

**КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Для студентів навчального напрямку "Інженерна механіка"

2009

**КРАСНОАРМІЙСЬКИЙ ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ІНСТИТУТ
ДЕРЖАВНОГО ВИЩОГО НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Для студентів навчального напрямку "Інженерна механіка"

Розглянуто на засіданні
кафедри Інженерної механіки
протокол №3 від 08.10.2009р.

Затверджено на засіданні
навчально-видавничої
Ради Дон НТУ
протокол № 5
від 21.12.2009р.

2009

УДК 669.01(075)

Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Лабораторні роботи. Для студентів навчального напрямку "Інженерна механіка" / Лаппо І.М., Горячева Т.В., – Красноармійськ: КП Дон НТУ, 2009. – 80 с.

У посібнику комплексно подані всі складові лабораторного курсу згідно з типовою навчальною програмою дисципліни. Лабораторні роботи з курсу „Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання” містять основні теоретичні відомості про методи та засоби вимірювань; метрологічні характеристики найбільш розповсюджених вимірювальних приладів; методику проведення вимірювань та розрахунків основних параметрів. В посібнику надаються форми звіту по виконанню лабораторних робіт. Даний посібник закріпити отримані на лекціях основні поняття про вітчизняну систему технічних вимірювань.

Лабораторні роботи призначені для студентів навчального напрямку "Інженерна механіка".

Укладачі: І.М. Лаппо
 Т.В. Горячева

Відповідальний за випуск

С.О.Вірич

@ Лаппо І.М., Горячева Т.В.
Красноармійськ, КП ДонНТУ, 2009

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.

Лабораторні заняття з курсу «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання» мають за мету:

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

Всі необхідні при виконанні лабораторних робіт формули приводяться в кінцевому вигляді, без доведень, з відповідними посиланнями на теоретичний курс.

Основні метрологічні визначення, термінологія і класифікація вимірювальних засобів співпадають з встановленими стандартами і прийнятими в лекційному курсі.

Прийоми вимірювань в усіх запропонованих роботах в основному базуються на практиці заводських вимірювальних лабораторій і на інструкціях Комітету стандартів, мір і вимірювальних приладів Державного комітету України.. Для навчальної лабораторної роботи кількість вимірів з метою скорочення часу вимірювання може бути змінена.

Постановка лабораторних робіт припускає використання устаткування, яке широко застосовується в цехах і лабораторіях машинобудівних заводів і того, що існує в більшості навчальних лабораторій.

В даних методичних вказівках розглянуті найбільш розповсюджені вимірювальні прилади і методи вимірювання. Знайомство з ними повинно прищепити студентам певні навички в поводженні з вимірювальним обладнанням.

Темою кожної лабораторної роботи є опис вимірювальних засобів і методів вимірювань виробів певної геометричної форми. В кожній лабораторній роботі дається принципова схема і коротка характеристика основних приладів. Описуються прийоми вимірювань на цих приладах, вказується порядок контролю конкретного виробу, калібру, різьбової деталі. До опису додається рекомендована форма таблиці для запису результатів контролю.

При виконанні кожної лабораторної роботи передбачається, що крім запису результатів вимірювань, потрібно проводити підрахунок граничних розмірів і порівняння отриманих результатів вимірювань з прийнятими згідно з відповідними стандартами.

Вказівки до виконання лабораторних робіт та оформлення звіту.

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

Звіт за виконану лабораторну роботу оформлюється кожним студентом та захищається перед виконанням наступної роботи. Звіт по лабораторних роботах оформлюється на аркушах білого паперу для написання розміром 210×297 мм (допускається використання аркушів з учнівського зошита в клітинку того ж розміру). На кожному форматі слід виконати обрамлюючі лінії згідно ГОСТ 2.301-68. На першому аркуші виконується основний надпис для текстових документів згідно з ГОСТ 2.105-79; на наступних – надпис по формі 2а для текстових документів згідно з ГОСТ 2.105-79.

На першому аркуші звіту розміщується розділ «Зміст». Назви розділів та підрозділів наступних листків повинні відповідати змісту.

Зміст повинен вміщувати:

- назву роботи;
- мету роботи;
- короткі теоретичні відомості;
- схему пристроїв та опис використаних засобів вимірювань;
- проміжні результати вимірювань;
- таблицю звіту;
- висновки.

Всі заповнені аркуші брошуруються в загальній обкладинці з титульним аркушем. Приклад оформлення титульного листа показаний в додатку. Справа подано відстані від нижньої лінії, яка обрамлює формат до основи відповідного рядка та номер шрифту, яким слід виконувати запис рядка.

Всі записи виконуються чорнилом одного кольору, ескізи та схеми – олівцем з дотриманням вимог ЄСКД та основних співвідношень в розмірах.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ПЛОСКОПАРАЛЕЛЬНІ КІНЦЕВІ МІРИ ДОВЖИНИ. ПОВІРКА МІКРОМЕТРА.

1. Загальні відомості.

1.1. Мета роботи:

- ознайомитись з характеристикою й конструкцією плоскопаралельних кінцевих мір;
- засвоїти методику набирання блоків з кінцевих мір;
- вивчити будову та принцип роботи мікрометра;
- провести повірку мікрометра за допомогою кінцевих мір.

1.2. Матеріальне забезпечення:

- набори плоско паралельних кінцевих мір довжини (ГОСТ 9038-90);
- мікрометр МК 0-25, МК 75-100 (ГОСТ 6507-90).

2. Вимірювання за допомогою кінцевих мір.

2.1. Застосування кінцевих мір.

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини складають основу сучасних лінійних вимірювань в машинобудуванні. Вони застосовуються для зберігання одиниці довжини, передачі розміру від еталону одиниці довжини до виробу, перевірки точності та градуювання вимірювальних засобів, встановлення приладів на нуль при відносному методі вимірювань тощо.

Широко розповсюдженим слід вважати використання кінцевих мір при перевірці шкал вимірювальних інструментів та приладів, встановленні регульованих калібрів на розмір та встановлення на нуль шкал вимірювальних приладів.

Кінцеві міри слід використовувати тільки у випадках, коли потрібна висока точність вимірювання та неможливе використання звичайних вимірювальних приладів.

2.2. Конструкція наборів кінцевих мір.

Для виконання даної лабораторної роботи використовують основний набір кінцевих мір, що складається із 87 штук. Цей набір дозволяє складати блоки з дискретністю 0,005 мм.

Кінцеві міри довжини – це прямокутні плиточки з двома плоско паралельними вимірювальними поверхнями (рис.1.1.).

Кінцеві міри поділяються на зразкові та робочі. Зразкові міри застосовують для зберігання та передачі одиниці довжини, перевірки, градуювання вимірювальних засобів (робочих мір, калібрів, приладів). Робочі міри застосовують при вимірюваннях розмірів деталей.

За розмір міри приймається її середня довжина. Найбільша різниця між довжиною міри в якій-небудь точці та серединною довжиною характеризує відхилення від плоско паралельності даної міри.

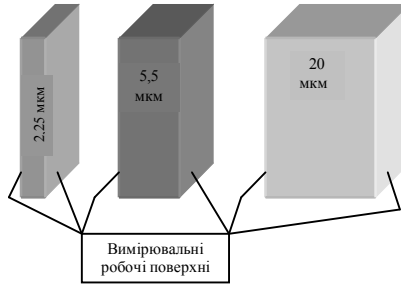


Рисунок 1.1. – Кінцеві міри довжини.

За точністю виготовлення кінцеві міри поділяються на 4 класи : 0, 1, 2, 5 та 5 розрядів: 1, 2, 3, 4, 5, - в порядку зменшення точності.

Клас точності кінцевих мір визначає граничні відхилення серединної довжини і граничні відхилення від плоскопаралельності.

Кінцеві міри, що знаходяться в експлуатації, періодично перевіряються, після чого їх відносять до того чи іншого класу або розряду. Якщо кінцеві міри застосовуються по класам, то за розмір міри приймається її номінальний розмір, який нанесений на мірі, а у випадку застосування їх за розрядами приймається дійсний розмір, що вказаний в атестаті набору.

Кінцеві міри мають властивість зчіплюватися (притирання) за рахунок ретельної обробки робочих поверхонь. З них можна складати блоки будь-яких розмірів (рис.1.2.). Зчеплення пластинок мір забезпечується силами молекулярного притягання найтонших мастильних плівок на їхніх поверхнях. Міри абсолютно знежирені або з товстим шаром мастила не притираються.

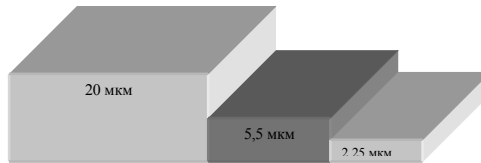


Рисунок 1.2. – Розмір блоку кінцевих мір.

Для меншого зношення мір при складанні блоків з кінцевих мір слід прагнути, щоб вони склалися із можливо меншої кількості.

На кожній мірі гравірується її розмір. На мірах, менших за 5,5 мм, номінальний розмір наноситься на одній із вимірювальних поверхонь; більших за 5,5мм – на боковій неробочій поверхні.

2.3. Методика складання блоків.

Прийоми складання блоків зводяться до таких дій. Кінцеві міри попередньо очистити від мастила ватою, промити чистим бензином та витерти насухо. Потім одну з мір накласти на іншу, приблизно на третину довжини робочої поверхні, і щільно притискаючи пальцями, просунути вздовж великої осі до повного контакту робочих поверхонь. Якщо після цього легким зусиллям не можна роз'єднати складений блок, міри вважаються притертими. Після притирання двох кінцевих мір до них притирають третю.

Послідовність при складанні блоку звичайно така: спочатку притирають кінцеві міри малих розмірів, після чого складений з них блок притирають до міри середнього розміру, а потім вже до плитки великого розміру.

2.4. Правила роботи з плитками.

Для запобігання зайвого промивання кінцевих мір і дряпання їхніх робочих поверхонь потрібно виконувати такі правила:

- 1) не брати робочі поверхні промитих кінцевих мір руками;
- 2) кінцеві міри, більші за 5,5мм, класти на стіл тільки неробочими поверхнями;
- 3) не притирати робочу поверхню кінцевої міри до неробочої (це викликає появу подряпин на робочій поверхні);
- 4) до блоку складати не більше 4-5 мір для зменшення його похибки;
- 5) після закінчення роботи блок слід розібрати, кінцеві міри промити в бензині, змастити та покласти у відповідні гнізда футляра набору.

2.5. Методика розрахунку кінцевих мір блоку.

Для того, щоб скласти необхідний розмір з найменшої кількості плиток, слід підібрати перш за все такі міри, розмір яких має тисячні долі міліметра, потім – соті долі. В останню чергу підбираються пластини, розмір яких складає цілі та десятки цілих міліметрів.

Розглянемо викладені положення на прикладі. Треба скласти блок розміром 28, 785 мм.

Перша міра, що входить до блоку	– 1,005 мм.
Залишок	– 27,78 мм.
Друга міра, що входить до блоку	– 1,28 мм.
Залишок	– 26,50 мм.
Третя міра, що входить до блоку	– 6,50 мм.
Залишок (четверта міра блоку)	– 20,00 мм.

3. Вимірювання за допомогою мікрометричних інструментів.

3.1. Види та призначення мікрометричних інструментів.

Найбільше розповсюдження одержали мікрометри гладкі, мікрометричні нутроміри та мікрометричні глибиноміри. Загальним для них є наявність мікро-

метричної головки з гвинтовою парою та відліковим пристроєм у вигляді двох шкал.

Зовнішні розміри виробів слід вимірювати мікрометрами з плоскими вимірювальними поверхнями. Мікрометри гладкі використовують для перевірки плоских та циліндричних деталей.

ГОСТ 6507-90 встановлює границі (межі) вимірювань для таких мікрометрів 0...25; 25...50; 50...75; 75...100; ... ; 475...500 мм.

Мікрометр (рис. 1.3.) складається зі скоби 1, п'ятки 2, мікрометричного гвинта 3, стебла 4, барабану 5, гайки регулювання нуля 6, трещітки 7, стопора 8.

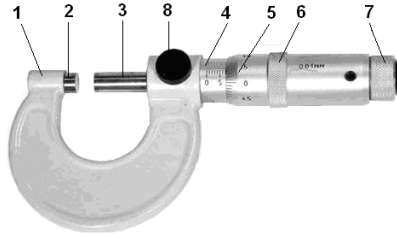


Рисунок 1.3. – Мікрометр.

3.2. Методика відліку розміру.

За шкалою барабану відраховують соті долі міліметра. Ціна поділки шкали барабану всіх мікрометричних інструментів 0,01 мм. Шкала нанесена на конусний торець барабану і має 50 штрихів, тобто один повний оберт барабану дає 0,5 мм. Барабан зв'язаний із шпинделем мікрометричним гвинтом, що має різьбу з кроком 0,5 мм.

За шкалою стебла відраховують міліметри та напівміліметри. Шкала має два поздовжніх ряди міліметрових поділок, розташованих по обидва боки від горизонтальної лінії. Верхні штрихи поділок зсунуті відносно нижніх на 0,5 мм вправо. Вказівником для відліку цілого числа поздовжньої шкали служить скошений край барабану, вказівником для кругової шкали барабану – поздовжня лінія стебла.

Розмір, що перевіряється, з точністю до 0,5 мм відсікається по шкалі стебла 4 зрізом барабану 5. Він відповідає цілому числу обертів барабану. Долі обертів, тобто соті долі міліметра, відраховують на зрізі барабану. Число сотих часток відповідає поділці кругової шкали, яка розташована навпроти осьової лінії, що поділяє шкалу стебла на верхню і нижню частину.

Правило:

- якщо з-під зрізу барабану видно верхній штрих шкали, розмір буде складатись:

$$B = b + 0,5 + n \cdot i_m$$

- якщо видно нижній штрих, то розмір дорівнює:

$$B = b + n \cdot i_m$$

де B – вимірювальний розмір, мм;
 b – Кількість поділок шкали стебла, що відсікається барабаном;
 n – Кількість поділок на скосі барабана, що вказується поздовжньою лінією стебла;

i_m – ціна поділки мікрометричної головки, $i_m = 0,01$ мм.

Довжина шкали на стеблі складає 25 мм, що зумовлене складністю виготовлення гвинтів більшої довжини з необхідною точністю.

На рисунку 1.4. приведені положення барабану мікрометра відносно стебла, при яких мікрометр показує розміри: a – 14,10 мм; b – 15,78 мм; c – 9,865 мм.

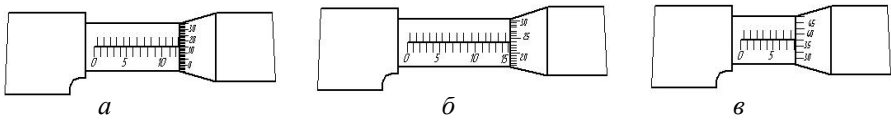


Рисунок 1.4. – Положення барабану мікрометра при визначенні розміру:
 a – 14,1 мм; b – 15,78 мм; c – 9,865 мм.

Мікрометр дає точні показання тільки в тому разі, якщо деталь стискається без перекосу плавним обертом трещітки 7, що стабілізує зусилля виміру.

В процесі експлуатації, в результаті зносу точність виміру мікрометра зменшується, тому його періодично повіряє служба метролога підприємства. Повірка мікрометра здійснюється згідно з ГОСТ по блоку кінцевих мір, що вказані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. –

Розміри блоків кінцевих мір для повірки мікрометра.

Верхня границя виміру мікрометра	25 мм	Більше 25 мм
Розмір блоків кінцевих мір	0	A
	5,12	A+5,12
	10,24	A+10,24
	15,36	A+15,36
	21,50	A+21,50
	25,00	A+25,00
A – нижня границя вимірювань мікрометра.		

Мікрометр вважається придатним до подальшого використання, якщо його похибки не перебільшують допустимої похибки за ГОСТ 6507 – 60, наведеної в таблиці 1.2.

Допустимі похибки мікрометра.

Границі вимірювань мікрометра	Допустима похибка мікрометра, мкм
0 – 25	±4
25 – 50	±4
75 – 100	±4
100 - 125	±5

4. Порядок виконання роботи.

1. Отримати набір плоскопаралельних кінцевих мір. Ознайомитися з розташуванням мір в наборі і засвоїти правила складання блоків.

2. Скласти послідовно три блока мір за наступними розмірами:

1-я підгрупа студентів:	50,285;	30,445;	29,845;
2-я підгрупа студентів:	37,445;	25,635;	95,985;
3-я підгрупа студентів:	87,435;	96,485;	16,855;
4-а підгрупа студентів:	20,275;	28,625;	57,25.

Занести в таблицю 1.3 звітні розміри блоків та і кінцевих мір, що складають розмір.

Таблиця 1.3. –

Розміри плиток, що складають блок.

Номинальний розмір, мм			
Розмір плиток, що складають блок			

3. Ознайомитися з принципом дії мікрометра та відліком розміру по його трьом шкалам. Протерти вимірювальні поверхні мікрометра та перевірити його установлення на нуль. В цьому положенні нульовий штрих барабана повинен співпадати з поздовжнім штрихом стебла, а зріз барабана – відкривати нульовий штрих стебла.

В мікрометрах з границями вимірювань 0...25 мм нульове положення повинно бути при контакті вимірювальних поверхонь (мікрометричного гвинта та п'ятки); в мікрометрах з границями вимірювань 25...50 мм (50...75 мм) нульове положення повинно бути при контакті вимірювальних поверхонь з установчою мірою, яка дорівнює нижньої границі вимірювання.

4. Якщо при перевірці мікрометра нульове положення не встановлюється, слід закріпити рухомий барабан стопорним гвинтом, відвернути гайку-фіксатор і установити барабан в потрібне положення, після чого закріпити фіксатор і знову перевірити нульову установку.

При установленні та послідуєчих вимірюваннях барабан слід обернути тільки за трещітку. Невиконання цієї умови призводить до помилок в результатах та псування інструменту.

5. Провести повірку мікрометра по блокам кінцевих мір, розміри яких вказані в таблиці 1.1. Відлік показань мікрометра при повірці повинен бути з точністю до 0,001 мм, для чого ціну поділки барабану 0,01 мм слід розбивати на 10 частин.

6. Результати повірки: показання мікрометра і похибки вимірювання мікрометра на кожному з блоків кінцевих мір, а також допустиму похибку мікрометра (табл.1.2.) занеси в звіт.

Таблиця 1.4. –

Результати перевірки похибки вимірювання мікрометра

№ п/п	Розмір блоку А, мм	Показання мікрометра В,мм	Похибка $\Delta=A-B$, мм
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Допустима похибка згідно ГОСТ 6507-60 _____ мм.

7. Зробити висновок про придатність мікрометра, що перевіряється.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2.

КОНТРОЛЬ ОТВОРУ ІНДИКАТОРНИМ НУТРОМІРОМ.

1. Загальні відомості.

1.1. Мета роботи:

- вивчити конструкцію індикаторного нутроміру;
- вивчити методику вимірювання розмірів за допомогою індикаторних інструментів;
- провести контроль форми заданої деталі за допомогою індикаторного нутроміру;
- визначити квалітет основного отвору.

1.2. Матеріальне забезпечення:

- індикаторний нутромір ИН;
- набір плоскопаралельних кінцевих мір;
- деталь для проведення контролю форми;
- струбцина або зразкове кільце.

2. Вимірювання за допомогою індикаторних інструментів.

2.1. Конструкція індикаторного нутроміру.

Індикаторні нутроміри досить широко застосовують для контролю точних отворів (5-8 квалітет) при їх виготовленні. Важливою перевагою індикаторних нутромірів є можливість вимірювання довгих отворів. За допомогою індикаторних нутромірів можуть контролюватися також відхилення від правильної геометричної форми (овальність, бочко-, сідло-, конусоподібність).

Індикаторний нутромір може бути віднесений до важливо-зубчастих приладів, тому що в ньому поєднується зубчаста система стандартного індикатора годинникового типу, який є відліковим устроєм нутроміра, з важливою системою трубки нутроміра.

За числом вимірювальних наконечників нутроміри поділяються на двох, трьох та чотирьох контактні. У чотирьох-контактних (ГОСТ 9244-59) є два рухомих і два нерухомих (центруючих) наконечника.

До нутроміра додається набір змінних вставок та упор, який забезпечує правильне встановлення нутроміру, якщо на виробі є плоскість перпендикулярна отвору.

Найбільш широко застосовуються в промисловості двох-контактні нутроміри (ГОСТ 808-03) з границями вимірів 6-1000 мм.

На рис. 2.1. показаний індикаторний нутромір з границями вимірювання 50-100 мм. Він складається з трубчастого корпусу 2, вимірювальної головки та індикатора часового типу 1 з ціною поділки 0,01 мм. Точність вимірювання індикаторним нутроміром залежить від точності індикатора. Конструкція вимірювальної головки у приладів з різною границею вимірювання відрізняється.

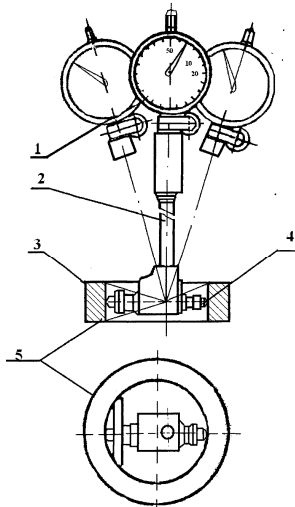


Рисунок 2.1. – Індикаторний нутромір.

Вимірювальна головка має з одного боку вимірювальний стрижень 3, а з іншого – змінну вимірювальну вставку 4. Вимірювальний стрижень головки передає переміщення стрижню індикатора через рухомий стрижень корпусу. Центруючий мостик 5 слугує для поєднання лінії вимірювання з діаметральною плоскістю отвору, що вимірюється.

При вимірюванні переміщення вимірювального стрижня 3 передається через важільну систему стрижня індикатора. До нутроміру надаються шість штук змінних вимірювальних вставок, дві шайби та два подовжувача. Цей набір дозволяє змінювати нульове положення приладу на 1 мм в межах всього діапазону вимірювання. При роботі прибор слід тримати за теплоізоляційну ручку.

2.2. Настроювання індикаторного нутроміра.

Метод вимірювання індикаторним нутроміром – це метод порівняння з мірою, тому перед вимірюванням його необхідно настроїти.

Настройка індикаторного нутроміру проводиться по блоку кінцевих мір довжини, який встановлюється в струбцину (рис. 2.2,а) або по установчому зразковому кільцю (рис. 2.2,б).

Для встановлення індикаторного нутроміра на нуль необхідно:

- по завчасно виміряному штангенциркулем отвору підібрати змінну вимірювальну вставку і затиснути її в отворі головки нутроміра так, щоб розмір вимірювальної частини був на 0,5 – 1,5 мм більше розміру отвору;
- ввести нутромір в отвір зразкового установчого кільця (або в простір між боковиками струбцини);

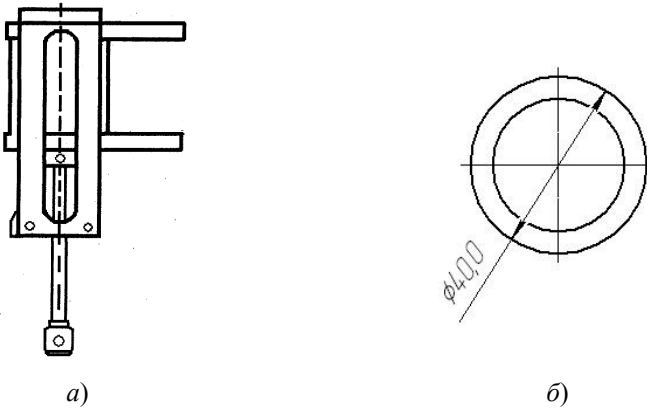


Рисунок 2.2. – Прилади для настройки індикаторного нутроміру:
а – струбцина; *б* – зразкове кільце.

- невеликим похитуванням прибору в площині вимірювання знаходимо точку повернення стрілки індикатора (рис.2.1.), яка буде відповідати розміру, що встановлюється;
- повернути шкалу індикатора за ободок, сумістити точку повернення з нульовим діленням.

2.3. Порядок виконання роботи.

2.3.1. Ознайомитися з конструкцією індикаторного нутроміра та настроїти його для вимірювання.

2.3.2. Знак відхилення стрілки індикаторного нутроміра визначаємо експериментально. За від'ємне відхилення приймають напрям пересування стрілки індикатора при натисканні на рухомий вимірювальний наконечник. Відхилення в протилежну сторону приймають додатнім.

2.3.3. Провести по три вимірювання деталі в двох взаємоперпендикулярних перерізах (рис. 2.3.).

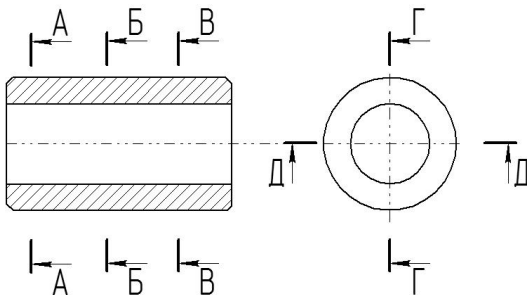


Рисунок 2.3. – Схема вимірювань деталі.

2.3.4. Для вимірювання необхідно ввести вимірювальну головку індикаторного нутроміру в отвір та легким похитуванням визначити точку повернення стрілки індикатора в кожному з шести положень. Індикатор опускають в корпус до того його положення, поки його стрілка виконає один повний оберт. По відхиленню стрілки від нульового положення визначаємо відхилення дійсного розміру від номінального. Дійсний розмір визначається як алгебраїчна сума номінального розміру і відхилення від номінального розміру:

$$D_{\phi} = D + a,$$

Де D_{ϕ} – дійсний розмір, мм;

D – номінальний розмір, мм;

a – відхилення від номінального діаметру, мм.

2.3.5. Вибрати по таблицям ГОСТ 25347-82 для даного номінального діаметра допустимі відхилення розміру для 7-11 квалітетів основного отвору та записати їх в таблицю звіту. Визначити граничні розміри отвору для кожного квалітету. Порівнюючи дійсні розміри з граничними, визначати квалітет, за яким виконано отвір.

2.3.6. За результатами вимірів деталі визначити її відхилення від правильної форми (овальність, сідло-, бочко-, конусоподібність).

Таблиця 2.1. –

Результати вимірювань.

Номінальний діаметр, мм	Розмір блоку кінцевих мір, мм	Показання приладу при вимірюванні, мм					
		Перерізи, перпендикулярні до осі					
		А		Б		В	
		Г	Д	Г	Д	Г	Д
Дійсний розмір D_{ϕ} , мм							

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3. КОНТРОЛЬ ГРАНИЧНИХ КАЛІБРІВ.

1. Загальні відомості.

1.1. Мета роботи:

- ознайомитись з конструкціями та призначенням гладких граничних калібрів;
- ознайомитись з методами контролю граничних калібрів-пробок на механічних приладах;
- вивчити конструкцію мікрокатора.

1.2. Матеріальне забезпечення:

- мікрокатор ИГП ГОСТ 6933-81;
- гладкі граничні двобічні калібри-пробки;
- набір плоскопаралельних кінцевих мір.

2. Призначення калібрів.

За призначенням калібри гладких циліндричних виробів поділяються на калібри для перевірки валів (скоби та кільця) та калібри для перевірки отворів (пробки). Окрему групу складають калібри граничні листові для глибин, висот та уступів, комплексні калібри та калібри для розташування поверхонь тощо.

За допомогою граничних калібрів визначають не числове значення параметрів, а придатність деталі, тобто роблять висновок, чи виходить контрольований параметр (дійсний розмір) за межі верхнього або нижнього граничного розміру. Якщо прохідний калібр проходить в отвір чи вал, а непрохідний – ні, то деталь вважають виконаною вірно. Якщо непрохідний калібр проходить – деталь є остаточним браком; якщо прохідний калібр не проходить – деталь є вправним браком.

Граничні калібри поділяють на робочі і контрольні.

Робочі калібри (прохідний Р-ПР та непрохідний Р-НЕ) призначаються для перевірки виробів в процесі їхнього виготовлення.

Контрольні калібри призначені для перевірки або регулювання розмірів робочих калібрів-скоб, вони переважно замінюються блоками плоскопаралельних кінцевих мір.

3. Конструкція мікрокатора.

Мікрокатор використовується для вимірювання зовнішніх розмірів відносним методом. Мікрокатор має ціну поділки 0,001 мм. Границі вимірювання по шкалі ± 30 поділок (0,06 мм). Допустима похибка показів – 0,001 мм.

Мікрокатор 1 кріпиться на стойці 2, що розташована на станині 3. Кріплення мікрокатора на стойці здійснюється за зовнішню циліндричну поверхню трубки гвинтом 4. Настройку прибору здійснюють за допомогою плоскопаралельних кінцевих мір довжини. Груба установка прибору на 0 здійснюється круг-

лою гайкою 6 при незакріпленому гвинті 7. Після грубої установки гвинт 7 за-
гвинчують. Точна установка на 0 здійснюється гайкою 8, що розташована над
вимірювальним наконечником 9 мікрокатора. Точність установки на 0 корегує-
ється аретиром 10. Нульову установку прибору слід перевірити, при цьому 2-3
рази підняти та опустити наконечник мікрокатора 9. Для зручності роботи на
шкалі є вказівники допусків 11, що встановлюються на необхідний розмір дво-
ма ричажками, що розташовані з задньої сторони мікрокатора. Схема мікрока-
тора приведена на рис.3.1.

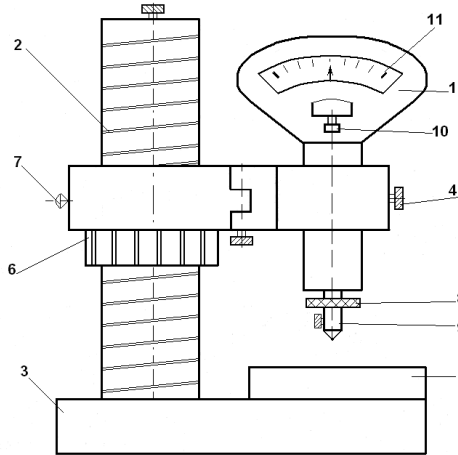


Рисунок 3.1. – Схема мікрокатора ІПП.

4. Порядок виконання роботи.

4.1. Для виконання роботи студент отримує робочий калібр-пробку. За-
здалегідь розраховуються граничні розміри Р-ПР, Р-НЕ. Для цього за ГОСТ
25347-82 виконується схема і граничні відхилення ES і EI отвору. Розрахову-
ються найбільший D_{max} і найменший D_{min} діаметри. Потім згідно ГОСТ 25347-
82 виконуються схема полів допусків на виготовлення Р-ПР та Р-НЕ і згідно
табл.2 ГОСТ 25347-82 визначаються значення величин H; Y; Z, після чого на-
носять їх на схему (рис. 3.2.).

4.2. Визначаються граничні розміри калібрів за формулами:

$$P-HE_{max} = D_{max} + \frac{H}{2}; \quad P-HE_{min} = D_{max} - \frac{H}{2};$$

$$P-PP_{max} = D_{min} + Z + \frac{H}{2}; \quad P-PP_{min} = D_{min} - Y.$$

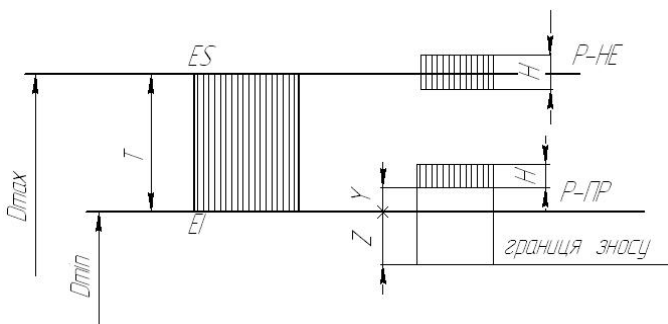


Рисунок 3.2. – Схема полів допусків на виготовлення P-PP та P-HE.

4.3. Після розрахунків за найменшим значенням діаметрів (з точністю до другого знаку після коми) складають блок кінцевих мір та настроюють мікрокалатор на 0.

Наприклад: $D_{max} = 16,0285$ мм
 $D_{min} = 16,0255$ мм.

В цьому випадку блок складають з розміру 16,02 мм. При установці мікрокалатора на 0 він фактично настроєний на розмір 16,02 мм. Для зручності вимірювання вказівники допусків встановлюємо на значення шкали +5 та +8, що відповідає розмірам 16,025 мм та 16,028 мм.

4.4. Після установки прибору на 0, підіймають наконечник, блок забирають і ставлять відповідну калібр-пробку. Щоб уникнути перекосу її слід щільно притискати до столу та злегка прокатувати під вимірювальним наконечником, слідкуючи за переміщенням стрілки. При вимірюванні годного розміру стрілка повинна знаходитись між вказівниками допусків.

4.5. Виміряти відхилення діаметру в 3-х поперечних перерізах, але кожне повернути відносно наступного на кут 120° .

4.6. Після закінчення вимірювань перевіряють за допомогою блоку кінцевих мір нульову установку прибору. Похибка не повинна перевищувати половини ціни поділки шкали.

4.7. Результати вимірювань заносять в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. –

Результати вимірювань

Переріз	Розмір калібру, мм					
	P-PP			P-HE		
	1	2	3	1	2	3
1						
2						
3						

4.8. Зробити висновок про придатність калібру.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4. КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ МЕТРИЧНОЇ РІЗЬБИ.

1. Загальні відомості.

1.1. Мета роботи:

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

1.2. Матеріальне забезпечення:

- мікрометр гладкий МК 75-100;
- мікрометр різьбовий МВМ 75-100;
- шаблон-різьбомір;
- калібровані дротики;
- деталь з різьбовою поверхнею.

2. Основні параметри різьби.

Згідно з ГОСТ 24705-81 метрична різьба повністю визначається п'ятьма параметрами:

- зовнішнім діаметром d (D) болта (гайки);
- середнім діаметром болта d_2 , гайки D_2 ;
- внутрішнім діаметром болта d_1 , гайки D_1 ;
- кроком різьби P ;
- кутом профілю різьби α .

Нормується полями допусків лише середній діаметр та додатково зовнішній діаметр d у зовнішньої різьби або внутрішній діаметр D_1 у внутрішніх різьб.

3. Методи та засоби контролю параметрів різьби.

Контроль різьбових деталей виконують комплексним та диференційованими методами, причому циліндричні різьбові деталі слід контролювати, в основному, комплексним методом.

При комплексному методі контролю контролюється середній діаметр, тому що на нього призначається комплексний допуск, який включає в себе допуск на суто середній діаметр та діаметральні компенсації відхилень кроку та половини кута профілю. При цьому вимірюють $d(D)$, $d_1(D_1)$, $d_2(D_2)$, P та $\alpha/2$. Від цих параметрів перш за все залежить точність виготовлення різьб та їх взаємозамінність. При комплексному методі для контролю слід користуватися різьбовими калібрами-кільцями, скобами та пробками. Ця методика контролю проста і використовується як в масовому, так і в індивідуальному виробництві. Зовнішній діаметр d болтів і внутрішній діаметр D_1 гайок можна контролювати звичайними гладкими калібрами. Так роблять для контролю різьб 3 – 5-го квалітетів. Для більш грубих квалітетів цю перевірку виключають за рахунок контролю розмі-

рів поверхонь під нарізання штангенциркулем, причому їх придатність автоматично забезпечує придатність у нарізаних різьб діаметром d , D_1 . Контроль придатності різьб по іншим елементам здійснюється прохідними ПР та непрохідними НЕ різьбовими калібрами. Для того щоб контролювати похибку кута профілю, калібр ПР повинен мати різьбу повного профілю, а щоб визначити похибку кроку – мати довжину різьби робочої частини не менш 0,8 довжини згвинчування. Непрохідні калібри перевіряють тільки придатність дійсного діаметра d_2 (D_2). Для того щоб при контролі зменшити вплив похибок кроку, вони мають скорочену довжину (три витка), а щоб зменшити вплив похибок кута профілю – мають скорочену висоту профілю.

При диференціальному методі найбільш просто можливо виміряти d (D) за допомогою штангенциркуля або гладкого мікрометра; d_2 (D_2) нерідко вимірюють різьбовим мікрометром або за допомогою трьох каліброваних дротиків; всі п'ять основних параметрів різьби зручно вимірювати на інструментальному мікроскопі абсолютним методом.

4. Вимірювання середнього діаметру різьби різьбовим мікрометром.

Перш ніж приступити до вимірювання середнього діаметра, визначають крок різьби за допомогою різьбоміра. Різьбоміром називається набір різьбових шаблонів з різним кроком, що замаркіровані на шаблоні. Шаплони по черзі прикладають до витків різьби, візуально визначають на просвіт рівність номінальних розмірів кроку різьби і шаблону. Потім підбирають вставки з комплекту різьбового мікрометра, які відповідають кроку різьби. Причому, конічну вставляють в мікрометричний гвинт, а призматичну – в п'ятку мікрометра. Перевірка нульового установлювання для різьбових мікрометрів аналогічна перевірці гладких мікрометрів.

5. Вимірювання середнього діаметру різьби методом трьох дротиків.

Дротиками вимірюють середній діаметр непрямым шляхом, це найбільш поширений та точний метод вимірювання. Суть методу полягає в тому, що у впадини різьби закладають три калібровані дротики однакового номінального діаметру та контактним приладом визначають відстань між крайніми точками дротиків (розмір M). Для метричної різьби розмір середнього діаметру d_2 , кроку P пов'язаний з розміром M наступним чином:

$$d_2 = M - 3 \cdot d_n + 0,866 \cdot P$$

Розміри дротиків d_n в залежності від кроку різьби P наведені в таблиці 4.1.

Діаметр дротиків маркується на упаковці. Вибір приладу для вимірювання розміру M здійснюється в залежності від необхідної точності вимірювання.

Схема вимірювання наведена на рисунку 4.1.

Таблиця 4.1. –

Величини найвигідніших діаметрів дротиків в залежності від кроку.

P , мм	0,75	0,8	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5
d_n , мм	0,433	0,461	0,572	0,724	0,866	1,008	1,157	1,441	1,732	2,020

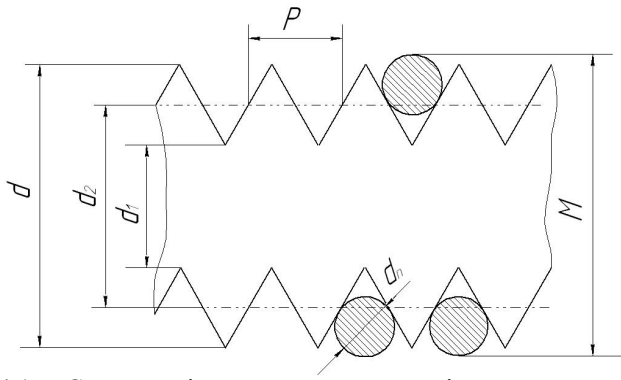


Рисунок 4.1. – Схема вимірювання середнього діаметру методом трьох дротиків.

6. Послідовність виконання вимірювань.

- 6.1. Отримати деталь. За допомогою різьбоміру визначити крок різьби та підібрати дротики для вимірювання середнього діаметру за таблицею 4.1.
- 6.2. За допомогою гладкого мікрометра виміряти зовнішній діаметр різьби d .
- 6.3. Визначити номінальний середній діаметр d_2 згідно з ГОСТ 16093-81.
- 6.4. Згідно ГОСТ 16093-81 для заданого діаметру, кроку різьби и поля допуску визначити верхнє и нижнє відхилення для d , d_2 ; розрахувати граничні розміри.
- 6.5. Виміряти середній діаметр різьбовим мікрометром.
- 6.6. Виміряти середній діаметр методом трьох дротиків.
- 6.7. Результати вимірів та розрахунків занести в таблицю 4.2 звіту.

Таблиця 4.2. –

Результати вимірювань.

Діаметр	Номінальний діаметр, мм	Відхилення за ГОСТ, мм		Таблиця значення діаметрів, мм	Результати вимірювань			Розрахункове значення ϕ_2 , мм
					d , мм	d_2 , мм	M , мм	
d		es		d_{\max}				
		ei		d_{\min}				
d_2		es		$d_{2\max}$				
		ei		$d_{2\min}$				

- 6.8. Зробити висновок про придатність різьби по параметрам d , d_2 .

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5.

ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЛЬНОГО ТА ТОРЦОВОГО БИТТЯ ДЕТАЛЕЙ ОБЕРТУ.

1. Загальні відомості.

1.1. Мета роботи:

- ознайомитись з устроєм індикаторів часового типу, биттеміром;
- придбати навички в їх застосуванні для контролю радіального та торцевого биття.

1.2. Матеріальне забезпечення:

- індикатор часового типу;
- биттемір
- штангенциркуль;
- деталь для вимірювання.

2. Індикатори часового типу.

Індикатори часового типу застосовуються для вимірювання розмірів та відхилень форми і взаємного розташування поверхонь виробів, а також в вимірювальних приладах і контрольно-вимірювальних пристосувань.

Індикатори виробляються наступних типів.

- ІЧ – з переміщенням вимірювального стрижня паралельно шкалі, з діапазоном вимірювання 0-3, 0-5, 0-10 мм.
- ІТ – з переміщенням вимірювального стрижня перпендикулярно шкалі з діапазоном вимірювання 0-2 мм (ГОСТ 577-08).

Крім того, випускаються індикатори з діапазоном вимірювання 0 – 25 і 0 – 50 мм и спеціальні зі збільшеною шкалою.

Ціна ділення шкали індикаторів – 0,01 мм. Індикатори випускаються двох класів – нульового та першого.

Вітчизняна промисловість також випускає індикатори з важільно-зубчастою передачею з ціною ділення 0,002 мм та 0,001 мм.

Поступальному переміщенню вимірювального стрижня індикаторів типу ІЧ та ІТ на 0,01 мм відповідає переміщення великої стрілки на одне ділення шкали. Повний оберт великої стрілки відповідає переміщенню стрижня на 1 мм, а мала стрілка на шкалі вказівника обернеться на 1 ділення, тому ціна ділення шкали вказівника обертів дорівнює 1 мм.

Шкала індикатора часового типу разом з ободком може повертатися відносно корпусу так, що проти великої стрілки приладу можна встановити який-небудь штрих шкали. Це використовується при настройці приборів.

В таблиці 5.1. наведена технічна характеристика індикаторів часового типу.

Таблиця 5.1. –

Допустимі похибки показання індикаторів за ГОСТ 577-78.

Межі допустимої похибки в мкм в діапазоні	Діапазон вимірювання, мм					
	0 – 2		0 – 5		0 – 10	
	0	1	0	1	0	1
0,1 мм на будь-якому участку шкали	4	6	4	6	4	6
1 мм на будь-якому участку шкали	8	10	8	10	8	10
Всього інтервалу вимірювання	10	12	10	12	10	12
Варіація показаній	3	3	3	3	3	3

Під похибкою показань індикатора в межах даного участку приймається алгебраїчна різниця крайніх по своєму значенню похибок, які накоплені при прямому і зворотному ході вимірювального стрижня.

Під варіацією показань індикатора розуміють найбільшу різницю між окремими повторюваними показаннями при багатократній перевірці однієї й тієї ж величини при незмінних зовнішніх умовах.

3. Биттемір.

Загальний вид биттеміру поданий на рисунку 5.1. Він складається з підстави 1, в якій по направляючим можуть переміщуватися бабки з жорстким центром 2 і рухомим центром 4. Рухомий центр 4 можна переміщати за допомогою рукоятки 5 та фіксувати в заданому положенні рукояткою 6. Для вимірювання радіального та торцевого биття використовується індикатор 8, який закріплюється в якому-небудь положенні.

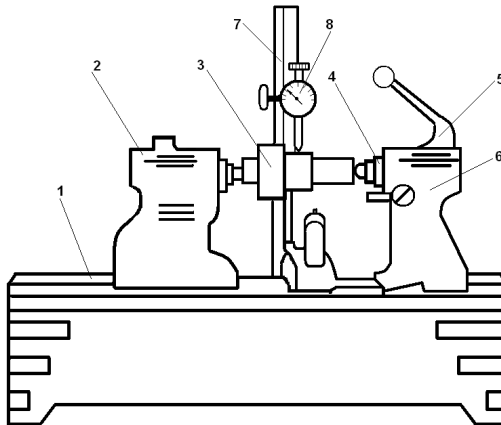


Рисунок 5.1. – Биттемір

4. Порядок виконання лабораторної роботи.

4.1. Закріпити деталь в центрах биттеміра. Для цього необхідно змістити ліву бабку 2 з жорстким центром так, щоб відстань між центрами виявилася менше довжини деталі 3. Віджати рухомий центр 4 бабки 6 за допомогою рукоятки 5, ввести деталь між центрами і відпустити рухомий центр. Вістря центрів повинні при цьому ввійти в центровий отвір деталі. Після цього рухомий центр закріплюється рукояткою 5.

4.2. Виміряти шийки деталі штангенциркулем.

4.3. Оглянути індикатор і ознайомитися з його роботою. Переміщення стрижня повинно бути плавним, без заїдання, стрілка і вказівник числа обертів повинні вільно переміщатися, не торкатися шкали.

4.4. Закріпити індикатор часового типу в державці універсального штативу 7.

4.5. Встановити і закріпити штатив з індикатором проти першої ступені валу. Привести наконечник індикатора в зіткнення з поверхнею шийки вала. Індикатор при цьому повинен мати натяг 0,5 – 1 обертів. Ось вимірювального стрижня повинна бути розташована нормально до вимірювальної поверхні.

4.6. Встановити шкалу індикатора на нуль.

4.7. Повернути валик на повний оберт та визначити радіальне биття (як суму додатних та від'ємних показаній індикатора).

4.8. Аналогічним чином перевірити радіальне биття на інших шийках валу та биття одного з торців.

Схема поверхонь деталі, що контролюються наведена на рисунку 5.2.

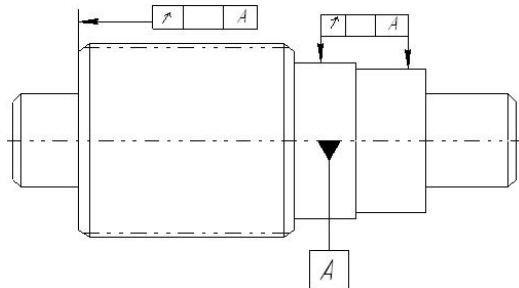


Рисунок 5.2. – Схема поверхонь деталі, що контролюються.

4.9. Результати вимірювання занести таблицю 5.2.

Таблиця 5.2. –

Результати вимірювання

Параметр	Виміряна величина	Гранична величина	Висновок про придатність
Радіальне биття			
Торцеве биття			

4.10. Зробити висновок про відхилення форми та розташування поверхонь запропонованої деталі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ.

1. Загальні відомості.

Мета роботи:

- ознайомитись з основними параметрами шорсткості поверхонь;
- вивчити позначення шорсткості на кресленнях;
- ознайомитись з умовами вибору параметрів шорсткості;
- ознайомитись з методами і засобами контролю шорсткості поверхонь;
- перевірити відповідність основних параметрів шорсткості поверхні вимогам креслення.

Матеріальне забезпечення:

- мікроскоп МІС-11;
- інтерференційний мікроскоп МП-4;
- мікроінтерферометр МП-10;
- профілограф-профілометр.

2. Визначення і класифікація шорсткості.

Під шорсткістю поверхні розуміється сукупність нерівностей з відносно малими кроками, що утворюють рельєф поверхні і розглядаються в межах ділянки, довжина якої вибирається залежно від характеру поверхні і дорівнює базовій довжині l (рис.6. 1).

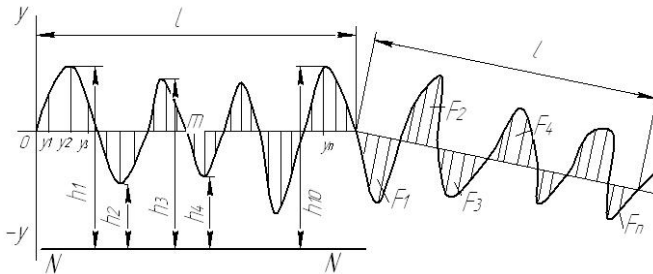


Рисунок 6.1. – Параметри шорсткості поверхні.

Базовою довжиною l називається довжина ділянки поверхні, що вибирається для вимірювання шорсткості. Величина l вибирається залежно від передбачуваного класу чистоти.

По ГОСТ 2789-59 «Шорсткість поверхні» встановлено 14 класів чистоти поверхні. Класи чистоти з 6-го по 14-й можуть бути розділені додатково на розряди *a*, *б*, *в*. Критерієм для віднесення поверхні до того або іншого класу чистоти є величина висоти нерівностей R_z або середнє арифметичне відхилення про-

філю R_a .

R_z — середня висота нерівностей в мкм визначається формулою

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

де $h_1; h_3; \dots; h_9$ — відстані від п'яти вищих точок виступів до лінії, паралельної середньої лінії;

$h_2; h_4; \dots; h_{10}$ — відстані від п'яти нижчих точок западин до тієї ж лінії.

R_a — середнє арифметичне відхилення профілю визначається середнім значенням відстаней ($y_1; y_2; \dots; y_n$) точок зміряного профілю до його середньої лінії.

$$R_a = \frac{1}{l} \cdot \int_0^L |y| \cdot dx$$

або приблизно

$$R_a = \frac{\sum_1^n |y_i|}{n}$$

У таблиці 6.1 приведені числові значення найбільших допустимих величин R_z і R_a для різних класів чистоти і відповідні найменші значення базових довжин l .

Таблиця 6.1. —

Значення параметрів шорсткості.

Клас чистоти поверхні	Середньоарифметичне відхилення профілю R_a	Висота нерівностей R_z в мкм	Базова довжина l мм
	не більше		
1	80	320	8
2	40	160	
3	20	80	
4	10	40	2,5
5	5	20	
6	2,5	10	0,8
7	1,25	6,3	
8	0,63	3,2	
9	0,32	1,6	0,25
10	0,16	0,8	
11	0,08	0,4	
12	0,04	0,2	
13	0,02	0,1	0,08
14	0,01	0,05	

Для позначення всіх класів чистоти поверхні встановлюється єдиний знак ∇ ,

поряд указується номер класу, а якщо потрібний - і розряд, наприклад, 7б. Шорсткість поверхні вимірюється в напрямі, який дає найбільше значення R_a або R_z .

Для оцінки шорсткості поверхні є прилади, які можна розбити на дві основні групи:

- 1) прилади оптичні;
- 2) прилади щупові.

Широко поширений також контроль шорсткості способом порівняння контрольованої поверхні з поверхнею зразків.

Прилади першої групи призначені головним чином для вимірювань в лабораторіях. За допомогою зразкових приладів цієї групи проводять атестацію початкових зразків шорсткості, по яких перевіряють решту приладів першої і другої груп (оптичні, щупові).

Контроль шорсткості поверхні в цеху здійснюється або за допомогою приладів другої групи, або звіренням поверхні із зразками шорсткості (неозброєним оком або за допомогою порівняльних мікроскопів).

Початковими зразками шорсткості поверхні є металеві плитки з плоскою робочою поверхнею, з нанесеними на ній однаковими штрихами, розташованими в певному порядку.

Атестація початкових зразків проводиться фотографічним методом на зразкових приладах. Погрішність атестації знаходиться в межах 5 - 8 %. Початкові зразки комплектуються набором.

Робочими зразками шорсткості поверхні (рис.6.2) є набори металевих брусків з плоскою або циліндровою робочою поверхнею, обробленою різними способами при певних режимах. За наслідками вимірювань бруски віднесені до відповідних класів чистоти.

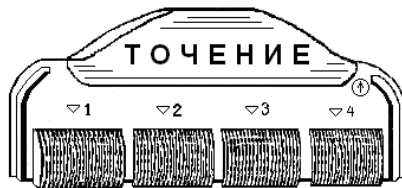


Рисунок 6.2. – Робочі зразки шорсткості поверхні.

При контролі деталей порівнюють шорсткість їх поверхні з шорсткістю поверхні зразка, виготовленого з того ж матеріалу, що і деталь, з тим же видом механічної обробки і що має клас чистоти, відповідний вказаному в кресленні на деталь.

3. Подвійний мікроскоп МІС-11.

Подвійний мікроскоп МІС-11 призначений для вимірювань по параметру R_z і фотографування шорсткості поверхні в межах 3 – 9-го класів чистоти вклю-

чно.

Межі вимірювань приладу визначаються вибором відповідних об'єктивів залежно від шорсткості контролюваної поверхні.

Дані для вибору об'єктивів, а також погрішність методу вимірювань у відсотках від вимірюваної величини приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. –

Погрішність методів вимірювання шорсткості.

Межі вимірювань числоти ГОСТ 2789 - 59	Шифр об'єктиву	Фокусна відстань об'єктиву в мм	Апертура	Збільшення об'єктиву з додатковою лінзою $F=147$ мм	Поле зору	Погрішність вимірювань в % від вимірюваної величини нерівності
3 – 6-й	ОС – 39	25,0	0,13	$5,9^X$	1,8	6 – 22
5 – 7-й	ОС – 40	13,9	0,30	$10,6^X$	1,0	10 – 25
6 – 8-й	ОС – 41	8,2	0,37	18^X	0,6	12 – 30
8 – 9-й	ОС - 42	4,3	0,50	$34,5^X$	0,3	25 – 32

Контроль шорсткості поверхні проводиться по методу світлового перетину, який полягає в наступному (рис.6.3).

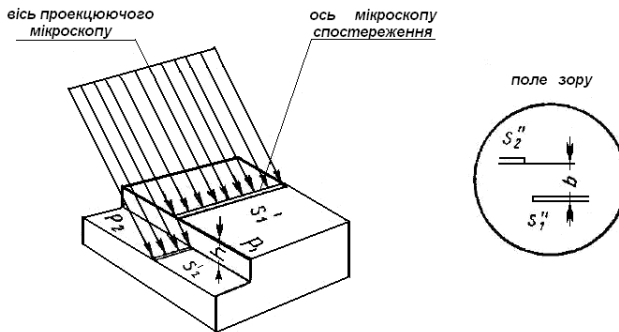


Рисунок 6.3. – Контроль шорсткості методом світлового перетину.

Хай освітлена щілина S проектується мікроскопом на поверхню P_1 , що має сходинок P_2 , висотою h (напрям падіння променів показаний стрілками). Очевидно, зображення щілини на поверхні P_1 займе положення S'_1 , а на сходинок P_2 – положення S'_2 . У полі зору мікроскопа, вісь якого розташована під кутом 90° до осі мікроскопа, що проектує, зображення щілини матиме вигляд, показаний на рис. 6.3 (поле зору). Величина b зсуву зображення S''_2 відносно S''_1 служить мірою висоти сходинок h .

Подвійний мікроскоп типу МІС – 11 зображений на рис. 6.4.

Салазки корпусу мікроскопів *1* переміщуються по направляючому кронштейну *2* за допомогою рейкової передачі обертанням гвинта *3*. В корпусі розміщені два мікроскопа - освітлювальний *4* і візуальний *5*.

У мікроскопі *4* є прямолінійна щілина, що освітлюється джерелом світла.

Зображення щілини на деталі розглядається за допомогою мікроскопа *5*, забезпеченого окулярним мікрометром *6*, із збільшенням 15^{\times} . При фотографуванні замість окулярного мікрометра встановлюється фото насадка МФН-1 із звичайним окуляром. Для того, щоб мати можливість встановити зображення щілини в середині поля окуляра, освітлювальний тубус забезпечений гвинтом *7*. Кільце *11* служить для регулювання ширини щілини. Мікрофокусування здійснюється поворотом гвинта *8*.

Контрольована деталь *9* встановлюється на столі *10*, забезпеченому мікрометричними головками, за допомогою яких можна переміщати стіл в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Поворот столу здійснюється при відпущеному гвинті *14*.

Для установки циліндричних деталей служить накладний столик з призмою.

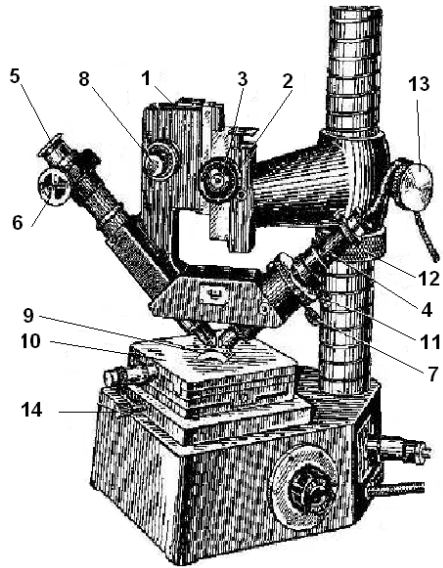


Рисунок 6.4. Мікроскоп МІС – 11

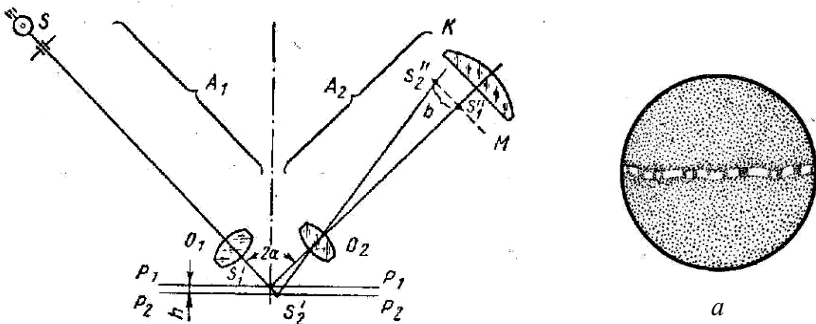


Рисунок 6.5. – Оптична схема мікроскопа; *a* – щілина.

В мікроскопі від джерела світла через щілину *S* проходять промені, які збираються у фокальній площині об'єктиву O_1 . Зображення щілини проектується

ся на поверхню деталі P , видимої як би в розрізі, і другим об'єктивом O_2 візуального мікроскопа проєктується на сітку M окуляра K . Зображення щілини буде деформоване (рис. 6.5, a), причому величина зсуву щілини залежатиме від висоти нерівностей поверхні.

3.1. Визначення ціни ділення приладу.

У тубуси мікроскопу угвинчуються два однакові об'єктиви, відповідні необхідному збільшенню для передбачуваного класу чистоти поверхні деталі. Визначається ціна ділення шкали окулярного мікрометра, за допомогою об'єкт-мікрометра. Об'єкт-мікрометр додається до прибору і являє собою скляну пластинку з нанесеною на неї шкалою (в більшості випадків з ціною ділення 0,01 мм).

Об'єкт-мікрометр кладуть на стіл приладу. Включають освітлення мікроскопа. Кронштейн з корпусом мікроскопів встановлюють на необхідній висоті обертанням гайки 12 при звільненому гвинті 13. Після цього стопорять гвинт 13. Проводячи підйом або опускання мікроскопів за допомогою гвинта 3, отримують зображення світлової щілини. Спостерігаючи зображення щілини через візуальний мікроскоп, добиваються, переміщаючи об'єкт-мікрометр по столику приладу, щоб шкала потрапила в зображення щілини і штрихи шкали були б перпендикулярні до її зображення (рис. 6.6).

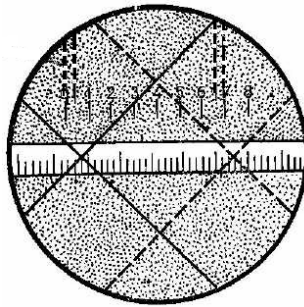


Рисунок 6.6. – Зображення щілини у візуальному мікроскопі.

Якщо щілина виявиться розташованою не в центрі поля зору, слід її встановити обертанням гвинта 7 (рис. 6.4) і остаточне фокусування провести, обертуючи гвинт 8.

Звільняють гвинт, що кріпить окулярний мікрометр, і останній повертають навколо осі так, щоб напрям гвинта окулярного мікрометра був паралельний напрямку зображення щілини. Ділення нерухомої шкали окулярного мікрометра при цьому паралельні діленням шкали об'єкт-мікрометра. Потім перехрестя окулярного мікрометра суміщають з яким-небудь штрихом об'єкт-мікрометра і роблять відлік по барабану окулярного мікрометра. Спостерігаючи в окуляр, переводять перехрестя на інший штрих об'єкт-мікрометра, віддалений на деяке число ділень (чим більше відстань між штрихами, тим більше точність визна-

чення), і роблять другий відлік по барабану окулярного мікрометра.

Відлік повних оборотів барабана проводиться за допомогою бісектора I , окуляра, що переміщається щодо нерухомої шкали, одночасно з перехрестям. Визначення ціни ділення проводиться по формулі:

$$E = \frac{z \cdot T}{A} \cos^2 45^\circ = \frac{z \cdot T}{2 \cdot A},$$

де z – число ділень шкали об'єкт-мікрометра, пройдених перехрестям окуляр-мікрометра;

T – ціна ділення об'єкт-мікрометра;

A – різниця відліків, отриманих при двох поєднаннях перехрестя, виражена в діленнях барабана; цифра 2 в знаменнику формули враховує нахил тубуса під кутом 45° , а також ту обставину, що при вимірюванні деталі окулярний мікрометр повертають на 45° .

Приклад: $z = 11$ ділень об'єкт-мікрометра, $A = 200$ ділень барабана.

$$E = \frac{11 \cdot 0,01}{2 \cdot 200} = 0,275 \text{ мкм.}$$

3.2. Вимірювання на приладі.

Окуляр-мікрометр повертають навколо осі так, щоб горизонтальна лінія перехрестя встала паралельно лінії щілини, і стопорять в цьому положенні (рис. 6.7).

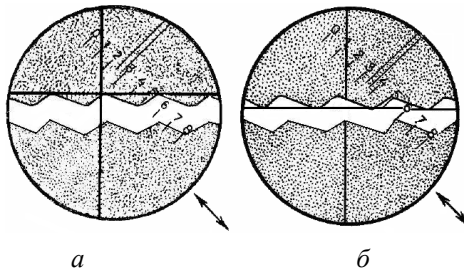


Рисунок 6.7. – Схема розміщення перехрестя окуляра відносно щілини: a – по верхній лінії щілини; b – по нижній лінії.

Знімають об'єкт-мікрометр, кладуть чисто промиту деталь на столик приладу і фокусують зображення щілини на деталі прийомками, описаними вище.

Повертаючи від руки вимірювану деталь, орієнтують її так, щоб напрям нерівностей був перпендикулярний зображенню щілини.

Відсутність перекосів деталі в поперечному і подовжньому напрямках перевіряють її відповідними переміщеннями. Зображення щілини при цьому не повинно мати видимого зміщення. За наявності перекосів під вимірюваний об'єкт кладуть прокладки з воску, фольги і знов перевіряють. Одна сторона щі-

лини фокусується зазвичай більш різко, ніж інша, і по ній рекомендується проводити заміри. Горизонтальна лінія перехрестя підводиться спочатку до верхівки ізгику щілини по вибраній стороні, а потім до впадин по тій же стороні щілини (рис. 6.7,а й 6.7,б). Різниця звітів на барабані окулярного мікрометра N , помножена на масштабну ціну ділення, визначає значення висоти нерівностей R в даному перетині. Величина R_z визначається як середньо арифметичне з п'яти максимальних значень R на довжині ділянки вимірювання (що включає в себе одну чи декілька базових довжин в залежності від поля зору мікроскопа):

$$R_z = \frac{\sum_1^5 R_{max}}{5}$$

Переміщення зображення щілини на довжині ділянки вимірювання здійснюється гвинтом подовжнього переміщення столика мікроскопа.

Завдання 1. Виміряти величини нерівностей поверхні деталі на подвійному мікроскопі МІС-11 та визначити клас чистоти за ГОСТ 2789-59.

1. Межі вимірів приладу:
2. Ціна ділення приладу при даному об'єктиві: $\overset{\circ}{A} = \frac{z \cdot T}{2 \cdot A}$
3. Вибрана довжина ділянки заміру:
4. Результати вимірів занести в таблицю.

Таблиця 6.3. –

Результати вимірів шорсткості поверхні

№ п/п	Перший відлік по окулярному мікрометру	Другий відлік по окулярному мікрометру	Різниця відліків N	Висота нерівностей $R=N \cdot E$	$R_z = \frac{\sum_1^5 R_{max}}{5}$
1					
2					
3					
4					
5					
Клас чистоти виробу:					

4. Інтерференційний мікроскоп МІ-4.

4.1. Опис приладу.

Прилад призначений для лабораторних вимірювань по параметру R_z і фотографування шорсткості поверхні з 10-го по 14-й клас чистоти. Погрішність вимірювання $\pm 5\%$ від вимірюваної величини.

Вимірювання мікронерівностей в цьому приладі засноване на отриманні інтерференційної картини в кліні. Оптична схема приладу приведена на рис. 6.8.

Від джерела світла 1 пучок променів через лінзу 2 падає на розділову пластинку 3, на одній з граней якої нанесено світлочутливе покриття. Частина пучка променів відбивається від пластинки 3, збирається у фокусі об'єктиву 4 на досліджуваній поверхні, проходить знову через об'єktiv 4, пластинку 3 і збирається у фокусі об'єктиву 8, де спостерігається зображення шорсткості поверхні.

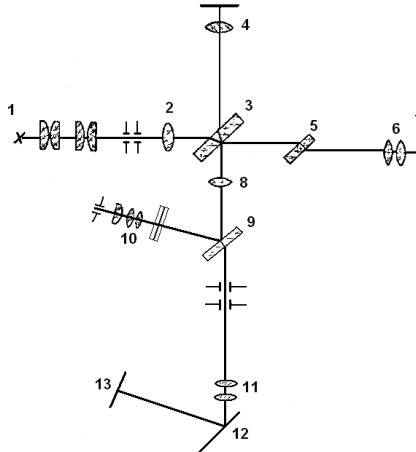


Рисунок 6.8. – Оптична схема приладу МІІ-4.

Другий пучок променів, пройшовши через розділову пластинку 3, падає на компенсатор і збирається у фокусі об'єктиву 6 на дзеркалі 7, відбиваючись від якого, падає на пластинку 3.

При цьому одна частина променів, що проходить через пластинку 3, не бере участь в утворенні зображення, а друга частина променів, що відбивається від пластинки 3, збирається у фокусі об'єктиву 8 і інтерферує з променями першого пучка. Дзеркало 9 направляє пучки променів в окуляр 10.

Для компенсації різниці ходу в обох гілках компенсатор 5 може повертатися навколо горизонтальної осі.

При фотографуванні дзеркало 9 відводиться і промені світла через фотоокуляр 11 потрапляють на дзеркало 12 і на матове скло 13.

При незначному зсуві об'єктиву 6 в напрямі, перпендикулярному до його оптичної осі, виникає різниця ходу між обома пучками променів. У полі зору окуляра 10 спостерігаються одночасно інтерференційні смуги і сліди обробки на поверхні деталі, причому інтерференційні смуги викривлені відповідно нерівностям досліджуваної поверхні. На рис.6.9. приведена інтерферограма поверхні, сфотографована на приладі. Кожна інтерференційна смуга на ній є зображенням співпадаючого із смугою профілю поверхні.

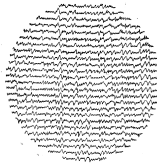


Рисунок 6.9. – Інтерферографа поверхні.

Величини мікронерівностей вимірюють шляхом визначення величини викривлення інтерференційної смуги a по відношенню до інтервалу смуг b (рис.6.10).

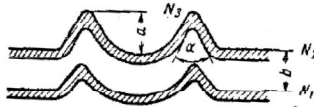


Рисунок 6. 10. – Схема визначення величини мікро нерівностей.

Чисельне значення величини мікро нерівностей розраховують по формулі:

$$R = \frac{a}{b} \cdot \frac{x}{2}, \text{ мкм}$$

де x – довжина світлової хвилі для даного приладу.

У тих випадках, коли одночасно необхідно визначити крок мікронерівностей, його підраховують по формулі:

$$B = 2 \cdot a \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \text{ мкм}$$

де α – кут профілю, або вимірюють за допомогою окулярного мікрогвинта, ціна ділення якого заздалегідь визначається по об'єкт-мікрометру.

Загальний вид інтерференційного мікроскопа приведений на рис.6.11.

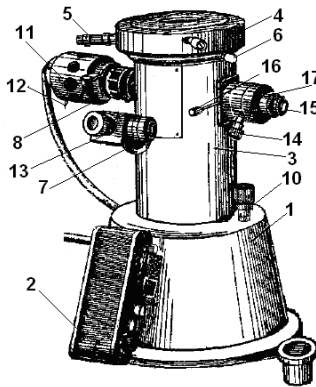


Рисунок 6.11. – Мікроінтерферометр МІ-4.

Мікроінтерферометр МІ-4 має круглу підставу 1, на якому може бути

встановлена фотокамера 2. До верхнього торця підстави пригвинчена циліндрична порожниста колонка 3, що несе столик 4, який за допомогою двох мікрогвинтів 5 може переміщатися в двох взаємно перпендикулярних напрямках. Ціна ділення мікрогвинтів рівна 0,005 мм. Крім того, столик може повертатися навколо вертикальної осі і стопоритися гвинтом 6.

У колонці 3 під кутом 70° до вертикальної осі розташований наглядний тубус з гвинтовим окулярним мікрометром МОВ-1-15. На тубусі є кільце 7, обертанням якого можна вводити або виводити дзеркало 9.

При вимірюванні дзеркало 9 повинно бути введено в оптичну систему, а при фотографуванні виведено.

Обертанням мікрогвинта 10 здійснюється фокусування мікроскопа на об'єкт. Відліки проводяться по барабану мікрогвинта з ціною ділень 0,003 мм.

Інтерференційна головка складається з трьох частин.

1. Ліва частина складається з ліхтаря 11 з гвинтом 12 (для центрівки лампи) і трубки, всередину якої вмонтована освітлювальна частина системи. У трубці встановлена пластинка, що горизонтально висувається, з трьома отворами. У двох передніх отворах встановлені світлофільтри різних характеристик для отримання монохроматичного світла (зелений і жовтий), середній (вільне) отвір використовується при роботі з білим світлом. Кільце 13 з накаткою служить для зміни діаметру відкриття апертурної діафрагми.

2. У середню частину постійно угвинчений об'єктив, усередині корпусу встановлені розділова пластинка 3 і компенсатор 5.

3. Права частина містить другий об'єктив 6, еталонне дзеркало і пристрій для зміни ширини і напрямку інтерференційних смуг.

Ширина смуг змінюється обертанням гвинта 14 навколо своєї осі, зміна напрямку смуг здійснюється обертанням цього ж гвинта 14 навколо осі всієї інтерференційної головки. Гвинт 15 служить для зсуву інтерференційних смуг у полі зору мікроскопа.

4.2. Вимірювання на приладі.

Промиту бензином і витерту насухо деталь поміщають на столик 4 досліджуваною поверхнею вниз. Включають світло, нитка лампочки встановлюється так, щоб її зображення було різко видно в візирі об'єктиву. Зображення нитки лампочки і візиру об'єктиву добре видно при виїнятому окулярі. Гвинтами 12 центрують зображення нитки по відношенню до зіниці об'єктиву при повністю відкритій апертурній діафрагмі.

Після настройки освітлення вставити в тубус окуляр. Повернути рукоятку 16 так, щоб покажчик (стрілка), стояв на ній вертикально, і за допомогою мікрогвинта 10 сфокусувати мікроінтерферометр на контрольовану поверхню. Потім поворотом рукоятки 16 включити об'єктивну головку (стрілка на рукоятці горизонтальна), при цьому в полі зору повинні бути видні інтерференційні смуги. За допомогою мікрогвинта 10 добиваються різкого зображення смуг і контрольованої поверхні. Якщо при різкому фокусуванні на об'єкт найбільш різкі і конт-

растні інтерференційні смуги вийшли не в центрі поля зору, то слід відвернути контрғайку 17 і, обертаючи гвинт 15, привести смуги в центр поля зору. Потім перевірити фокусування на випробовуваній поверхні і закріпити гвинт 15 контрғайкою 17. Гвинтом 15 і контрғайкою 17 дозволяється користуватися тільки у випадку, описаному вище.

Для отримання більшої контрастності смуг рекомендується зменшити отвори апертурної діафрагми поворотом кільця 13.

Необхідний для роботи інтервал між смугами встановлюється обертанням головки гвинта 14 навколо його осі. Потім поворотом гвинта 14 навколо осі об'єктивної головки необхідно встановити інтерференційні смуги перпендикулярно до штрихів на випробовуваній поверхні.

При вимірюванні мікронерівностей за допомогою гвинтового окулярного мікрометра останній надягають на тубус до упору, повертають так, щоб одна з ниток перехрестя була паралельна інтерференційним смугам, і закріплюють.

Вимірювання висоти мікронерівності R проводиться в наступній послідовності:

1. Нитка перехрестя наводиться на край смуги і береться відлік по барабану окулярного мікрометра N_1 (рис. 6.10).
2. Нитка перехрестя наводиться на край поряд лежачої смуги і знову береться відлік по барабану окулярного мікрометра N_2 . Різницю $(N_2 - N_1)$ характеризує відстань між двома інтерференційними смугами b і визначає ціну ділення барабана окулярного мікрометра K :

$$K = \frac{x}{2 \cdot b}$$

3. Нитка перехрестя ставиться на край найбільшого вигину другої інтерференційної смуги і береться відлік N_3 .

Висота окремих нерівностей $a = N_3 - N_2$.

Величина R підраховується по формулі:

$$R = \frac{a}{b} \cdot \frac{x}{2} = \frac{N_3 - N_2}{N_2 - N_1} \cdot \frac{x}{2}$$

Значення довжини хвилі x береться по паспорту приладу. Зазвичай при зеленому світлофільтрі $x = 0,559 \text{ мкм}$, при жовтому $x = 0,591 \text{ мкм}$.

Величина R_z визначиться як середнє арифметичне з п'яти максимальних значень R на довжині ділянки вимірювання:

$$R_z = \frac{\sum_1^5 R_{max}}{5}$$

Фотографування інтерферограм не вимагає якої-небудь додаткової настройки приладу.

При установці різкої картини по візуальному тубусу одночасно виходить різке зображення і на матовому склі. Після заміни матового скла фотокамерою проводиться фотографування інтерферограми. При цьому з ходу променів вмикається візуальний тубус обертанням його головки до упору. Проявляють

знімок встановленим способом.

Для вимірювання величини R по інтерферограмі негатив встановлюють на столі проектора, тоді, спостережувана на екрані інтерферограма, викреслюється на міліметровку. Масштаб визначається за допомогою фотографії об'єкт-мікрометра.

Завдання. Заміряти величини нерівностей поверхні деталі на інтерференційному мікроскопі, та визначити клас чистоти за ГОСТ 2789—59.

1. Межі вимірювань приладу.
2. Класи чистоти:

$$3. R = \frac{N_3 - N_2}{N_2 - N_1} \cdot \frac{x}{2}$$

де R – висота нерівностей;

$N1$ – відлік по краю вимірюваної смуги 1;

$N2$ – відлік по краю поряд лежачої смуги 2;

$N3$ – відлік по найбільш характерним вигинам півосі 2.

4. Вибрана довжина ділянки вимірювання:

5. Результати вимірювань величин нерівностей поверхні на інтерференційному мікроскопі заносять у таблицю 6.4.

Таблиця 6.4. –

Величини нерівностей поверхні на інтерференційному мікроскопі

№ п/п	Відлік по окулярному мікрометру			$R_z, \text{ мкм}$	$R_z = \frac{\sum R_{max}}{5}$	Клас чистоти деталі
	$N1$	$N2$	$N3$			
1						
2						
3						
4						
5						

5. Мікроінтерферометр МІІ-10.

Імерсіоно-репліковий мікроінтерферометр МІІ-10 (рис. 6.12) призначений для вимірювання нерівностей поверхні великого діапазону: від 5 до 14-го класів чистоти.

Оскільки грубі поверхні не мають здатності відображати, що необхідно для вимірювання інтерференційним методом, в приладі розглядається не сама поверхня, а її відбиток (репліка) на кіноплівці з відомим показником заломлення. Плівка накладається на контрольовану ділянку поверхні, змоченої розчинювальним плівку розчином. Відбиток поміщається в спеціальну камеру з імерсійною рідиною.

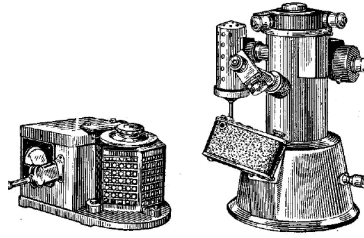


Рисунок 6.12. – Мікроінтерферометр МІІ-10.

Камера складається з двох скляних пластин з посрібленими поверхнями, зверненими один до одного. При спостереженні під мікроскопом такої камери з відбитком отримуємо інтерферограму нерівностей поверхні. Методом відбитків може бути зміряна висота шорсткості на труднодоступних і внутрішніх поверхнях.

Поверхні, що віддзеркалюють і мають шорсткість 10 – 14-го класів чистоти, можуть бути виміряні безпосередньо на приладі, як на звичайному інтерферометрі.

6. Профілограф-профілометр.

6.1.Опис приладу.

Профілограф-профілометр (модель 201) є приладом щупового типу, що працює на індуктивному принципі. Прилад (рис. 6.13) призначений для точних вимірювань шорсткості і хвилястості поверхні деталей в лабораторних умовах. При цьому визначення шорсткості поверхні може проводитися:

- 1) по параметру R_a для класів чистоти від 5 до 12-го; в цьому випадку відлік величини R_a береться по відліковій шкалі приладу;
- 2) по запису, в збільшеному масштабі, профілю мікронерівностей (профілограма поверхні для класів чистоти від 5 до 14-го), в цьому випадку проводиться визначення параметрів R_z або R_a шляхом обробки профілограми.

Прилад дозволяє проводити вимірювання з різними величинами базової довжини, що значно розширює його експлуатаційні можливості.

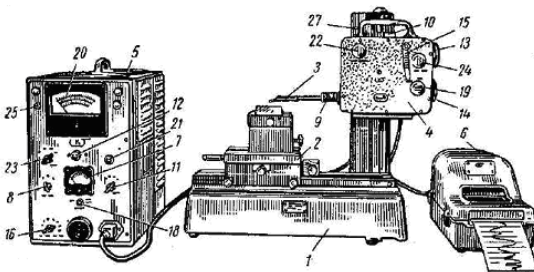


Рисунок 6.13. – Профілограф-профілометр.

Похибка свідчень по приладу, знаходиться в межах $\pm 10\%$ від вимірюваної величини.

Профілометр має декілька незалежних блоків: стійку 1 з кареткою, універсальний столик 2, датчик 3, мотопривід 4, електронний блок 5 з відліковим приладом, та записувальний прилад 6.

Мотопривід 4 з жорстко закріпленим на ньому датчиком 3 переміщається по стійці за допомогою маховичка 10. Точна установка датчика в робоче положення проводиться за допомогою маховичка 10. Гвинтами столика 2 можна переміщати контрольовану деталь в двох взаємно перпендикулярних напрямках. До приладу прикладається призма із з'ємним столиком для перевірки циліндрових деталей і інші пристосування для установки контрольованих деталей.

6.2. Перевірка настройки приладу.

Прилад включається в мережу тумблером 2 (рис. 6.14,а). Датчик укомплектовується змінними опорами, призначеними для різного роду робіт.

Дві опори № 1 радіусом 50 мм призначено для перевірки плоских, зовнішніх циліндрових поверхонь і отворів діаметром понад 88мм на глибину до 12мм.

Для перевірки шорсткості з великим кроком до 4 мм призначена опора з плоскою опорною поверхнею № 2.

Для перевірки деталей малих розмірів призначена опора № 3 з опорним гвинтом, що базується поза випробовувану поверхнею.

Кріплення опори до корпусу датчика проводиться чотирма гвинтами. Для отримання стабільних свідчень необхідно перед початком вимірювань прогріти прилад протягом 20 хв.

Перевірка живлячої напруги проводиться при включенні тумблера 18 в положення «300В», при цьому стрілка контрольного приладу 7 повинна знаходитися в межах малого верхнього прямокутника шкали.

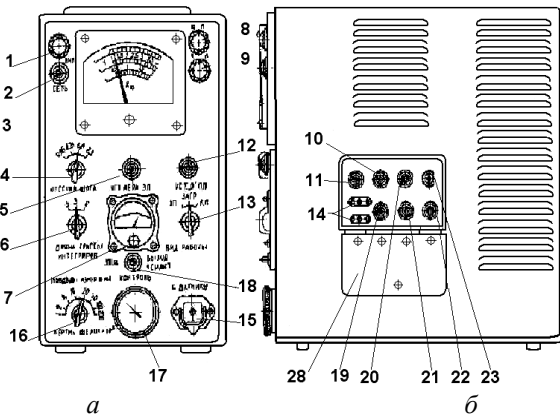


Рисунок 6.14. – Профілометр: а – передня панель; б – вид збоку.

Якщо стрілка опиниться поза цими межами, необхідно у вимірювальне гніздо ЯРЕМ-4 (рис. 6.14,6) включити вольтметр і поворотом гвинта потенціометра 10 «300В», виведеного на бічну сторону електронного блоку, встановити напругу на ПГ-4, рівне 300В.

Перевірку живлячої напруги можна проводити не частіше за один раз на два місяці або у разі виявлення якої-небудь ненормальності в роботі приладу.

Після перевірки живлячої напруги тумблер 18 контрольного приладу переводиться в положення «вихід підсилювача» і приступають до перевірки настройки датчика. Для цього необхідно встановити датчик на який-небудь зразок 12—14-го класу чистоти або оптичне скло, поставити перемикач 16 в положення «1» і, поволив перемищуючи мотопривід, опустити датчик на зразок. При цьому стрілка контрольного приладу 7 з крайнього правого положення переміщатиметься вліво.

Опусканням і підйомом мотоприводу і обертанням потенціометра R3, розташованого в блоці регулювання 17, необхідно встановити стрілку контрольного приладу в крайнє ліве положення між нульовою і першою рисою. Потім поставити перемикач 16 в положення «2». Якщо при цьому стрілка відхилилася управо, за першу риску, необхідно тими ж операціями знову поставити її між нульовою і першою рисою. Потім ставити перемикач в положення «4» і так далі до положення перемикача «100».

Перевірка горизонтального збільшення при записі проводиться порівнянням довжини траси датчика з довжиною профілограми, знятою при цій трасі.

Перевірка вертикального збільшення проводиться таким чином: на оптичному склі притираються поряд дві кінцеві міри, що створюють сходинку, величина якої повинна бути точно атестована. Атестація проводиться поблизу граней, якими плитки стикаються. Погрішність атестації не повинна перевищувати 2—3% від величини сходинки. Для перевірки різних ступенів збільшення бажано мати декілька блоків кінцевих мір з різницею розмірів в 0,35; 1,5; 5 і 30 *мкм*.

Датчик встановлюють на велику кінцеву міру так, щоб голка знаходилася поблизу стику кінцевих мір. Перо записуючого приладу встановлюють з лівого краю папера.

Після установки перемикача 16 в положення, відповідне вертикальному збільшенню, включається рух датчика із швидкістю 0,2 мм/мін для збільшень: 200, 100 і 40 тис. і 1 мм/мін для 20, 10, 2 і 1 тис. і проводиться запис профілограми (величина горизонтального збільшення не регламентується). При русі датчика голка переходить з більшої кінцевої міри на меншу, а опора датчика залишається на більшій. Такий перехід на профілограмі виражається в зсуві середньої лінії профілю на певну величину.

Відношення величини зсуву середньої лінії профілю на профілограмі до величини сходинки між кінцевими заходами є фактичне вертикальне збільшення профілографа. При відхиленні фактичного вертикального збільшення від номінального на всіх ступенях в одну і ту ж сторону слід поворотом гвинта регулювання вертикального збільшення [20^x] відрегулювати збільшення. При ре-

гулюванні необхідно ще раз перевірити збільшення. Щоб уникнути викидання пера слід у момент переходу голки з більшої кінцевої міри на меншу перевести перемикач 13 в положення «ЗАГР».

6.3. Перевірка показань приладу проводиться за допомогою атестованого зразка шорсткості поверхні.

Якщо показання приладу, не співпадають з дійсною величиною шорсткості зразка, поворотом гвинта потенціометра 11 добиваються збігу свідчень.

При вимірюваннях необхідно стежити за жорсткістю кріплення датчика і зразка, оскільки їх вібрації можуть позначитися на результатах вимірювання.

6.4. Робота на приладі.

Перед роботою прилад необхідно прогріти протягом 20 хвилин. Прогрівання необхідно проводити з датчиком, встановленим в робоче положення.

При записі нерівностей з кроком до 2 – 2,5 мм застосовують опору № 1, з кроком до 4 мм – опору № 2, з кроком більше 4 мм – опору № 3, з установкою їх на проміжну прямолінійну деталь або пристосування для контролю хвилястості (рис. 6.13). Робота на записуючому приладі проводиться в наступній послідовності:

1. Вставити датчик в мотопривід і закріпити гвинтом 9 (рис. 6. 13).

2. Встановити деталь на підставі приладу в пристосуванні.

3. Встановити датчик на випробовувану поверхню. Установка датчика проводиться вертикальним переміщенням мотоприводу з датчиком на стійці. Для цього необхідно відstopорити маховиком 14 stopор, що кріпить каретку з мотоприводом, обертаючи маховик 13, встановити датчик на випробовувану поверхню і заstopорити каретку на стійці маховиком 14.

Точна установка датчика на випробовувану деталь проводиться обертанням маховика 10. При цьому внутрішній корпус каретки повинен бути заstopорений маховиком 14.

Обертання маховиків 10 і 13 здійснюється до тих пір, поки стрілка контрольного приладу не знаходиться в ділянці нижнього прямокутника, причому тумблер 18 повинен знаходитися в положенні «вихід підсилювача». Абсолютно необхідно, щоб обертання маховика 13 за годинниковою стрілкою, а обертання маховика 10 проти годинникової стрілки викликало переміщення стрілки контрольного приладу зліва направо, при цьому метал знаходиться з правого боку паперової стрічки, тобто напрям поглиблення поверхні йтиме зліва направо.

4. Встановити необхідне вертикальне збільшення від 1 до 200 тис. поворотом перемикача 16.

5. Поворотом перемикача 24 встановити швидкість трасування датчика (0,2 або 1,0 мм/мін).

6. Обертанням маховика 13 (рис.6.15) записуючого приладу встановити необхідну швидкість переміщення паперу залежно від необхідного горизонта-

льного збільшення (табл. 6.5).

7. Перемикач 11 (рис.6.13) встановити в положення «ЗП» — записуючий прилад.

Таблиця 6.5. —

Швидкість переміщення паперу залежно від необхідного горизонтального збільшення

Швидкість датчика, <i>мм/хв</i>	Швидкість паперу записуючого приладу, <i>мм/хв</i>					
	20	40	80	200	400	800
Горизонтальне збільшення						
0,2	100	200	400	1000	2000	4000
1,0	20	40	80	200	400	800
10	2	4	8	20	40	80

8. При значному відхиленні пера записуючого приладу з середини паперової стрічки, відстопорив каретку маховиком 14, обертанням маховика 13 і ручки 12 встановити перо в необхідне положення, після чого поворотом маховика 14 зафіксувати положення каретки з мотоприводом на стійці.

9. Включити рух паперу, поставивши перемикач 12 (рис.6.15) записуючого приладу в положення «включено».

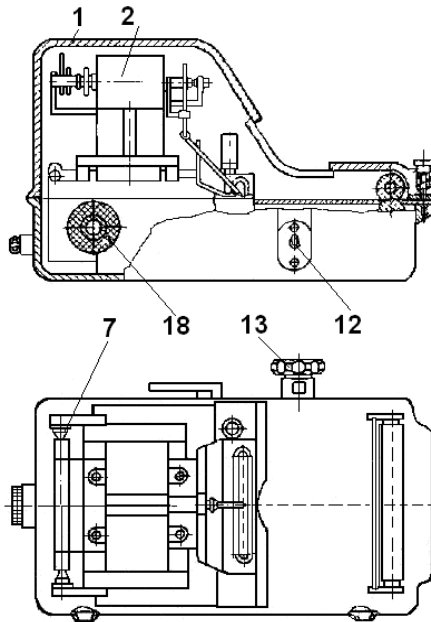


Рисунок 6.15. — Схема записуючого приладу профілографа.

10. Включити рух датчика, відвівши важіль 15 (рис. 6.13) вправо до упору.

Примітка. Паралельність руху датчика щодо вимірюваної поверхні, що виражається записом мікронерівностей без значного нахилу до подовжніх ліній паперу, встановлюється маховиком вузла нівелювання. Після закінчення вимірювання перемикач 11 встановити в положення «ЗАГР» - загрубіло, перемикач 12 (рис. 6.13) в положення «ВИКЛ» - вимкнено.

6.6. Використання приладу – профілометр.

1. Встановити деталь на підставі або в пристосованні.

2. Встановити необхідну межу вимірювання 8 – 0,08 мм поворотом перемикача 16 (рис. 6.13).

3. Перемикач 19 встановити на «ПП» (прилад, що показує), тим самим встановити величину попереднього переміщення датчика.

4. Поворотом важеля 15 вліво до упору перевести датчик в ліве положення. При цьому стрілка приладу 20 повинна повернутися на нульовий штрих шкали.

Примітка. У разі неспівпадання стрілки з нульовим свідченням шкали її необхідно встановити. Установка стрілки на нульовий штрих проводиться рукояткою 21.

5. Встановити датчик на досліджувану поверхню. Установка датчика проводиться вертикальним переміщенням мотоприводу з датчиком при обертанні маховика 13. Маховик обертати до тих пір, поки стрілка контрольного приладу 7 не знаходиться в ділянці нижнього прямокутника. При цьому перемикач 18 повинен знаходитися в положенні «вихід підсилювача».

6. Повернути перемикач 24 мотопривода так, щоб стрілка указувала на індекс «ПП», при цьому повинне відчуватися замикання собачки і автоматично включатися скорость 0,7 мм/сек для приладу, що показує.

7. Встановити перемикач 22 в положення вибраної довжини ділянки вимірювання відповідно 1,6; 3,2 або 6 мм.

8. Перемикач 11 встановити в положення «ПП».

9. Встановити перемикач 8 в положення, відповідне вибраній довжині ділянки вимірювання 1,6; 3,2 або 6 мм

10. Перемикачем 23 встановити необхідну базову довжину — крок відсічення (0,08, 0,25, 0,8 або 2,5 мм).

11. Поворотом маховика 14 зафіксувати положення каретки з мотоприводом на стійці.

12. Включити рух датчика, відводячи важіль 15 управо до упору.

Примітка. Паралельність руху датчика щодо вимірюваної поверхні встановлюється маховиком вузла нівелювання, контроль паралельності здійснюється приладом 7.

Після закінчення вимірювання перемикач 11 встановити в положення «ЗАГР».

13. Після зупинки стрілки приладу, що показує, провести відлік.

Завдання 1. Заміряти величини нерівностей поверхні деталі профілометром та визначити клас чистоти за ГОСТ 2789—59.

1. Межі замірів приладу:
2. Вибрана базова довжина: $l=$
3. Число ділянок вимірювань:
4. Результати замірів занести в таблицю 6.6.

Таблиця 6. 6. –

Результати визначення шорсткості профілометром

№ п/п	Ra в μm	Середньоарифметичне значення Ra в μm	Клас чистоти поверхні
1			
2			
3			
4			
5			

Примітки.

1. При всіх операціях по установці зразка і підготовці до вимірювання або запису перемикач *11* повинен стояти в положенні «ЗАГР».

2. При роботі профілометру стрілка контрольного приладу *7* не повинна виходити за межі нижнього прямокутника шкали.

7. Додаткові вказівки до роботи.

1. При установці датчика на поверхню, що перевіряється, рекомендується щоб уникнути поломки голки датчика підводити трубку датчика рукою і обережно опускати на досліджувану поверхню. Те ж саме рекомендується робити при перекладі датчика вліво (взвод датчика).

Примітка. Установку і знімання датчика необхідно проводити при вимкненому електронному блоці (тумблер *25* повинен стояти в положенні «вимкнений»).

2. Для заміни використаного рулону паперу новим необхідно відкрити кришку записуючого приладу *1* (рис. 6.15), підняти вимірювальний механізм *2*, відкинувши його на центрах *7* до його фіксації клямкою, зняти котушку *18* із залишком рулону діаграмного паперу, підводячи її вгору і подаючи на себе, зняти з котушки залишок паперу і шпулю і встановити, новий рулон діаграмного паперу до упору в борт котушки так, щоб напис на папері «профілограф заводу «Калібр» була зліва.

3. У проміжках між вимірюваннями, коли прилад не вимикається, датчик рекомендується встановити на яку-небудь поверхню так, щоб стрілка контрольного приладу *7* (рис. 6.15) знаходилася в межах великого прямокутника шкали.

4. При включенні приладу на тривалий час датчик рекомендується знімати

з приладу щоб уникнути випадкових ударів.

8. Пристосування для перевірки хвилястості.

Для перевірки хвилястості поверхонь і шорсткості малих отворів (діаметром від 4 мм і на глибину до 10 мм) прилад укомплектовується пристосуванням (рис. 6.16).

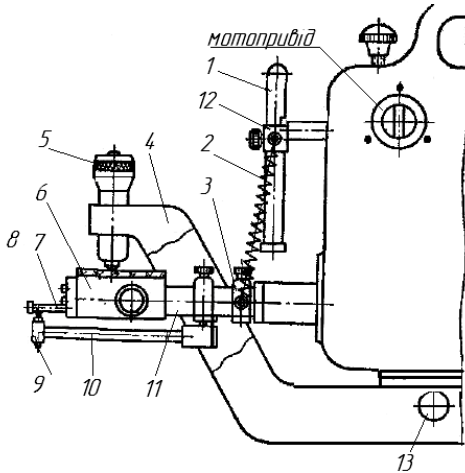


Рисунок 6.16. – Пристосування для перевірки хвилястості поверхні.

Пристосування має підвіс 1 з пружинками 2, об'єму 3, шуп 10, власне пристосування 4, опору 6 і запобіжник голки 7.

Пристосування 4 кріпиться до мотоприводу знизу за допомогою ластівкового хвоста і стопориться гвинтом 13.

Підвіс 1 кріпиться до каретки мотоприводу зліва гвинтом 27 (рис. 6.15).

На датчик 11 (рис. 6.16) замість звичайної опори спереду кріплять запобіжник голки 7.

Пружинки 2 повинні підтискати датчик вгору так, щоб був контакт опорного мікрометричного гвинта 5 пристосувань 4 з опорою 6. Зусилля пружинок 2 регулюється за допомогою пересувного повзуна 12. Слідє установку пристосування 4 і опору 6 здійснювати так, щоб відстань від голки датчика до точки контакту опорного гвинта 5 з опорою 6 було мінімально можливим для кожного вимірювання.

Мікрометрична подача опорного гвинта служить для установки руху датчика паралельно площини вимірюваної деталі.

Установка паралельності руху датчика щодо вимірюваної деталі може бути досягнута і вузлом нівелювання.

За допомогою описаного пристосування можна перевіряти хвилястість вимірюваної поверхні, не виключаючи шорсткості. Щоб виключити шорсткість

і перевіряти тільки хвилястість, необхідно на датчику 11 закріпити спеціальне пристосування —шуп 10 так, щоб голка 8 датчика спиралася на доведену поверхню штифта 9 шупа, а обмацування поверхні проводилося сферичною частиною штифта з радіусом сфери 2 мм. При перевірці шорсткості малих отворів вимірювання проводиться без шупа 10.

Необхідний при цьому вимірюваний отвір встановлювати так, щоб вісь його співпадала з траєкторією руху голки.

Голку необхідно встановлювати на нижню точку отвору.

Установка проводиться переміщенням універсального столика 2 (рис.6.13) в двох взаємно перпендикулярних напрямках і його поворотом.

Вимірювання за допомогою пристосування розраховане на роботу при максимальному збільшенні 40 000.

9. Обробка профілограми шорсткості поверхні.

Профілограми, що отримуються будь-яким способом, підлягають обробці для визначення по ним шорсткості поверхні по параметру R_a або R_z .

9.1. Вибір довжини ділянки вимірювання. Під довжиною ділянки вимірювання розуміється мінімальна довжина ділянки поверхні, що необхідна для надійного визначення характеристик шорсткості, включає одну або декілька базових довжин. Довжину ділянки L_K для визначення параметра R_a слід приймати в межах, вказаних в таблиці 6. 7.

Таблиця 6.7. –

Вибір довжини ділянки L_K для визначення параметра R_a

Базова довжина l , мм	Число базових довжин	Довжина ділянки вимірювання $L_K = k \cdot l$ в мм	Зразковий вид обробки
2,5	2	5,0	Точіння, фрезерування
0,8	3 – 4	2,5 – 3,2	Тонке точіння, шліфування, чистове фрезерування
0,25	6 – 7	1,5 – 1,75	Тонке шліфування, поліровка, доведення
0,08	8 – 10	0,6 – 0,8	Тонке полірування, тонке доведення

Параметр R_z повинен визначатися на одній базовій довжині, але на декількох окремих ділянках профілограми.

Характеризувати поверхню буде середнє арифметичне з набутих значень R_a або R_z .

9.2. Визначення положення середньої лінії профілю.

Середня лінія проводиться в межах базової довжини одним з наступних способів:

- 1) за способом найменших квадратів,
 - 2) за допомогою планіметра,
 - 3) на око, з подальшим коректуванням її положення.
- Спосіб найменших квадратів дає найбільшу точність.

При визначенні параметра R_a застосовують будь-який з трьох вказаних способів. При визначенні параметра R_z зазвичай застосовують третій спосіб, оскільки сам параметр R_z є наближеним. В цьому випадку в межах ділянки профілограми, рівного базовій довжині, проводиться на око пряма приблизно по середині профілю і розбивається на рівні інтервали x (зазвичай приймають $x = 2$ мм).

При визначенні положення середньої лінії за способом найменших квадратів в точці, відповідній початку кожного інтервалу, вимірюють відстань h_i від профільної кривої до довільно проведеної прямої NN (рис. 6.1).

Рівняння шуканої прямої матиме вигляд

$$y = a + b(x - \bar{x}) \quad (1)$$

де \bar{x} — середнє арифметичне значення абсциси.

Для спрощення обчислень абсцис x_i виражають в долях x . Тоді нові абсциси $x_i = X_i/\Delta x$ будуть числами натурального ряду.

Коефіцієнти a і b знаходяться з умови, що

$$\sum_1^l (y_i - h_i)^2 = \min \quad (2)$$

Враховуючи, що спочатку осі координат проводяться на око, а точки профілю завжди проводяться досить вузькою смужкою, коефіцієнти a і b визначають по наступних формулах:

$$a = \bar{h} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n h_i \quad (3)$$

$$b = \operatorname{tg} \alpha$$

Кут α визначається із співвідношення

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2 \cdot \Delta x \cdot \left(\sum_1^n x_i \cdot h_i - h \cdot \sum_1^n x_i \right)}{A \cdot (\Delta x)^2 - B} \quad (4)$$

де

$$A = \sum_1^n x_i^2 - \frac{(\sum_1^n x_i)^2}{n}; \quad B = \sum_1^n h_i^2 - \frac{(\sum_1^n h_i)^2}{n} \quad (5)$$

Суми $\sum_1^n x_i^2$ і $\sum_1^n x_i$ визначаються по формулах:

$$\sum_1^n x_i = \frac{(x_n)^2 + x_n}{2}; \quad (6)$$

$$\sum_1^n x_i^2 = \frac{2 \cdot x_n + 1}{3} \cdot \sum_1^n x_i \quad (7)$$

Приклад. Знайти рівняння середньої лінії для профілограми, приведеною на рис.6.17. Значення ординат h_i дане в таблиці 6.8; прийmemo $x = 2\text{мм}$. По формулах (6) і (7) визначаємо:

$$\sum_1^n x_i = \frac{(57)^2 + 57}{2} = 1653;$$

$$\sum_1^n x_i^2 = \frac{2 \cdot 57 + 1}{3} \cdot 1653 = 63365.$$

Користуючись співвідношеннями (2) —(5), знаходимо

$$a = \bar{h} = \frac{288,5}{57} = 5,06;$$

$$A = 63365 - \frac{(1653)^2}{57} = 15428;$$

$$B = 2072 - \frac{(288,5)^2}{27} = 612;$$

$$\text{tg } 2\alpha = \frac{2 \cdot 2 \cdot (9376,5 - 5,06 \cdot 1653)}{15428 \cdot (2)^2 - 612} = 0,067$$

$$\text{arctg } 0,067 = 2 \cdot \alpha = 4^\circ; \quad \alpha = 2^\circ$$

$$b = \text{tg } 2 = 0,035.$$

Рівняння середньої лінії m — m профілограми (рис.6. 17.) матиме вигляд

$$y = a + b(x - \bar{x}) = 5,06 + 0,035 (x - \bar{x}).$$

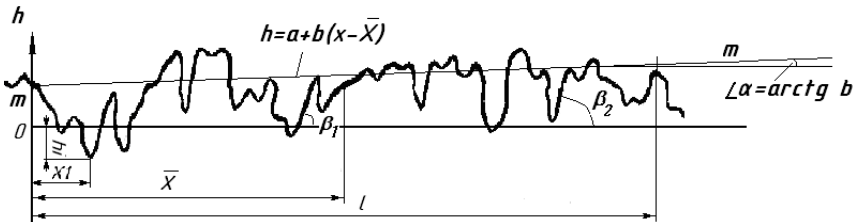


Рисунок 6.17. – Схема визначення середньої лінії профілограми.

Оскільки $x_i = X_i/\Delta x$, тобто $X_i = x_i \cdot \Delta x$, то

$$\bar{x} = \frac{\sum_1^n x_i}{n} = \frac{\Delta x \cdot \sum_1^n x_i}{n} = \frac{2 \cdot 1653}{57} = 58;$$

отже

$$y = 5,06 + 0,035 \cdot (X - 58)$$

або остаточно

$$y = 0,035 \cdot X + 3,03.$$

9.3. Вимірювання ординат точок профілю. Ординати точок профілю на профілограмі можуть бути зміряні за допомогою металевої лінійки, циркуля,

міліметровки або на універсальному вимірювальному мікроскопі. Останній спосіб дає найбільшу точність, але разом з тим є найбільш трудомістким.

Таблиця 6.8. –

Значення ординат профілограми.

x_i	$h_i, \text{ мм}$	h_i^2	$x_i h_i$	x_i	$h_i, \text{ мм}$	h_i^2	$x_i h_i$
1	+6,0	36,00	+6,0	30	6,5	42,25	195,0
2	2,5	6,25	5,0	31	7,0	49,00	217,0
3	2,0	4,00	6,0	32	6,5	42,25	208,0
4	1,0	1,00	4,0	33	8,5	72,25	280,5
5	1,5	2,25	7,0	34	7,5	56,25	255,0
6	-4,0	16,00	-24,0	35	7,5	56,25	262,5
7	0,0	0,00	0,0	36	3,0	9,00	108,0
8	+4,0	16,00	+32,0	37	7,5	56,25	277,5
9	-3,0	9,00	-27,0	38	8,5	72,35	323,0
10	+1,0	1,00	+10,0	39	8,5	72,35	331,5
11	4,0	16,00	44,0	40	6,0	36,00	240,0
12	5,5	30,25	66,0	41	8,0	64,00	328,0
13	8,0	64,00	104,0	42	0,0	0,00	0,0
14	9,0	81,00	126,0	43	0,0	0,00	0,0
15	6,0	36,00	90,0	44	+6,0	36,00	264,0
16	10,0	100,00	160,0	45	9,5	90,25	427,5
17	10,0	100,00	170,0	46	9,0	81,00	414,0
18	10,0	100,00	180,0	47	6,5	42,25	305,5
19	9,0	81,00	171,0	48	3,5	12,25	168,0
20	3,0	9,00	60,0	49	6,0	36,00	294,0
21	3,5	12,25	73,5	50	7,0	49,00	350,0
22	5,5	30,25	121,0	51	7,5	56,25	382,5
23	1,0	1,00	23,0	52	8,0	64,00	416,0
24	0,0	0,00	0,0	53	6,0	36,00	318,0
25	1,5	2,25	37,5	54	5,5	30,25	297,0
26	5,0	25,00	130,0	55	3,5	12,25	192,5
27	4,0	16,00	108,0	56	3,0	9,00	168,0
28	4,5	20,25	125,0	57	7,0	49,00	399,0
29	5,0	25,00	145,0				

Для визначення дійсних значенні R_a або R_z необхідно знати вертикальне і горизонтальне збільшення, з якими проводиться запис профілю.

9.4. Визначення параметра шорсткості R_a .

Обчисливши по рівнянню (1) ординати двох точок середньої лінії, наносять її на профілограму, розбивають на ділянки і спочатку кожної ділянки визначають відстань y_{ni} від середньої лінії профілю. Потім знаходять параметр R_a

по формулі

$$R_a = \frac{\sum_1^n |y_i|}{n} \quad (8)$$

При приблизному визначенні положення середньої лінії середня лінія проводиться в межах базової довжини так, щоб площі по обох сторонах від цієї лінії до лінії профілю були приблизно рівні між собою.

Для виключення впливу зсуву середньої лінії паралельно її правильному положенню величину R_a в цьому випадку визначають по формулі

$$R_a = \frac{\sum_1^n \left| y_{ni} - \frac{\sum_1^n y_{ni}}{n} \right|}{n} = \frac{\sum_1^n |y_{ni} - \bar{y}_{ni}|}{n} \quad (9)$$

Приклад. Визначити шорсткість поверхні по параметру R_a на ділянці L_K , рівній двом базовим довжинам (рис. 6.18) l_1 і l_2 , при проведенні середніх ліній "на око". Результати вимірювання y_{ni} дані в таблиці 6.9.

Знаходимо $\sum y_{ni} = +132 \cdot 3 - 97 \cdot 5 = +34,8;$

Потім знаходять різниці: $y_{ni} - \bar{y}_{ni}$ і суму позитивних і негативних значень цих різниць, тобто 115,5 і -115,0.

Тоді $\sum_1^n |y_{ni} - \bar{y}_{ni}| = 115,5 + 115,0 = 230,5.$

Відповідно до формули (8) знаходимо

$$R_a = \frac{230,5}{49} = 4,7 \text{ мм графіка}$$

Якщо відомо, що вертикальне збільшення профілограми $v_g = 1000^x$, то знаходимо $R_a = \frac{4,7}{1000} = 4,7 \text{ мкм}.$

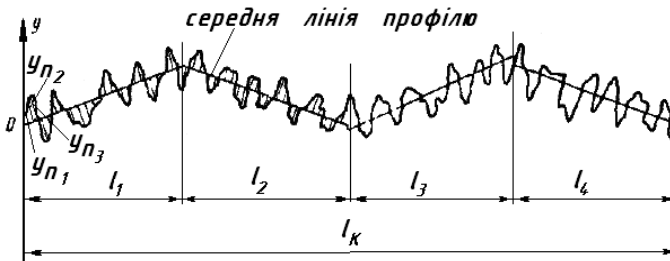


Рисунок 6.18. – Схема визначення шорсткості по двом базовим довжинам.

Результати вимірювання ординат профілограми

№ точки	y_{ni}	$y_{ni} - \bar{y}_{ni}$	№ точки	y_{ni}	$y_{ni} - \bar{y}_{ni}$	№ точки	y_{ni}	$y_{ni} - \bar{y}_{ni}$
1	+3,5	+2,8	17	0,0	-0,7	34	-5,2	-5,9
2	+5,2	+4,5	18	+2,7	+2,0	35	+5,2	+4,5
3	+9,3	+8,6	19	+6,8	+6,1	36	+3,2	+2,5
4	-7,7	-8,4	20	-10,0	-10,7	37	-5,3	-6,0
5	-2,9	-3,6	21	-2,5	-3,2	38	-5,3	-6,0
6	+4,6	+3,9	22	-0,8	-1,5	39	+8,8	+8,1
7	+7,0	+6,3	23	+2,3	+1,6	40	+5,7	+5,0
8	-6,8	-7,5	24	8,1	+7,4	41	0,0	-0,7
9	-9,5	-10,2	25	-4,1	-5,1	42	-6,0	-6,7
10	-7,8	-8,5	26	+4,8	+4,1	43	0,0	-0,7
11	-2,7	-3,4	27	+7,1	+6,4	44	+6,4	+5,7
12	-1,7	-2,4	28	+2,7	+2,0	45	+6,4	+5,7
13	+3,3	+2,6	29	0,0	-0,7	46	0,0	-0,7
14	+6,7	+6,0	30	-7,0	-7,7	47	-3,7	-4,4
15	+8,0	+7,3	31	+5,0	+4,3	48	0,0	-0,7
16	-7,2	-7,9	32	+4,0	+3,8	49	+5,0	+4,3
			33	-1,0	-1,7			

9.5. Визначення параметра шорсткості R_z .

При визначенні R_z базова лінія NV проводиться на око паралельно «загальному напрямку профілю» в межах базової довжини (рис.6.1). Потім вимірюють відстані h_i від базової лінії до п'яти вищих точок виступів і до п'яти нижчих точок западин. Величина R_z обчислюється за формулою (1):

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

Отриману величину R_z в *мм* графіка ділять на вертикальне збільшення профілограми і отримують результати в *мкм*.

Завдання 2.

Записати профілограму поверхні і провести її обробку за параметрами шорсткості R_z R_a .

1. Спосіб визначення положення середньої лінії: (навести розрахунок).

2. Вимірювання ординат точок профілю:

$$R_z = \quad \text{мкм} \quad (\text{обчислення додаються до профілограми})$$

$$R_a = \quad \text{мкм}$$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7.

КОМПЛЕКСНИЙ КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТІ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС.

1. Загальні відомості.

Мета роботи:

- ознайомитись з контрольними комплексами зубчастих коліс і правилами їх вибору;
- отримати навички в підборі засобів вимірювань для контролю окремих параметрів точності зубчастих коліс;
- засвоїти методику контролю точності зубчастих коліс за допомогою вибраних засобів вимірювань;
- отримати навички користування стандартом ГОСТ 1643-81.

Матеріальне забезпечення.

- міжцентромір МЦ-400Б;
- биттемір Б-10м;
- евольвентомір індивідуально-дисковий;
- крокомір для перевірки основного кроку;
- крокомір для перевірки колового кроку;
- мікрометр зубом ірний МЗК;
- зубомір зміщення (тангенційний);
- зубчасті колеса для перевірки й креслення до них;
- змінні диски до евольвентоміра;
- вимірювальні колеса для міжцентроміра;
- штангенциркуль ШЦ-1 або ШЦ-2;
- лінійка сталева 0-200 мм;
- фарба (берлінська лазур, свинцевий сурик);
- тампон для нанесення фарби.

2. Послідовність виконання роботи.

Вибрати за умовами креслення й призначенням колеса контрольний комплекс параметрів точності для колеса, яке перевіряється.

Підібрати з наявних у лабораторії засобів вимірювань необхідний для роботи вимірювальний інструмент.

Провести вимірювання вибраних параметрів точності, користуючись вказівками по роботі на приладах, викладеними нижче.

Зробити висновок про відповідність точності колеса тій точності, що потрібна за кресленням.

Отримані результати оформити у вигляді звіту.

3. Загальні відомості про зубчасті колеса.

Зубчасті передачі є відповідальними ланками машин і механізмів і визначають якість, надійність і довговічність їх роботи. Для забезпечення якісної ро-

боти зубчастої передачі похибки виготовлення і монтажу зубчастих і черв'ячних циліндричних передач обмежені допусками і граничними відхиленнями.

На евольвентні зубчасті колеса, з модулем понад 1 до 50 мм і ділильним діаметром до 1250 мм, допуски і граничні відхилення встановлені в ГОСТ 1643-81. Даний стандарт охоплює передачі зовнішнього і внутрішнього зачеплення з прямими, косими і шевронними зубчастими колесами.

ГОСТ 1643-81 встановлює для циліндричних коліс дванадцять степенів точності - від 1 до 12, у порядку зниження точності, причому 1 і 2 степені є резервними (норми до них будуть встановлені по мірі розвитку оброблювальної техніки). В кожному ступені точності передбачений ряд показників, що характеризують:

- а) кінематичну точність колеса;
- б) плавність роботи колеса;
- в) контакт зубців в передачі;
- г) боковий зазор в передачі (таблиця 7.1.).

Таблиця 7.1. –

Засоби контролю показників точності зубчастих коліс.

Показники точності зубчастого колеса	Засоби вимірювань (для модуля $m > 1$ мм)
Норми кінематичної точності	
Кінематична похибка колеса F'_i	Кінематомір БВ-5033, прилади БВ-936, УКМ-5
Накопичена похибка кроку по колесу F_{pk} і F_p	Крокомір типу ШМ-1, 2КШ, приладів БВ-5001 м
Радіальне биття зубчастого вінця F_r	Битемір Б-10м, прилад БВ-5015
Коливання довжини загальної нормалі F_{vuz}	Нормалемір БВ-5045, мікрометр зубомірний МЗ, прилад БВ-5015
Похибка обкату F_{oc}	Нормалемір БВ-5045, мікрометр зубомірний МЗ, прилад БВ-5015
Коливання вимірювальної міжосьової відстані за оберт F''_i	Міжцентроміри МЦ-320, МЦ-400б, прилад БВ-5029
Норми плавності	
Місцева кінематична похибка f'_i	Кінематомір БВ-5033, хвилемір прилади БВ-936, УКМ-5
Циклічна похибка f_{zk} передачі і колеса	Міжцентроміри МЦ-320, МЦ-400б, прилад БВ-5029
Коливання вимірювальної міжосьової відстані на одному зубці f''_i	Крокоміри мод.21501, БВ-5043, прилад БВ-5015
Відхилення кроку (колового) f_{pt}	Крокомір мод.БВ-5043, 2КШ, прилад БВ-5015
Похибка профілю f_f	Евольвентомір універсальний БВ-5032 чи індивідуально-дисківий

Норми контакту	
Похибка напрямку зуба $F_{\beta r}$	Ходомір БВ-5034, контрольні прилади з переміщенням вимірювального вузла паралельно осі центрів
Відхилення осьових кроків по нормалі F_{pxnr}	Універсальний контактомір ВВ-5034
Сумарна пляма контакту	Контрольно - обкочуванні верстати, міжцентроміри, спеціальні стенди
Норми бокового зазору	
Зміщення вихідного контуру E_{hs} (допуск T_h)	Зубомір зміщення 2301, кромкові зубоміри БВ-5016к і ЗИМ-16
Середня довжина загальної нормалі E_{wmy}	Кромкові зубоміри ШЗ, ЗИМ-16
Товщина зуба S_{cr} (допуск T_c)	Міжцентроміри МЦ-320, МЦ-4006, прилад БВ-5029
Граничні відхилення вимірювальної міжосьової відстані (верхнє + $E_{a''s}$, нижнє - $E_{a''i}$)	Міжцентроміри МЦ-320, МЦ-4006, прилад БВ-5029
Розмір за роликками M_M (допуск - T_M)	Мікрометр гладкий чи важільний

Велика різноманітність параметрів точності зубчастих коліс, різниця в габаритних розмірах і технічних прийомах їхнього виготовлення створюють необхідність застосовування різноманітних засобів контролю (табл. 7.1.) і не дозволяють встановити єдиний уніфікований спосіб контролю всіх видів коліс.

Для призначення точнісних вимог до зубчастих коліс і виборів методів і засобів контролю виходять із положення, що контроль усіх параметрів зубчастого колеса не є обов'язковим, якщо існуюча система контролю в процесі виробництва забезпечує виконання заданих норм точності. У зв'язку з цим на виробництві застосовують не тільки остаточний контроль готового зубчастого колеса, але й інші види контролю: профілактичний, технологічний і активний.

При *остаточному (приймальному) контролі* встановлюють відповідність точності колеса вимогам, що залежать від призначення передачі. Приймальному контролю піддають всі зубчасті колеса, якщо застосування других видів контролю в процесі виробництва не гарантує виконання заданих норм точності.

До *профілактичного контролю* входить визначення геометричної і кінематичної точності зуборізного верстата, точності зуборізного інструмента, контроль пристроїв для виконання технологічних операцій з метою визначення їхньої придатності до використання в виробництві і для забезпечення нормально-го технологічного ходу виробничого процесу.

Технологічний контроль використовують із метою перевірки правильності налагодження технологічної операції чи для виявлення причин браку виготовлених коліс. Для його здійснення застосовують більш точні засоби вимірювань, ніж при приймальному контролі, тому що їхня похибка безпосередньо впливає

на якість налагодження технологічної операції. При технологічному контролі потрібно віддавати перевагу вимірюванню окремих елементів зубчастого колеса, тому що результати цих вимірювань найбільш ефективно використовують для виявлення й аналізу причин порушення ходу технологічної операції і при необхідності її підналагодження.

Деяке застосування у виробництві зубчастих коліс знаходять активні методи контролю. При активному контролі зубчасте колесо вимірюється під час виконання технологічної операції і за результатами вимірювання проводиться регулювання процесу його обробки. Результати контролю викликають автоматичний вплив на процес обробки, тобто автоматичне підналагодження, або ж вони візуально відраховуються на приладі реєстрації, а керування і підналагодження процесу здійснюється вручну. Контроль точності зубчастих коліс проводиться, як правило, на основі контрольних комплексів показників точності, рівноправних між собою. Із декількох рекомендованих стандартами контрольних комплексів виробник може обрати один; вибір його залежить від стану виробництва та прийнятої технології виготовлення зубчастих коліс, від масштабу і серійності виробництва, потрібної точності, типу і призначення зубчастих коліс, наявності зубовимірювальних засобів.

При встановленні контрольного комплексу для готових зубчастих коліс потрібно віддавати перевагу тим показникам, які виявляють сукупність похибок при безперервному процесі контролю.

Ці показники в порівнянні з іншими найбільш повно характеризують точність зубчастих коліс і передач і дозволяють виявити ймовірні сполучення декількох похибок у процесі роботи зубчастої передачі, в той час коли по елементний контроль виявляє лише відносне положення елементів зубчастих коліс, але не показує їхнього впливу на кінематичний процес у передачі.

Вибір по елементних показників точності замість вказаних комплексних проводиться в наступних випадках:

- через відсутність в стандартах норми точності на даний показник (так при визначенні контрольного комплексу для циліндричної зубчастої передачі 9-го ступеню точності, замість показника F'_i виникає необхідність призначити інший показник, наприклад F''_i , в зв'язку з тим, що для зубчастих передач грубіше 8-го ступеню точності норми на F'_i не наведені);
- через відсутність вимірювальних засобів для контролю комплексного показника (наприклад, відсутність однопрофільних приладів для контролю F'_i змушує призначати в якості показника кінематичної точності F_p і F_{pk});
- при необхідності виявлення технологічних похибок (з метою налагодження технологічного процесу) за допомогою вимірювання показників точності зубчастих коліс.

При виборі засобів вимірювань для потрібного контрольного комплексу слід виходити із основної похибки застосовуваних засобів вимірювання (ГОСТ

5368-81 і ГОСТ 10387-81) і граничної похибки, яка може бути допущена при вимірюванні (ГОСТ 8051-81).

При вимірюванні зубчастих коліс високого степеню точності рекомендується застосовувати зубовимірювальні прилади, гранична похибка котрих не перевищує 10-15% величини допуску на контрольований показник якості. При вимірюванні зубчастих коліс більш грубих степенів точності ця похибка відповідно збільшується до 35% допуску на контрольовану величину.

4. Контроль коливань вимірювальної міжосьової відстані.

Для оцінки коливань вимірювальної міжосьової відстані використовують метод обкату коліс, яке перевіряється, з вимірювальним. Це дозволяє виявити сумарну похибку взаємодії двох пар профілів спряжених коліс. При цьому похибкою вимірювального колеса, яке вибирається на два-три ступені точніше контрольованого, нехтують.

Принцип роботи міжцентромірів полягає в тому, що вимірювальне зубчасте колесо 4 (рис. 7.1, а), встановлене на оправці приладу, приводять у щільне зачеплення з вимірювальним колесом 3, розташованим на рухомій оправці. При обкаті коліс неточність зубчастого колеса, яке перевіряється, призводить до коливань міжосьової відстані, що фіксується відліковим пристроєм 2.

4.1. Будова міжцентроміра МЦ-400Б.

Прилад міжцентромір МЦ-400Б (рис. 7.1, б) складається із станини 1, по напрямних якої переміщується плаваючий супорт 11, змонтований для більшої рухливості на кульках, і жорсткий супорт 8. Жорсткий супорт встановлюють в потрібне положення по шкалі 9 і ноніусу 10 за допомогою маховичка 7. На оправці рухомого супорта встановлюється еталонне колесо, а на оправці жорсткого супорта – те, що перевіряють. Супорт 11 під дією пружини 5 притискає еталонне колесо до того, що перевіряють, створюючи щільне двох профільне зчеплення. Коливання вимірювальної міжосьової відстані фіксується індикатором 2 із ціною поділки 0,01 або 0,001 мм.

Відстань між центрами оправок приладу може змінюватись від 40 до 400 мм. Модуль коліс, що перевіряють – 1-10 мм. Найбільша похибка приладу при вимірюванні – 0,025 мм.

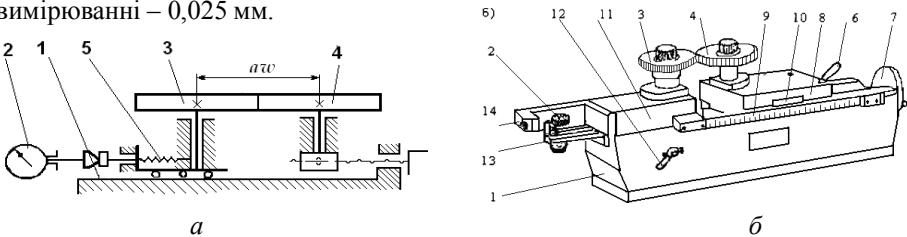


Рисунок 7.1. – Міжцентромір МЦ-400Б

4.2. Послідовність настроювання й вимірювань.

- 1) Розрахувати вимірювальну міжосьову відстань за формулою:

$$a_w = \frac{m(z_1 + z_2)}{2} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_w},$$

де m – модуль коліс;

z_1 і z_2 – числа їх зубів;

α – кут профілю вихідного контуру;

α_w – кут зчеплення при двопрофільному контролі.

- 2) Кут зчеплення α_w розраховують за формулою:

$$\operatorname{inv} \alpha_w = \frac{2x_\Sigma \cdot \operatorname{tg} \alpha}{z_1 + z_2} + \operatorname{inv} \alpha,$$

де x_Σ – сума коефіцієнтів зміщення вихідного контуру колеса, що перевіряють, x_k і вимірювальної шестерні x_w , найменшого додаткового зміщення вихідного контуру колеса, що перевіряють, E_{HS} (табл. 14 ГОСТ 1643-81) і дійсного значення зміщення вихідного контуру E_{HSD} , яке маркується на торці вимірювального колеса, тобто:

$$x_s = x_H + x_K + \frac{E_{HS}}{m} + \frac{E_{HSD}}{m}.$$

- 3) Для не корегованого колеса величина коефіцієнта зміщення $x = 0$,

$$x_s = \frac{E_{HS}}{m} + \frac{E_{HSD}}{m}.$$

- 4) Значення $\operatorname{inv} \alpha$ і α знаходять по таблицям евольвентних функцій (наприклад: $\operatorname{inv} 20^\circ = 0,0114904$).
- 5) Встановити плаваючий супорт у вихідне ліве положення, повернувши для цього ручку 12 за годинниковою стрілкою до упору.
- 6) Встановити індикатор у кронштейні 13 до торкання наконечника з упором 14. Зробивши натяг в 1-2 мм, закріпити індикатор і встановити шкалу на нуль.
- 7) Супорт 8 маховичком 7 встановити за шкалою 9 і ноніусом 10 на розмір a_w (для коліс 7-12 степені точності) і зафіксувати рукою 6. Для коліс 5-7 степені точності відстань між центрами оправок встановити по блоку кінцевих мір.
- 8) Встановити на оправки приладу вимірювальне колесо 3 і колесо 4, що перевіряють, і поворотом ручки 12 за годинниковою стрілкою до упору ввести їх у щільне зачеплення.
- 9) Відмітивши крейдою зуб колеса, що перевіряють, яке знаходиться в зачепленні, плавно повертати його рукою і записувати покази індикатора при проходженні зачеплення кожним зубом (за повний оберт колеса).
- 10) Для знаходження граничних відхилень E_{ae} визначити різницю між найбільшим (або відповідно найменшим) показанням індикатора і нульовим показом при встановленні міжцентрової відстані.

- 11) Визначити величину коливань вимірювальної міжцентрової відстані колеса F''_{ir} , як різницю між найбільшим і найменшим показом індикатора за один оберт.
- 12) Визначити величину f''_{ir} як найбільшу різницю між показами індикатора, виявлену при послідовному оберті колеса на один зуб.
- 13) Зробити висновок про придатність колеса за величиною E_{ae} , F''_{ir} , f''_{ir} , використовуючи ГОСТ 1643-81 і дані креслення.
- 14) Результати вимірювань оформити у вигляді звіту.

5. Послідовність вимірювань величини плями контакту.

- 1) Знежирити зуби зачеплених коліс і встановити їх на відповідні оправки приладу.
- 2) Вкрити тонким шаром фарби робочий профіль зубів вимірювальної шестерні за допомогою тампона з щільної тканини.
- 3) Встановити необхідну міжцентрову відстань a_w і зафіксувати положення супорта 5 ручкою 6.
- 4) Пригальмовуючи контрольну шестерню, плавно обертати рукою вимірювальне колесо для отримання на ньому слідів фарби.
- 5) Відвести супорт 5 і зняти колесо, що перевіряють.
- 6) Оцінити щільність прилягання профілів зубчастих коліс за плямою контакту в %:

– за довжиною зуба $Q = \frac{a-c}{b} \cdot 100\%$;

– за висотою зуба $q = \frac{h_m}{h_p} \cdot 100\%$,

де b і h_p – відповідно довжина і висота активної частини зуба;

a – відстань між крайніми точками слідів прилягання по довжині зуба;

c – величина розриву у плямі контакту;

h_m – середня висота слідів прилягання.

- 7) Оцінити придатність колеса, що перевіряють за величиною плями контакту (ГОСТ 1643-81).
- 8) Отримані результати оформити у звіті.

6. Контроль радіального биття зубчастого колеса.

Биття зубчастого вінця колеса визначають як відхилення радіального положення вимірювального наконечника, що послідовно вводиться у впадини зубів при оберті зубчастого колеса навколо осі.

Контроль радіального биття зубчастих коліс зовнішнього і внутрішнього зачеплення здійснюють на спеціальних приладах - биттемірах, вимірювальний вузол яких (рис. 7.2, а) складається із штока 4, змонтованого на кулькових опорах. Шток здійснює зворотно-поступальне переміщення в радіальному напрямку від осі контрольованого колеса 1. Переміщення штока фіксується індикатором 3. Під час відводу штока зубчасте колесо повертається на 1-2 зуба, після

чого вимірювальний наконечник 2 під дією пружини знову повертається в профіль впадини. За величину радіального биття F_{rr} приймають найбільшу різницю показу приладу в границях повного повороту колеса, тобто:

$$F_{rr} = R_{\max} - R_{\min}$$

6.1. Будова биттєміру Б-10м.

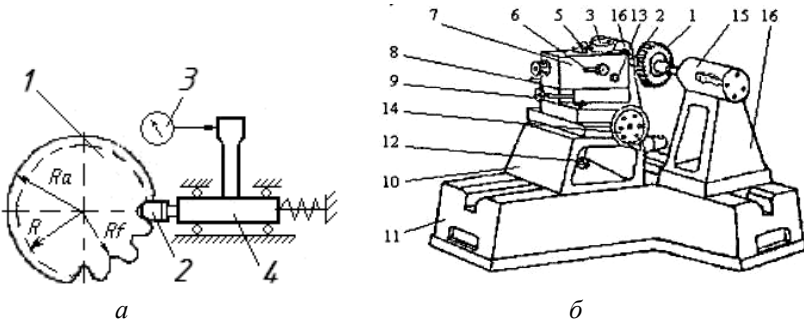


Рисунок 7.2. – Биттємір Б-10м: а – схема вимірювання; б – загальний вид.

На плоских напрямних масивної станини 11 (рис. 7.2, б) розташовані дві центрові бабки 16, призначені для кріплення контрольованого колеса 1, а також вимірювальна бабка 10 з рухомою кареткою і вимірювальним вузлом 7. Шток з наконечником 2 вимірювального вузла переміщується поперек осі центрів ручкою 6. Крім того, вимірювальний вузол може переміщуватись маховичком 14 вздовж осі центрів і обертатись на певний кут для контролю конічних зубчастих коліс.

На приладі можна контролювати циліндричні й конічні колеса із зовнішнім і внутрішнім зчепленням. Модуль коліс, що перевіряються, від 1 до 10 мм, діаметр коліс, що перевіряються, зовнішнього зачеплення – до 400 мм, висота центрів – 230 мм, найбільша відстань між центрами – 300 мм, найбільша гранична похибка приладу при вимірюванні – 0,010 мм.

6.2. Послідовність налаштування та вимірювання.

- 1) Протерти зуби колеса, що перевіряється, центри приладу, вимірювальний наконечник відповідного модуля.
- 2) Закріпити вимірювальний наконечник 2 в утримувачі.
- 3) Відтиснути рухомий центр, підтягнувши на себе ручку 15, і встановити колесо 1, що перевіряється, у центрах.
- 4) Підвести вручну вимірювальну бабку 10 до колеса, що перевіряється, так, щоб між ним і наконечником був зазор в 4-5 мм і закріпити бабку стопором 12.
- 5) Переміщуючи вимірювальний вузол обертанням ручки 13, ввести вимірювальний наконечник у впадину і дати натяг 1-1,5 мм. Застопорити вимірювальний вузол ручкою 8.

- 6) Встановити індикатор 3 у кронштейні до доторкання наконечника з упором 5, щоб стрілка вказувала на нульову поділку шкали. Зафіксувати це положення індикатора легким обертанням стопорного гвинта.
- 7) Перевірити нульове встановлення приладу. Для цього позовжнім рухом ручки 6 декілька разів виводити наконечник із впадини між зубами і знову акуратно, без поштовхів повертати його туди.
- 8) Відмітити крейдою впадину, і, відтягнувши наконечник, повернути колесо так, щоб наступна впадина стала напроти нього. Ввести наконечник в цю впадину і провести відлік за індикатором.
- 9) Провести вимірювання всіх впадин колеса і визначити величину F_{pr} . Після закінчення вимірювань вийняти індикатор із кронштейна і відсунути вимірювальний вузол.
- 10) Результати вимірювань оформити у вигляді звіту.

6.3. Контроль на биттємірі конічних зубчастих коліс.

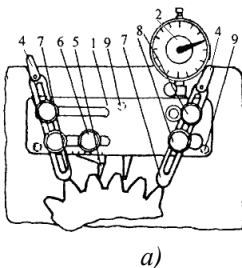
При контролі радіального биття конічних зубчастих коліс робота ведеться в тому ж порядку, що й при контролі циліндричних коліс, але вимірювальний механізм попередньо повертається на кут, що відповідає половині кута ділильного конуса вимірювального конічного колеса. Для цього вимірювальний механізм вручну встановлюється по шкалі на заданий кут і закріплюється рукою 9.

7. Контроль похибки кроку зубчастого колеса.

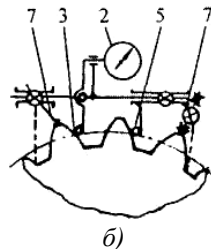
Вимірювання різниці кроків V_{pr} , накопиченої похибки кроку по колесу F_{pr} і F_{pkr} , коливань колового кроку f_{pr} проводиться за допомогою стаціонарних і накладних крокомірів. Згідно з методом вимірювання крокоміри відносять до приладів порівняння, тому що в якості вихідної величини для встановлення приладу використовується довільна пара зубів, із якою співставляють всі інші колові кроки. Вимірювальною базою крокомірів може бути коло виступів, впадин або посадковий отвір зубчастого колеса.

7.1. Будова крокоміра КШ-2.

Прилад складається із корпусу 1 (рис. 7.3,а), двійка регульованого 5 зі стопором 6, рухомого вимірювального наконечника 3, закріпленому на пружинному паралелограмі. Наконечник 3 зв'язаний з вимірювальним стрижнем індикатора 2 через кутувий важіль, що має співвідношення плеч 1:2.



а)



б)

Рисунок 7.3. – Накладний крокомір КШ-2: а) – зовнішній вид; б) – принципова схема.

У зв'язку з цим ціна поділки відлікового індикатора дорівнює не 0,01 мм, а 0,005 мм. На передньому боці корпусу нанесена шкала, за якою проводиться орієнтовне встановлення движка на модуль колеса, що перевіряють. В пазах корпусу закріплюються переставні опорні ніжки 7. Базування приладу при вимірюванні проводиться по колу виступів і торцю колеса.

Прилад призначений для вимірювання зубчастих коліс 7 – 11 ступенів точності, модулем від 3 до 15 мм, з найменшою шириною зубчастого вінця колеса при вимірюванні від повірочної плити – 24 мм, а при вимірюванні накладкою із застосуванням торцевих виступів – 16 мм.

Гранична похибка приладу складає 0,01 мм.

7.2. Послідовність настроювання та вимірювання.

- 1) Закріпити індикатор у корпусі так, щоб стрілка знаходилась приблизно на початку другого оберту при лівому крайньому положенні наконечника 3.
- 2) Установити движок 5 по шкалі на величину модуля колеса, що перевіряють, і закріпити його гвинтом 6.
- 3) Установити опорні ніжки 7 із врахуванням ширини зубчастого вінця колеса, що перевіряють:
 - якщо ширина вінця менша 24 мм, то опорні ніжки повертають торцевими упорами 4 до колеса, що перевіряють. Настроювання і вимірювання в цьому випадку проводиться у вертикальному положенні, базою приладу являється зовнішнє коло вінця і торець колеса. Для кращої стійкості при вимірюванні прилад забезпечують третьою опорною ніжкою, що закріплюється з тильного боку.
 - якщо ширина вінця більше 24 мм, задня опорна ніжка знімається, торцеві упори 4 ніжок повертаються в зворотній бік (рис. 7.3, б), а настроювання і вимірювання проводиться на повірчій плиті. Колесо в цьому випадку лежить на торці, прилад – на трьох опорах 9, що знаходяться з тильної сторони приладу.
- 4) Сумістити прилад із вимірювальним колесом так, щоб вимірювальні поверхні движка 5 і наконечника 3 доторкалися з профілями будь-якої пари зубців приблизно на рівні ділильного кола, як показано на рисунку, а опорні ніжки 7 заокругленою частиною притискалися до вершини зубців.
- 5) Закріпити ніжки гвинтами 8 і, щільно притискаючи прилад до колеса, установити індикатор на нуль. Декілька разів перевірити нульову установку, відсуваючи і ретельно притискаючи прилад до колеса.
- 6) Відмітити установчу пару зубів крейдою і провести вимірювання для всього колеса, послідовно встановлюючи крокомір у кожну впадину і визначаючи за індикатором різницю колових кроків V_{pri} відносно першого (настроювального) кроку.
- 7) Отримані результати записати в другу графу таблицю звіту для наступних обчислень.
- 8) Вирахувати величину відхилення колового кроку першої пари зубів:

$$f_{pt1} = \frac{\sum V_{pri}}{z}$$

записати її значення в 3-тю графу табл. 7. 4.

9) Визначити величини відхилень кожного колового кроку зубчастого колеса:

$$f_{pti} = V_{pri} + f_{pt1}$$

Отримані значення також занести в таблицю.

10) Визначити накопичену похибку кожного кроку як суму похибок попередніх

кроків, починаючи з першого, тобто $f_{pt} = \sum_{k=1}^i f_{ptk}$.

11) Визначити найбільшу накопичену похибку кроку по колесу F_{pr} як різницю між максимальною і мінімальною похибками кроків

$$F_{pr} = \sum_{k=1}^i f_{ptk \max} - \sum_{k=1}^i f_{ptk \min}$$

12) Результати роботи оформити у вигляді звіту.

8. Контроль довжини загальної нормалі.

Контроль довжини загальної нормалі не потребує спеціальної вимірювальної бази і тому проводиться нескладними накладними приладами – зубомірними мікрометрами, індикаторними нормалемірами, а для грубих степенів точності – штангенциркулем і граничними скобами. Для цієї мети можуть бути також використані верстатні універсальні зубовимірні прилади з плоскими накопичувачами.

8.1. Технічна характеристика зубомірного мікрометра типу МЗК.

Зубомірний мікрометр відрізняється від звичайного наявністю вимірювальних губок у вигляді дисків (рис. 7.4.).

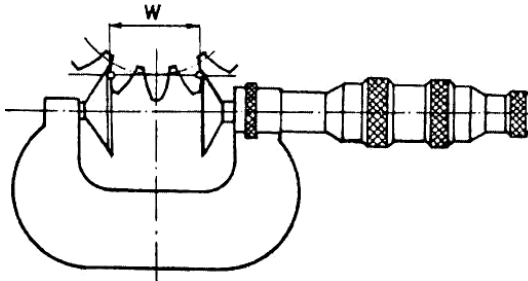


Рисунок 7.4. – Зубомірний мікрометр.

Зубомірні мікрометри МЗК випускають із границями вимірювань 0-25, 25-50, 50-75, 75-100 мм і ціною поділки 0,01 мм. Допустима похибка при вимірюванні за допомогою нього складає $\pm 0,010$ мм.

Губками охоплюють певне число зубів i , похитуючи інструмент, вимірюють довжину загальної нормалі W .

8.2. Послідовність вимірювань.

- 1) Розрахувати теоретичну величину загальної нормалі W не корегованого колеса за формулою:

$$W = m \cdot [1,476 \cdot (2 \cdot n - 1) + 0,01387 \cdot z] \quad (\text{для } \alpha = 20^\circ),$$

де m і z – відповідно модуль і число зубів колеса, що перевіряють;

n – число зубів у розхилі губок, визначене за формулою і округлене до найближчого цілого числа:

$$n = \frac{\alpha \cdot z}{180^\circ}$$

- 2) У відповідності з отриманим розміром W вибрати зубомірний мікрометр і перевірити його встановлення на нуль.
- 3) Охопити губками розраховану кількість зубів i , похитуючи інструмент, виміряти довжину загальної нормалі W_r (рис. 7.4.).
- 4) Визначити дійсний розмір довжини загальної нормалі W_r , як середнє із трьох вимірювань.
- 5) Провести вимірювання W_{ri} по всій довжині колеса і визначити величину коливання довжини загальної нормалі V_{Wr} як різницю між найбільшою і найменшою вимірюваними довжини W_r :

$$V_{Wr} = W_{\max} - W_{\min}.$$

- 6) Порівняти отриману величину V_{Wr} з граничною V_W за ГОСТ 1643-81 і зробити висновок про придатність.
- 7) Визначити середню довжину загальної нормалі W_m як середнє арифметичне із всіх довжин W_{ri} по колесу:

$$W_m = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_z}{z}.$$

- 8) Визначити величину відхилення середньої довжини загальної E_{Wmr} від номінального значення: $E_{Wmr} = W_{ном} - W_m$.
- 9) Зробити висновок про придатність колеса за величиною E_{Wmr} , порівнюючи її із граничними значеннями: $|E_{Wme}| \leq E_{Wmr} \leq (E_{Wme} + T_H)$,

де E_{Wme} – найменше відхилення середньої довжини загальної нормалі E_{Wme} за (табл. 12 і 13 ГОСТ 1643-81),

T_H – допуск на зміщення вихідного контуру.

- 10) Результати роботи оформити у вигляді звіту.

9. Контроль похибки профілю зуба.

Для перевірки евольвентного профілю зуба циліндричних коліс застосовують спеціальні прилади – евольвентоміри, які фіксують відхилення дійсного профілю зуба від теоретичного, що відтворюється приладом (рис. 7.5).

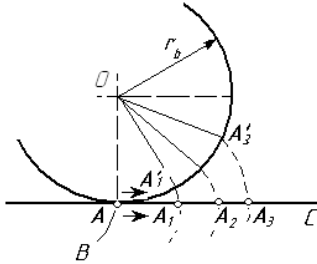


Рисунок 7.5. – Схема відтворення евольвенти по методу обкату.

Конструкція евольвентомірів заснована на принципі відтворення евольвенти методом обкату лінійки BC по диску радіусом r_B , що дорівнює радіусу основного кола зубчастого колеса; якщо лінійку AC змусити без ковзання огинати диск (або, що рівноцінно, котити диск по лінійці), кожна точка лінійки – A, A_1 , A_2 , ... описує відносно диска евольвенту.

Існуючі евольвентоміри можна розділити на дві групи: зі змінними дисками обкату - для масового і крупносерійного виробництва і універсальні – для індивідуального і дрібносерійного.

9.1. Принцип дії індивідуально-дискового евольвентоміра .

Схема індивідуально-дискового евольвентоміра приведена на рис. 7.6.

Зубчасте колесо, що перевіряють, встановлюють на одній оправці зі змінним диском 1, діаметр якого дорівнює діаметру основного кола колеса ($d_o = m \cdot z \cdot \cos \alpha$).

Цей диск притискається пружиною 13 до лінійки 3, закріпленої на каретці 6. На рівній грані лінійки розміщений вимірювальний наконечник 4, що доторкається до бокового профілю контрольованого зуба. Наконечник розміщений на кінці важеля з віссю обертання 10 на каретці, другий його кінець упирається в індикатор 8, закріплений на тій же каретці. При переміщенні каретки ходовим гвинтом 5, рух передається диску і колесу, яке перевіряється. При цьому кожна точка робочої площини лінійки описує відносно диска евольвенту. Вимірювальний наконечник 4 зв'язаний із лінійкою переміщується разом з нею і також описує евольвенту. Якщо профіль зуба, який перевіряють, являє собою ідеальну евольвенту, вимірювальний наконечник і стрілка індикатора залишаться нерухомими, якщо ж цей профіль має відхилення від ідеального, то індикатор покаже величину відхилення.

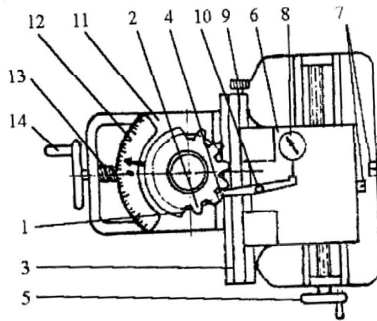


Рисунок 7.6. – Індивідуально-дисковий евольвентомір.

9.2. Послідовність настроювання та вимірювання.

- 1) Обертанням маховичка 14 відсунути супорт 11 до лінійки 3.
- 2) Підібрати за діаметром і встановити на оправку супорта змінний диск 1 і шестерню 2, яку перевіряють. Закріпити їх стопорною гайкою.
- 3) Обертанням маховичка 5 встановити каретку 6 у середнє положення за покажчиком 7.
- 4) Встановити вимірювальний наконечник між двома зубами шестерні, переміщуючи супорт 11 маховичком 14. Обертання маховичка 14 проводиться до повного стиснення пружини 13.
- 5) Обертанням мікрогвинта 9 просунути лінійку так, щоб вимірювальний наконечник доторкнувся до вимірюваної поверхні зуба, а стрілка індикатора зробила один оберт.
- 6) Встановити індикатор 8 і покажчик розвернутості на нуль.
- 7) Обертанням маховичка 5 повільно переміщувати каретку 6, обкочуючи диск 1 по лінійці 3. Записувати покази індикатора через кожні 2° шкали 12 кута розвернутості. Відлік закінчити, коли наконечник вийде із зачеплення.
- 8) Побудувати діаграму відхилення профілю (див. приклад у табл. 6) і визначити з неї величину f_{fp} . При цьому в розрахунок приймати лише активну ділянку ВС профілю, на якій здійснюється фактичне доторкання зубів, що спрягаються (рис.7.5, ділянка ОВ – ніжка зуба).
- 9) Після вимірювань відвести супорт із колесом і диском від лінійки і перевести каретку в середнє положення.
- 10) Результати роботи подати у вигляді звіту.

10. Контроль кроку зачеплення (основного).

Вимірювання кроку зачеплення P_a можна проводити за допомогою верстатних універсальних зубомірних приладів або накладними крокомірами, більш простими за конструкцією і у використанні. Принцип роботи накладного кро-

коміра полягає в тому, що прилад, попередньо настроєний за допомогою блоку кінцевих мір на номінальний крок P_α контрольованого колеса, накладається на зубчасте колесо (рис. 7.7) і встановлюється так, щоб площина наконечника 2 щільно прилягала до профілю будь-якого зуба.

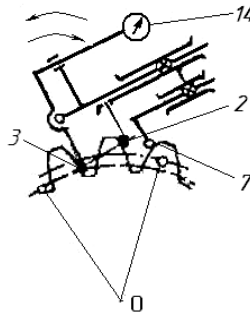


Рисунок 7.7. – Принцип роботи накладного крокоміра.

Опорний наконечник 7 приладу, що підтримує крокомір у процесі вимірювання, може переміщуватись у поздовжньому напрямку для забезпечення правильного положення вимірювальних наконечників 2 і 3 при вимірюванні (по нормалі до поверхні зуба).

При вимірюванні крокомір обкочується відносно колеса, визначаючи найменше відхилення стрілки індикатора 14 від вихідного положення при настройці. Ця величина і є дійсним відхиленням кроку зачеплення f_{pbr} .

10.1. Будова крокоміра для основного кроку.

Крокомір складається із корпусу 1 із нерухомим 2 і рухомим вимірювальним наконечниками (рис. 7.8). Наконечник 2 прикріплений на пружинній підвісці до планки 5, яка разом із губкою переміщується гайкою і закріплюється гвинтами 6. Опорний наконечник 7 встановлюється в необхідне положення гайкою 8.

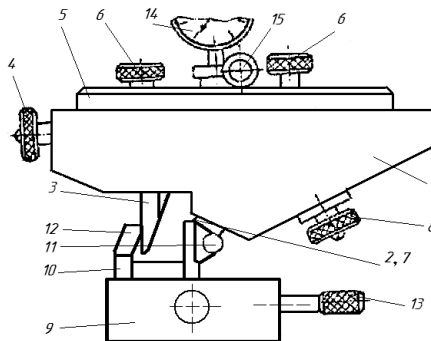


Рисунок 7.8. – Схема крокоміра для основного кроку.

Прилад настраюється на необхідний розмір за допомогою блоку плоскопаралельних кінцевих мір, який установлюється в спеціальну рамку 9 між двома боковичками 10 і 12 (рис. 7.7).

Подібне універсальне налагоджування є великою перевагою приладу.

Границі вимірювання приладу по модулю – від 2 до 10 мм, ціна поділки індикатора – 0,002 мм, гранична похибка вимірювання складає $\pm 0,005$ мм.

10.2. Послідовність настроювання та вимірювання.

1. Набрати блок кінцевих мір, який дорівнює величині кроку зачеплення колеса ($p_\alpha = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha$), встановити його в рамку 9 між боковичками і закріпити гвинтом 13 (рис.7.7).
2. Установити в прилад індикатор 14 із натягом в 1 мм і закріпити його стопорним гвинтом 15.
3. Обертанням гайки 8 сумістити опорний наконечник 7 із нерухомим 2 (рис. 7.9).

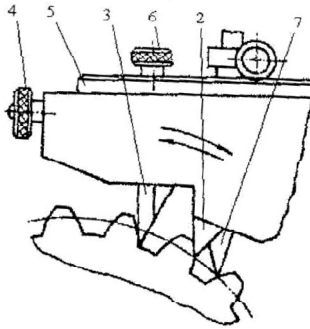


Рисунок 7.9. – Крокомір для контролю кроку зачеплення.

4. Вивільнити планку 5, від стопоривши гвинти 6, і гвинтом 4 встановити наконечник 3 приблизно на потрібний розмір. Встановити прилад у рамку, розмістивши наконечник 2 між роликом 11 і боковичком 10, а наконечник 3 підвести впритул до боковичка 12 і дати індикатору натяг в 1 мм (1 оберт малої стрілки).
5. Закріпити планку гвинтами 6 і встановити індикатор на нуль. Провести настроювання приладу шляхом не однократного переустановлення його в рамці.
6. Установити настроєний прилад на колесо; для цього обертанням гайки 8 висунути наконечник 7 так, щоб він забезпечував щільне прилягання наконечника 2 до профілю зуба (рис. 7.9.).
7. Притискаючи прилад до зубів і одночасно обкочуючи його навколо колеса, слідкувати за показами індикатора. Відхилення кроку зачеплення f_{pbr} від номінального прилад показує в той момент, коли його переміщення не викликає відхилення стрілки індикатора.
8. Провести вимірювання для 3-х рівно розташованих по колу колеса зубів.

9. Результати вимірювань оформити у вигляді звіту.

11. Контроль величини зміщення вихідного контуру.

Для створення в зубчастій передачі найменшого (гарантованого) зазору товщину зуба колеса виготовляють меншою в порівнянні із розрахунковою величиною за рахунок зміщення вихідного контуру рейки зуборізного інструменту. Зміщення вихідного контуру нормується згідно ГОСТ 1643-81 двома величинами: найменшим додатковим зміщенням вихідного контуру ($-E_{HNS}$) – для зубчастих коліс із зовнішніми зубами і допуску на зміщення вихідного контуру (T_H).

Зміщення вихідного контуру зубчастого колеса може бути визначене на верстатних приладах – відносно осі обертання колеса, або накладними зубомірами – відносно діаметра вершин зубів.

11.1. Будова зубоміру зміщення.

Зубомір зміщення являє собою накладний прилад для контролю положення вихідного контуру. Прилад (рис. 7.10) складається із корпусу 1 із симетрично розташованими вимірювальними губками 2 і 3, що переміщуються за допомогою гвинта 4 із правою і лівою різьбою. Площини губок 2 і 3 нахилені під кутом 20° і відтворюють разом із дотичною bb до кола виступів номінальний вихідний контур зубчастій рейки.

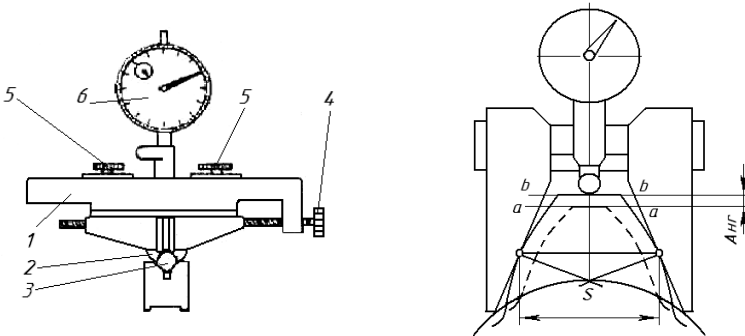


Рисунок 7.10. – Зубомір зміщення, та схема вимірювання.

Губки фіксуються в потрібному положенні гайками 5. У середині корпусу між губками закріплюється індикатор із подовженим вимірювальним стрижнем.

Вимірювальні губки встановлюють у вихідне положення по роликах, що додаються до приладу. Розмір ролика вибирають у відповідності з модулем вимірюваного колеса. Модуль вигравіруваний на ролику.

11.2. Послідовність настроювань та вимірювань.

1. Підібрати ролик відповідного модуля і вкласти на призматичну підставку.
2. Встановити зубомір на ролик так, щоб доторкання вимірювальних губок з роликом відбувалося трохи вище середини опорних поверхонь і по всій їхній ширині (рис. 7.10); в цьому положенні губки застопорити гвинтами 5.
3. Встановити і закріпити індикатор у приладі з натягом від ролика в 1-2 мм. Потім установити індикатор на нуль і перевірити стабільність показів приладу.
4. Установити прилад на зуб (рис. 7.10.) і, похитуючи його навколо осі колеса, визначити найбільшу величину показів індикатора, яка є додатковим зміщенням вихідного контуру E_{HS} від його номінального положення. Зміщення стрілки індикатора в процесі вимірювання вправо від нуля «в плюс» указує на зменшення товщини зуба, який перевіряють; зміщення стрілки «в мінус» указує на збільшення товщини зуба.
5. Провести вимірювання для всіх зубів колеса і зробити висновок про придатність: $|E_{HS}| < E_{Hr} < |(E_{HS} + T_H)|$. Величину T_H і E_{HS} взяти за ГОСТ 1643-81.
6. Визначити коефіцієнт зміщення вихідного контуру x , розділивши показану приладом середню величину зміщення $(x \cdot m)_{cp}$ на модуль m , тобто $X = \frac{(x \cdot m)}{m}$. Порівняти отримане значення X із потрібним за кресленням.
7. Результати вимірювань оформити у вигляді звіту.

Таблиці звіту

Таблиця 1. –

Контроль точності зубчастих коліс

Технічна характеристика приладів	Назва приладу				
	Позначення приладу				
	Границі вимірювань, мм				
	Гранична похибка вимірювань, мкм				
Вихідні дані для вимірювань	Модуль m , мм	Число зубів z	Кут зачеплення α°	Ступінь точності і вид спряження	Коефіцієнт зміщення вихідного контуру
Колесо, яке перевіряють					
Вимірювальне колесо					

Таблиця 2. –

Контроль відхилень міжцентрової відстані

Розрахунок величини міжцентрової відстані	$a_w =$		
Графік відхилень міжцентрової відстані із вказанням величин F''_{ir} , f''_{ir} , $A_{a''e}$			
Результати вимірювань	F''_{ir}	f''_{ir}	$A_{a''e}$
Вимірювана величина			
Відповідна їй степінь точності згідно ГОСТ 1643-81			
Висновок про придатність колеса за виміряним параметром			

Таблиця 3. –

Контроль радіального биття зубчастого вінця

Радіальне биття зубчастого вінця F_{rr} , мкм	
Відповідний йому степінь точності згідно з ГОСТ 1643-81	
Потрібний степінь точності (за кресленням)	
Висновок про придатність	

Таблиця 4. –

Контроль похибок кроку (колового)

№ кроку	Покази приладу V_{pzi}	Відхилення кроку від середнього f_{pzi}	Сума похибок $\sum_{k=1} f_{pzi}$
1	0	-2	-2
2	+5	+3	+1
3	+7	+5	+6
4	+5	+3	+9
5	-2	-4	+5
6	-3	-5	0
7	-8	-10	-10
8	-12	-14	-24
9	-5	-7	-31
10	-3	-5	-36
11	+4	+2	-34
12	+8	+6	-28
13	+5	+3	-23
14	+6	+4	-21
15	+12	+10	-11
16	+5	+3	-8
17	+4	+2	-6
18	+6	+4	-2
19	+4	+2	0
20	+2	+0	0
Z=20	$\sum_{i=1}^{20} = +40$	$f_{pzi} = \frac{40}{20} = -2$	$F_{pr} = 9 + 36 = 45 \text{ мкм}$
Накопичена похибка по кроку F_{pr} , мкм			
Відповідний їй степінь точності згідно з ГОСТ 1643-81			
Потрібний степінь точності за кресленням			
Висновок про придатність			

Таблиця 5. –

Контроль довжини загальної нормалі

№ зубців	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Середній показ приладу															
Контроль довжини загальної нормалі $V_{W_{r_2}}$ мкм															
Величина, що допускається F_{VW} згідно ГОСТ 1643-81															
Висновок про придатність колеса по F_{VW_r}															
Розрахункова довжина загальної нормалі W															
Середня довжина загальної нормалі W_{m_r}															
Відхилення середньої довжини загальної нормалі E_{WS}															
Висновок про придатність колеса по E_{ws} (в цифрах) $ E_{HS} < E_{Hr} < (E_{HS} + T_H)$.															

Таблиця 6. –

Контроль профілю зуба

Кут оберту в градусах		0	2	4	6	8	10	12	14	..
Показ приладу	Лівий профіль									
	Правий профіль									
<p style="text-align: center;">Діаграма відхилення профілю з вказанням f_{fr}</p>										
Вимірювання похибки профілю f_{fr} , мкм										
Відповідний степінь точності за ГОСТ 1643-81										
Потрібний степінь точності за кресленням										
Висновок про придатність										

Таблиця 7. –

Контроль відхилень кроку зачеплення

Розрахунок величини кроку заче- плення P_a	Розмір блоку B	Похибка встановлення приладу на нуль, Δ	№ зубців	Відхилення кроку	
				Покази приладу	із врахуванням похибки встано- влення f_{pbr}
Середнє виміряне значення відхилення кроку зачеплення f_{pbrs} мкм					
Відповідний степінь точності згідно із ГОСТ 1643-81					
Потрібний степінь точності за кресленням					
Висновок про придатність					

Таблиця 8. –

Контроль величини зміщення

№ зубів	1	2	3	4	5	6	7	8	9	...
Покази приладу										
Виміряна величина додаткового зміщення вихідного контуру $A_{нр}$, мкм							найбільша			
							найменша			
Найменша величина додаткового зміщення вихідного контуру $E_{не}$ згідно з ГОСТ 1643-81, мкм										
Допуск на зміщення вихідного контуру T_n згідно з ГОСТ 1643-81										
Висновок про придатність /записати в цифрах/:										
$(E_{не} + T_n) > E_{не} > E_{не} $										
Розрахунок величини коефіцієнта зміщення					Величина коефіцієнта зміщення x за кресленням					Висновок про придатність за величиною x
$x = \frac{(x \cdot m)_{сп}}{m}$										

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8. КОНТРОЛЬ КУТІВ КОНТАКТНИМ МЕТОДОМ.

1. Загальні відомості.

Мета роботи:

- ознайомитись із характеристикою і конструкцією кутових мір;
- ознайомитись із характеристиками і конструкцією кутомірів;
- засвоїти навички набирання блоків з кутових мір;
- засвоїти методику перевірки похибок кутомірів за допомогою кутових мір.

Матеріальне забезпечення:

- набори кутових мір у блоці (плитки типу МУ);
- набори спеціальних пристосувань для з'єднання мір у блоки;
- кутомір ноніусний транспортирний;
- кутомір ноніусний універсальний.

2. Вимірювання за допомогою кутових мір.

Методи і схеми контролю кутів і конусів.

Існує декілька різних за точністю, інструментальним оформленням та простотою методів вимірювання параметрів конусів. Найбільш розповсюджені – це:

- 1) прямі методи контролю за допомогою кутових мір (пряме вимірювання кутів калібрами-пробками, втулками, кутовими плитками, багатограними мірними призмами):
 - контроль за відхиленням базовідстані калібрів, припасування за фарбою, оцінювання розміру світлової щілини;
 - контроль спеціальними механічними і пневматичними приладами.
- 2) непрямі методи вимірювань кутових величин шляхом перерахунку результатів лінійних вимірювань:
 - вимірювання на інструментальному мікроскопі координатним методом;
 - вимірювання за допомогою синусних і тангенсних лінійок, способами з використанням щупів, кульок, роликів, калібрувальних кілець.
- 3) точні гоніометричні методи вимірювання кутів оптичними приладами (гоніометрами, оптичними ділильними головками та оптичними квадрантами).

На рис. 8.1, *a* – показано вимірювання внутрішнього кута призматичного елемента за допомогою восьмигранної мірної призми;

на рис. 8.1, *б*, *в* – вимірювання кута за допомогою зразкової кутової міри методом оцінювання світлової щілини за допомогою щупів;

рис. 8.1, *г* – вимірювання кута конуса оптичним кутоміром прямим методом.

На рис. 8.1, *д* – з представлена схема контролю параметрів конуса конусним калібром за розмірами базовідстані: *d* – конус виконаний вірно; *e*, *з* – кону-

сність невірна, e – не витриманий розмір більшого діаметра; $ж$ – не витриманий розмір меншого діаметра; $з$ – не витримані розміри обох діаметрів.

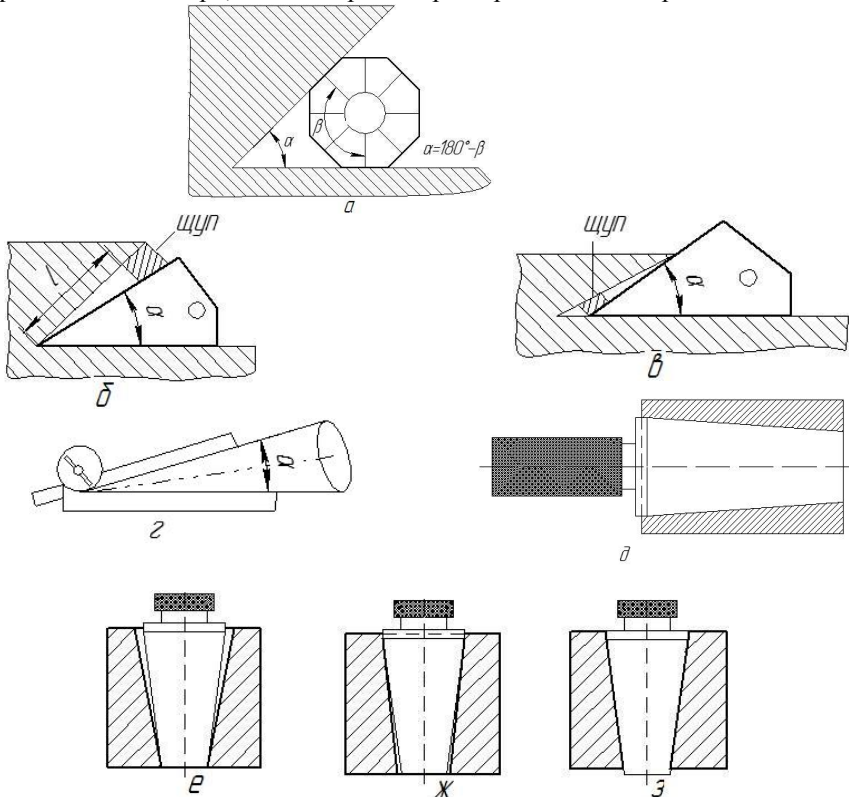


Рисунок 8.1. Методи вимірювання кутів.

Конструкція та застосування кутових мір.

Кутові міри (плитки) використовують для вимірювань кутів шаблонів і контр шаблонів, для перевірки кутомірів і в окремих випадках для перевірки виробів. Кутові міри – це сталеві призми, доведені вимірювальні поверхні яких утворюють один визначений робочий кут або чотири визначених робочих кута (рис.8.2,а).

Номінальні величини робочих кутів плиток регламентовані ГОСТ 2875-76 (табл. 8.1.)

Для лабораторної роботи використовуються обидва набори кутових мір (для ознайомлення з їхнім складом).

Існують набори з 19, 36, 94 мір. Загальний граничний кут, який можна охопити за допомогою цих трьох наборів, лежать в межах від - 10° до 350°.

Похибки кутових мір не перевищують $\pm 10''$ для 1-го класу та $\pm 30''$ для другого класу.

Для з'єднання мір в блоки використовують спеціальні пристосування, які складаються з чотирьох тримачів, п'яти клинів, викрутки та лекальної лінійки (рис. 8.2,б).

Для з'єднання мір в блок згідно з заданим кутом їхні робочі грані закріплюють за допомогою тримачів. Тримач (рис. 8.2,а) з'єднує дві кутові міри, тримач (рис. 8.2, б) – три кутові міри. Тримач з лекальною лінійкою (рис.8.2, в) забезпечує можливість отримання внутрішніх кутів, більших за 30° .

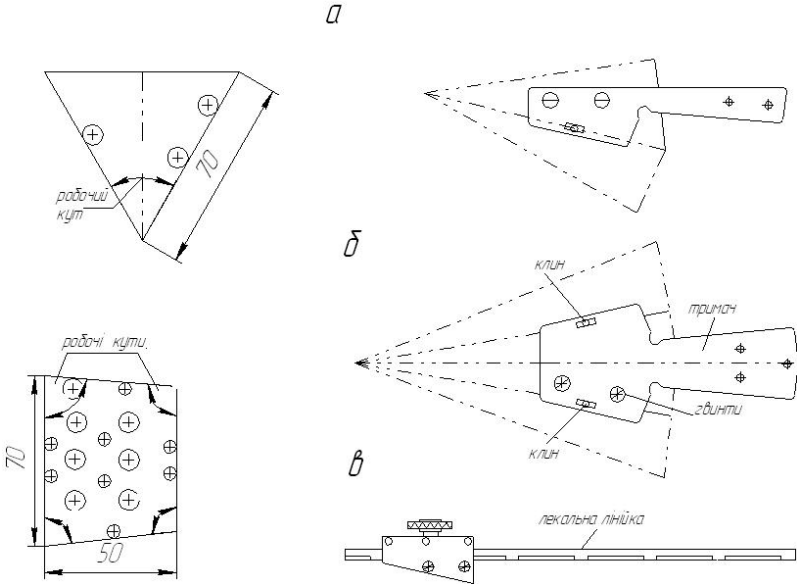


Рисунок 8.2. Кутові міри та пристосування.

Перевірка кутів за допомогою кутових мір проводиться методом «світлової щілини».

3. Конструкція кутових мір з ноніусом.

Стандартизовані два типи кутомірів для вимірювання кутів виробів машинобудування контактним методом з відліком за кутовим ноніусом (рис. 8.3.) (ГОСТ 5378-88):

- тип I – кутомір з ноніусом транспортний;
- тип II – кутомір з ноніусом універсальний.

Величина відліку за ноніусом обох кутомірів - $2'$, ціна поділки шкали основи - $10'$.

Кутомір транспортний.

Кутомір транспортний (рис. 8.3) складається з основи 1, на якій нанесена шкала на дузі 120° .

На основі жорстко закріплена лінійка 4, яка обертається разом із ноніусом 3. Для точного встановлення на визначений кут гвинт 5 стопориться, і за допомогою мікрометричного гвинта 7 лінійка разом із ноніусом повертається в потрібне положення.

Стопор 6 закріплює лінійку 4. Для вимірювань кутів від 0° до 90° на лінійку 4 надівається кутник 8. Вимірювання кутів від 90° до 180° виконується без кутника 8.

Розрахунок кутового ноніуса і виконання відліку на ньому аналогічні до розрахунків і відліку на ноніусах штангенінструментів.

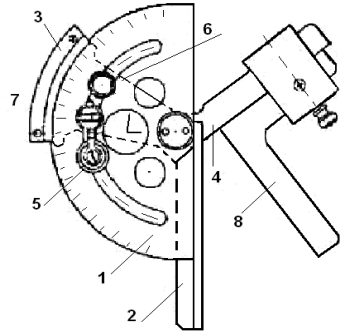


Рисунок 8.3. – Кутомір транспортний.

Таблиця 8.1. –

Номінальні величини робочих кутів кутових мір (плиток)

Тип плиток	Номінальні величини робочих кутів	Кількість мір
З одним робочим кутом	Від 10° до 79° через 1°	70
	Від $15^\circ 10'$ до $15^\circ 50'$ через $10'$	5
	Від $15^\circ 01'$ до $15^\circ 09'$ через 1°	9
	$10^\circ 00' 30''$	1
З чотирма робочими кутами	$80^\circ - 81^\circ - 100^\circ - 99^\circ$	9
	$82^\circ - 83^\circ - 98^\circ - 97^\circ$	
	$84^\circ - 85^\circ - 96^\circ - 97^\circ$	
	$86^\circ - 87^\circ - 94^\circ - 93^\circ$	
	$88^\circ - 89^\circ - 92^\circ - 91^\circ$	
	$89^\circ 10' - 89^\circ 20' - 90^\circ 50' - 90^\circ 40'$	
	$89^\circ 30' - 89^\circ 40' - 90^\circ 30' - 90^\circ 20'$	
	$89^\circ 5' - 89^\circ 59' 30'' - 90^\circ 10' - 90^\circ 00' 30''$	
	$90^\circ - 90^\circ - 90^\circ - 90^\circ$	

Кутомір універсальний.

Кутомір універсальний (рис. 8.4) складається з основи 1, на якій нанесена основна градусна шкала, і сектора 2/ із закріпленням на ньому ноніусом 3. Сектор має переміщення по основі. За допомогою тримача 4 на секторі 2 можна закріплювати кутник 5, на якому в свою чергу закріплюється знімна лінійка 6. Лінійка основи 7 жорстко зв'язана з основою 1. основна шкала кутоміра нанесена на дузі 130°. Шляхом різних комбінувань в установлюванні деталей кутоміра, за допомогою яких проводять вимірювання, виникає можливість використання кутоміра в діапазоні 0° - 360°.

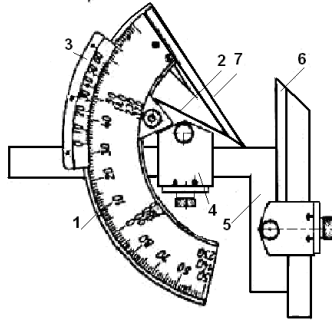


Рисунок 8.4. – Конструкція універсального кутоміру.

4. Перевірка похибок показів кутоміра.

Правила роботи з пластинками аналогічні до правил роботи з плитками плоскопаралельних мір.

Перевірку похибки показів кутомірів виконувати за допомогою кутових мір в 5 – 7 точках, розташованих рівномірно за основною шкалою і шкалою ноніуса при відкритому та закріпленому стопорному гвинті.

Використовувати набори 1-го та 2-го класу точності мір. В цьому випадку похибка кутової міри не буде перевищувати $\pm 30''$.

Перевірку кутоміра проводити за допомогою кутових мір таких розмірів : 15°10'; 30°20'; 45°30'; 60°40'; 75°50' (та 134°30' для універсального кутоміра).

Покази кутомірів при суміщенні їхніх вимірювальних поверхонь з вимірювальними поверхнями кутових мір без видимої світової щілини не повинні відрізнитись від дійсних розмірів кутових мір більше, ніж на $\pm 2'$.

Результати перевірки занести до таблиці звіту.

Таблиця 8.2. –

Результати перевірки похибки показів кутомірів

Характеристика кутоміра		
Тип, марка		
Ціна поділки		
Границі вимірювань		
Точки перевірки	Відхилення від номіналу при відстопореному гвинті	Відхилення від номіналу при застопореному гвинті
15° 10'		
30° 20'		
45° 30'		
60° 40'		
75° 50'		
134° 30'		
Висновок про придатність		

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	3
Вказівки до виконання лабораторних робіт та оформлення звіту.....	4
Лабораторна робота №1. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини. Повірка мікрометра.....	5
Лабораторна робота №2. Контроль отвору індикаторним нутроміром.....	12
Лабораторна робота №3. Контроль граничних калібрів.....	16
Лабораторна робота №4. Контроль параметрів метричної різьби.....	19
Лабораторна робота №5. Вимірювання радіального та торцевого биття деталей оберту.....	22
Лабораторна робота №6. Визначення параметрів шорсткості поверхні.....	25
Лабораторна робота №7. Комплексний контроль точності зубчастих коліс.....	51
Лабораторна робота №8. Контроль кутів контактним методом.....	73
Зміст.....	80

Ірина Миколаївна Лаппо
Тетяна Володимирівна Горячева

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни
**«ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ»**

(для студентів навчального напрямку «Інженерна механіка»)
Українською мовою

Підписано до друку 10.03.2010. Формат 60×84 1/16. Ум. друк. арк. 5,12.
Друк лазерний. Замовлення № 5/10. Тираж 20 прим.

Надруковано в Видавничому центрі КП ДВНЗ „ДонНТУ”

