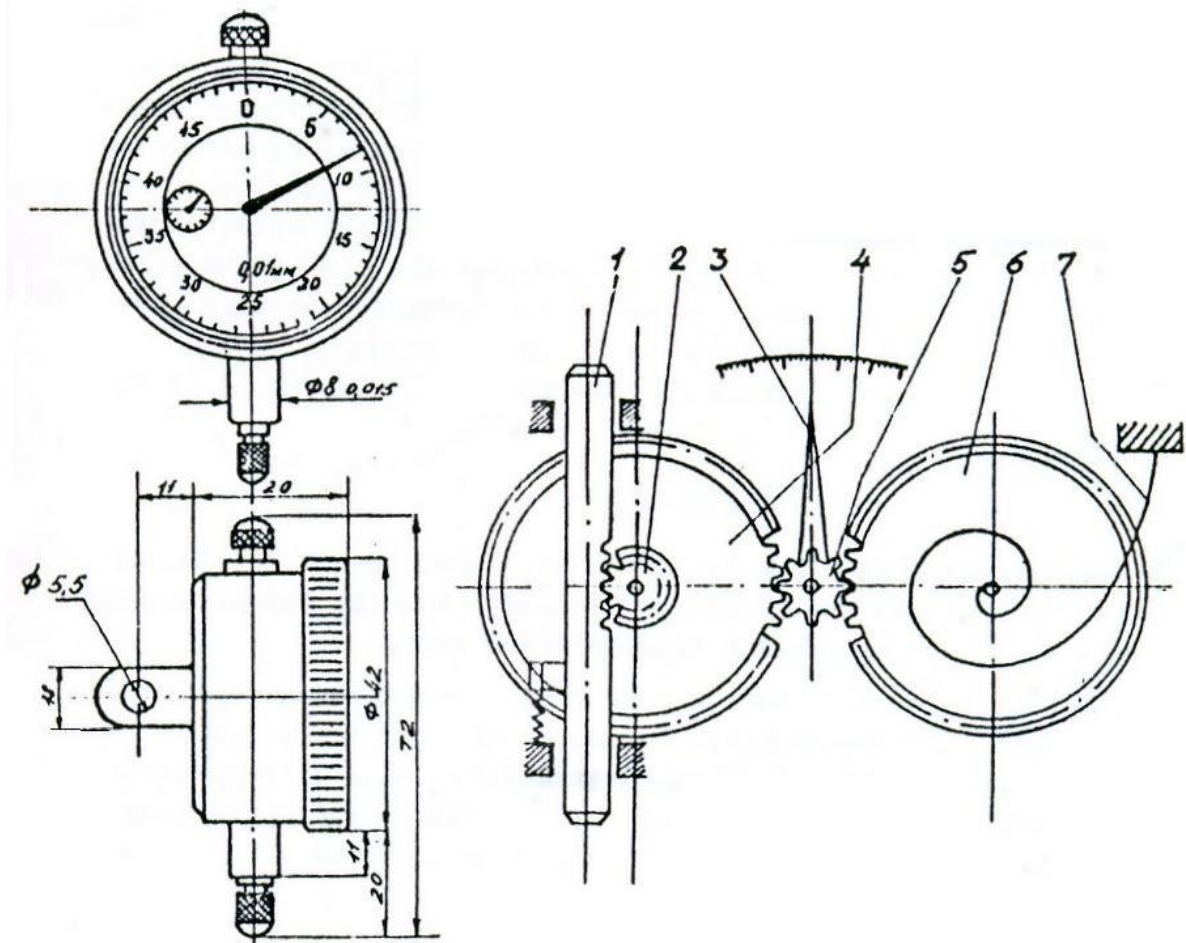


Рисунок 3.4 Індикатор годинного типу

При вимірі відносним методом вимірювальний наконечник приладу упирається у поверхню настановної міри. Якщо індикатор має покажчик поворотів, то його підводять так, щоб перед установкою шкали на нуль більша стрілка зробила 1-2 оберти. Таким чином, індикатору дається "натяг", щоб у процесі вимірів він міг показувати як негативні, так і позитивні відхилення від вихідного положення.

Індикатори годинного типу випускають двох класів точності (0 і 1) у двох модифікаціях: індикатори типу *НЧ* із переміщенням вимірювального стержня паралельно шкалі й індикатори типу *ІТ* з переміщенням вимірювального стержня перпендикулярно до шкали. Перші мають діапазон вимірювання 0...2, 0...5, 0...10 мм, а другі 0...2 мм. Випускають також індикатори годинного типу із цифровим (електронним) відліком.

3.2 Порядок виконання роботи

1. Відповідно до номінального розміру контрольованої деталі набрати блок кінцевих мір.

2. По блоку кінцевих мір настроїти прилад на нуль, для чого встановити блок (рис. 3.5) на столик 6 приладу. Відпустити гвинт 2. Плавним переміщенням кронштейна 1 по колоні за допомогою маховичка 3 установити мікрокатор 4 (або міліметр, або індикатор), так,

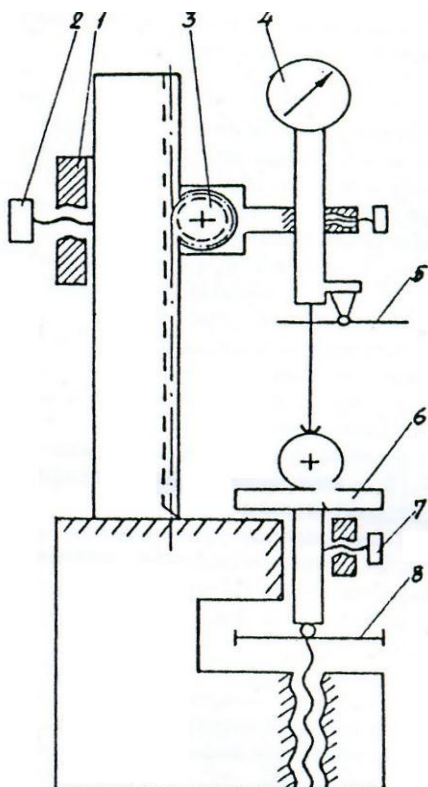


Рисунок 3.5 Схема вимірювання мініметром

щоб між вимірювальним наконечником і площиною міри залишився зазор 0,5...1 мм і закріпити кронштейн на стійці стопорним гвинтом.

Відпустити стопорний гвинт 7 столика і обертанням мікрогвинта 8 підняти столик доти, поки стрілка приладу не поєднається з нульовим штрихом шкали, після чого закріпити столик. Якщо стрілка приладу не збігається з нульовим штрихом, то поворотом шкали гвинтом, розташованим із правої сторони мікрокатора, можна домогтися цього збігу.

Перевірити стабільність установки, для чого кілька разів нажати й відпустити аретир 5. Якщо стрілка приладу зміститься із встановленого положення, необхідно перевірити кріплення стопорних гвинтів і знову встановити шкалу на нуль.

Нажати на аретир і зняти блок кінцевих мір зі столика.

3. Виміряти деталь, для чого встановити її на столик під вимірювальний наконечник.

Для визначення діаметра деталі, її необхідно переміщати по столику приладу. Відлік по шкалі приладу робити в момент, що відповідає максимальному

показанню. При відліку звернути увагу на знак відхилення. Вимірювати деталь треба не менш трьох разів.

3.3 Вертикальний оптиметр

Оптиметр - оптико-механічний прилад. Його робота заснована на принципі оптичного важеля і явища автоколімації. Автоколімаційними називають системи, що проектують зображення шкали за допомогою дзеркала в площину самої шкали.

Основна частина приладу - оптична трубка 1 (рис. 3.6). Принципова схема пристрою трубки оптиметра показана на рис. 3.7, а.

Пучок променів від джерела світла A , розташованого поза приладом, дзеркалом B направляється в щілину, що перебуває в корпусі трубки, переломлюється в тригранній призмі 1 і проходить через шкалу, нанесену на прозорій пластині 2, що перебуває у фокальній площині об'єктива 3. Головна оптична вісь об'єктива проходить через центри перетинів пластини 2 і дзеркала 5. Шкала на пластині 2 нанесена на відстані b від головної оптичної вісі. На схемі суцільною лінією показаний хід одного із променів пучка.

Пучок променів, що розходитьсь входить у призму 4 повного внутрішнього відзеркалення й, відбившись від її під кутом 90° , попадає в об'єктив 3. Об'єктив перетворює розбіжний пучок променів у пучок паралельних променів, що падають на дзеркало 5.

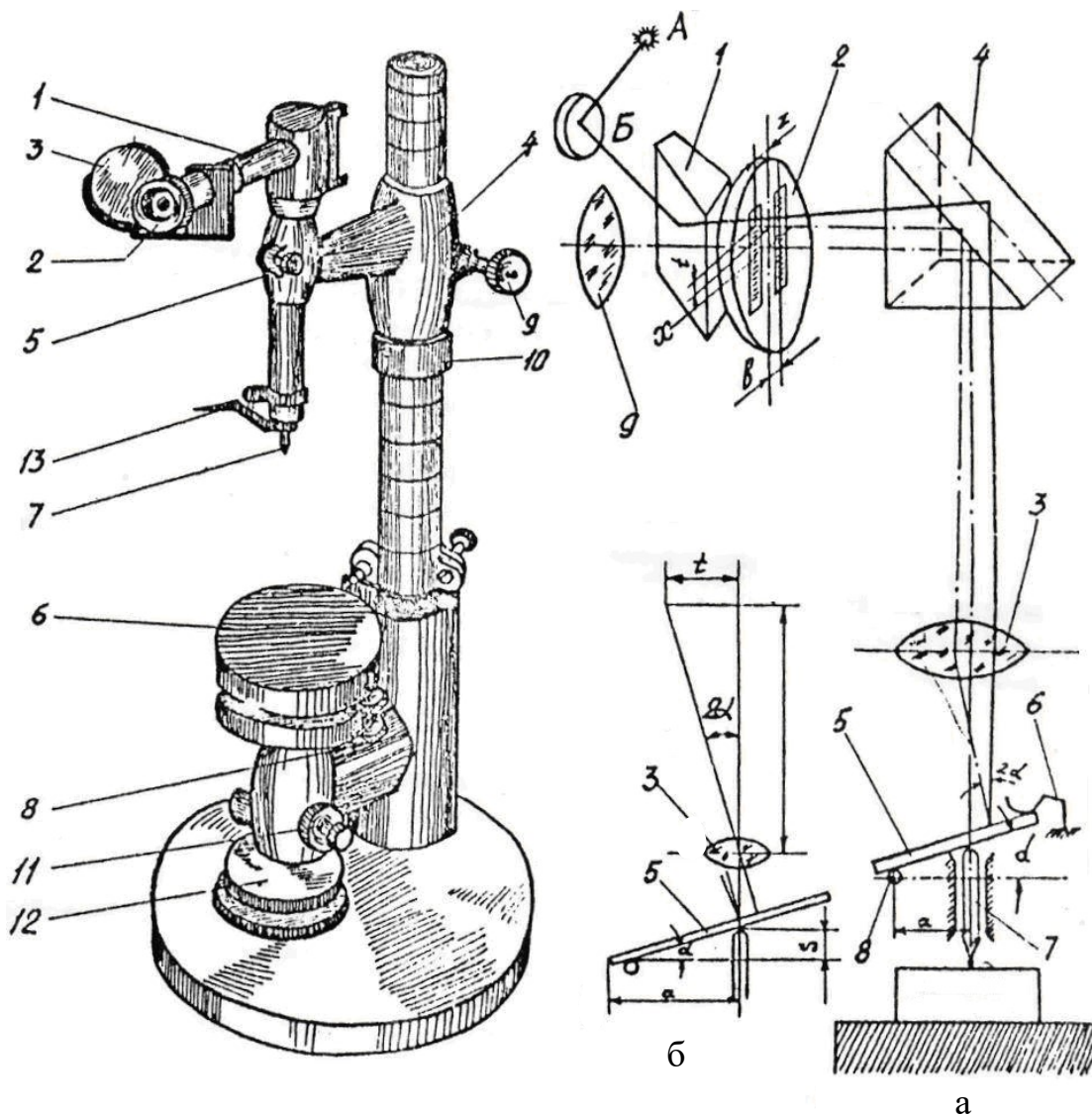


Рисунок 3.6 Вертикальний оптиметр

Рисунок 3.7 Принципова побудова оптиметра

Дзеркало 5 притискається пружиною 6 до вимірювального стержня 7 приладу. При вимірі деталі стержень 7, зміщаючись, повертає дзеркало навколо вісі, що проходить через центр кульки 8, на який-небудь кут α .

Таким чином, пучок паралельних променів падає на дзеркало під кутом α , до перпендикуляра, поставленому до площини дзеркала, в точці падіння променя. Отже, кут між падаючими й відбитим променями буде дорівнювати 2α . Хід одного із променів відбитого пучка показаний пунктиром.

Відбитий пучок паралельних променів, проходячи через об'єktiv, перетворюється в пучок променів, що сходиться у фокальній площині об'єктива і дає зображення шкали.

Зображення шкали на пластині 2 буде зміщено щодо самої шкали як по вісі Z , так і по вісі X . По вісі X зображення шкали буде зміщено на постійну величину b , рівну зсуву шкали щодо головної оптичної вісі об'єктива. Цей зсув дає можливість спостерігати в окуляр зображення шкали окремо від самої шкали. При спостереженні в окуляр зображення шкали буде переміщатися в правій частині пластини 2. Ліва ж частина пластини з боку, зверненої до спостерігача, заекранівана.

Прилад настраюється на нуль по блоку з кінцевих мір. Після видалення блоку кінцевих мір і заміни його вимірюваним об'єктом, зображення шкали, спостережуване в окуляр, зміщається по вісі Z . Величина зсуву t відповідає різниці розмірів об'єкта, що перевіряється, і настановної міри.

Зсув шкали по вісі Z , тобто t , буде вимірятися при зміні кута α , тобто при зміні розміру деталі.

Співвідношення між зсувом вимірювального стержня 5 і зсувом t зображення шкали по відношенню до нерухомого покажчика знаходимо зі спрощеної схеми ходу променів, зображеної на рис. 3.7, б.

У вертикальних оптиметрів (див. рис. 3.6) оптиметрова трубка 1 за допомогою кронштейна 4 кріпиться на стійці, а сам кронштейн опирається на кільце 10, яке наварене на різьблення стійки.

Обертанням кільця кронштейн з оптиметром можна грубо встановлювати щодо столика 6 і стопорити гвинтом 9.

Для точної установки столик переміщається у вертикальному напрямку гайкою 12 і кріпиться гвинтом 11.

Для установки площини столика перпендикулярно до вісі вимірювального стержня служать два гвинти 8, розташовані нижче столика.

Діапазон вимірювання вертикальним оптиметром 0...250 мм. Границя виміру по шкалі приладу ± 100 мкм, ціна ділення шкали 1 мкм, припустима погрішність оптиметра в середньому $\pm 0,5$ мкм. Спостереження шкали здійснюється через окуляр 2, підсвічування шкали регулюється дзеркалом 3.

3.4 Порядок виміру деталі на вертикальному оптиметрі

1. Набрати блок кінцевих мір для заданого номінального розміру.

2. Налаштувати оптиметр по блоку кінцевих мір на нуль. Установити блок на столик оптиметра 6 (див. рис. 3.6) і, переконавшись, що кронштейн 4 опирається на кільце 10, відвернути гвинт 9. Обертаючи кільце 10, перемістити кронштейн 4 разом з оптиметровою трубкою так, щоб між вимірювальним наконечником і площиною міри залишився зазор 0,5...1 мм; закріпити кронштейн на стійці стопорним гвинтом 9. Звільнити гвинт 8 столика й, спостерігаючи за показанням оптиметра, обертати гвинт по годинній стрілці доти, поки нульовий штрих шкали не збіжиться з нерухомим штрихом. Закріпити стіл гвинтом 11. Перевірити стабільність установки, для чого кілька разів нажати й відпустити аретир 13. Якщо при цьому показання оптиметра зміниться більш ніж на 0,2мм, зробити повторне налаштування. Нажати на аретир і зняти блок мір зі столика.

3. Виміряти деталь, для чого нажати на аретир, установити її на столик під вимірювальний наконечник 7. Зробити відлік по шкалі приладу.

Для визначення діаметра деталі, її необхідно переміщати по столику приладу. Відлік по шкалі приладу робити в момент, що відповідає максимальному показанню. При відліку звернути увагу на знак відхилення. Вимірювати деталь треба не менш трьох разів

Запитання для самопідготовки

1. Який метод вимірювання використаний в лабораторній роботі?
2. За якими правилами складається блок із плоскопаралельних кінцевих мір довжини?
3. Розкажіть про принцип дії мініметра.
4. В яких випадках використовуються мікрокатори?
5. Як побудован індикатор годинного типу?
6. Що таке автоколімація?
7. Розкажіть про принцип роботи вертикального оптиметра.

Лабораторна робота № 3

ВИМІР ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ВІДНОСНИМ МЕТОДОМ

Завдання 1. Ознайомитись з будовою приладів і виконати ескіз деталі

Таблиця. Технічні характеристики приладів

№	Назва	Тип	Діапазон вимірювання, мм	Точність відліку, мм
1				
2				
3				
4				

Завдання 2. Вимірювання деталі різними приладами

Таблиця. Результати вимірювань

№ п/п	Назва приладу	Точність відліку, мм	Розмір d_1 , мм		Розмір d_2 , мм	
			Показання приладу	Дійсний розмір	Показання приладу	Дійсний розмір
1	Індикатор годинного типу					
2	Мініметр					
3	Мікрокатор					
4	Мікрометр з електронним відліком					

Висновок:

Дата

Роботу виконав:
Роботу прийняв:

Лабораторна робота № 4

ВИМІР РАДІАЛЬНОГО, ТОРЦЕВОГО БИТТЯ І ПОХИБКИ ФОРМИ ВАЛА

Мета роботи - ознайомитись з методами, засобами і технікою контролю параметрів форми і розміщення.

Зміст роботи:

- виміряти радіальне і торцеве биття щодо вісі центрів, загальної вісі, вісі базової шийки;
- виміряти відхилення від круглості, овальності і огранки;
- оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: прилад для перевірки виробів на биття ПБ-250, призма широка, дві призми вузькі, штангенциркуль, гладкий мікрометр, індикатор годинного типу, деталі.

4.1 Короткі теоретичні відомості

Основні терміни й визначення, що відносяться до відхилень і допусків форми й розміщення поверхонь деталей машин і приладів, установлює ГОСТ 24642-81.

Допуск форми - найбільше значення відхилення форми, що допускається, допуск розміщення - межа, що обмежує значення відхилення розміщення, що допускається.

Радіальним биттям (рис, 4.1, а) називається різниця між найбільшою й найменшою відстанню від крапок реальної поверхні до базової вісі обертання в перетині, перпендикулярному до цієї вісі.

Радіальне биття є результатом зсуву центра (ексцентриситету) даного перетину щодо вісі обертання (ексцентриситет викликає вдвічі більше по величині радіальне биття).

Повне радіальне биття циліндричної поверхні з'являється в результаті відхилень поверхні, від циліндричності й співвісності з базовою віссю.

Торцевим биттям (рис. 4.1, б) називається різниця найбільшої й най-

меншої відстаней від крапок реальної торцевої поверхні, розташованих на окружності заданого діаметра, до площини, перпендикулярної до базової вісі обертання. Якщо діаметр не заданий, торцеве биття визначається на найбільшому діаметрі торцевої поверхні.

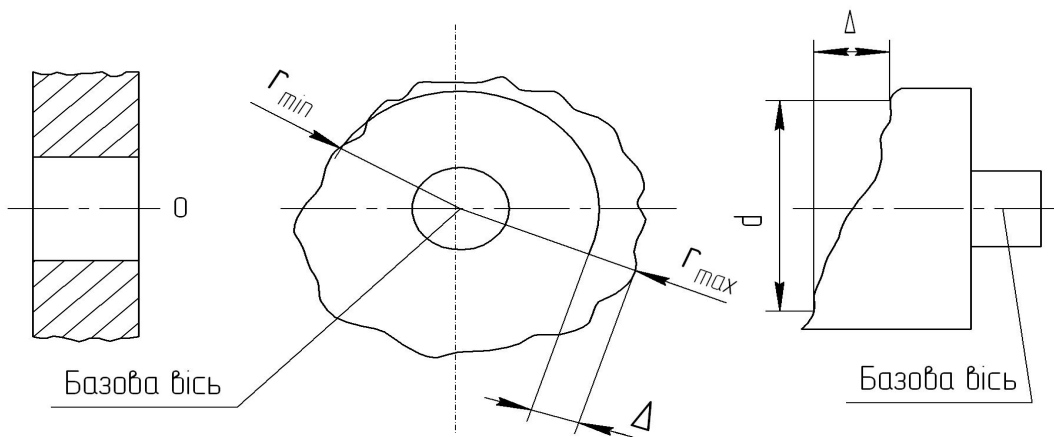


Рисунок 4.1 Радіальне і торцеве биття

Повне торцеве биття визначається аналогічно, але в межах осей торцевої поверхні.

Відхилення форми в загальному випадку характеризуються найбільшою відстанню між реальним і прилягаючим геометричним профілями. У поперечному перерізі вала звичайно розглядають відхилення від круглості як комплексний показник, як приватні показники - овальність і огранка.

Відхиленням від круглості (рис. 4.2, а) називається найбільша відстань від точок реального профілю до ідеального прилеглого кола.

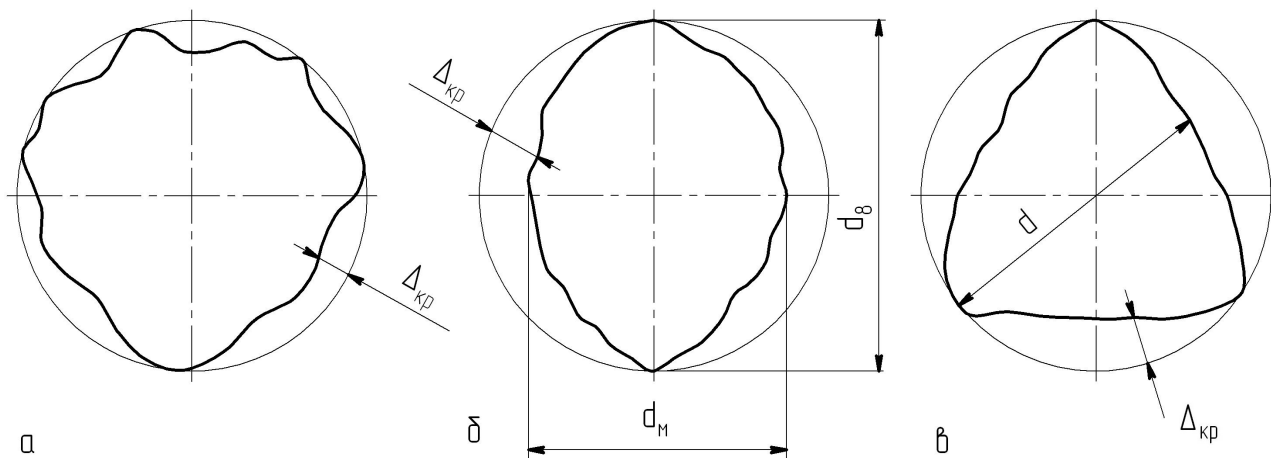


Рисунок 4.2 Відхилення від круглості

Про поперечну похибку форми можна судити, якщо визначити елементарні похибки відхилення від круглості - овальність і огранку.

Овальністю (рис. 4.2, б) називається відхилення, при якому реальний профіль являє собою овальну фігуру. За величину овальності приймається різниця між найбільшим і найменшим діаметрами перетину, тобто подвоєна величина відхилення від круглості. Очевидно, що величину овальності можна визначити, якщо базувати циліндр на площину і при обертанні деталі визначити різницю найбільшого й найменшого показань індикатора, встановленого перпендикулярно до площини.

Огранкою (рис. 4.2, в) називається відхилення, при якому реальний профіль являє собою багатогранну фігуру з непарним числом граней. Величину огранки можна визначити, якщо базувати циліндр на призму і при обертанні циліндра визначити різницю показань індикатора, встановленого по направляючим бісектриси кута. Так, при куті призми 90° показання індикатора будуть дорівнюють подвоєній величині похибки форми профілю.

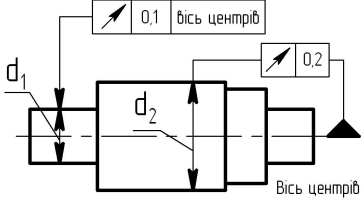
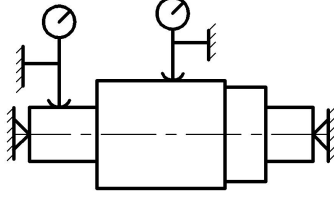
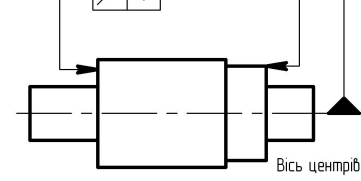
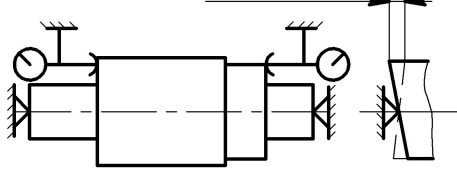
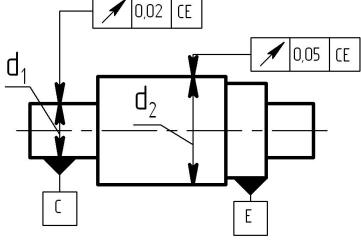
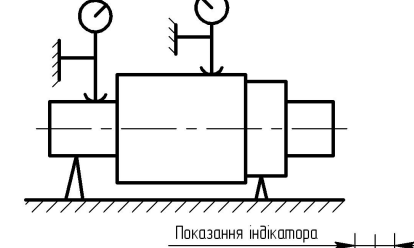
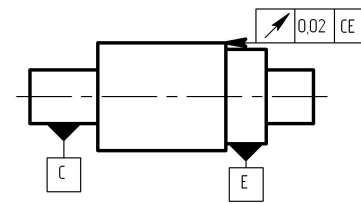
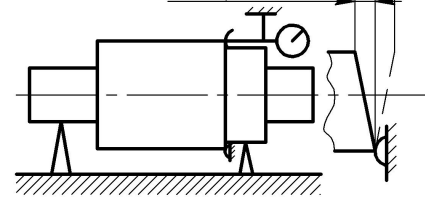
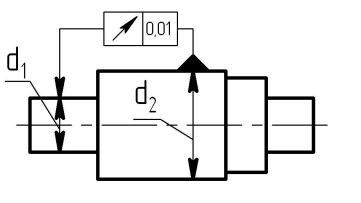
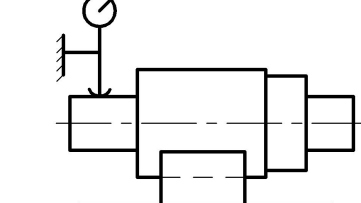
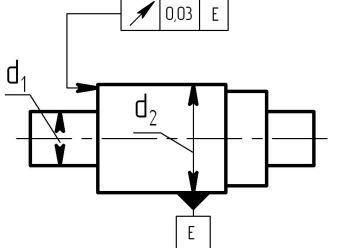
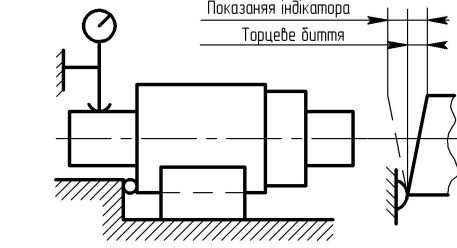
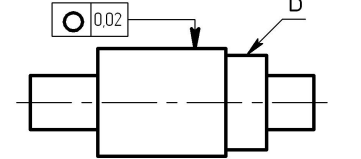
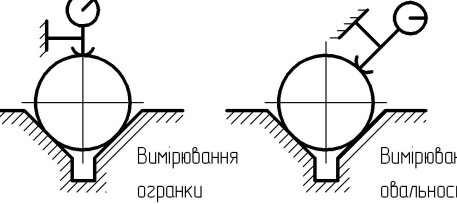
Таким чином, похибки взаємного розміщення і погрішності форми, повинні задаватися конструктором й контролюватися від баз (база - сукупність поверхонь, ліній і крапок, стосовно яких визначається розміщення поверхні, що розглядається).

Очевидно, що контроль биття необхідно проводити щодо тих поверхонь, якими деталь базується в механізмі.

Базовими поверхнями у валів можуть бути:

- одна циліндрична поверхня (табл. 4.1, п. 5, 6) - консольний вал, у цьому випадку биття всіх інших циліндричних і торцевих поверхонь повинні визначатися при установці деталі на призму даною базовою поверхнею;

- дві циліндричні поверхні (табл. 4.1, п. 3, 4) - двохопорний вал, у цьому випадку биття всіх інших поверхонь повинні задаватися і контролюватися відносно так званої загальної вісі, що проходить через середини осей двох базових поверхонь. У цьому випадку при контролі биття вал повинен установлюватися на дві вузькі призми серединами базових шийок.

№ п/п	Вимірюваний параметр	Приклад визначення по ГОСТ 2.308-79	Схема вимірювання
1	2	3	4
1	Радіальне біття відносно вісі центрів		
2	Торцеве біття відносно вісі центрів		
3	Радіальне біття відносно загальної вісі		
4	Торцеве біття щодо загальної вісі		
5	Радіальне біття щодо базової шийки		
6	Торцеве біття щодо базової шийки		
7	Відхилення від круглості овальність, огранка	 <p>Овальність поверхні Б не більш 0,03</p>	 <p>Вимірювання огранки Вимірювання овальності</p>

На практиці ж конструктори й контролери досить часто відходять від цих принципово правильних схем, а задають і контролюють биття щодо центрових отворів (табл. 4.1, п. 1, 2).

Центрові отвори є допоміжною базою і такий метод контролю виправданий тільки на операціях попередньої обробки.

У даній роботі розглядаються окремі прийоми контролю форми поверхні, радіального і торцевого биття на спеціальному приладу (рис. 4.3).

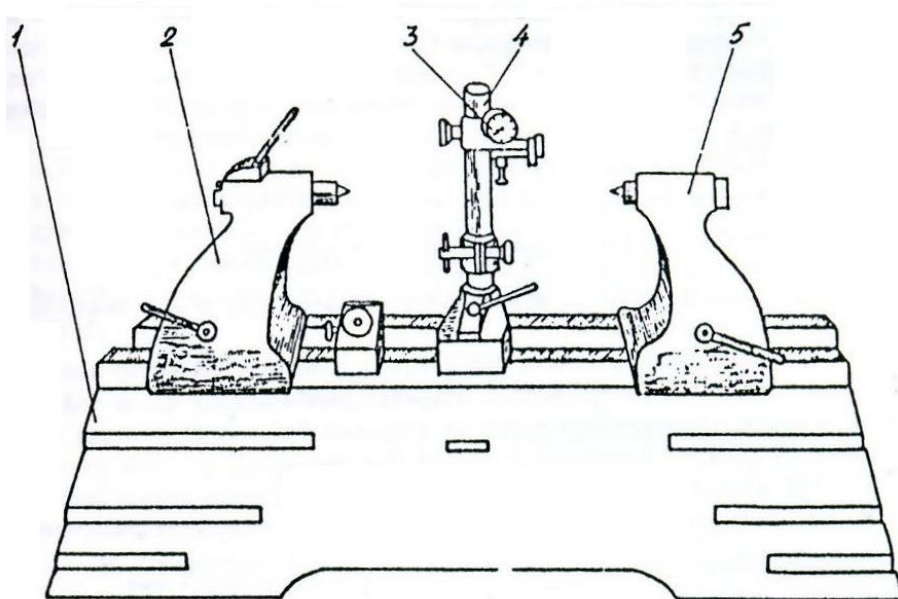


Рисунок 4.3
Прилад для перевірки виробів на биття ПБ-250

На станині 1 установлені дві бабки із центрами 2 і 5, які переміщуються й закріплюються в потрібному положенні. На тій же станині укріплена стійка 4 з індикатором 3, яким вимірюють биття і похибки форми. Крім центрів, на станині можуть встановлюватися різні призми: широка - для контролю похибки форми і перевірки биття розглянутої поверхні щодо базової, а також дві вузькі - для контролю биття щодо загальної вісі. При контролі торцевого биття на стійці індикатора закріплюється регульований упор [2].

4.2 Порядок виконання роботи

Радіальне биття відносно вісі центрів

Визначити радіальне биття поверхонь всіх шийок вала щодо базової вісі центрових отворів (див. табл. 4.1), для чого:

1) встановити деталь у центрах 2 і 5 (див. рис. 4.3), закріпити бабки в потрібному положенні затисками;

2) розташувати вимірювальний наконечник індикатора приблизно по вісі деталі над контрольованою шийкою й домогтися натягу близько 0,5 мм;

3) повільно обертаючи деталь у центрах, визначити радіальне биття контрольованої шийки, як різницю найбільшого й найменшого показань індикатора за один або кілька обертів деталі, повторити вимірювання в різних місцях по довжині шийки, вибрати найбільший результат і занести його в таблицю звіту;

4) повторити пп. 2 і 3 при контролі інших шийок. За результатами вимірів знайти ступінь точності деталі по контрольованому параметру (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Інтервали номінальних розмірів, мм		Ступінь точності										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		Допуск радіального биття, мкм										
До 3		0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	
Понад 3	до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	
	10	18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
	18	30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
	30	50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
	50	120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160

Торцеве биття відносно вісі

Визначити торцеве биття щодо базової вісі центрових отворів, для чого:

1) встановити деталь у центрах, розташувати індикатор таким чином, щоб його вимірювальний стержень розташовувався уздовж вісі деталі й торкався вимірюваного торця на можливо більшій відстані від вісі. Домогтися натягу індикатора приблизно 0,5 мм;

2) повільно обертаючи деталь у центрах, визначити торцеве биття контрольованої поверхні, як різницю найбільшого й найменшого показань індикатора за один або кілька обертів деталі, повторити вимірювання в різних місцях площини, вибрати найбільший результат і занести його в таблицю звіту;

3) повторити п. 2 при контролі іншої торцевої поверхні. За результатами вимірів знайти ступінь точності деталі по контрольованому параметру (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Інтервали номінальних розмірів, мм		Ступінь точності											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
		Допуск торцевого биття, мкм											
До 10		0,4	0,6	1	1,6	2,6	4	6	10	16	25		
Понад 10 до 16		0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30		
	16	25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	
	25	40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	
	40	63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	
	63	100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	

Радіальне биття відносно загальної вісі

Визначити радіальне биття всіх шийок вала щодо загальної вісі базових шийок, для чого:

1) встановити на направляючих приладу дві вузькі призми, на які встановити базові шейки вала так, щоб призми торкалися шийок приблизно в середній частині, призми закріпити;

2) розташувати вимірювальний наконечник індикатора приблизно по вісі деталі над контрольованою шийкою й домогтися натягу близько 0,5 мм;

3) повільно обертаючи деталь на призмах, визначити радіальне биття контрольованої шийки. Повторити вимір у різних місцях по довжині шийки; вибрати найбільший результат і занести його в таблицю звіту;

4) повторити пп. 2, 3 при контролі інших шийок. За результатами вимірів знайти ступінь точності деталі по контрольованому параметру (табл. 4.2).

Торцеве биття щодо загальної вісі

Для визначення торцевого биття щодо загальної вісі необхідно:

1) установити деталь базовими шийками на призми;

2) перемістити призми з валиком так, щоб стійка з індикатором виявилася в районі контрольованого торця й закріпити; на стійці індикатора перемістити упор так, щоб кулька упору торкалась контрольованого торця знизу й у цьому положенні закріпити;

3) розташувати індикатор так, щоб вимірювальний стержень був спрямований уздовж вісі деталі, а вимірювальний наконечник торкався вимірювального торця деталі в діаметрально протилежній від упору крапці, на можливо більшій відстані від вісі деталі; домогтися натягу індикатора 0,5 мм;

4) повільно обертаючи деталь на призмах і злегка притискаючи її рукою до кульки упору, визначити по індикатору різницю між найбільшим і найменшим показаннями за один або кілька обертів деталі. Варто мати на увазі, що при цій схемі вимірювання отримана різниця показань є подвоєною величиною торцевого биття. Тому за величину торцевого биття варто брати половину цієї різниці показань. За результатами вимірювань знайти ступінь точності деталі по контрольованому параметру (табл. 4.3).

Радіальне биття щодо базової шийки

Для визначення радіального биття заданої поверхні щодо базової шийки необхідно:

1) встановити широку призму на направляючій й закріпити її гвинтом;

2) вимірювану деталь установити на призму базовою поверхнею;

3) розташувати вимірювальний наконечник індикатора приблизно по вісі вимірюваної поверхні деталі й домогтися натягу вимірювального наконечника індикатора приблизно 0,5 мм;

4) повільно обертаючи деталь у призмі, визначити по індикатору радіальне биття як різницю між його найбільшим і найменшим показаннями за один або кілька обертів деталі. Повторити вимірювання в різних місцях по довжині шийки, вибрати найбільший результат і занести його в таблицю звіту. За результатами вимірів знайти ступінь точності деталі по контрольованому параметру (табл. 4.2).

Торцеве биття щодо базової шийки

Визначити торцеве биття середнього торця щодо базової поверхні, для чого:

1) встановити деталь на призмі таким чином, щоб вимірюваний торець деталі впирався в сферичний упор, який є на призмі, як це показано на схемі виміру;

2) розташувати індикатор так, щоб його вимірювальний наконечник був розташований у діаметрально протилежній від сферичного упору крапці на можливо більшій відстані від вісі деталі; домогтися натягу індикатора 0,5 мм;

3) повільно обертати деталь у призмі й, злегка притискаючи її рукою до сферичного упору, визначити по індикатору різниця між його найбільшим і найменшим показаннями за один або кілька обертів деталі. При цій схемі вимірювання отримана різниця показань індикатора є подвоєною величиною торцевого биття. Тому за величину торцевого биття варто брати половину різниці показань по індикатору. За результатами вимірів знайти ступінь точності деталі по контрольованому параметру (табл. 4.3).

Овальність і огранка

Для визначення овальності і огранки базової поверхні необхідно:

1) установити вимірювану поверхню на призму;

2) розташувати індикатор над вимірюваною поверхнею так, щоб вимірювальний стержень індикатора був перпендикулярний до однієї із площин призми і домогтися натягу близько 0,5 мм;

3) повільно обертаючи деталь на призмі, визначити овальність шийки вала, як різниця між найбільшим і найменшим показаннями за один або кілька обертів;

4) розташувати індикатор над вимірюваною поверхнею так, щоб вимірювальний стержень був спрямований по бісектрисі кута призми й домогтися натягу 0,5 мм;

5) повільно обертаючи деталь на призмі, визначити різниця показань за один або кілька обертів і підрахувати огранку, як половину різниці показань. За результатами вимірів знайти ступені точності деталі по кожному контрольованому параметру (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Інтервали номінальних розмірів, мм				Ступінь точності									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				Допуск циліндричності, круглості, профілю поздовжнього перетину ,мкм									
До 3				0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
Понад 3 до 10				0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
	10		18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
	18		30	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
	30		50	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
	50		120	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60

Запитання для самопідготовки

1. Дайте визначення допуску форми і допуску розміщення.
2. Що називається радіальним і торцевим биттям?
3. Які відхилення форм вимірюються в лабораторній роботі?
4. Відносно яких базових поверхонь вимірюється радіальне і торцеве биття?
5. Як позначаються на кресленнях допуски форми і допуски розміщення?
6. Який прилад використовується для перевірки виробів на биття?

Лабораторна робота №4

ВИМІР РАДІАЛЬНОГО, ТОРЦЕВОГО БИТТЯ І ПОХИБКИ ФОРМИ ВАЛА

Завдання 1. Виміряти радіальне, торцеве биття і похибки форми вала.

Дані занести в таблицю.

Таблиця. Результати вимірювань

№	Вимірюваний параметр	Схема вимірювання	Різниця свідчень індикатора	Ступінь точності
1	Радіальне биття відносно вісі центрів			
2	Торцеве биття відносно вісі центрів			
3	Радіальне биття щодо базової шийки			
4	Торцеве биття щодо базової шийки			
5	Відхилення від круглості, овальність, огранка			

Висновок

Дата

Роботу виконав:

Роботу прийняв:

Лабораторна робота № 5

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ МЕТРИЧНОЇ РІЗЬБИ

Мета роботи:

- вивчити методи та засоби контролю параметрів різьбових з'єднань;
- засвоїти методику вимірювання різьби;
- перевірити відповідність основних параметрів різьби вимогам креслення.

Зміст роботи: виміряти зовнішній, середній і внутрішній діаметри, крок і половину кута профілю різьби на інструментальному мікроскопі; за результатами вимірювань визначити приведений середній діаметр різьби і дати висновок про придатність різьби; виміряти середній діаметр різьби різьбовим мікрометром; оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: інструментальний мікроскоп ІМЦ 150х50,Б, набір плоскопаралельних кінцевих мір довжини, різьбовий мікрометр, різьбові деталі.

Керуватися ГОСТ 16093-2004.

5.1 Основні засоби вимірювання різьбових з'єднань

Вимірювання різьбових поверхонь деталі здійснюється за допомогою граничних різьбових калібрів, тобто комплексним методом. Для кожної різьби існує комплект, що включає прохідний і непрохідний робочі різьбові калібри [1].

Прохідні різьбові калібри повинні згвинчуватися із придатними елементами деталі. Вони перевіряють точність приведенного середнього діаметру різьби, а також зовнішній діаметр у гайок або внутрішній діаметр у болта.

Диференційний метод вимірювання різьби використовується головним чином для точних різьб, наприклад для різьбових калібрів, різьбообробного інструменту і т.і.

В основному вимірюють елементи зовнішньої різьби. Для внутрішньої різьби практично немає засобів вимірювання кроку, кута нахилу профілю і середнього діаметру. У разі гострої необхідності для вимірювання елементів вну-

трішньої різьби звичайно знімають зліпок цієї різьби і вимірюють як зовнішню різьбу.

Найчастіше всі елементи різьби вимірюють на інструментальних і універсальних мікроскопах або проекторах. Для вимірювання середнього діаметру використовується метод трьох дротиків (для різьб із парним числом ходів – два дротика, а для великих різьб – дротик один) і різьбові мікрометри, у яких вимірювальні наконечники зроблені формою, близької до западини і виступу профілю різьби.

5.2 Вимірювання основних елементів різьби на інструментальному мікроскопі

Оптична головка мікроскопа 2 (рис. 5.1) може переміщатися вгору, вниз із кронштейном 22 по колонці 21 за допомогою маховичка 20. Точне фокусування проводиться за допомогою накатного кільця 7. Положення оптичної головки фіксується гвинтом 19. Колонка 21 може нахилитися навколо вісі 8 на $12^{\circ}30'$ в обидві сторони за допомогою маховичка 9.

На підставі 14 кріпиться предметний стіл 10 із скляною пластинкою, на якому може бути встановлена бабка із центрами. Деталь може переміщатися щодо вісі тубуса 6 в двох взаємоперпендикулярних напрямках горизонтальної площини за допомогою мікрогвинтів 11 і 15. Зверху на тубусі 6 кріпиться змінна кутомірна головка 2 із візирним 3 і відліковим мікроскопами 4.

Пучок проміння від джерела світла 17 в мікроскопі відхиляється дзеркалом столу, на якому розташовується деталь, що перевіряється.

Потім проміння проходить через об'єктив, заломлюється через систему із трьох скляних призм, потрапляє на матову пластинку і в окуляр 3.

Контур деталі, що перевіряється, проектується таким чином на штрихову сітку, яка спостерігається в окуляр 3.

Диск із штриховою сіткою, а одночасно і лімб із градусним розподілом обертаються навколо вісі за допомогою маховика.

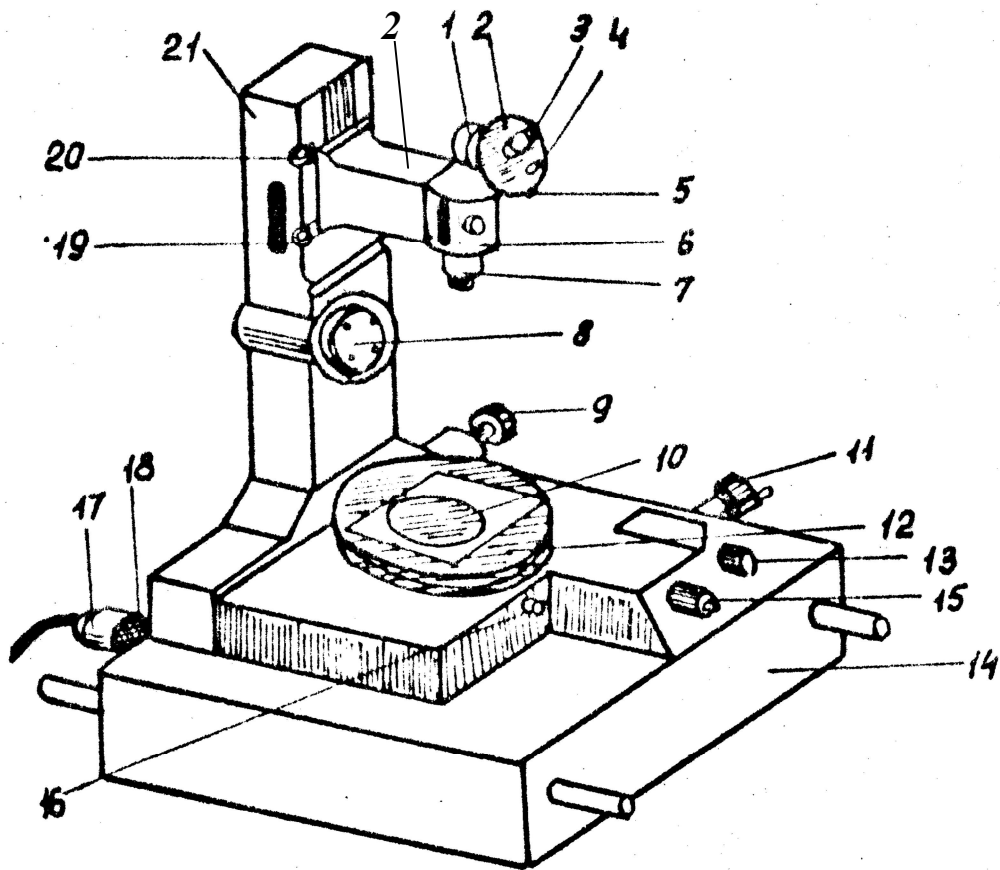


Рисунок 5.1 Інструментальний мікроскоп ІМЦ 150 x 5, Б

Відліковий мікроскоп 4 дозволяє вимірювати кути повороту штрихової сітки в хвилинах. На рис. 5.2 надано поле зору відлікового мікроскопа 4 із показанням $121^{\circ}34'$.

Перед вимірюванням слід провести фокусування приладу по твірній контрольного валу, який встановлюється в центрах. Потім вал знімається, а різьбова деталь закріплюється в центрах бабки, розташованої на столі приладу, при цьому шкала відлікового мікроскопа 4 повинна знаходитися на нульовому відліку.

Вимірювання зовнішнього і внутрішнього діаметрів

Обертаючи мікрогвинт 15 (рис. 5.1) і суміщаючи лінію штрихової сітки із лінією западин у верхній і нижній частинах різьби, проводять відліки показань за шкалами гільзи і барабана мікрогвинта. Різниця цих відліків визначає внутрішній і зовнішній діаметр різьби.

Результат вимірювання порівнюється із допустимими по ГОСТу значеннями внутрішнього і зовнішнього діаметрів і робиться висновок про придатність різьбової деталі.

Вимірювання середнього діаметру

Метод вимірювання середнього діаметра різьби на мікроскопі відповідає наступному визначенню середнього діаметра: середнім діаметром різьби називається відстань між двома протилежними паралельними сторонами профілю різьби, вимірюваною в напрямі, перпендикулярному до вісі різьби.

Схема вимірювання показана на рис. 5.3. При вимірюванні використовується поперечне переміщення мікроскопа.

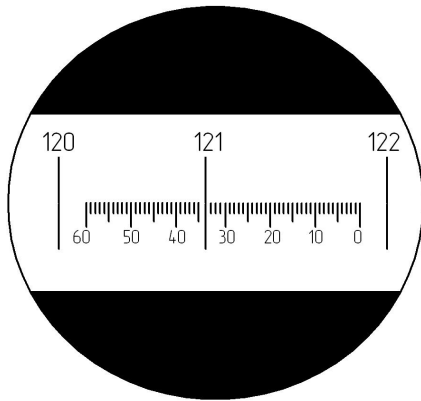


Рисунок 5.2 Поле зору відлікового приладу мікроскопа

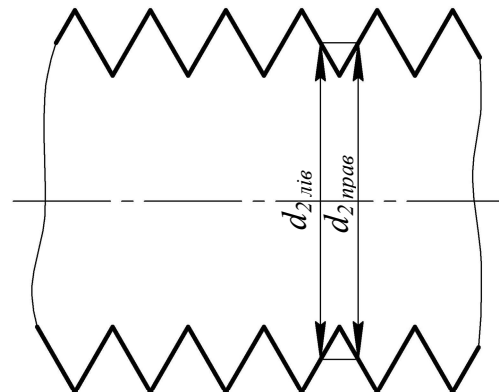


Рисунок 5.3 Схема вимірювання середнього діаметра

Розмір середнього діаметру підраховується по формулі:

$$d_2 = \frac{d_{2\text{прав}} + d_{2\text{лів}}}{2}$$

Вимірювання кроку

Нахил стійки мікроскопа на кут ψ підйому різьби проводиться за допомогою маховичка 9 (див. рис. 5.1).

Кут ψ визначається:

$$\operatorname{tg} \Psi = \frac{P}{md_2},$$

де P – крок різьби; m – число заходів; d_2 – середній діаметр різьби.

Права і ліва сторони профілю повинні бути однакові.

Діючи маховичком диска штрихової головки і мікрогвинтами 11 і 15, поєднують середню пунктирну лінію штрихової сітки із однією з бокових сторін профілю на передостанньому витку лівого кінця деталі, що перевіряється, причому перехрестя повинне знаходитися на середині профілю (рис. 5.4). Це положення відмічається за шкалою подовжнього мікрогвинта 11.

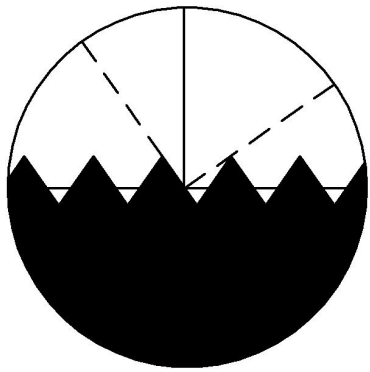


Рисунок 5.4 Схема настроювання мікроскопа для вимірювання кроку

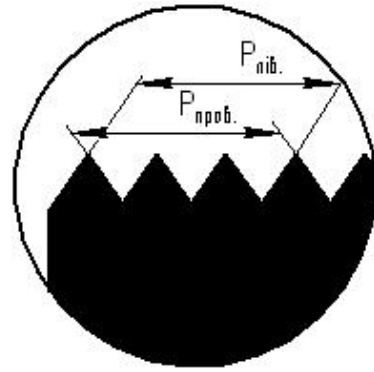


Рисунок 5.5 Схема вимірювання похибки кроку

Блок плиток збирається на розмір, рівний номінальному значенню кроку різьби, помноженому на число n витків, що перевіряються.

Блок плиток встановлюється між торцем мікрогвинта і упором в корпусі мікроскопа. Тоді стіл відійде вліво і середня лінія сітки співпаде із однойменною стороною профілю за відсутності похибки кроку.

За наявності похибок контур різьби підводять до пунктирної лінії гвинтом 11 і проводять другий відлік.

Різниця відліків по мікрогвинту 11 дає величину накопиченої похибки кроку.

Дійсний розмір P буде рівний алгебраїчній сумі розміру блоку плиток (номінальної величини P) і зміряній за шкалою мікрогвинта величині відхилення.

Щоб виключити помилку від перекосу деталі в горизонтальній площині, вимірювання кроку проводять обов'язково по правих і лівих сторонах профілю (рис. 5.5).

Дійсний розмір P_{∂} приймається рівним середньому арифметичному із двох вимірювань:

$$P_{\partial} = \frac{P_{\text{прав}} + P_{\text{лів}}}{2} .$$

Порівнюючи розмір дійсний P_{∂} із номінальним P значенням, визначають абсолютну величину відхилення, мкм:

$$\Delta P = P_{\partial} - P .$$

Вимірювання половини кута профілю $\alpha / 2$.

Для вимірювання половини кута профілю середню пунктирну лінію сітки поєднують із однією стороною профілю і проводять відлік за кутомірною шкалою мікроскопа від нульового її положення.

Величина відліку буде рівна половині кута профілю. При поєднанні пунктирної лінії із другою стороною профілю показання відлікового мікроскопа буде рівне $360^{\circ} - \alpha / 2$. Щоб виключити помилку вимірювання від перекосу деталі в горизонтальній площині, необхідно зміряти кути профілю у верхній і нижній частинах профілю різьби (рис. 5.6).

Потім знаходять $\alpha / 2_{\text{прав}}$ і $\alpha / 2_{\text{лів}}$:

$$\alpha / 2_{\text{прав}} = \frac{\alpha / 2(I) + \alpha / 2(II)}{2} ; \quad \alpha / 2_{\text{лів}} = \frac{\alpha / 2(III) + \alpha / 2(IV)}{2} .$$

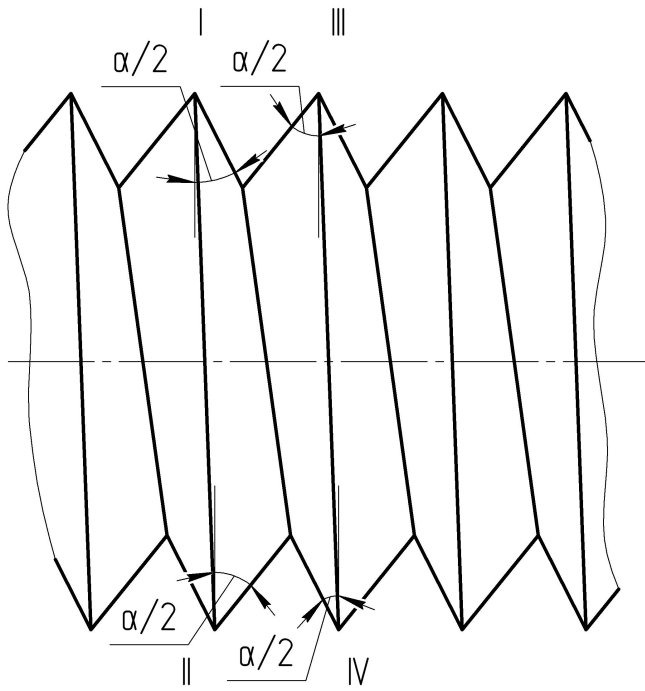


Рисунок 5.6 Схема вимірювання похибки кута профілю різьби

Набуті значення половин кутів порівнюють із номінальною величиною $\alpha/2_{ном}$ (для метричного різьби $\alpha/2 = 30^\circ$) і одержують відповідно погрешності кутів $\Delta \alpha/2_{прав}$ і $\Delta \alpha/2_{лів}$.

Підставляють абсолютні значення відхилень $\Delta \alpha/2_{прав}$ і $\Delta \alpha/2_{лів}$ у формулу:

$$\Delta \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{\left| \Delta \left(\frac{\alpha}{2} \right)_{прав} \right| + \left| \Delta \left(\frac{\alpha}{2} \right)_{лів} \right|}{2}$$

Таким чином, обчислюють величину похибки половини кута профілю $\Delta \alpha/2$ в хвилинах.

Визначення приведенного середнього діаметру

Значення приведенного середнього діаметру визначають:

$$d_{2np} = d_{2\partial} + (1,732|\Delta P| + 0,36P|\Delta \alpha/2|) \times 10^{-3},$$

де $d_{2\partial}$ – дійсний середній діаметр, мм; ΔP – відхилення кроку, мм; $\Delta \alpha/2$ – відхилення половини кута профілю, хв.

Одержаний розмір d_{2np} порівнюється із граничним значенням середнього діаметру різьбової деталі по ГОСТ 16093-2004 (Додаток А), і дається висновок про придатність деталі, що перевіряється по середньому діаметру.

$$d_{2min} \leq d_{2d} \leq d_{2max}; d_{2min} \leq d_{2np} \leq d_{2max}$$

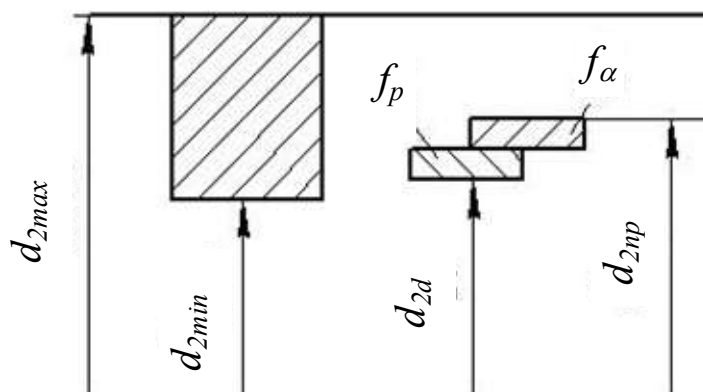


Рисунок 5.7 Схема визначення придатності різьби

5.3 Вимірювання середнього діаметра різьбовим мікрометром

Різьбовий мікрометр (рис. 5.8) застосовують для вимірювання середнього діаметра трикутної зовнішньої різьби прямим, абсолютним методом. Діапазон вимірювання від 0 до 350мм з інтервалом 25 мм.

В наборі різьбового мікрометра додаються спеціальні вставки. Вставки вибирають відповідно до кроку різьби, яка контролюється. Призматичну вставку встановлюють в отвір п'ятки, конусну вставку в мікрометричний гвинт.

Перед вимірюванням середнього діаметра зовнішньої різьби, різьбовий мікрометр встановлюють на нуль. П'ятка з призматичною вставкою переміщується до контактування з конусною вставкою (при діапазоні вимірювання 0...25 мм), або з установчою мірою при діапазоні вимірювання понад 25 мм. Переміщення п'ятки виконують за допомогою гайок, розміщених з обох боків п'ятки. Відгвинчуючи гайку з лівого боку п'ятки і загвинчуючи другу гайку, п'ятку наближають до мікрогвинта, навпаки. Після доведення вставок до зіткнення між

собою або і установочною мірою відводять мікрогвинт і перевіряють, встановлення мікрометра в нульовому положенні. Якщо нульової установки немає, то її корегують, переміщуючи п'ятку або встановленням барабана мікрометричної головки.

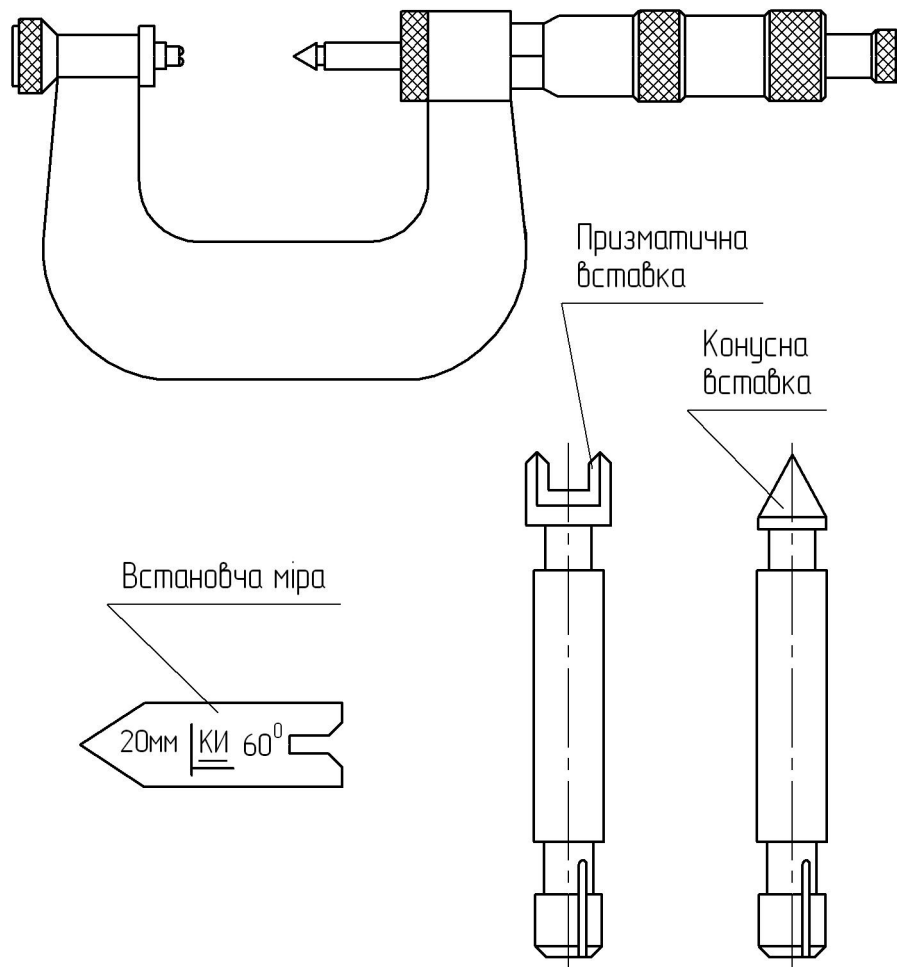


Рисунок 5.8 Різьбовий мікрометр із вставками

5.4 Порядок виконання роботи

1. Встановити різбову деталь в центрах мікроскопа і настроїть на різкість.
2. Виконати вимірювання зовнішнього, середнього і внутрішнього діаметрів, кроку і половини кута профілю.
3. Визначити величину похибок кроку і половини кута профілю.

4. Розрахувати приведений середній діаметр різьби і дати висновок про придатність деталі.
5. Виконати вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби різьбовим мікрометром.
6. Результати всіх вимірювань і підрахунків занести до таблиці звіту.

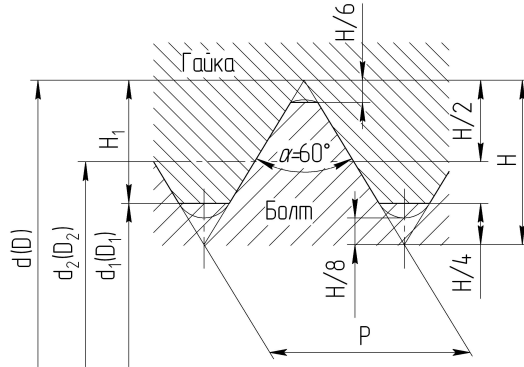
Запитання для самопідготовки

1. Що називається зовнішнім, середнім і внутрішнім діаметрами різьби?
2. Для чого визначають приведений середній діаметр різьби?
3. Як вимірюють діаметри, крок і кут профілю різьби на інструментальному мікроскопі?
4. Який метод контролю використаний в лабораторній роботі?
5. Як позначають різьбові з'єднання на кресленнях?

Лабораторна робота № 5

ВИМІР НА МІКРОСКОПІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТРИЧНОЇ РІЗЬБИ

Завдання 1. Ознайомитись з основними параметрами метричної різьби.



Основні параметри метричної різьби

Завдання 2. Виміряти основні параметри метричної різьби на інструментальному мікроскопі

Таблиця. Результати вимірювань зовнішнього, середнього і внутрішнього діаметрів болта, мм

Параметр різьби			Розміри, мм			
			Відлік за шкалою		Дійсний розмір	Розмір за стандартом
			1-й	2-й		
Зовнішній діаметр						
Внутрішній діаметр						
Середній діаметр	Грані	права				
		ліва				

Таблиця. Результати вимірювань кроків на $n =$ витках

Виміри		На правій грані, $P \cdot n_{\text{прав.}}$	На лівій грані, $P \cdot n_{\text{лів.}}$	Обробка результатів вимірювань	
Відлік за шкалою, мм	1-й			Середній розмір n кроків	Номінальний (по стандарту) крок різьби, $P =$ мм
	2-й				Відхилення фактичного P від номінального, ΔP_n , мм
Розмір $P \cdot n$, кроків					Діаметральна компенсація дохибки кроку $f_p = 1,732 \Delta P_n$, мкм $f_p =$

Таблиця. Результати вимірювань половини кута нахилу бокової сторони профілю $\alpha/2$

Показання градусної шкали	По правій грані різьби $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}}$	По лівій грані різьби $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}}$	Відхилення від номінального розміру, мм		Середнє арифметичне $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}}$	Середнє арифметичне $\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}}$	Діаметральна компенсація похибки половини кута профілю, f_{α} , мкм
			$\Delta\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}}$	$\Delta\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}}$			
По правій грані							$\times \Delta\left(\frac{\alpha}{2}\right)$
По лівій грані							
			Визначення приведенного середнього діаметра				
			$D_{2np} = d_2 + f_p + f_{\alpha}$				
			$D_{2np} =$				

Завдання 3. Виміряти параметри метричної різьби різьбовим мікрометром

Таблиця. Результати вимірювань середнього діаметру d_2 різьби різьбовим мікрометром

Характеристика засобу вимірювання	Тип засобу вимірювання	Точність відліку, мм	Діапазон виміру, мм	Дійсні розміри, мм			Граничні розміри, мм	
							Згідно з ГОСТ 16093-2004	
				1-м	2-м	3-м	Найбільший	Найменший
Різьбовий мікрометр								

Висновок про придатність:

Дата

Роботу виконав:

Роботу прийняв:

Лабораторна робота № 6

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

Мета роботи:

- ознайомитись з основними параметрами шорсткості поверхонь;
- вивчити позначення шорсткості поверхонь на кресленнях;
- ознайомитись з методами і засобами контролю шорсткості поверхонь.

Зміст роботи:

- визначити величину шорсткості поверхні методом порівняння із зразком;
- ознайомитись з безконтактним методом за допомогою мікроскопа світлого перетину.

Матеріальне забезпечення: атестаційні зразки шорсткості, мікроскоп ПСС-2, досліджувані зразки, держстандарти.

6.1 Короткі теоретичні відомості

Шорсткістю поверхні називається сукупність нерівностей із відносно малими кроками, що розглядаються в межах стандартної ділянки (базової довжини).

Відхилення в межах великої за розмірами ділянки відносяться до відхилень форми поверхні.

Параметри шорсткості регламентовані ДСТУ 2413-94. До них відносяться (рис. 6.1) такі параметри: R_{max} , R_z , R_a , S , S_m , t_p

Середнім арифметичним відхиленням профілю R_a називається середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

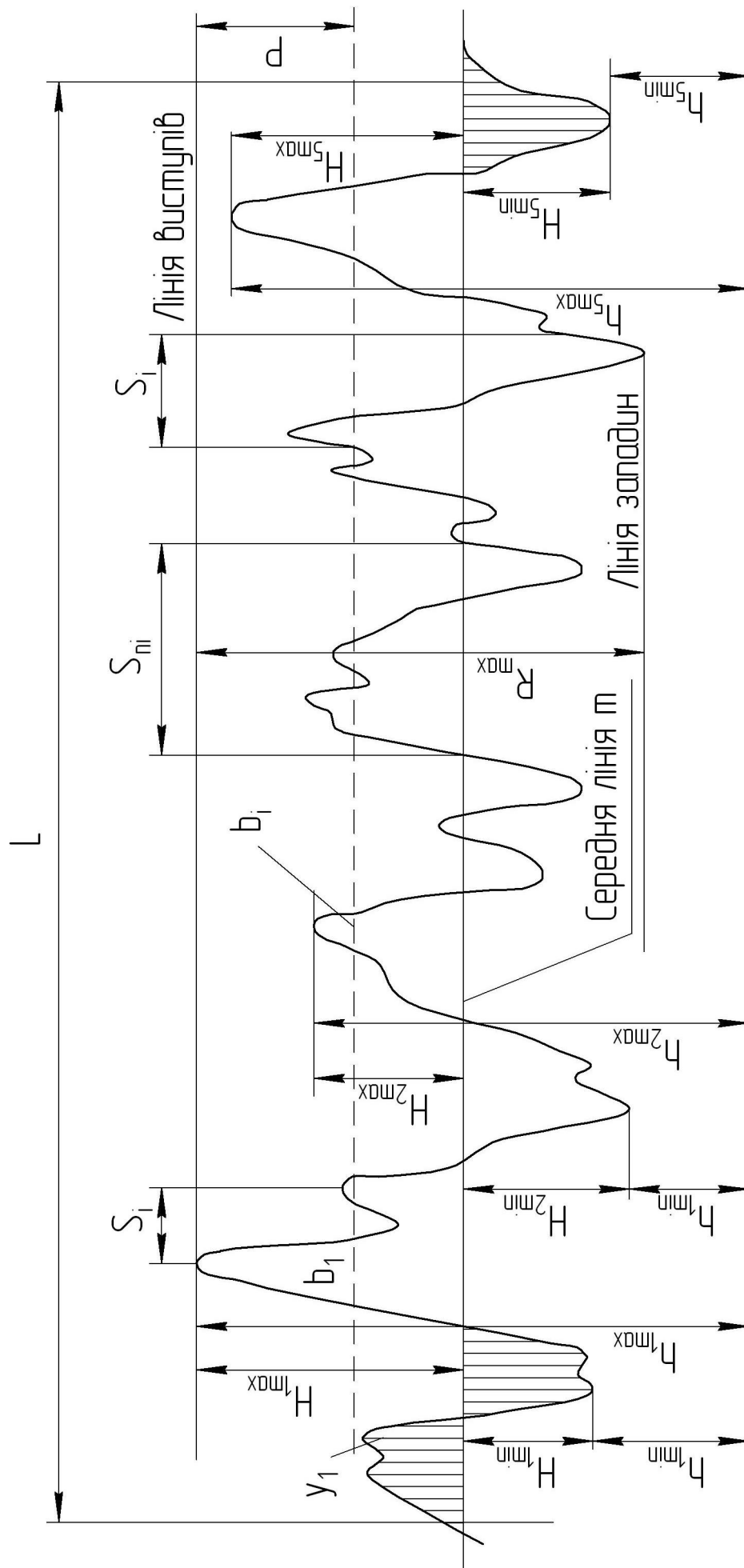


Рисунок 6.1 Профіль мікро нерівностей та основні параметри, характеризуючи шорсткість поверхні

Висотою нерівностей профілю за десятьма точками R_z називається сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю $H_{i\max}$ і глибин п'яти найбільших западин профілю $H_{i\min}$ у межах базової довжини:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i\max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i\min}| \right).$$

Найбільша висота нерівностей профілю R_{\max} - це відстань між лінією виступів профілю і лінією западин профілю в межах базової довжини L .

Середнім кроком нерівностей профілю S_m називається середнє значення кроку нерівностей у межах базової довжини:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi},$$

де n - число кроків у межах базової довжини L ;

S_{mi} - крок нерівностей профілю, який дорівнює довжині відрізка середньої лінії, що перетинає профіль у трьох сусідніх точках і обмежена двома крайніми точками.

Середнім кроком нерівностей профілю по вершинах S називається середнє значення кроку по вершинах у межах базової довжини:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i.$$

Опорною довжиною профілю η_p називається сума довжин відрізків b_i , які відтинаються на заданому рівні P в матеріалі профілю лінією, еквідистантною середній лінії m у межах базової довжини:

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i.$$

Відносна опорна довжина профілю t_p - це відношення опорної довжини профілю до базової довжини:

$$t_p = \frac{\eta_p}{L}.$$

Числові значення основних параметрів шорсткості нормовано і обрано з чисел, наведених у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Числові значення R_a , R_z , R_{max} , S , S_m

R_a , МКМ	100	80	63	50	40	32	25	20	16	12,5
	10,0	8,0	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,25
	1,0	0,80	0,63	0,50	0,4	0,320	0,250	0,2	0,16	0,125
	0,100	0,08	0,063	0,050	0,040	0,032	0,025	0,020	0,016	0,012
	0,010	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-
R_z , R_{max} , МКМ	-	-	-	-	-	-	-	-	1600	1250
	1000	800	630	500	400	320	250	200	160	125
	100	80	63	50,0	40,0	32,0	25,0	20	16	12,5
	10,0	8,0	6,3	5,0	4,0	3,20	2,5	2,0	1,6	1,25
	1,0	0,80	0,63	0,50	0,40	0,32	0,25	0,2	0,16	0,125
	0,100	0,080	0,063	0,050	0,040	0,032	0,025	-	-	-
S , S_m , ММ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,5
	10,0	8,0	6,3	5,0	4,0	3,2	2,5	2,0	1,6	1,25
	1,00	0,80	0,63	0,50	0,40	0,32	0,250	0,20	0,16	0,125
	0,100	0,080	0,063	0,050	0,040	0,032	0,025	0,020	0,016	0,0125
	0,010	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	-	-	-

t_p вибирається із ряду: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%.

Числові значення рівня профілю P вибираються із ряду: 3, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90% від R_{max} .

Числові значення базової довжини L вибираються із ряду: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Нормування параметра R_a є переважним (СТ СЕВ 638-77 і ГОСТ 2789-73).

Значення параметрів шорсткості поверхні по R_z і R_a приведені в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 Числові значення параметрів шорсткості

Клас шорсткості	Параметри шорсткості, мкм				Базова довжина, мм
	Значення R_a		Значення R_z		
	граничні	переважні	граничні	переважні	
1	80-40	50	320-160	200	8
2	40-20	25	160-80	100	
3	20-10	12,5	80-40	50	
4	10-5	6,3	40-20	25	2,5
5	5-2,5	3,2	20-10	12,5	
6	2,5-1,25	1,6	10-6,3	6,3	0,8
7	1,25-0,63	0,8	6,3-3,2	3,2	
8	0,63-0,32	0,4	3,2-1,6	1,6	
9	0,32-0,16	0,2	1,6-0,8	0,8	
10	0,16-0,08	0,1	0,8-0,4	0,4	0,25
11	0,08-0,04	0,05	0,4-0,2	0,2	
12	0,04-0,02	0,025	0,2-0,1	0,1	
13	0,02-0,01	0,012	0,01-0,05	0,5	0,08
14	0,01-0,008		0,05-0,25	0,025	

Структура позначення шорсткості показана на рис. 6.2.

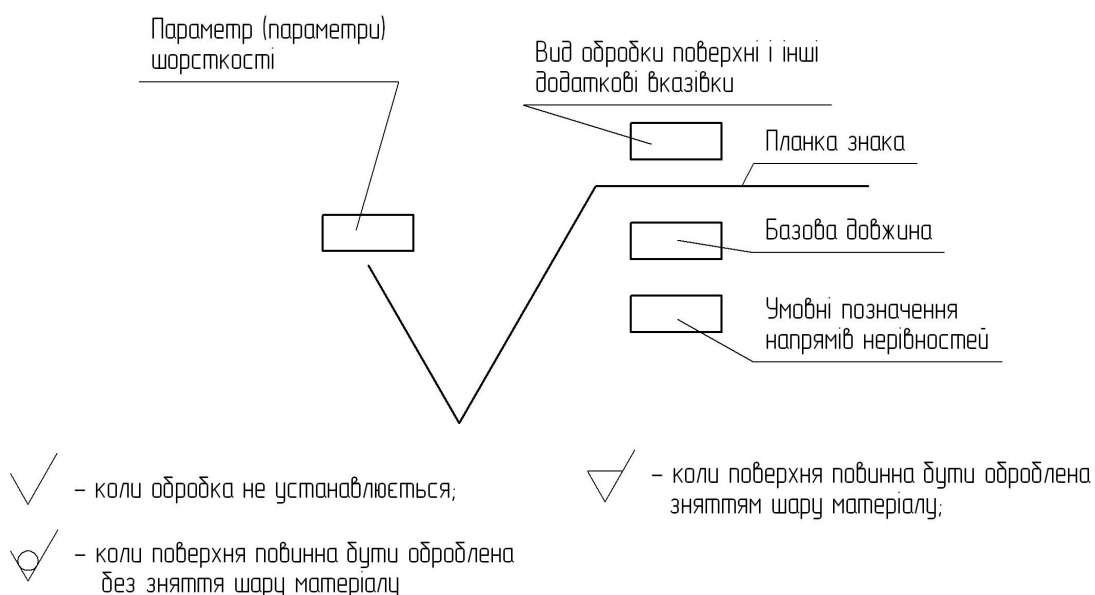


Рисунок 6.2 Позначення шорсткості поверхонь

Значення параметра шорсткості по ГОСТ 2789-73 вказують в позначенні шорсткості: для параметра R_a – без символу, наприклад, 0,32; для решти параметрів – після відповідного символу, наприклад: R_{max} 6,3; S_m 0,40; t_{50} 70; R_z 40.

Орієнтовні рекомендації класів шорсткості поверхні залежно від виду обробки приведені в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 Вид обробки і клас шорсткості

Вид обробки	Класи	Вид обробки	Класи
Точіння обдирне	3,4	Свердлення	4-6
Точіння чистове	4-6	Фрезерування обдирне	3,4
Торцеве обточування обдирне	3,4	Фрезерування чистове	5-7
Стругання обдирне	3,4	Протягування обробне	8-9
Стругання чистове	5-7	Шліфування напівчисте	5-7
Розвірчування чистове	5-7	Шліфування чистове	7-9
Протягування чистове	6-8	Притирання чистове	7-9
		Притирання тонке	9-14

6.2 Методи і засоби контролю шорсткості поверхні

Розрізняють три методи визначення шорсткості поверхні.

1. Метод кількісної оцінки шорсткості поверхні в заданому перетині, здійснюють за допомогою контрольно-вимірювальних приладів, наприклад, мікроскопа ПСС-2, профілографа, профілометра та ін.

2. Метод сумарної оцінки шорсткості поверхні на вибраній ділянці, яка здійснюється за допомогою пневматичного приладу.

3. Метод якісної оцінки шорсткості в порівнянні з еталоном.

6.3 Визначення параметрів шорсткості поверхонь методом порівняння

Одним з найпоширеніших є метод порівняння за допомогою зразка шорсткості. Суть цього методу полягає у порівнянні контрольованої поверхні з поверхнею спеціально виготовленого еталона - зразка шорсткості. Зразки шорсткості (рис. 6.3) - це металеві пластини з плоскою або циліндричною робочою поверхнею розміром 30x20 мм. Робочу поверхню кожного зразка обробляють

одним із таких способів: зовнішнім точінням, внутрішньою розточкою, зенкуванням, розвірчуванням, струганням, фрезеруванням, шліфуванням (круглим, плоским, торцевим або внутрішнім).

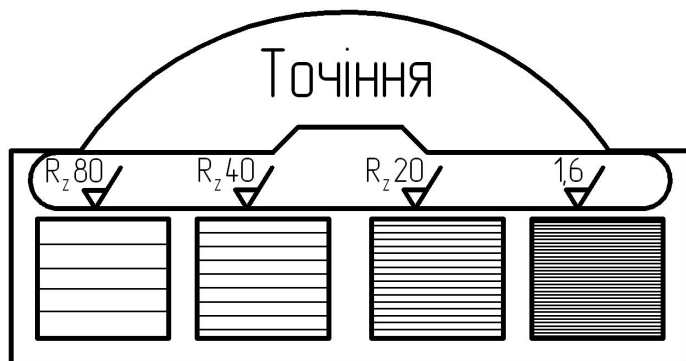


Рисунок 6.3 Зразки шорсткості поверхні

Порівняння поверхні деталі і зразка проводять візуально. Надійними результатами контролю бувають лише для поверхонь до $R_a = 6,3$ мкм. Застосування лупи забезпечує оцінку шорсткості до $R_a = 0,32$ мкм.

Вибираючи зразки для контролю шорсткості поверхні деталі, потрібно дотримуватися таких умов:

- зразок має бути виконаним з того самого матеріалу, що й контрольована деталь;
- робоча поверхня повинна бути оброблена тим самим методом, що й контрольована поверхня деталі;
- геометрична форма робочої поверхні зразка має відповідати геометричній формі контрольованої поверхні деталі.

Замість зразків шорсткості іноді застосовують готову деталь, шорсткість поверхні якої атестовано спеціальними вимірювальними приладами.

Метод порівняння контрольованої поверхні з поверхнею зразка вимагає певного навичку і не гарантує визначення класу шорсткості з високою точністю через відмінності у відчуттях контролерів.

6.4 Вимірювання параметрів шорсткості на мікроскопі ПСС-2

Мікроскоп ПСС-2 призначений для вимірювань по параметру R_z і фотографування шорсткості поверхні в межах 3-9-го класів шорсткості включно.

Мікроскоп ПСС-2 (рис. 6.4.) складається з масивної основи 1, на якій укріплена колона 12, несуча кронштейн 16 із тубусами мікроскопа 13 і освітлювача 10. З прикладених до мікроскопа змінних об'єтивів (табл. 6.4) вибирається відповідна пара об'єтивів, обійма 2 із цією парою встановлюється в нижнє гніздо оптичної головки 17 і закріплюється рукояткою 20.

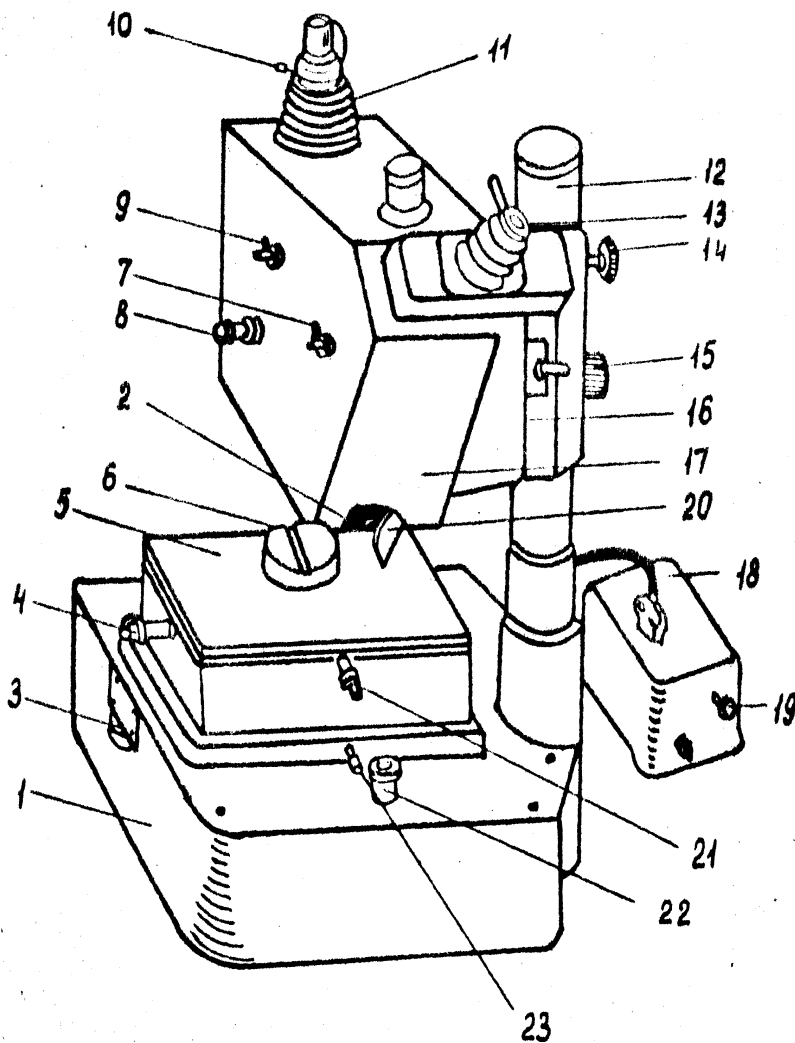


Рисунок 6.4 Мікроскоп типу ПСС-2

На предметному столі 5 деталь 6 розміщується так, щоб вимірювана поверхня була паралельна площині столика. Предметний стіл може для цього переміщатися в горизонтальній площині в двох взаємоперпендикулярних напрямках в межах 10 мм за допомогою мікрогвинтів 4 і 21. Крім того, предметний стіл можна повертати вручну навколо вертикальної вісі основи 1 приладу і нахилити навколо горизонтальної вісі на $\pm 3^\circ$ обертанням кільця 3. Стіл закріплюється стопорним гвинтом 23.

Грубе фокусування мікроскопа здійснюється переміщенням кронштейна 16 із оптичною головкою 17 по колоні 12 за допомогою баранця 15 (необхідно встановити кронштейн на висоті так, щоб відстань від оправ об'єтивів до поверхні деталі складала 10...15 мм). Кронштейн закріплюється в потрібному положенні рукояткою 14.

Далі живлення освітлювальної лампочки проектуючого мікроскопа вклю-

чається через трансформатор 18, і поворотом рукоятки реостата 19 регулюється напруження лампи.

Таблиця 6.4 Характеристики змінних об'єтивів

Параметр	Фокусна відстань, мм			
	40	13,2	8,9	4,0
Збільшення об'єктиву із додатковою лінзою, раз	5	15	22	50
Загальне збільшення: із МОВ-4х15 при фотографуванні	75	226	337	75
	6,6	20	30	66
Лінійне поле зору, мм	3,60	1,20	0,80	0,36
Межі вимірювання R_z , мкм	10...40	3,2...10	1,6...6,3	0,8...1,6

Вимірювання шорсткості поверхні на мікроскопі засноване на принципі світлового перерізу (рис. 6.5), що полягає у тому, що пучок проміння від лампи 4 прямує у вигляді вузької світлової смуги через щілину 3 і об'єтив 2 на поверхню деталі 1. Внаслідок наявності на поверхні деталі нерівностей лінія перерізу світлової смуги і поверхні є кривою, що копіює нерівності в даному перерізі. Зображення цієї кривої (рис. 6.6) об'єктивом 6 проектується у фокальну площину окуляра 5. Гвинтовий окулярний мікрометр МОВ-4 встановлюється так, щоб одна з ниток його перехрестя була паралель зображенню щілини. При цьому напрям переміщення ниток перехрестя складає із зображенням щілини кут 45° .

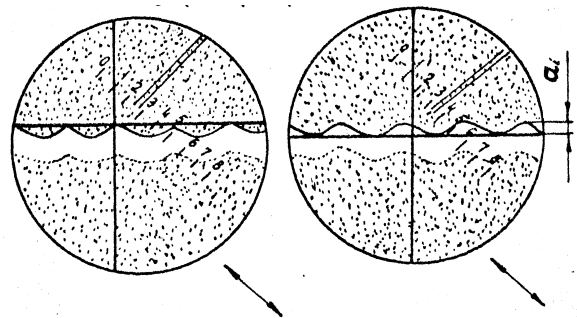
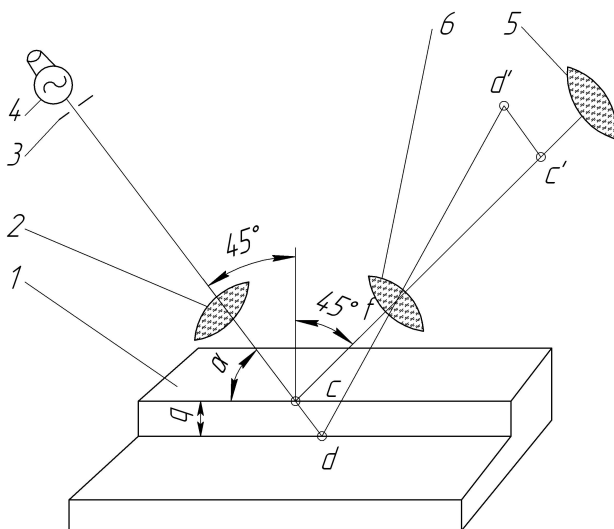


Рисунок 6.5 Оптична схема мікроскопа Рисунок 6.6 Зображення мікронерівностей в окулярі мікрометру

Видимі в окуляр мікронерівності вимірюються окулярним мікрометром кожна окремо. Величина їх визначається:

$$a_i = (h_1 - h_2)_i \cdot 0,01,$$

де h_1, h_2 – показання гвинта мікрометра.

При вимірюванні a_i одна з ліній перекриття окулярного мікрометра встановлюється паралельно лінії щілини. Обертанням барабана мікрометра проводять поєднання лінії перекриття із початком виступів і за шкалою барабана виконують відлік h_1 , потім лінію обертанням барабана поєднують із западиною і робиться другий відлік за шкалою барабана h_2 . Різниця відліків в діленнях барабана, помножена на ціну ділення 0,01 мм, дає величину a_i .

Середнє значення висоти мікронерівностей визначається:

$$a = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 a_i.$$

Параметр шорсткості, мкм:

$$R_z = \frac{1000 a}{2N},$$

де N – збільшення об'єктиву.

6.5 Порядок виконання роботи

1. Користуючись методом якісної оцінки, визначити шорсткість всіх оброблених поверхонь контрольованої деталі.
2. Керуючись табл. 6.2, нанести позначення шорсткості контрольованих поверхонь на ескізі, заповнити таблицю.
3. Ознайомитися із устроєм мікроскопа ПСС-2, виконати його оптичну схему (див. рис. 6.5).
4. Оформити звіт.

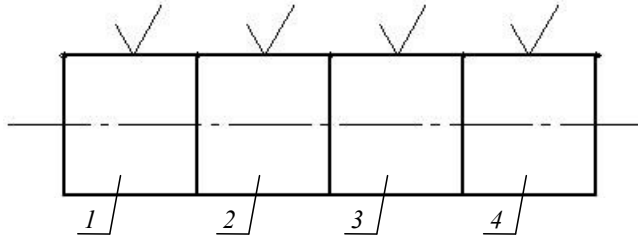
Запитання для самопідготовки

1. Дайте визначення шорсткості поверхні.
2. Назвіть, якими параметрами оцінюється шорсткість поверхні?
3. У чому відмінність між відхиленнями форми, хвилястістю і шорсткістю поверхні?
4. Як позначається на кресленнях шорсткість поверхні?
5. Назвіть методи визначення шорсткості поверхні.
6. Розкажіть про принцип дії мікроскопа ПСС-2.
7. Напишіть формули для обчислення R_a , R_z , S_m , S_i , t_p .

Лабораторна робота № 6

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

Завдання 1. Нанести позначення шорсткості контролюючих поверхонь на ескізі деталі. Результати якісної оцінки занести в таблицю.



Ескіз деталі

Таблиця. Результати якісної оцінки

№ поверхні	Параметр шорсткості	Клас шорсткості	Вид обробки

Завдання 2. Ознайомитись з принципом роботи мікроскопа ПСС-2. Виконати його оптичну схему.

Висновок

Дата

Роботу виконав:

Роботу прийняв:

Лабораторна робота № 7

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ БОКОВИЙ ЗАЗОР ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Мета роботи: ознайомитись із методами контролю параметрів, що характеризують боковий зазор зубчастих передач, і приладами, використовуваними для цього.

Зміст роботи: виміряти зміщення вихідного контуру зубчастого колеса; виміряти товщину зуба по постійній хорді; дати висновок про придатність зубчастого колеса по параметрах, що перевіряються; оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: штангенциркуль, тангенціальний зубомір, кромочний зубомір (штангензубомір), колесо зубчасте.

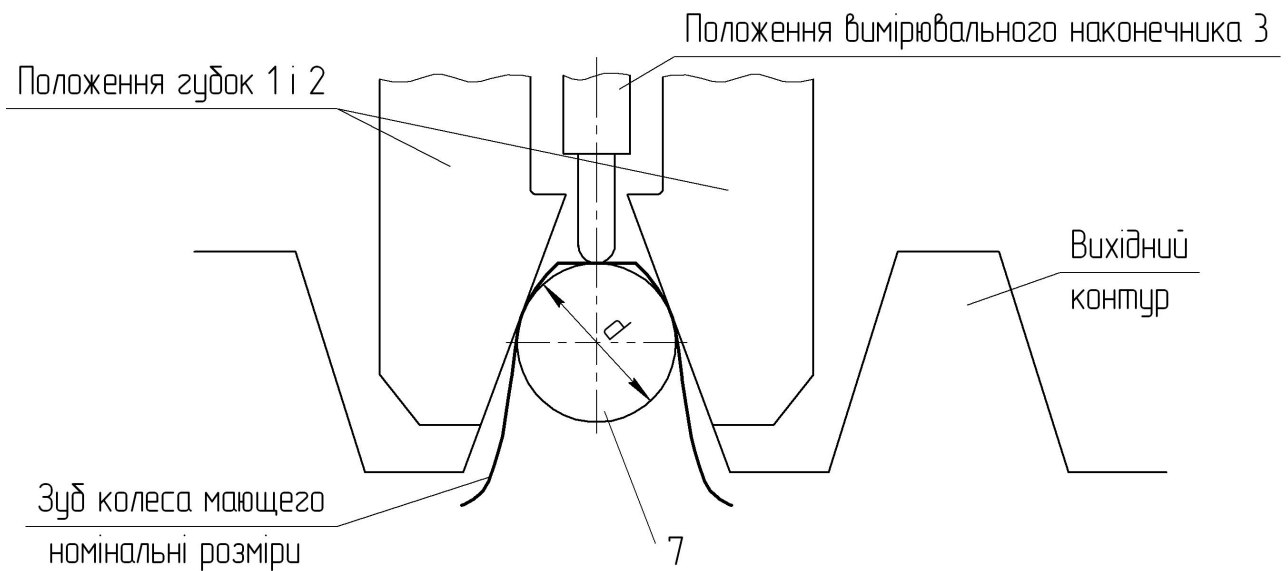
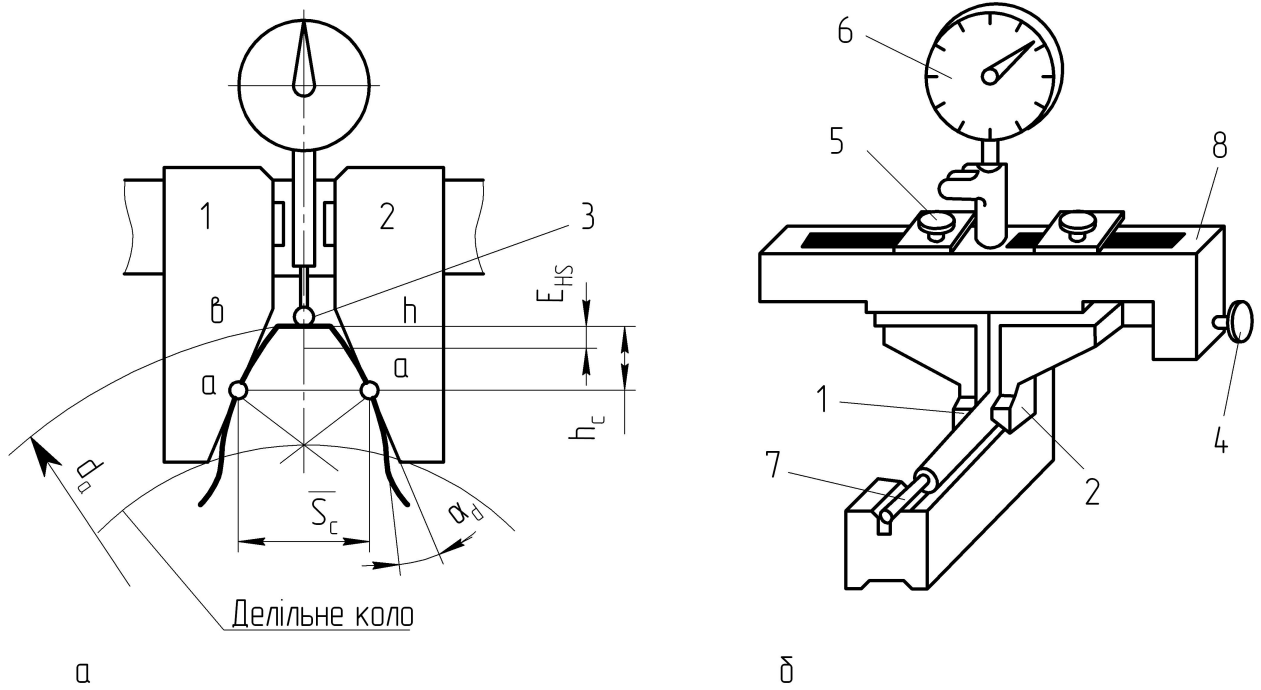
7.1 Короткі теоретичні відомості

Вимірювання зміщення вихідного контуру

Про розміри зубів зубчастого вінця, характеризуючих боковий зазор в передачі, можна судити по ряду параметрів залежно від напрямку вимірювання взаємного розташування евольвентних профілів зуба.

По ГОСТ 1643-81 основною нормою бокового зазору є зміщення вихідного контуру.

Для контролю зміщення вихідного контуру і довжини постійної хорди застосовують тангенціальні зубоміри (рис. 7.1). Зубомір складається з корпусу 8, закріпленого в ньому індикатора 6, вимірювальних губок 1 і 2 і гвинта 4. Обидві губки поміщені в пазах корпусу і з'єднані між собою гвинтом 4. На одній половині гвинта нарізана права, а на іншій ліва різьби. Завдяки цьому губки при обертанні гвинта переміщуються по пазах корпусу назустріч один одному або в різні боки, але завжди розташовуються симетрично щодо індикатора. У потрібному положенні губки фіксуються гвинтами.



в

Рисунок 7.1 Тангенціальний зубомір

Вимірювальні площини губок 1 і 2 нахилені до вертикальної вісі під кутом $\alpha_d=20^\circ$ і сумісно із дотичною bh і кола виступів відтворюють номінальний вихідний контур зубчастої рейки (рис. 7.1, а, б). На цьому засновані настройка зубоміра за заданими розмірами і контроль тангенціальним зубоміром. Настройка зубоміра (рис. 7.1, а, б) полягає у тому, що по точному ролику 7 або по

еталонних призмах вимірювальні площини губок 1 і 2 і вимірювальний наконечник 3 індикатора встановлюють за розмірами \bar{S}_c і \bar{h}_c , відповідним розмірам номінального контура зуба, що перевіряється (по товщені лінії на рис. 7.1, а, в).

При контролі зубчастих коліс із кутом вихідного контуру $\alpha_d=20^\circ$ діаметр ролика визначається по формулі $d_p=1,204m$ (тобто не залежить від числа зубів). Тому прилад при одній настройці зможе застосовуватись для контролю коліс із будь-яким числом зубів даного модуля (модуль маркується на лисках роликів).

Вимірювання товщини зуба по постійній хорді

Товщина зуба циліндричних зубчастих коліс звичайно вимірюється по постійній хорді, яка є прямою, з'єднуючою точки дотику зубчастого вінця із рейкою при безззорному зачепленні (рис. 7.2, рис. 7.3).

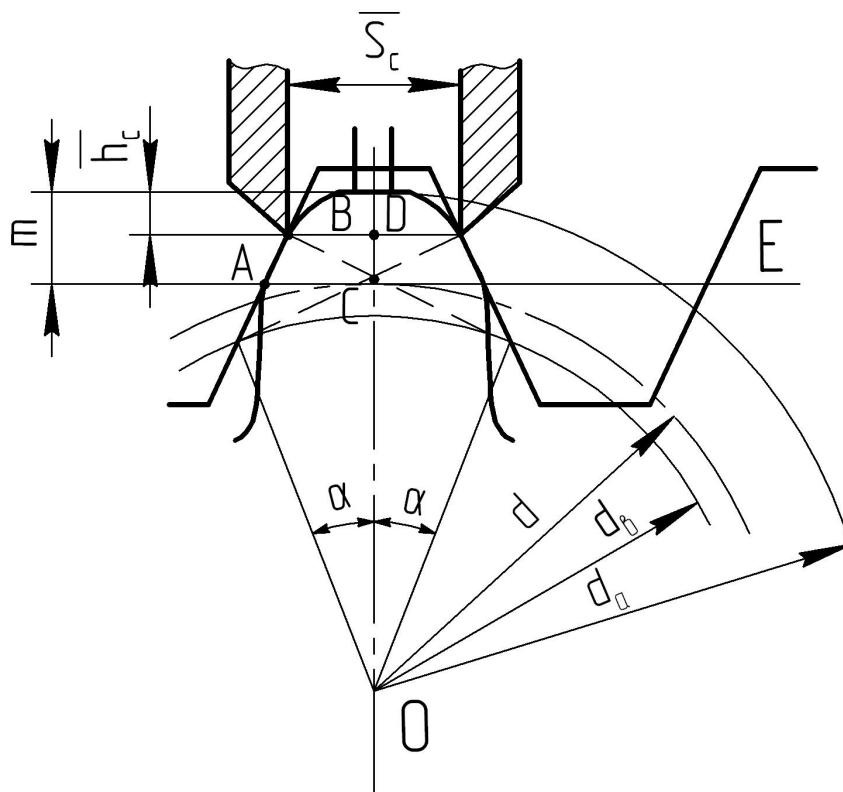


Рисунок 7.2 Схема вимірювання товщини зуба по постійній хорді

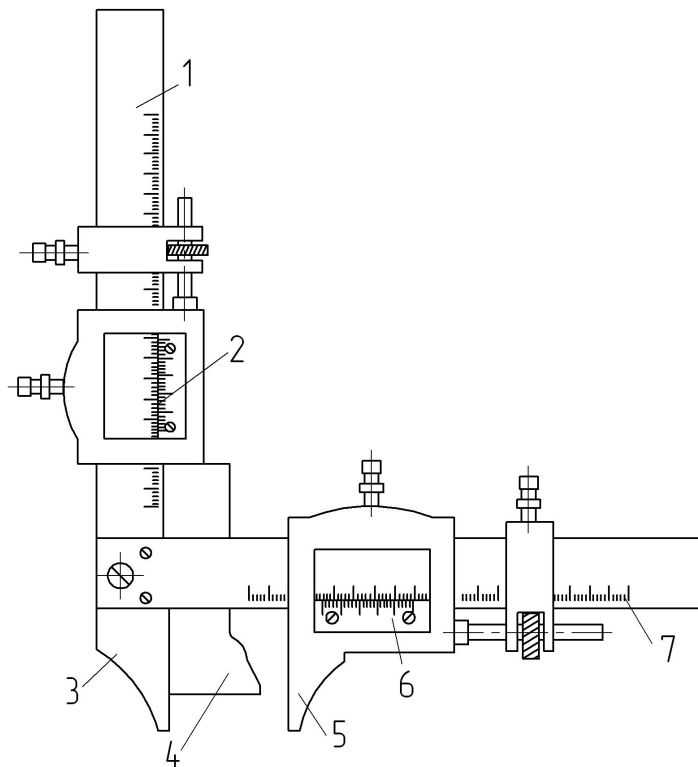


Рисунок 7.3 Штангензубомір

Постійною хордою називається циліндричний відрізок прямої, з'єднуючої дві точки різнойменних евольвентних бокових поверхонь зуба, що належать одній циліндричній співосьовій поверхні і нормалям, проведеним до них із однієї точки ділильного кола.

На рис. 7.2, а показано, що AC рівна $1/4$ кроку рейки і зубчастого колеса по ділильному колу, тобто:

$$AC = \frac{\pi m}{4}$$

Тоді із $\triangle ABC$ і $\triangle BCD$ одержуємо:

$$\bar{S}_C = 2BD = 2AC \cos^2 \alpha = \frac{\pi}{m} \cos^2 \alpha$$

де m – модуль; α – кут вихідного контуру.

Відстань від діаметру вершин зубів до постійної хорди:

$$\bar{h}_c = m - CD = m - \frac{\pi m}{4} \cos \alpha \cdot \sin \alpha = m(1 - \pi / 8 \cdot \sin 2\alpha)$$

При куті вихідного контуру $\alpha=20^\circ$ одержуємо

$$\bar{S}_C = 1,387m; \quad \bar{h}_C = 0,748m.$$

Отже, величини постійної хорди і вимірювальної висоти визначаються лише модулем колеса і не залежать від числа зубів.

Для вимірювання товщини зуба в даній роботі використовується штангензубомір (рис. 7.2, б), що має дві шкали.

За шкалою 1 визначають висоту \bar{h}_C , а за шкалою 7 – довжину постійної хорди \bar{S}_C . Перед вимірюванням хорди упор 4 встановлюють за шкалою 1 і по ноніусу 2 на розмір \bar{h}_C і закріплюють в цьому положенні. Принцип вимірювання довжини хорди зрозумілий із рис. 7.2, а. Розмір хорди відлічують за шкалою 7 і по ноніусу 6. Штангензубоміри, забезпечуючі точність відліку до 0,02 мм, випускають двох типів розмірів: для вимірювання зубчастих коліс із модулем від 1 до 18 мм і від 5 до 36 мм. До їх недоліків відносяться низька точність вимірювання, швидкий знос кромок вимірювальних губок 3 і 5, вплив на результати вимірювання похибки установки упору 4 і діаметру кола виступів [2].

7.2 Порядок виконання роботи

1. Визначити модуль m колеса, що перевіряється, по формулі:

$$m = \frac{d_a}{z + 2},$$

де d_a – діаметр кола виступів (виміряти штангенциркулем). Округлити набуті значення m до найближчого стандартного (Додаток Б).

2. Налаштуйте прилад по ролику – встановити в призматичну підставку ролик 7, відповідний модулю контрольованого колеса і розташувати тангенціальний зубомір поверх ролика (рис. 7.1, б).

Перемістити вимірюючі губки приладу на потрібну відстань. Для цього відпустити стопорні гвинти 5 і обертанням мікрогвинта 4 мати в своєму розпо-

рядженні губки на такій відстані, щоб ролик торкався скошених поверхонь губок помітно вище за середину. У цьому положенні закріпити стопорні гвинти.

Встановити індикатор 6 в гнізді зубоміра, добитися контакту наконечника індикатора із твірною ролика і, при отриманні натягу близько 1 мм, закріпити індикатор стопорним гвинтом. Повернути циферблат індикатора за обідок до поєднання стрілки з нульовим діленням.

3. Визначити зміщення вихідного контуру 5 – 7 зубів колеса, для чого прилад накласти на зуб, що перевіряється, і, злегка похитуючи в площині колеса, знайти мінімальне показання індикатора.

Слід мати на увазі, що поворот стрілки індикатора «за годинниковою стрілкою» відповідає наближенню «рейки» до вісі колеса з-за зменшення розміру зуба, тобто є негативним зміщення вихідного контуру, і навпаки.

4. Дати висновок про придатність зубчастого колеса, що перевіряється, якщо воно виконане по 8-7-7-Ва ГОСТ 1643-81. Знайти по таблицях найменше E_{HS} відхилення і допуск T_H на зміщення вихідного контуру (Додатки В і Д).

Враховуючи, що при зміні зміщення вихідного контуру вимірювальною базою є не вісь колеса, як це обумовлено ГОСТ 1643-81, а коло виступів, виконане з деякими похибками, в зв'язку з чим необхідно, перерахувати табличні E_{HS} і T_H на виробничі E_{HSnp} і T_{Hnp} , в яких врахувати допуск на діаметр кола виступів T_{da} і його биття F_r .

Розрахунок вимірювального ланцюга по *max* і *min* дає наступний зв'язок

між цими величинами

$$T_{H np} = T_H - \frac{T_{da}}{2} - F_r; \quad E_{HS np} = E_{HS} - \frac{ES_{da}}{2} - \frac{F_r}{2},$$

де T_{da} – допуск на діаметр кола виступів; ES_{da} – верхнє відхилення кола виступів; F_r – биття кола виступів (Додаток Е).

При підрахунку вважати, що коло виступів виконано по *h* 9.

Для забезпечення бокового зазору E_{HS} завжди береться із знаком мінус.

5. При вимірюванні товщини зуба штангензубоміром підрахувати вимі-

рювальну висоту \bar{h}_C і настроїти опорну планку на одержаний розмір.

6. Накласти зубомір опорною планкою на коло виступів вимірюваного колеса і виміряти товщину п'яти, шести зубів. Звернути увагу на те, щоб обидві вимірювальні кромки стикалися з боковими сторонами зуба, опорна планка при цьому не повинна відриватися від поверхні вершини зуба.

7. Дати висновок про придатність зубчастого колеса, що перевіряється. По раніше знайдених значеннях E_{HS} і T_H (див. пункт 4 даного розділу) визначити табличні відхилення і допуск на товщину зуба $E_{cs} = 0,73E_{HS}$, $T_c = 0,73T_H$.

Враховуючи, що при вимірюванні товщини зуба вимірювальною базою є коло виступів, виконане з деякими похибками, підрахувати виробничі відхилення і допуск на товщину зуба:

$$T_{cnp} = 0,73 \left(T_H - \frac{T_{da}}{2} - F_r \right); \quad E_{csnp} = 0,73 \left(E_{HS} - \frac{ES_{da}}{2} - \frac{F_r}{2} \right).$$

Найменше відхилення товщини зуба і допуск на товщину зуба можна визначити по ГОСТ 1643-81.

Запитання для самопідготовки

1. Розподіл зубчастих передач за умов роботи. Вкажіть, які вимоги до точності є основними для окремих видів передач?
2. З яких причин потрібен і чи завжди необхідний боковий зазор в зачепленні зубів?
3. Якими параметрами характеризується і яким способом забезпечується боковий зазор в зачепленні зубчастих коліс?
4. Які встановлені види сполучення зубів і який вид сполучення є основним?
5. Види допусків, встановлені на боковий зазор.
6. Зв'язок між видом сполучення, допуском бокового зазору і класом відхилення міжосьової відстані.
7. Побудова і принцип роботи тангенціального зубоміра.
8. Побудова і принцип роботи штангензубоміра.

Лабораторна робота № 7

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ БОКОВИЙ ЗАЗОР ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Завдання 1. Виміряти тангенціальним зубоміром величину зміщення початкового контуру зубчастого колеса.

Таблиця. Результати вимірювань

Дані про прилад		Дані про деталь	
Найменування		Найменування	
Точність відліку, мм		Зовнішній діаметр, мм	
Діапазон виміру, мм		Число зубів	
Діаметр ролика, мм	1,204	Модуль, мм	
Схема виміру		Показання приладу	Розрахунки параметрів
		1	
		2	
		3	
		4	
		5	
		Се-ред.	

Завдання 2. Виміряти штангензубоміром товщину зуба

Таблиця. Результати вимірювань

Дані про прилад		Дані про деталь	
Найменування		Найменування	
Точність відліку, мм		Зовнішній діаметр, мм	
Діапазон виміру, мм		Число зубів	
Схема виміру		Модуль, мм	
		Показання приладу	Розрахунки параметрів
		1	
		2	
		3	
		4	
		5	
Се-ред.			

Висновок про придатність зубчастого колеса:

Дата

Роботу виконав

Роботу прийняв

Лабораторна робота № 8

КОНТРОЛЬ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ КІНЕМАТИЧНУ ТОЧНІСТЬ І ПЛАВНІСТЬ РОБОТИ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Мета роботи: ознайомитись з методами контролю параметрів, що характеризують кінематичну точність зубчастих коліс, і приладами, використовуваними для цього.

Зміст роботи: настроїти нормалемір і виміряти коливання довжини загальної нормалі; настроїти крокомір і провести вимірювання відхилення основного кроку; дати висновок про придатність зубчастого колеса по параметрах, що перевіряються; оформити звіт.

Матеріальне забезпечення: штангенциркуль, набір плоскопаралельних кінцевих мір довжини, нормалемір, крокомір БВ-5070 для основного кроку, коло зубчасте.

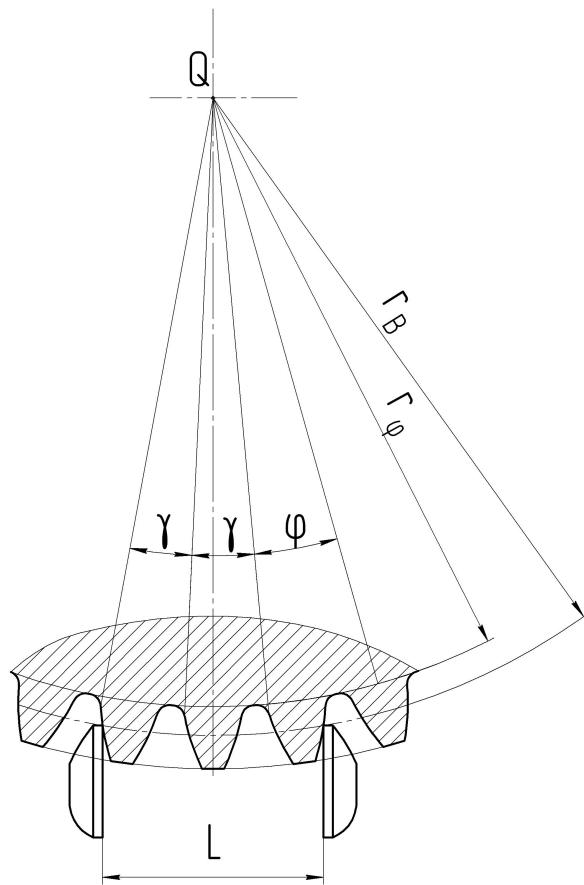
8.1 Короткі теоретичні відомості

Вимірювання коливання довжини загальної нормалі

Загальною нормаллю називається пряма, що проходить через точки дотику двох паралельних площин з двома різнойменними профілями. Загальна нормаль до евольвент є одночасно дотичною до основного кола, розгорткою якої утворена евольвента зуба. Довжину загальної нормалі вимірюють будь-яким вимірювальним приладом з плоскопаралельними вимірювальними поверхнями, які можна ввести в западини між зубами (рис. 8.1). У даній роботі використовується нормалемір типу М.

Нормалемір (рис. 8.2) складається з штанги 3, відлікового пристрою 8, вимірювальної губки 6 і переставної губки 5. Вимірювальна губка переміщається на шарикових направляючих. Відліковий пристрій встановлений таким чином, що його вимірювальний наконечник знаходиться у контакті з вимірювальною губкою. Відведення вимірювальної губки здійснюється аретиром 2.

Ри-
вжи-



сунок 8.1 Схема вимірювання до-
ни загальної нормалі

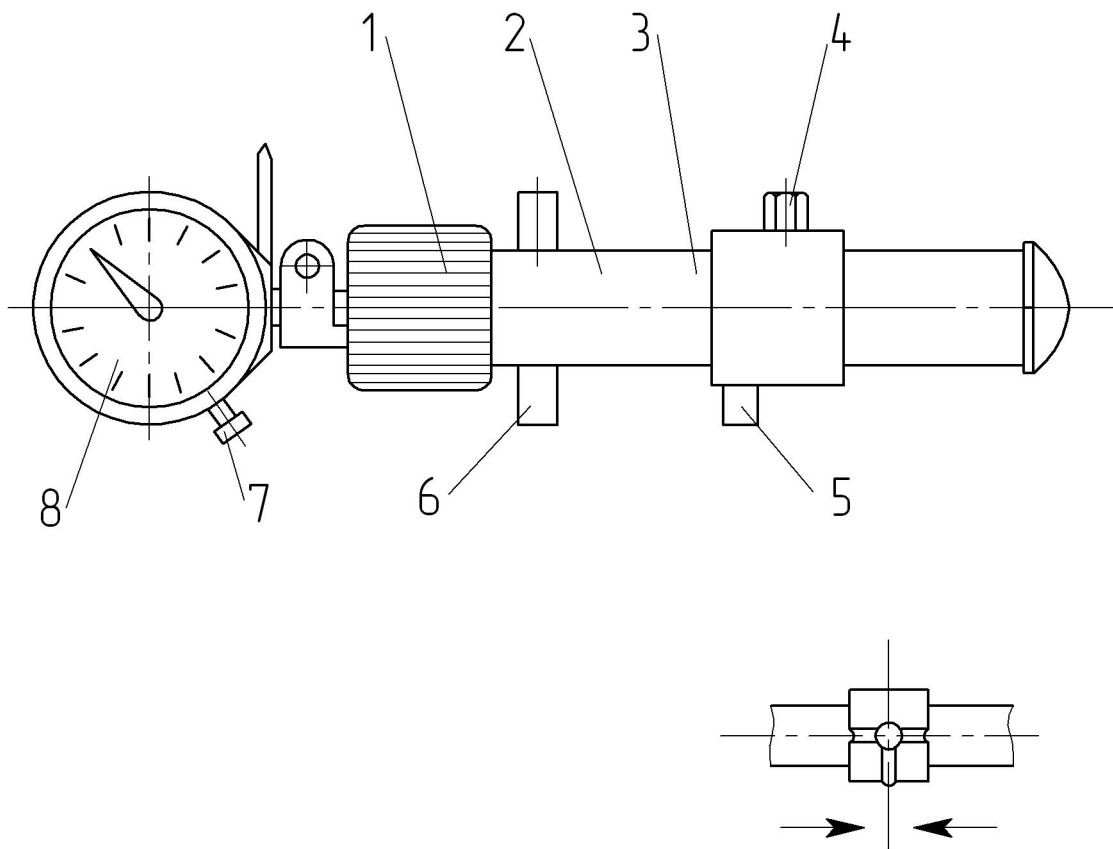


Рисунок 8.2 Нормалемір

Переміщення переставної губки здійснюється натиском на флажок 4 у напрямі переміщення. При відпуску флажка губка самозатискається на штанзі. Обидві губки оснащені пластинами твердого сплаву.

Діапазон вимірювання приладу 0...150 мм.

Для прямозубих некоригованих коліс з кутом профілю вихідного контуру $\alpha=20^\circ$ довжина загальної нормалі розраховується по формулі:

$$W = mk,$$

де m – модуль, мм; k – коефіцієнт, відповідний числу зубів колеса Z і вибраного числа охоплюваних зубів n (табл. 8.1).

Блок кінцевих мір довжини W поміщають між губками приладу, перевіряють запас ходу рухомої губки і, забезпечивши натяг індикатора в 1,0...1,5мм, встановлюють його на нуль. Довжину загальної нормалі вимірюють послідовно по всьому колу колеса. Найбільша різниця показань індикатора є коливанням довжини загальної нормалі:

$$F_{vw} = W_{max} - W_{min}.$$

Це коливання обмежується допуском F_{vw} , який визначається по ГОСТ 1643-81 (Додаток Б). Зубчасте колесо вважається годним, якщо коливання довжини загальної нормалі F_{vwz} менше або лежить в межах допуску F_{vw} .

Визначення похибок основного кроку

Нахил вимірюється як відстань між двома паралельними дотичними до двох суміжних однойменних профілів або по нормалі до одного з профілів циліндричних коліс. Придатність зубчастого колеса по основному кроку – одна з найважливіших експлуатаційних характеристик плавності передачі.

Похибка основного кроку визначається крокоміром БВ-5070.

Таблиця 8.1 Залежність коефіцієнта k від числа зубів колеса

Z	n	k	Z	n	k	Z	n	k
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	2	4,568	41	5	13,859	72	8	23,149
11	2	4,582	42	5	13,873	73	9	26,115
12	2	4,596	43	5	13,887	74	9	26,129
13	2	4,610	44	5	13,901	75	9	26,143
14	2	4,624	45	5	13,915	76	9	26,157
15	2	4,638	46	6	16,881	77	9	26,171
16	2	4,652	47	6	16,895	78	9	26,185
17	2	4,666	48	6	16,909	79	9	26,199
18	2	4,680	49	6	16,923	80	9	26,213
19	2	4,646	50	6	16,934	81	9	26,228
20	3	7,660	51	6	16,951	82	10	29,194
21	3	7,674	52	6	16,965	83	10	29,208
22	3	7,688	53	6	16,979	84	10	29,222
23	3	7,702	54	6	16,993	85	10	29,236
24	3	7,716	55	7	19,959	86	10	29,250
25	3	7,730	56	7	19,973	87	10	29,264
26	3	7,744	57	7	19,987	88	10	29,278
27	3	7,758	58	7	20,001	89	10	29,292
28	4	10,725	59	7	20,015	90	10	29,306
29	4	10,739	60	7	20,029	91	11	32,272
30	4	10,753	61	7	20,043	92	11	32,286
31	4	10,767	62	7	20,057	93	11	32,300
32	4	10,781	63	8	20,071	94	11	32,314
33	4	10,795	64	8	23,037	95	11	32,328
34	4	10,809	65	8	23,051	96	11	32,342
35	4	10,823	66	8	23,065	97	11	32,356
36	4	10,837	67	8	23,079	98	11	32,370
37	5	13,803	68	9	23,093	99	11	32,384
38	5	13,817	69	9	23,107	100	12	35,350
39	5	13,831	70	9	23,121	125	14	41,604
40	5	13,845	71	9	23,135	135	15	44,697

Вимірювання кроку зачеплення здійснюється по дотичній до основного кола установочним наконечником 4 і вимірювальним наконечником 3 (рис. 8.3). Базування крокоміра в западині зуба колеса проводиться установочним наконечником 4 і опорним 5, які в парі імітують зуб рейки. Переміщення вимірювального наконечника, що викликається коливанням розміру кроку зачеплення, фіксуються відліковим пристроєм.

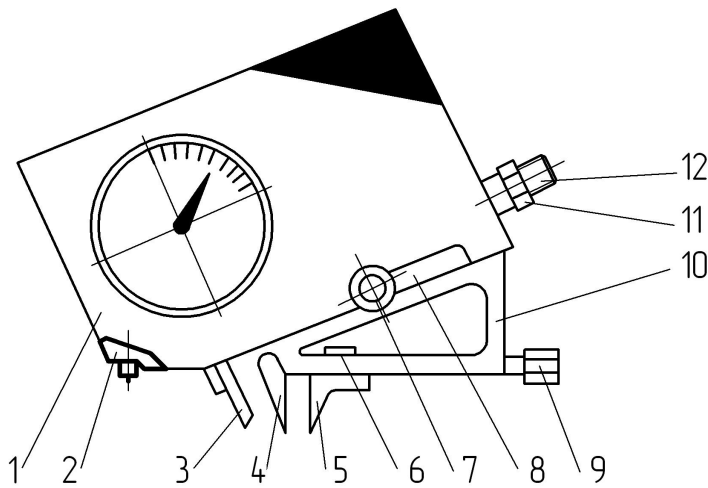


Рисунок 8.3 Крокомір для контролю кроку зачеплення

Опорний наконечник 5 виводиться в потрібне положення за допомогою гвинта 9. Стопоріння опорного наконечника здійснюється гвинтом 6.

Прилад встановлюється на номінальний розмір за допомогою пристосування (рис. 8.4), що включає підставку 1, струбцину 4 для затиску блоку кінцевих мір розміром, рівним номінальному значенню кроку зачеплення, і боковиків 2 і 3.

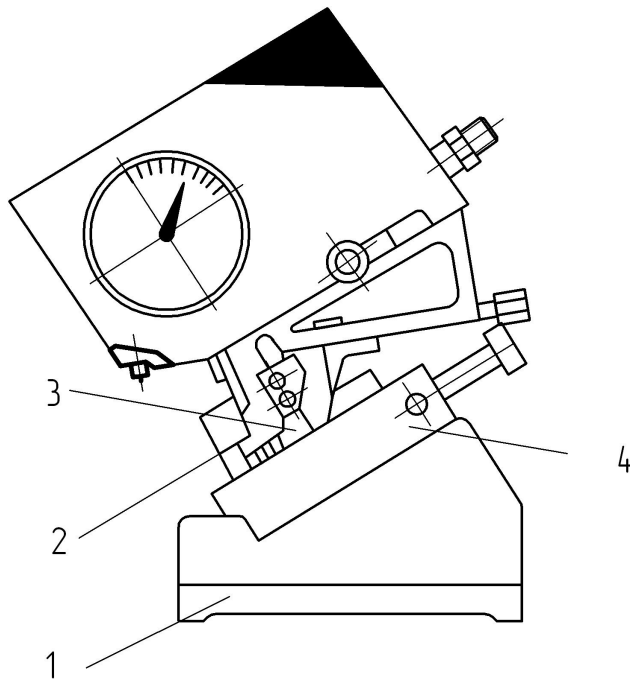


Рисунок 8.4 Крокомір на пристосуванні кроку зачеплення

Змінні головки забезпечені направляючими типа «ластівчин хвіст», за допомогою яких закріплюються в приладі гвинтами 8.

Грубе переміщення установочного наконечника здійснюється гвинтом 9, стопоріння – гвинтом 7. Точна установка приладу на нуль здійснюється мікрогвинтом 12.

Розміри кроку зачеплення різних модулів приведені в таблиці на кришці футляра. Крім того, крок зачіпляє може бути підрахований:

$$F_{pbr} = 2,9541m,$$

де m – нормальний модуль.

До набраного блоку кінцевих мір з обох боків притираються Г-образний і вільчатий боковички.

Кінцеві міри разом з притертими боковичками затискаються в струбціні 4, при цьому необхідно, щоб опорний наконечник ліг на скіс упору, а установочний – мав надійний контакт з вільчатим боковичком. Гвинтом подачі повзуна стрілки індикатора встановлюються на нуль.

Прилад переноситься на колесо, при цьому установочний наконечник вводиться в контакт з одним з профілів зуба, опорний наконечник пересувається на потрібний кут. Вимірювальний наконечник повинен торкнутися одночасно профілю сусіднього зуба. Похитуючи крокомір в діаметральній площині, знаходять екстремальну точку.

По показанням індикатора судять про відхилення кроку зачеплення від його номінального значення.

8.2 Порядок виконання роботи

1. Визначити модуль колеса, що перевіряється по формулі.
2. Розрахувати довжину загальної нормалі і набрати блок кінцевих мір. (Розрахункове значення довжини загальної нормалі визначити до сотих часток міліметра).
3. Налаштувати нормалемір. Перевірити стабільність показань, натиснувши і відпустивши кілька разів кнопку аретира. Сумістити шкалу індикатора з нульовою відміткою.
4. Виміряти довжину загальної нормалі по периметру колеса. Для цього натиснути на аретир, ввести зуби колеса між вимірювальними поверхнями і зняти показання приладу.
5. Розрахувати величину коливання довжини загальної нормалі і дати висновок про придатність зубчастого колеса, якщо воно виконане 8-7-7-Ва по ГОСТ 1643-81 (Додаток Б).
6. Розрахувати основний крок і набрати блок кінцевих мір довжини.
7. Налаштувати крокомір.

8. Виміряти основний крок вибірково і рівномірно по колу колеса.
9. Дати висновок про придатність зубчатого колеса, якщо воно виконане 8-7-7-Ва по ГОСТ 1643-81 (Додаток Ж).

Запитання для самопідготовки

1. Що називається загальною нормаллю?
2. Які чотири важливі експлуатаційні властивості зубчастих передач залежать від точності виготовлення?
3. Показники, що характеризують норму кінематичної точності?
4. Показники, що характеризують норму плавності зубчастих передач?
5. Методи і засоби контролю кінематичної точності, плавності роботи і повноти контакту зубів?
6. Як позначається точність коліс на кресленнях?

Лабораторна робота № 8

КОНТРОЛЬ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ КІНЕМАТИЧНУ ТОЧНІСТЬ І ПЛАВНІСТЬ РОБОТИ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Завдання 1. Виміряти нормалеміром коливання довжини загальної нормалі по периметру колеса.

Таблиця. Результати вимірювань

Вимірювання довжини загальної нормалі			
Дані про прилад		Дані про деталь	
Найменування		Найменування	
Точність відліку, мм		Зовнішній діаметр, мм	
Діапазон виміру, мм		Число зубів	
		Модуль, мм	
Схема виміру	Показання приладу		Допуск на коливання загальної нормалі, мкм
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	Серед.		

Завдання №2. Виміряти крокоміром основний крок вибірково та рівномірно по колу колеса.

Таблиця. Результати вимірювань

Вимірювання відхилень основного кроку			
Дані про прилад		Дані про деталь	
Найменування		Найменування	
Точність відліку, мм		Зовнішній діаметр, мм	
Діапазон виміру, мм		Число зубів	
		Модуль, мм	
Схема виміру	Показання приладу		Допуск на коливання основного кроку, мкм
	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
	Серед.		

Висновок:

Дата

Роботу виконав

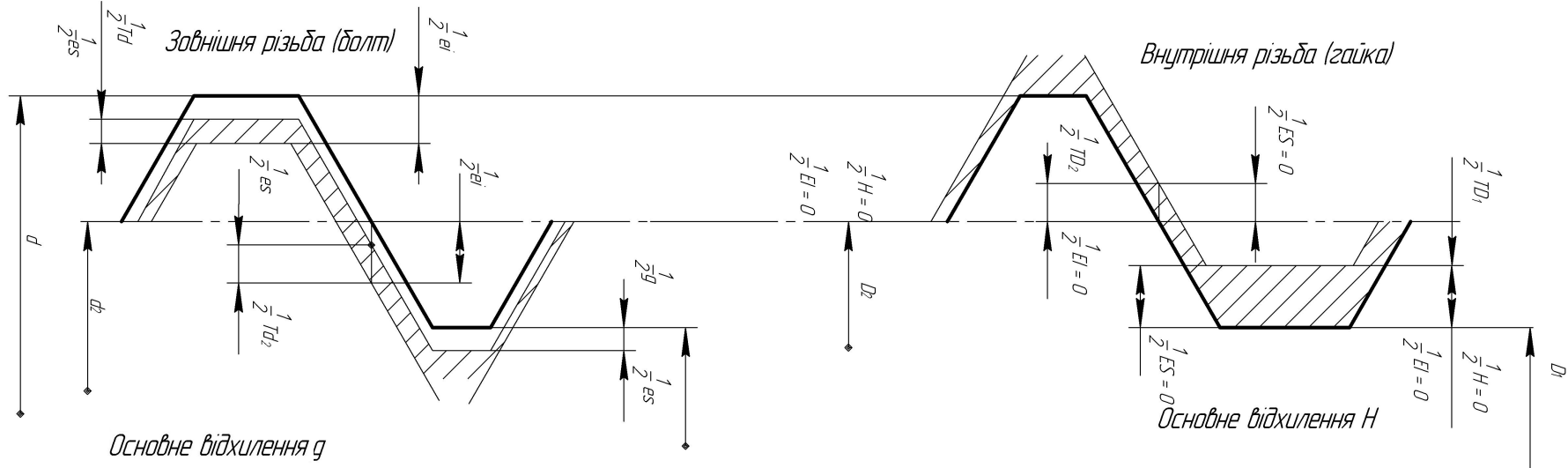
Роботу прийняв

Список використаної літератури

1. Якушев А.И. Взаємозамінність, стандартизація й технічні виміри. - М.: Машинобудування, 1986.
2. Кострицкий В.Г. і ін. Контрольно-вимірювальні інструменти й прилади в машинобудуванні. - Київ: Техніка, 1986. - 135 с.
3. Тищенко О.Ф. Контрольно-вимірювальні прилади в машинобудуванні. - М.: Машинобудування, 1974. - 471 с.
4. Дунаев П.Ф., Лепиков О.П., Варламова Л.П. Допуски й посадки. - М.: Высш. шк., 1984. - 112 с.
5. Мягков В.Д. Допуск і посадки: Довідник в 2-х частинах. - Т.1. Т.2. - М.: Машинобудування, 1978.

Додатки
Додаток А

Відхилення метричних різьб з зазорами (виписка з ГОСТу 16 093 – 2004)



89

Номінальний діаметр різьби d , мм	Крок різьби P , мм	Поля допусків зовнішньої різьби з основним відхиленням g								
		$4 g$			$5 g$			$6 g$		
		Відхилення, мкм								
		Діаметрів різьби								
		d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d	d, d_2, d_1	d_2	d
Понад 11,2 до 22,4	1	-26	-101	-138	-26	-121	-206	-26	-144	-206
	1,25	-28	-113	-160	-28	-134	-240	-28	-160	-240
	1,5	-32	-122	-182	-32	-144	-268	-32	-172	-268
	1,75	-34	-129	-204	-34	-152	-299	-34	-184	-299
	2	-38	-138	-218	-38	-163	-318	-38	-198	-318
	2,5	-42	-148	-254	-42	-174	-377	-42	-212	-377
Понад 22,4 до 45	1	-26	-106	-138	-26	-126	-206	-26	-151	-206
	1,5	-32	-127	-182	-32	-150	-268	-32	-182	-268
	2	-38	-144	-218	-38	-170	-318	-38	-208	-318
	3	-48	-173	-284	-48	-208	-423	-48	-248	-423
	3,5	-53	-185	-318	-53	-223	-478	-53	-265	-478
	4	-60	-200	-360	-60	-240	-535	-60	-284	-535
	4,5	-63	-213	-378	-63	-253	-563	-63	-299	-563

Додаток Б

Колеса зубчасті циліндричні, допуски.
 Норми кінематичної точності (по ГОСТу 1643-81)

Ступень точності	Модуль m , мм	F'_i		F_k		F_{vW}		F_c		F''_i	
		Ділильний діаметр d , мм									
		До 125	По-над 125 до 400	До 125	По-над 125 до 400	До 125	По-над 125 до 400	До 125	По-над 125 до 400	До 125	По-над 125 до 400
		МКМ									
6	Понад 1,0 до 3,5	$F_p + f_f$	25	36	16	28	16	28	36	50	
	Понад 3,5 до 6,3		32	40					40	56	
	Понад 6,3 до 10,0		28	45					45	63	
	Понад 10,0 до 16,0		—	50					—	71	
7	Понад 1,0 до 3,5	$F_p + f_f$	36	50	22	40	22	40	50	71	
	Понад 3,5 до 6,3		40	56					56	80	
	Понад 6,3 до 10,0		45	63					63	90	
	Понад 10,0 до 16,0		—	71					—	100	
8	Понад 1,0 до 3,5	$F_p + f_f$	45	63	28	50	28	50	63	90	
	Понад 3,5 до 6,3		50	71					71	100	
	Понад 6,3 до 10,0		56	80					80	112	
	Понад 10,0 до 16,0		—	90					—	125	
9	Понад 1,0 до 3,5	$F_p + f_f$	71	80	—	—	—	—	90	112	
	Понад 3,5 до 6,3		80	100					112	140	
	Понад 6,3 до 10,0		90	112					125	160	
	Понад 10,0 до 16,0		—	125					—	180	

F'_i - допуск на кінематичну похибку зубчастого колеса;

F_r - допуск на радіальне биття зубчастого вінця;

F_{vW} - допуск на коливання довжини загальної нормалі;

F_c - допуск на похибку обката;

F''_i - допуск на коливання вимірювальної міжосьової відстані.

Додаток В
 Передачі зубчасті циліндричні. Норми бокового зазору.
 Границі відхилення $-E_{Hs}$ для зовнішнього зачеплення $+E_{Hi}$
 для внутрішнього зачеплення (по ГОСТу 1643-81)

Вид сполучення	Ступень точності по нормам плавності	Дільний діаметр d , мм										
		Понад 80	Понад 80	Понад 80	Понад 80	Понад 80	Понад 80	Понад 80	Понад 80	Понад 80	Понад 80	Понад 80
H	3...6	12	14	16	18	20	22	25	28	30	40	45
	7	14	16	18	20	22	25	28	30	35	45	50
E	3...6	30	35	40	46	52	57	63	70	80	90	105
	7	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	120
D	3...6	46	54	63	72	81	89	97	110	125	140	165
	7	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180
	8	55	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200
C	3...6	74	87	100	115	130	140	155	175	200	230	260
	7	80	100	110	120	140	160	180	200	220	250	280
	8	90	110	120	140	160	180	200	220	250	280	300
	9	100	120	140	160	180	200	200	250	280	300	350
B	3...6	120	140	160	185	210	230	250	280	320	360	420
	7	140	160	180	200	250	250	280	300	350	400	450
	8	140	160	200	220	250	280	300	350	400	450	500
	9	160	180	200	250	280	300	350	400	400	450	550
	10	160	200	220	250	300	350	350	400	450	500	600
A	3...6	190	220	250	290	320	360	400	440	500	560	660
	7	200	250	280	300	350	400	450	500	550	600	700
	8	220	280	300	350	400	450	500	550	600	700	800
	9	250	280	350	400	400	500	500	600	700	800	900
	10	280	300	350	400	450	500	600	600	700	800	900

Примітка.

$-E_{Hs}$ - найменше додаткове зміщення вихідного для зубчастого колеса з зовнішніми зубцями;

$+E_{Hi}$ - найменше додаткове зміщення вихідного контура для зубчастого колеса з внутрішніми зубцями.

Додаток Д
 Передачі зубчасті циліндричні.
 Норми бокового зазору. Показники T_H (по ГОСТу 1643-81)

Вид спряження	Вид допуску	Допуск на радіальне биття зубчастого вінця F_r							
		До 8	Понад 8 до 10	Понад 10 до 12	Понад 12 до 16	Понад 16 до 20	Понад 20 до 25	Понад 25 до 32	
H, E	h	28	30	35	40	40	45	55	
D	d	35	40	40	45	55	60	70	
C	c	45	50	55	60	70	80	90	
B	b	55	60	70	70	80	90	100	
A	a	70	80	80	90	100	110	140	
-	z	90	100	100	110	120	140	160	
-	y	110	120	140	140	160	180	200	
-	x	140	160	160	180	200	220	250	

Вид спряження	Вид допуску	Допуск на радіальне биття зубчастого венця F_r							
		Понад 32 до 40	Понад 40 до 50	Понад 50 до 60	Понад 60 до 80	Понад 80 до 100	Понад 100 до 125	Понад 125 до 160	Понад 160 до 200
H, E	h	60	70	80	110	120	160	200	250
D	d	80	90	100	140	160	200	250	300
C	c	100	120	140	180	200	250	300	400
B	b	120	140	180	200	250	300	400	500
A	a	160	180	200	250	300	350	450	550
-	z	180	220	250	300	350	450	550	700
-	y	250	280	350	400	500	600	700	900
-	x	300	350	400	500	600	700	900	1100

Примітка.

1. Величину F_r приймають у відносності з нормою кінематичної точності по табл. Додаток Б.

2. Вид допуску використовують при зміні відповідності між видом спряження і видом допуску.

Додаток Е
Система допусків і посадок гладких з'єднань. Значення допусків

Інтервал номінальних розмірів, мм	Квалітет										
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
До 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400
Понад 3 до 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480
Понад 6 до 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580
Понад 10 до 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700
Понад 18 до 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840
Понад 30 до 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000
Понад 50 до 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200
Понад 80 до 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400
Понад 120 до 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600
Понад 180 до 250	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850
Понад 250 до 315	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100
Понад 315 до 400	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300
Понад 400 до 500	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500

Додаток Ж

Колеса зубчасті циліндричні, допуски.
 Норми плавності роботи (по ГОСТу 1643-81)

Ступень точності	Позначення	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм			
			До 125	Понад 125 до 400	Понад 400 до 800	Понад 800 до 1600
6	f'_i	Понад 1 до 3,5	18	20	25	32
		Понад 3,5 до 6,3	22	25	28	36
		Понад 6,3 до 10	28	30	32	40
	f_{Pt}	Понад 1 до 3,5	± 10	± 11	± 13	± 14
		Понад 3,5 до 6,3	± 13	± 14	± 14	± 16
		Понад 6,3 до 10	± 14	± 16	± 18	± 18
	f_f	Понад 1 до 3,5	8	9	12	17
		Понад 3,5 до 6,3	10	11	14	18
		Понад 6,3 до 10	12	13	16	20
	f''_i	Понад 1 до 3,5	14	16	18	20
		Понад 3,5 до 6,3	18	20	20	22
		Понад 6,3 до 10	20	22	22	25
7	f''_i	Понад 1 до 3,5	25	30	36	45
		Понад 3,5 до 6,3	32	36	40	50
		Понад 6,3 до 10	36	40	50	56
	f_{Pt}	Понад 1 до 3,5	± 14	± 16	± 18	± 20
		Понад 3,5 до 6,3	± 18	± 20	± 20	± 22
		Понад 6,3 до 10	± 20	± 22	± 25	± 25
	f_f	Понад 1 до 3,5	11	13	17	24
		Понад 3,5 до 6,3	14	16	20	28
		Понад 6,3 до 10	17	19	24	30
	f''_i	Понад 1 до 3,5	20	22	25	28
		Понад 3,5 до 6,3	25	28	28	32
		Понад 6,3 до 10	28	32	32	36
8	f'_i	Понад 1 до 3,5	36	40	50	63
		Понад 3,5 до 6,3	45	50	56	71
		Понад 6,3 до 10	50	60	71	80
	f_{Pt}	Понад 1 до 3,5	± 20	± 22	± 25	± 28
		Понад 3,5 до 6,3	± 25	± 28	± 28	± 32
		Понад 6,3 до 10	± 28	± 32	± 36	± 36
	f_f	Понад 1 до 3,5	14	18	25	36
		Понад 3,5 до 6,3	20	22	28	40
		Понад 6,3 до 10	22	28	36	45
	f''_i	Понад 1 до 3,5	28	32	36	40
		Понад 3,5 до 6,3	36	40	40	45
		Понад 6,3 до 10	40	45	45	50

Підписано до друку..... Формат 60 x 84 1/32. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк.....Наклад.....прим.
Замовлення №.....

Віддруковано друкарнею
Запорізької державної інженерної академії
з комп'ютерного оригінал-макету

69006, м. Запоріжжя, пр. Леніна, 226
РВВ ЗДІА, тел. 601-240