



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра машинобудування, природничих дисциплін
та інформаційних технологій



**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
ТА ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ**
для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка»,
133 «Галузеве машинобудування»



Мукачєво МДУ 2021

УДК 531.7(076)(075.8)

*Розглянуто та рекомендовано до друку науково-методичною
радою Мукачівського державного університету
протокол №__від_____2021 р.*

*Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри машинобудування,
природничих дисциплін та інформаційних технологій
протокол № 5 від 7 грудня 2020 р.*

Укладач:

Габовда О.В. – ст. викладач кафедри машинобудування,
природничих дисциплін та інформаційних технологій МДУ

Рецензент:

В-26

Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання /
Лабораторний практикум для студентів спеціальностей
131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування»/
укладач: О.В. Габовда. – Мукачево: МДУ, 2021. – 52с. (1,9 др.арк.)

Лабораторний практикум, призначений для виконання лабораторних робіт з дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», містить короткі теоретичні відомості про методи і засоби вимірювань, методик проведення вимірювань та розрахунків основних параметрів, порядок виконання лабораторних робіт, контрольні питання та тести для самоперевірки.

© МДУ, 2021

ЗМІСТ

	<u>Стор</u>
ПЕРЕДМОВА.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 Контроль розмірів штангенінструментами.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 Контроль розмірів мікрометричними інструментами	10
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 Плоско паралельні кінцеві міри. Перевірка мікрометра.....	13
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 Контроль розмірів індикаторними інструментами.....	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 Контроль розмірів деталей калібрами.....	22
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6 Контроль параметрів метричної різьби.....	27
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 Відхилення форми і розташування поверхонь. Методи їх контролю.....	34
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8 Визначення параметрів шорсткості поверхонь.....	42
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49

ПЕРЕДМОВА

Якість машин і механізмів залежить від точності виготовлення та з'єднання їх деталей, які задаються допусками і посадками. Експлуатаційні показники механізмів і машин значною мірою залежать від правильності вибору посадок, допусків форми і розташування, шорсткості поверхонь. У зібраному виробі деталі зв'язані між собою, тому відхилення розмірів, форми і розташування однієї з деталей викликають відхилення в інших деталях. У сукупності вони впливають на експлуатаційні показники всього механізму чи машини, призводять до швидкого зносу, зниження довговічності та надійності.

При виготовленні деталей машин необхідно контролювати отримані розміри, форму, шорсткість. Для того, щоб їх контролювати, потрібно оволодіти методами та засобами контролю, набути навичок роботи із стандартами, оскільки більшість з засобів технічного вимірювання стандартизовано.

Дисципліна «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» входить у коло базових дисциплін, в який вивчаються питання забезпечення точності геометричних параметрів як необхідної умови взаємозамінності і таких важливих показників як якість і довговічність.

Лабораторні заняття з дисципліни мають закріпити отримані на лекціях основні поняття про систему допусків і посадок, ознайомити студентів з експлуатаційними і метрологічними характеристиками широко розповсюджених вимірювальних приладів, прищепити їм навички користування цими приладами.

Для ефективного вивчення цієї дисципліни, необхідна підготовка до кожного лабораторного заняття, яка включає опрацювання лекційного матеріалу та теоретичних відомостей, наданих до матеріалів кожної лабораторної роботи, відповідей на контрольні питання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Тема: Контроль розмірів штангенінструментами

Мета: Ознайомитися з видами штангенінструментів, їх будовою, набути навичок відліку по ноніусу та визначенню розмірів штангенциркулем.

Матеріальне забезпечення: штангенциркуль, деталь для вимірювання, креслення деталі.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Штангенінструменти використовують для вимірювань абсолютним методом розмірів невисокої точності, розмітки деталей та інших робіт. До штангенінструменту належать штангенциркулі, штангенглибиноміри, штангенрейсмуси, штангензубоміри та ін. Штангенінструменти використовуються з ноніусом, годинниковим та цифровим індикаторами (рис.1-5).



Рис.1 – Штангенциркулі:

а) з ноніусом; б) з годинниковим індикатором; в) з цифровим індикатором.



Рис.2 – Штангенрейсмуси



Рис.4 – Штангенглибиноміри



Рис.5 – Штангензубоміри

Штангенглибиноміром вимірюються глибини глухих отворів і пазів. Штангенрейсмасом вимірюються висоти і проводиться розмітка деталей. Штангензубомір призначений для вимірювання товщини зубчастих коліс.

Найбільш поширеним штангенінструментом є штангенциркуль. Існує декілька моделей штангенциркулів (ГОСТ 166-80).

Штангенциркуль **ШЦ-І** з двостороннім розташуванням губок (рис.6) для зовнішніх і внутрішніх вимірювань і з лінійкою для вимірювання глибин (ціна поділки ноніуса 0,1 мм, межа вимірювань від 0 до 125 мм) має штангу (лінійку) 1 з основною шкалою, поділки якої нанесені через 1мм. Штанга має нерухомі вимірювальні двосторонні губки з робочими поверхнями, перпендикулярними штанзі. По лінійці переміщується вимірювальна рамка 2 з другою парою губок; на рамці є гвинт 4 для її фіксації в необхідному положенні. На вимірюваній рамці нанесена додаткова шкала - ноніус 3. Зовнішні розміри вимірюють нижніми губками, що мають плоскі робочі поверхні малої ширини. Верхні губки застосовують для вимірювання внутрішніх розмірів. Лінійка-глибиномір 5 призначена для вимірювання висоти уступів, глибини глухих отворів та ін.

Штангенциркуль **ШЦ-II** з двостороннім розташуванням губок (рис.7) призначений для зовнішніх і внутрішніх вимірювань і розміточних робіт. Складається з тих же основних деталей, що і ШЦ-I, але має додаткову рамку мікроподачі 4 для точного переміщення рамки 1 по штанзі 5. Для цього необхідно попередньо зафіксувати додаткову рамку 4 стопорним гвинтом 3, а потім, обертаючи гайку 6 по мікрогвинту 7, переміщати вимірювальну рамку по штанзі. Як правило, цією подачею користуються для точного встановлення розміру на штангенциркулі при розмітці.

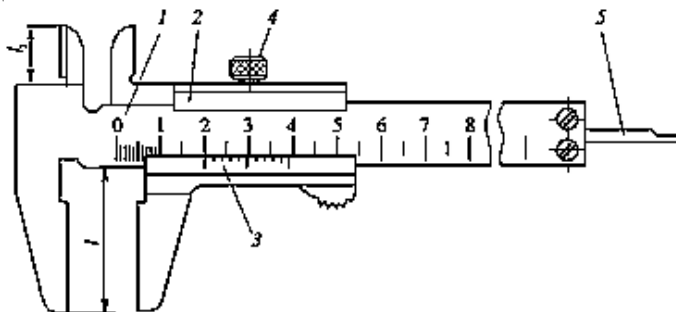


Рис.6 – Штангенциркуль ШЦ-I

Гострі губки штангенциркуля ШЦ-II застосовують для розмітки або вимірювання зовнішніх розмірів у важкодоступних місцях. Нижні губки для виміру внутрішніх розмірів мають циліндричні робочі поверхні. Розмір губок в зведеному стані зазвичай дорівнює 10 мм і визначає найменший внутрішній розмір, який може бути замірений цим штангенциркулем. При внутрішніх вимірах до відліку за шкалою слід додати розмір губок, вказаний на їх боці. Штангенциркулі типу ШЦ-II мають ноніси з ціною поділки 0,1 і 0,05 мм і межі вимірювання 0-160, 0-200, 0-250 мм.

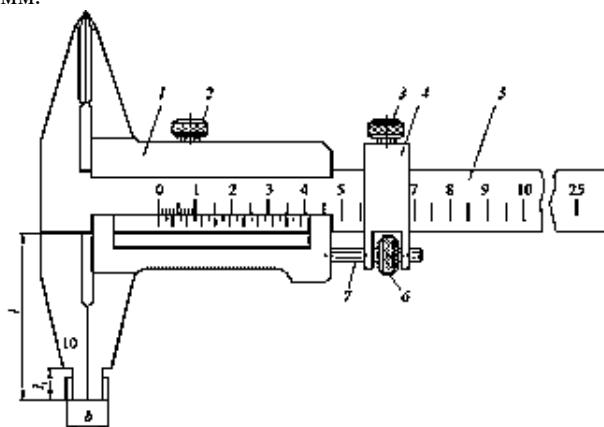


Рис.7 – Штангенциркуль ШЦ-II

Штангенциркуль **ШЦ-III** не має верхніх гострих губок і пристрою для мікроподачі вимірювальної рамки. Він застосовується для зовнішніх і внутрішніх вимірювань за допомогою таких же, як у ШЦ-II, нижніх губок. Ціна поділки ноніуса 0,1 і 0,05 мм, межі вимірювань від 0 до 2000 мм.

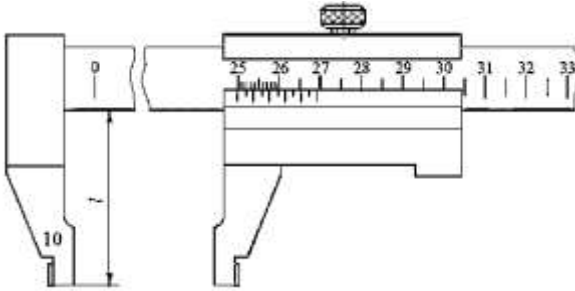


Рис.8 – Штангенциркуль ШЦ-III

Ноніус служить для відліку дрібних часток міліметра. Відлік вимірювань в ноніусному пристрої заснований на різниці інтервалів поділок основної шкали і додатково шкали ноніуса. Ноніус має невелике число поділок n (10, 20 або 50 поділок-штрихів). Нульовий штрих ноніуса виконує роль стрілки і дозволяє відраховувати розмір в міліметрах на основній шкалі.

Величина відліку по ноніусу c (ціна поділки шкали по ноніусу) дорівнює ціні поділки основної шкали $a=1\text{мм}$, поділеної на число поділок шкали ноніуса n :

$$c = a/n$$

Застосовуються ноніуси з ціною поділки 0,1; 0,05мм і в рідкісних випадках 0,02 мм. Інтервал між штрихами шкали ноніуса b відрізняється від інтервалу основної шкали a на величину відліку по ноніусу c і залежить від прийнятого значення модуля γ , який вибирається з чисел 1; 2; 3; 4 і більше:

$$b = \gamma \cdot a - c$$

Очевидно, що зі збільшенням модуля збільшується довжина шкали-ноніуса і збільшуються габаритні розміри всього відлікового пристрою.

Довжина шкали ноніуса дорівнює:

$$l = n \cdot b = (\gamma \cdot n - 1) \cdot a$$

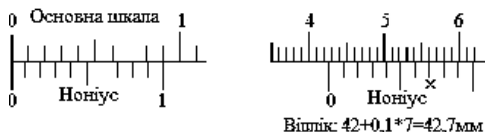
Приклад: ціна поділки ноніуса $c = 0,1\text{мм}$, модуль $\gamma = 1$. Тоді інтервал шкали ноніуса дорівнює:

$$b = 1 \cdot 1 - 0,1 = 0,9\text{мм}$$

Всі подальші штрихи ноніуса наносять з таким же інтервалом. Через те, що інтервали поділів ноніуса менше, ніж на основній шкалі, поступово накопичується відставання положення штрихів ноніуса від штрихів

основної шкали і десятий штрих ноніуса збігається з дев'ятим штрихом основної шкали. Визначення розміру за допомогою шкали ноніуса зводиться до знаходження поділки ноніуса, що збігається з одним із штрихів основної шкали. Таким чином, результат вимірювання складається з відліку цілих поділок основної шкали й відліку дробової частки по шкалі ноніуса (рис.9).

Ціна поділки ноніуса $c=0,1\text{мм}$



Ціна поділки ноніуса $c=0,05\text{мм}$

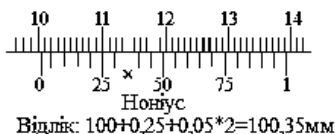


Рис.9 - Відлік розміру по ноніусу

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Записати у звіт тип штангенциркуля, діапазон вимірювання та ціну поділки ноніуса.
2. Отримати від викладача деталь з її кресленням та тричі заміряти два розміри деталі за допомогою штангенциркуля з точністю 0,1мм.
3. Записати розміри у таблицю нижче:

Розміри			Результати вимірювань			Середнє значення	Висновок про відповідність
На кресленні	Max	Min					

4. Накреслити схеми розташування допусків на заміряні розміри деталі та проставити на них розташування дійсних розмірів.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Опишіть будову штангенінструмента.
2. Для чого призначений ноніус?
3. Як визначити величину відліку по ноніусу?
4. Що таке модуль ноніуса?
5. Для чого використовують штангенрейсмаси і штангенглибиноміри?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Тема: Контроль розмірів мікрометричними інструментами

Мета: Ознайомитися з видами мікрометричних інструментів, їх будовою, отримати практичні навички вимірювання розмірів деталей мікрометрами.

Матеріальне забезпечення: мікрометр, деталі для вимірювання, креслення деталей.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Мікрометричні інструменти призначені для вимірювань абсолютним методом. До мікрометричних інструментів належать мікрометр, мікрометричний нутромір і мікрометричний глибиномір. Мікрометричні інструменти можуть бути механічними, цифровими та індикаторними. Найбільш розповсюдженим є мікрометр. Мікрометри в свою чергу поділяються на гладкі (рис.1-3), зубомірні (рис.4), різьбові (рис.5). Технічні умови на мікрометри викладені у ГОСТ6507-90.

Мікрометр – прилад, який застосовується для вимірювань лінійних розмірів контактним способом з високою точністю (від 0,01мм до 0,001мм). Мікрометри виготовляють з діапазоном вимірювання 0 – 25, 25 – 50, 50 – 75 і т.п. до 300мм, після 300 – 300 – 400, 400 – 500 та 500 – 600мм.



Рис.1 – Мікрометр механічний. Ціна поділки 0,01мм



Рис.2 – Мікрометр цифровий. Ціна поділки 0,001мм



Рис.3 – Мікрометр індикаторний. Ціна поділки 0,001мм



Рис.4 – Мікрометр зубмірний (вимірює довжину спільної нормалі зубчастого колеса)

Різьбові мікрометри призначені для вимірювання середнього діаметру різьби. Мікрометричні глибиноміри призначені для вимірювання глибини глухих отворів і пазів (рис.6). Мікрометричні нутроміри призначені для вимірювання внутрішніх розмірів (рис.7).

На рисунку 8 показана конструкція механічного гладкого мікрометра. В скобу 1 з одного боку запресована нерухома п'ята 2, а з іншого боку по різьбі пересувається шпindel з мікрометричним гвинтом 3, зв'язаний із барабаном 5. Крок мікрогвинта $P = 0,5\text{мм}$, отже, за один оберт мікрогвинта лінійне переміщення торця барабана складає $0,5\text{мм}$.



Рис.5 – Мікрометр різьбовий (вимірюється середній діаметр різьби)



Рис.6 – Мікрометричний глибиномір



Рис.7 – Мікрометричний нутромір (штрихмас)

Мікрометр має два пристрої для відліку вимірюваного розміру. Перший пристрій складається зі шкали з ціною поділки 0,5мм, що розташована на стеблі 4 та покажчика, яким є торець барабана 5.

Другий пристрій складається зі шкали, що має ціну поділки 0,01мм, нанесеної на конусній поверхні барабану 5 та покажчика у вигляді повздовжньої риски, нанесеної на стеблі 4. Щоб забезпечити постійний тиск вимірювального наконечника на поверхню деталі та захистити різьбовий механізм від ушкодження, обернути барабан дозволяється тільки за тріскачку, що має заскочку та пружину.

Коли досягається зусилля вимірювання $7 \pm 2\text{Н}$ при контакті наконечника мікрометричного гвинта 3 з вимірювальною поверхнею, заскочка починає проковзувати. Для фіксування шпинделя мікрометричного гвинта 3 передбачено стопорний пристрій шпинделя 8.

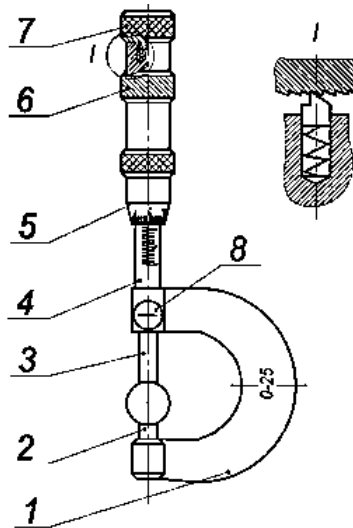


Рис.8 – Конструкція мікрометра:

1 – скоба; 2 – п'ята нерухома (запресована у скобу); 3 – шпиндель з мікрометричним гвинтом; 4 – стебло з основною шкалою; 5 – барабан з круговим ноніусом; 6 – стопорна гайка, яка є корпусом тріскачки; 7 – тріскачка; 8 – стопорний пристрій шпинделя.

Відлік показань здійснюють у такий спосіб (див. рис.9):

1) спочатку по нижній частині шкали стебла відраховують цілі міліметри;

- 2) по верхній частині – половини міліметрів;
- 3) по шкалі барабана визначають соті частки міліметра.

При вимірюванні мікрометром його тримають в руках, або встановлюють у стійку. Перед початком вимірювання перевіряють нульову установку мікрометра (для мікрометра 0 – 25 перевіряють нульовий відлік, для 25 – 50 перевіряють відлік 25 мм і т.п.).



Рис.9 – Відлік розмірів мікрометром

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Записати у звіт діапазон вимірювання та ціну поділки мікрометра.
2. Отримати від викладача деталь з її кресленням та тричі заміряти два розміри деталі за допомогою мікрометра з точністю 0,01мм.
3. Записати розміри у таблицю:

Розміри			Результати вимірювань		Середнє значення	Висновок про відповідність
На кресленні	Max	Min				

4. Накреслити схеми розташування допусків на заміряні розміри деталі та проставити на них розташування дійсних розмірів.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які вимірювальні прилади відносяться до мікрометричних?
2. Як пов'язані між собою розміри основної шкали і шкали на барабані?
3. Назвіть основні частини мікрометричних інструментів.
4. Яка ціна поділок на стеблі та на барабані?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Тема: Плоско паралельні кінцеві міри. Перевірка мікрометра

Мета: Ознайомитися з характеристикою й конструкцією плоско паралельних кінцевих мір; засвоїти методику набирання блоків з кінцевих мір; провести перевірку мікрометра за допомогою кінцевих мір.

Матеріальне забезпечення: набір плоско паралельних кінцевих мір довжини (ГОСТ 9038-90); мікрометри МК 0-25, МК 25-50 (ГОСТ6507-90), штатив для закріплення мікрометра.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Плоско паралельні кінцеві міри застосовуються для зберігання

одиниці довжини, передачі розміру від еталону одиниці довжини до виробу, перевірки точності та градування вимірювальних засобів, встановлення на нуль шкал вимірювальних приладів, встановленні регульованих калібрів на розмір, встановленні на нуль приладів при відносному методі вимірювань тощо.

Кінцеві міри довжини – це прямокутні плитки з двома плоско паралельними вимірювальними поверхнями. Кінцеві міри комплектують у набори (рис.1), різні за кількістю і розмірами довжини, які мають свій номер, клас точності (для робочих мір) та розряд (1;2;3;4 – додатково для взірцевих мір). Кінцеві плоско паралельні міри довжини регламентуються ГОСТ 9038-90. Стандарт розповсюджується на кінцеві міри зі сталі – до 1000мм, з твердого сплаву – до 100мм. Промисловість випускає різні набори кінцевих мір довжини від 4 до 112 шт.



Рис. 1 – Набір кінцевих мір

За точністю виготовлення кінцеві міри довжини випускаються шістьох класів: 00; 01; 0; 1; 2 і 3 (00; 01 виготовляють за згодою споживача і виробника).

При використанні кінцевих мір по класах за дійсний приймається номінальний розмір. При цьому допускається похибка, що дорівнює сумі відхилів довжини плиток, які використані у блоці мір (див. табл.1). У такому випадку суттєво спрощуються розрахунки.

При використанні кінцевих мір по розрядах за розмір приймається його дійсне значення, вказане в атестаті. У цьому випадку до похибки вимірювань входять не похибки виготовлення, а похибки вимірювання

довжини мір. Застосування мір по розрядах дозволяє підвищити точність вимірювань у 2-4 рази, але ускладнює розрахунки в зв'язку з необхідністю врахування дійсних розмірів усіх мір.

Кінцеві міри мають властивість зчіплюватися (притиратися) за рахунок ретельної обробки робочих поверхонь. Зчеплення кінцевих мір забезпечується силами молекулярного притягання найтонших мастильних плівок на їх поверхнях. Кінцеві міри збираються у блоки з мінімальною їх кількістю. Складати блок більше як із п'яти мір не рекомендується.

Визначаючи розміри кінцевих мір довшини для складання їх в блоки, необхідно врахувати наявні в наборі розміри кінцевих мір. Першою береться та міра, яка збігається однією чи кількома останніми цифрами з розміром, що складається. Потім із розміру блоку відраховують розмір обраної міри і береться наступна міра, яка збігається з кількома чи однією останньою цифрою із залишком і т.п.

Таблиця 1 Допустимі відхилення кінцевих мір (витяг з ГОСТ9038-90)

Номинальные значения длины концевых мер, мм	Допускаемые отклонения										
	длина от номинального значения ±, мкм, для классов точности					от плоскостности, мкм, для классов точности					
	00	01	0	1	2	3	00	01	0	1	2
До 0,29	—	—	—	0,20	0,40	0,80	—	—	—	0,16	0,30
Св. 0,29 до 0,9	—	—	0,12	0,20	0,40	0,80	—	—	0,10	0,16	0,30
Св. 0,9 до 10	0,06	0,20	0,12	0,20	0,40	0,80	0,05	0,05	0,10	0,16	0,30
Св. 10 до 25	0,07	0,30	0,14	0,30	0,60	1,20	0,05	0,05	0,10	0,16	0,30
Св. 25 до 50	0,10	0,40	0,20	0,40	0,80	1,60	0,06	0,06	0,10	0,18	0,30
Св. 50 до 75	0,12	0,50	0,25	0,50	1,00	2,00	0,06	0,06	0,12	0,18	0,35
Св. 75 до 100	0,14	0,60	0,30	0,60	1,20	2,50	0,07	0,07	0,12	0,20	0,35
Св. 100 до 150	0,20	0,80	0,40	0,80	1,60	3,00	0,08	0,08	0,14	0,20	0,40
Св. 150 до 200	0,25	1,00	0,50	1,00	2,00	4,00	0,09	0,09	0,16	0,25	0,40
250	0,30	1,20	0,60	1,20	2,40	5,00	0,10	0,10	0,16	0,25	0,45
300	0,35	1,40	0,70	1,40	2,80	6,00	0,10	0,10	0,18	0,25	0,50
400	0,45	1,80	0,90	1,80	3,60	7,00	0,12	0,12	0,20	0,30	0,50
500	0,50	2,00	1,00	2,00	4,00	8,00	0,14	0,14	0,25	0,35	0,60
600	0,60	2,50	1,30	2,50	5,00	10,0	0,16	0,16	0,25	0,40	0,70

Наприклад, треба скласти блок розміром **27,78мм**:

перша міра – 1,28мм

Залишок – 26,5мм

друга міра – 6,5мм

Залишок – 20мм – *третья міра*

В результаті зносу в процесі експлуатації точність мікрометра зменшується, тому його періодично перевіряє служба метролога підприємства. Перевірка мікрометра здійснюється згідно ГОСТ6507-90 по блоку кінцевих мір, що вказані у Таблиці 2. Мікрометр вважається придатним до подальшого використання, якщо його похибки не перебільшують допустимі похибки за ГОСТ6507-90 (див. табл.3).

Часто блоки кінцевих мір застосовуються разом з приладами (рис.2), в яких вони закріплюються для зручності користування при установці на розмір, перевірі вимірювального інструменту (регульованих

калібрів, мікрометричних і індикаторних нутромірів та т. п.) або проведенні точних розмітчастих робіт. Приладдя, які регламентуються ГОСТ4119-76, комплектуються у чотири набори (ПК0; ПК1; ПК2; ПК3).

Таблиця 2 Розміри блоків для перевірки 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.

Таблиця 3 Допустимі похибки мікрометра

Границі вимірювання мікрометра	Допустима похибка мікрометра, мкм
0-25	±
25-50	±
75-100	±



Рис.2 - Набір приладдя до плоско паралельних кінцевих мір довжини ПК-2

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Отримати набір плоско паралельних кінцевих мір та засвоїти правила складання блоків. Скласти блоки за розмірами, вказаними у Таблиці 4.

Таблиця 4 Складання плиток у блоки

Номинальні розміри, мм			
106,74	121,5	98,12	85,24
Розміри плиток, що складають блок			

2. Перевірити установку мікрометра на нуль. У цьому положенні нульовий штрих барабану має співпадати з поздовжнім штрихом стебла, а зріз барабану - відкривати нульовий штрих стебла. В мікрометрах з границями вимірювань 0-25мм нульове положення має бути при контакті вимірювальних поверхонь; в мікрометрах з границями вимірювань 25-50мм (50-75мм і т.п.) нульове положення має бути при контакті вимірювальних поверхонь з установочною мірою, яка дорівнює нижній границі вимірювання.

3. Якщо при перевірці мікрометра нульове положення не встановлюється, слід закріпити рухомий барабан стопорним гвинтом, відвернути гайку –

фіксатор і встановити барабан у потрібне положення, після чого закріпити фіксатор і знову перевірити нульову установку.

4. Провести перевірку мікрометра по блоках кінцевих мір, розміри яких вказані у Таблиці 2. Відлік показань мікрометра про перевірку повинен бути з точністю до 0,001мм, для чого ціну поділки слід розбивати на 10 частин.

5. Результати перевірки занести у Таблицю 5, записавши покази мікрометра і похибки вимірювання для кожного з блоків кінцевих мір.

6. Зробити висновок про придатність мікрометра, що перевіряється, застосувавши Таблицю 3, де вказані допустимі похибки мікрометра.

Таблиця 5 Результати перевірки похибки

№	Розмір блоку А, мм	Покази мікрометру В, мм	Похибка $\Delta = A - B$, мм

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Призначення плоско паралельних кінцевих мір довжини.
2. Правила складання кінцевих мір у блоки.
3. Як встановлюється мікрометр на нуль?
4. Як встановлюється на нуль мікрометр з ніжними границями вимірювань 25мм і більше.
5. Які налаштування мікрометра треба здійснити, якщо при перевірці він не встановлюється у нульове положення?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Тема: Контроль розмірів індикаторними інструментами

Мета: Ознайомитися з конструкцією індикаторних головок і видами індикаторних інструментів, усвідомити відносний метод вимірювання, отримати практичні навички вимірювання розмірів деталей індикаторними інструментами.

Матеріальне забезпечення: індикатор годинникового типу, індикаторна скоба, індикаторний нутромір, державки-струбцини, деталі для вимірювання.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Індикаторними головками називаються відлікові пристрої, що перетворюють малі переміщення вимірювального стержня у великі переміщення стрілки шкали. До них відносяться індикатори годинникового типу, важільно - зубчасті індикатори, багатооборотні індикатори, важільно-зубчасті головки. Найбільш розповсюджуваними

індикаторними головками є індикатори годинникового типу, регламентовані ГОСТ577-68 (рис.1).

Вимірювальний стержень 1 переміщується у точних напрямних втулках. На стержні нарізана зубчаста рейка, що знаходиться у зачепленні з зубчастим колесом 4 ($z=16$). На одній осі з цим колесом встановлено зубчасте колесо 3 ($z=100$), яке передає обертання колесу 2 ($z=10$). На одній осі з колесом 2 закріплена велика стрілка 8, що рухається по шкалі 7, відлічуючи десяті і соті долі міліметра переміщення вимірювального стержня з наконечником 12. При переміщенні вимірювального стержня в діапазоні показів більша стрілка здійснює декілька обертів, тому в конструкції індикатора годинникового типу встановлена додаткова стрілка 5 на осі коліс 3 і 4.

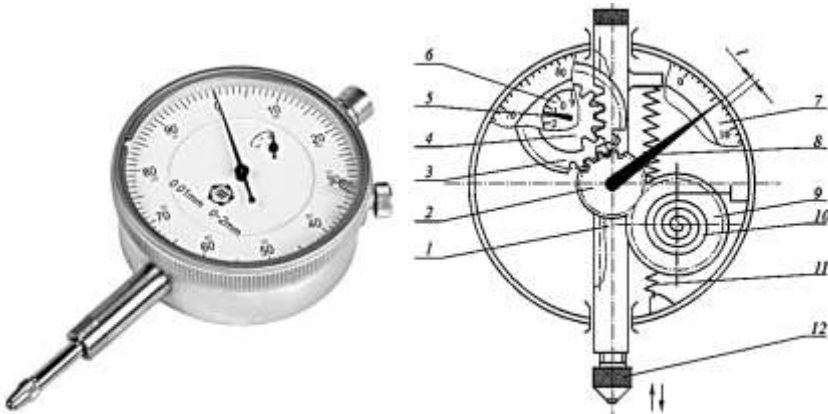


Рис.1 – Індикатор годинникового типу

При переміщенні стержня на 1мм велика стрілка 8 здійснює один оберт, а стрілка 5 – переміщується на одну поділку малої шкали 6. З колесом 2 у зачепленні знаходиться колесо 9 ($z=100$), до осі якого приєднана спіральна пружина 10, що забезпечує роботу зубчастих коліс в режимі однопрофільного зачеплення, зменшуючи вплив зазорів у зубчастих парах на похибку вимірювань. Гвинтова пружина 11 створює вимірювальне зусилля на стержні $\approx 150\text{H}$.

Число поділок малої шкали визначає діапазон показів індикатора годинникового типу в мм. Ціна поділки великої шкали індикатора годинникового типу - 0,01мм. Самі розповсюджені діапазони: 2мм (ИЧ-2); 5мм (ИЧ-5); 10мм (ИЧ-10).

Індикатори встановлюють на штативах, стойках або оснащують прилади та контрольно-вимірювальні пристрої, такі як індикаторні скоби та нутроміри. Індикаторні скоби призначені для вимірювання зовнішніх розмірів, а індикаторні нутроміри – внутрішніх.

Індикаторна скоба (рис.2) має корпус, в якому встановлені

індикатор годинникового типу, рухома п'ятка 2 і змінна переставна п'ятка 3. Рухома п'ятка віджимается у сторону виробу вимірювальним стержнем індикатора і спеціальною пружиною. Переставна п'ятка 3 при вивільненому гвинті 4 і знятому ковпачку може переміщатися у границях до 50мм. Діапазони індикаторних скоб: 0-50мм; 50-100мм; 100-200мм;...600-700мм; 700-850мм; 850-1000мм.

Для вимірювання скобою деталь попередньо вимірюється штангенциркулем, за отриманим результатом набирається блок паралельних кінцевих мір довжини. На рис.2 цей розмір блоку, що встановлюється між п'ятками скоби, дорівнює 42мм.

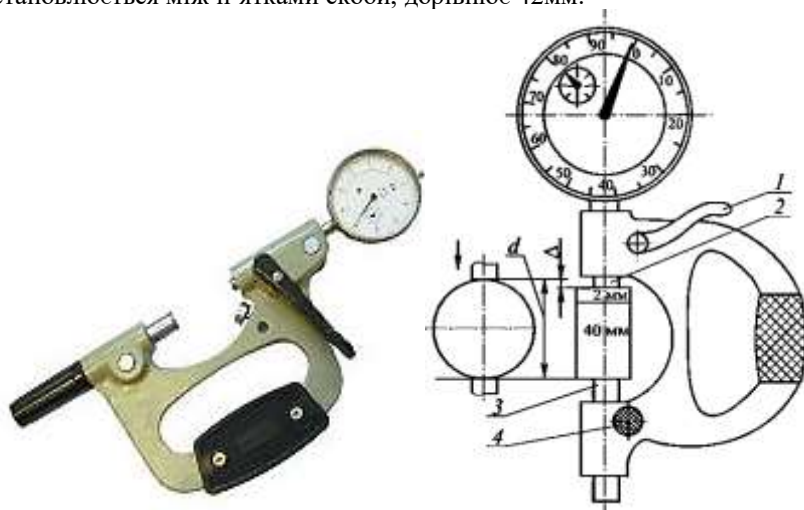


Рис.2 - Індикаторна скоба

Для встановлення блоку потрібно ослабити гвинт 4, вставити блок, переміщенням переставної п'ятки 3 створити натяг 1...2мм по шкалі індикатора та гвинтом 4 закріпити положення п'ятки 3. Після цього велику шкалу індикатора треба повернути до суміщення великої стрілки з нульовою поділкою, записати покази малої шкали (наприклад, 1,00мм) та убрати блок.

Натисканням на рухома ручку арретира 1 відводиться рухома п'ятка 2, встановлюється вимірювальна деталь та записуються покази індикатора (наприклад, 1,15мм).

Визначається відносно переміщення вимірювального стержня індикатора Δ . В наведеному прикладі воно дорівнює:

$$\Delta = 1,15 - 1,00 = 0,15\text{мм}$$

Дійсний розмір деталі буде дорівнювати сумі розміру блоку та відносного переміщення стержня індикатора: $d = 42 + 0,15 = 42,15\text{мм}$

Найбільш розповсюдженими індикаторними нутромірами є

нутроміри з наступного ряду діапазонів вимірювання: 6-10; 10-18; 18-50; 50-100; 100-160; 160-250; 250-450; 450-700; 700-1000мм.

На Рис.3 показана будова нутроміру моделі НИ-100.

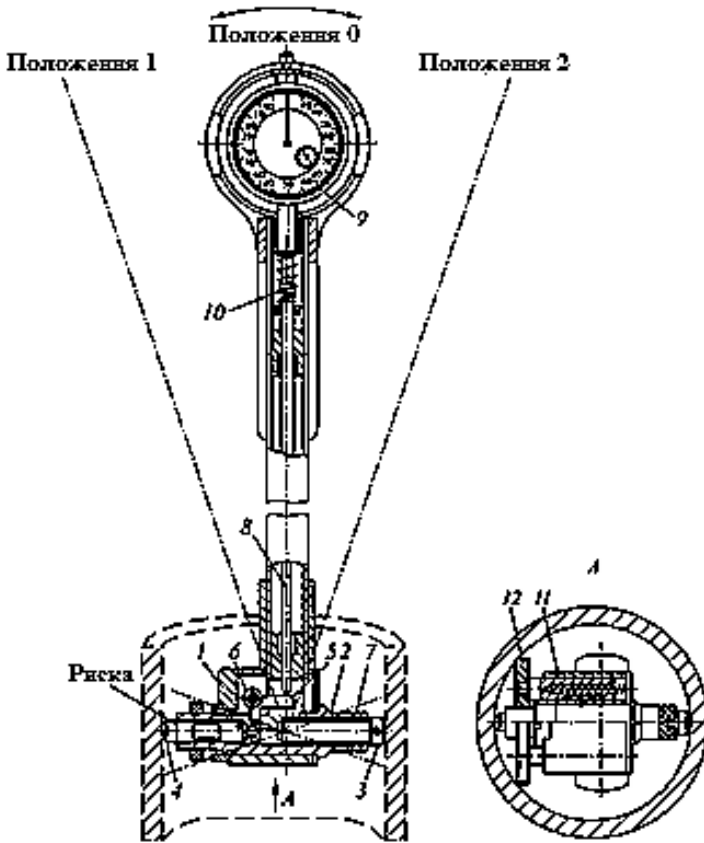


Рис.3 – Індикаторний нутромір

В корпусі нутроміра встановлена втулка-вставка 2, в яку з одного боку вгорнутий змінний нерухомий вимірювальний стержень 3, з другого боку знаходиться рухомий вимірювальний стержень 4, що діє на двоплечовий важіль 5, закріпленій на осі 6.

Всередині корпусу розміщений шток 8, що піджимається до важелю 5 вимірювальним стержнем індикатора годинникового типу і спіральною пружиною 10, які разом створюють вимірювальне зусилля в границях 200...500Н. В границях діапазону вимірювань нутроміри забезпечуються комплектом змінних вимірювальних стержнів. Положення нерухомого вимірювального стержня після налаштування фіксується гайкою 7.

Рухомий вимірювальний стержень 4 під дією вимірювального зусилля знаходиться у крайньому вихідному положенні. Центрувальний мостик 12, що підтискається двома пружинами 11 до поверхні контрольованого отвору, забезпечує суміщення лінії вимірювання з діаметром отвору.

Налаштування нутроміру на потрібний номінальний розмір здійснюють по блоках кінцевих мір довжини з боковиками, встановленими у державках-струбцинах, або по атестованих кільцях.

Для вимірювання індикаторним нутроміром (рис.4) готується встановлюваний комплект з блока кінцевих мір довжини, що набираються за номінальним розміром вимірювального отвору, двох боковиків 2 і струбцини 1. З комплекту змінних регульованих стержнів (додаються до нутроміру) вибирається стержень 3 з діапазоном розмірів, в якому знаходиться номінальний розмір вимірюваного отвору, та вгвинчується у корпус нутроміра 5.

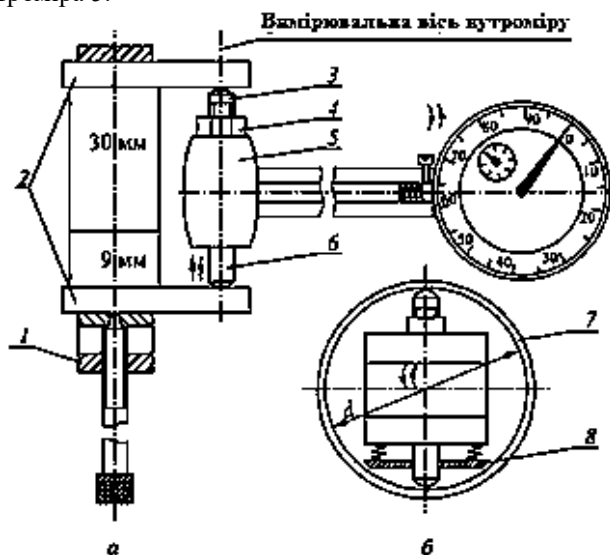


Рис.4 – Індикаторний нутромір:

а) - при налаштуванні (центрувальний мостик не показано); б) - при вимірюванні

Після цього нутромір вводиться вимірювальними стержнями в встановлюваний комплект між боковиками, і створюється для індикатора годинникового типу натяг 1...2мм. Покочуючи нутромір від себе на себе, повертаючи його вправо-вліво навколо вертикальної осі, встановлюється вісь вимірювальних стержнів (вісь вимірювання) в положення, що співпадає з найменшою відстанню між вимірювальними поверхнями боковиків. Це положення покаже велика стрілка індикатора, коли дійде до самої віддаленої (при її русі за годинниковою стрілкою) поділки шкали і

почне зворотний рух. Надавши правильне положення індикатору. Треба затиснути контргайку 4 змінного стержня 3 і встановити нульову поділку шкали індикатора до збігу з великою стрілкою. Після налаштування нутроміра на нуль можна приступати до вимірювання відхилень розміру отвору від номіналу.

Для здійснення заміру розміру отвору треба ввести нутромір у отвір, показуючи його у вертикальній площині, та визначити покази індикатора при крайньому правому положенні великої стрілки.

При визначенні дійсних відхилень розміру отвору від номіналу відхилення стрілки від нуля за годинниковою стрілкою приймається зі знаком мінус «-», а навпаки – зі знаком плюс «+». Значення дійсного відхилення підраховують множенням числа поділок великої шкали індикатора на ціну поділки 0,01мм. Дійсний розмір дорівнює номінальному діаметру отвору плюс або мінус дійсне відхилення.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначити розмір деталі індикаторною скобою згідно опису у теоретичних відомостях практикуму. Записати хід виконання та результат у звіт.
2. Налаштувати індикаторний нутромір та визначити розмір отвору запропонованої деталі згідно опису в теоретичних відомостях. Записати хід виконання та результат у звіт.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Конструкція індикаторів годинникового типу.
2. Призначення малої шкали індикатора годинникового типу.
3. Призначення індикаторної скоби. Налаштування скоби для вимірювань.
4. Призначення індикаторного нутроміра, налаштування нутроміра для вимірювань.
5. Вимірювання індикаторним нутроміром.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Тема: Контроль розмірів деталей калібрами

Мета: Ознайомитися з призначенням і конструкцією граничних калібрів, набути навичок контролю і визначення придатності розмірів циліндричних валів і отворів граничними калібрами – пробкою і скобою.

Матеріальне забезпечення: граничні калібри (пробки і скоби), деталі для контролю.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Калібрами називаються безшкальні засоби контролю, які відтворюють геометричні параметри виробів і призначені для перевірки відповідності дійсних розмірів, форми та розміщення поверхонь деталей заданим. В залежності від способу контролювання придатності деталей, калібри поділяються на нормальні і граничні.

Нормальний калібр - це калібр, який відтворює заданий лінійний чи кутовий розмір. Ними користуються тоді, коли потрібно перевірити відповідність дійсного розміру деталі її номінальному розміру. При контролі нормальним калібром придатність розміру визначають за щільністю входження. Найбільш розповсюдженими представниками нормальних калібрів є щупи (рис.1). Щупи випускають наборами від №1 до №4.



Рис.1 – Нормальні калібри. Набір щупів

Граничні калібри – це калібри, які відтворюють прохідну та непрохідну межу геометричних параметрів елементів виробу. Граничними калібрами контролюють граничні (максимальний і мінімальний) розміри деталей. Граничні калібри застосовуються для контролювання розмірів гладких циліндричних, конічних, різьбових і шліцьових деталей, висоти виступів і глибини западин, довжин, ширини канавок, уступів, глухих отворів тощо, якщо на контрольовані розміри встановлені допуски не точніше шостого квалітету (IT6).

За конструктивними ознаками калібри поділяються на **пробки** (калібри для контролювання внутрішніх розмірів) і **скоби** (калібри для контролювання зовнішніх розмірів) (рис.2-3).

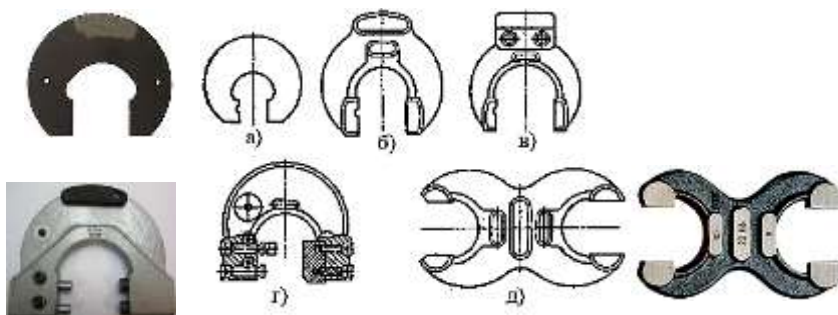


Рис.2 – Граничні калібри для валів: а) скоба одностороння; б) скоба штампована одностороння; в) скоба одностороння з ручкою; г) скоба регульована; д) скоба штампована двостороння

За числом одночасно контрольованих елементів деталей калібри

поділяються на **елементні** і **комплексні**. Комплексними калібрами контролюють одночасно декілька елементів або розмірів деталі, а елементними – тільки один.

Залежно від граничного розміру деталі, що контролюється калібром, калібри поділяються на **прохідні** – **ПР** (калібри для контролювання найменших граничних значень внутрішніх розмірів і найбільших граничних значень зовнішніх розмірів) і **непрохідні** – **НЕ** (калібри для контролювання найбільших граничних значень внутрішніх розмірів і найменших граничних значень зовнішніх розмірів).

За призначенням калібри поділяються на **робочі (Р)**, **приймальні (ПР)** і **контрольні (К)**.

Робочі калібри позначаються: **Р - ПР – прохідні** і **Р – НЕ – непрохідні**, призначені для контролювання оброблених деталей робітниками і заводськими контролерами на робочих місцях.

Непрохідний калібр повинен контролювати тільки власне розмір деталі і тому має малу довжину для усунення впливу похибок форми.

Приймальні калібри позначаються: **П – ПР – прохідні** і **П – НЕ – непрохідні**, призначені для контролювання готових виробів замовниками і контролерами відділу технічного контролю заводу. Приймальних калібрів спеціально не виготовляють, їх відбирають з числа до певного рівня спрацьованих робочих калібрів.

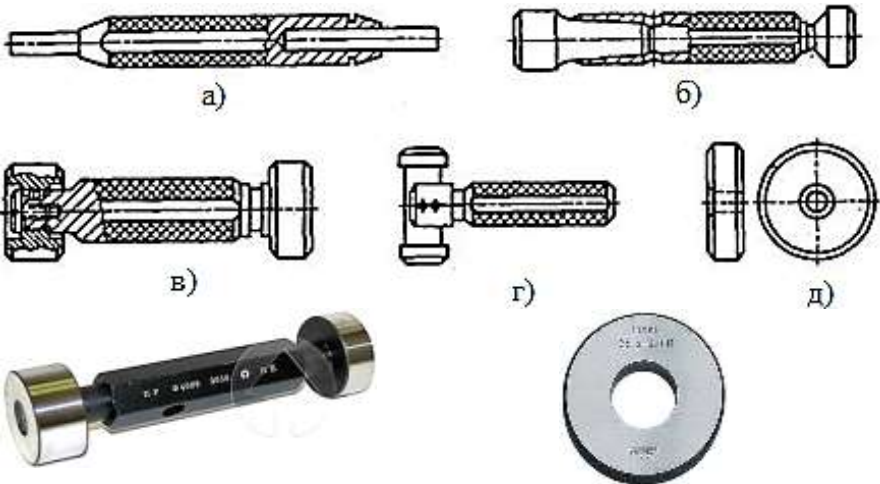


Рис.3 – Граничні калібри для отворів: а) пробка двостороння з циліндричними вставками; б) пробка двостороння з конічним хвостовиком; в) пробка двостороння з насадками; г) пробка двостороння з ручкою; д) пробка-кіцьце

Контрольні калібри (контркалібри) призначені для перевірки робочих і приймальних калібрів під час їх виготовлення і використання.

Контркалибрами перевіряють тільки калибри-скоби, оскільки калибри-пробки доцільніше перевіряти високоточними універсальними вимірвальними засобами (мікрокаторами, оптиметрами тощо).

Встановлені такі умовні позначення контрольних калибрів:

- **К-ПР** – **контркалибр**, призначений для контролювання найменшого граничного розміру прохідної сторони робочої скоби (Р - ПР). Він є прохідним.

- **К-И (К-З)** – **контркалибр**, призначений для контролювання величини спрацювання прохідних сторін робочих калибрів – скоб (Р -ПР) з метою вилучення їх з експлуатації при спрацюванні більше від допустимого, а також для налагодження регулювальних калибрів-скоб. *Він є непрохідним.*

- **К-НЕ** – **контркалибр**, призначений для контролювання непрохідних сторін робочих (Р - НЕ) і приймальних (П - НЕ) калибрів.

- **К-П** – **контркалибр**, призначений для контролювання прохідних сторін приймальних калибрів (П - ПР). Контрольні калибри виготовляються у вигляді гладких калибрів-пробок.

Номинальними розмірами прохідних і непрохідних частин калибрів є відповідні граничні розміри контрольованих деталей, а саме:

- номінальний розмір прохідної пробки дорівнює найменшому діаметру контрольованого отвору, тобто **ПР = D_{min}**;

- номінальний розмір непрохідної пробки дорівнює найбільшому діаметру контрольованого отвору, тобто **НЕ = D_{max}**;

- номінальний розмір непрохідної скоби дорівнює найбільшому діаметру контрольованого валу, тобто **ПР = d_{max}**;

- номінальний розмір непрохідної скоби дорівнює найменшому діаметру контрольованого валу, тобто **НЕ = d_{min}**.

Система допусків на гладкі калибри для контролювання отворів і валів розмірами до 500мм представлена в **ГОСТ 24853 – 81**. На виготовлення калибрів передбачені такі допуски (у мкм):

H – на прохідні і непрохідні розміри робочих калибрів-пробок;

H_s – те саме, але із сферичними вимірвальними поверхнями;

H₁ – на прохідні і непрохідні розміри калибрів-скоб;

H_p – на контрольні калибри, призначені для контролювання калибрів-скоб.

Відхилення середини поля допуску відносно граничного розміру виробу на виготовлення прохідного калибру позначається (у мкм): для отворів – **Z**; для валу - **Z₁**. Допустимий вихід розміру зношеного прохідного калибру за межу поля допуску виробів позначається: для отворів – **Y**; для валів - **Y₁**.

Виконавчими називаються розміри прохідних і непрохідних сторін калибрів пробок і скоб, проставлені на їх робочих кресленнях таким чином, щоб допуски на їх виготовлення були спрямовані в «тіло» калибру.

Таким чином, виконавчими розмірами прохідної і непрохідної сторін калибру-пробки будуть найбільші граничні розміри цих сторін з від'ємними нижніми відхиленнями ($ei < 0$); верхні відхилення $es = 0$. Виконавчими розмірами прохідної і непрохідної сторін калибру-скоби будуть найменші граничні розміри цих сторін з додатними верхніми відхиленнями ($ES > 0$); нижні відхилення $EI = 0$. Схеми розташування полів допусків калибрів (рис.4, рис.5) та формули для визначення їх виконавчих розмірів вибирають за *ГОСТ 21401-75*.

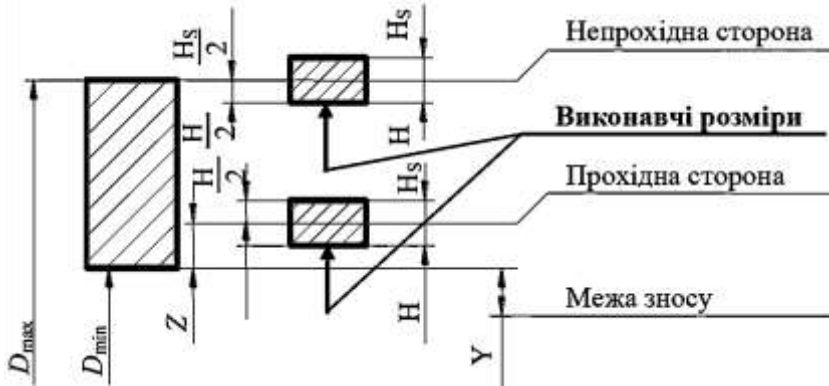


Рис.4 - Схема розташування полів допусків калибрів-пробок для контролю отворів розміром до 180мм 6-8 квалітетів точності

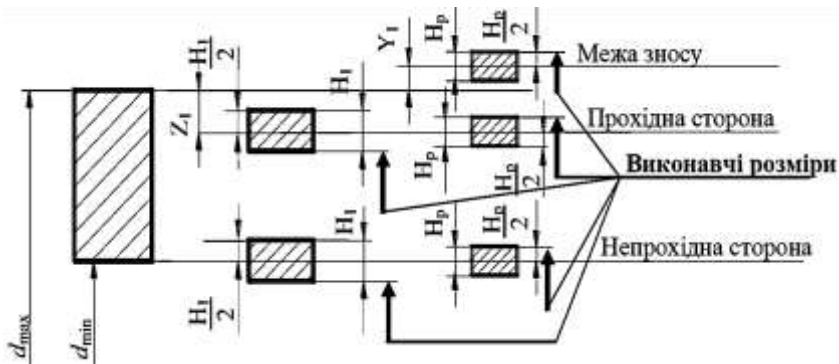


Рис.5 - Схема розташування полів допусків калибрів-скоб для контролю валів розміром до 180мм 6-8 квалітетів точності

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Проконтролювати придатність розміру валу калибром – скобою та підрахувати розміри сторін скоби (Р-ПР; Р-НЕ) згідно креслення на деталь та користуючись ГОСТ 24853 – 81.
2. Проконтролювати придатність розміру отвору калибром – пробкою.
3. Оформити звіт за результатами контролю граничними калибрами.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що називається калібрами, види калібрів та їх призначення.
2. Класифікація граничних калібрів за призначенням.
3. Як визначають придатність розміру при контролі граничними калібрами?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Тема: Контроль параметрів метричної різьби

Мета: Ознайомитися з методами та засобами вимірювання і контролю параметрів різьбових з'єднань, набути практичних навичок їх застосування.

Матеріальне забезпечення: шаблон –різьбомір; мікрометр гладкий, калібровані дротики; мікрометр різьбовий; калібри різьбові, калібри гладкі, інструментальний мікроскоп, штатив для закріплення мікрометра, деталі з різьбовою поверхнею.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Сучасні методи виготовлення і контролю різьби забезпечують повну взаємозамінність різьбових деталей.

Параметри різьби характеризуються номінальними розмірами, кожний з яких однаковий як до зовнішньої так і до внутрішньої різьби різьбового з'єднання (рис.1). Основними параметрами різьби є зовнішній діаметр $d(D)$, внутрішній діаметр $d_1(D_1)$, середній діаметр $d_2(D_2)$, крок P і кут профілю α та довжина згвинчування L . Довжина згвинчування впливає на точність різьби: із збільшенням довжини утруднюється одержання високої точності. Тому для вибору ступеня точності і залежності від довжини згвинчування встановлено три групи довжини згвинчування: короткі S , нормальні N і довгі L .

Діаметри зовнішньої різьби позначаються рядковими латинськими літерами (d, d_1, d_2), а діаметри внутрішньої різьби - великими (D, D_1, D_2). Значення основних параметрів регламентовано ГОСТ 24705 -81 (Основні розміри), ГОСТ 9150-2002 (Профіль) і ГОСТ 8724-2002 (Діаметри і кроки), а система допусків і посадок метричної різьби – ГОСТ 16093-81 (Допуски і посадки з зазором), ГОСТ 4608-81 (Допуски і посадки з натягом), ГОСТ 24834-81 (Перехідні посадки).

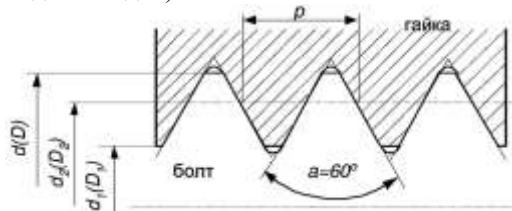


Рис.1 – Параметри різьби

Стандартизовано різьбові з'єднання із зазором, натягом і з перехідною посадкою. Для завдання точності різьби через призначення допусків прийняті ступені точності, що позначаються цифрами у порядку зниження точності: 3,4, 5, 6, 7, 8, 9 (для пластмасових деталей передбачений ще 10 –й ступінь). В якості основного прийнятий ряд допусків 6-го ступеня точності як пріоритетного. Різьби 6-го ступеня одержують при фрезеруванні, накочуванні роликками, нарізуванні різцем, гребінкою, плашкою, мітчиком.

Положення поля допуску різьби щодо номінального діаметра (нульової лінії) визначає основне відхилення, що обчислюється за формулами у залежності від кроку профілю різьби. Передбачено основні відхилення: h, g, f, e, d для зовнішньої різьби і H, G, F, E для внутрішньої різьби. Основні відхилення для внутрішньої різьби дорівнюють основним відхиленням зовнішньої різьби, позначені однаковими літерами, але протилежними за знаком. Позначення полів допусків різьбових з'єднань на кресленнях показані на Рис.2.

Контроль різьбових деталей виконується комплексним та диференційованим (по елементах) методами. При диференційованому методі контролю перевіряють зовнішній діаметр болта, внутрішній діаметр гайки, середній діаметр, крок і половину кута профілю. Цей метод трудомісткий, тому його використовують для контролю точних різьб: ходових гвинтів, різьбових калібрів (рис.3); контркалібрів, а також при налагодженні технологічного устаткування.

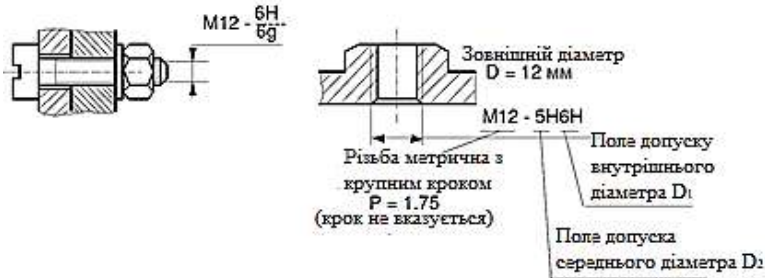


Рис.2 – Позначення різьби



Рис.3 – Граничні різьбові калібри

При диференційованому методі зовнішній діаметр найпростіше виміряти за допомогою штангенциркуля або гладкого мікрометра; середній діаметр нерідко вимірюють різьбовим мікрометром або за

допомогою трьох каліброваних дротиків; всі п'ять основних параметрів різьби зручно вимірювати на інструментальному мікроскопі.

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 методі контролю слід користуватися різьбовими калібрами-кільцями (прохідними і непрохідними), а зовнішній діаметр болтів та внутрішній діаметр гайок – звичайними гладкими калібрами.

Вимірювання середнього діаметра різьби *різьбовим мікрометром* починається з визначення кроку різьби за допомогою *різьбоміра* (рис.4).



Рис.4 – Різьбомір (набір різьбових шаблонів з кроком від 0,4 до 6мм)

Шаблони по черзі прикладають до витків різьби визначаючи візуально на просвіт рівність номінальних розмірів кроку різьби і шаблону. Потім підбирають вставки з комплекту різьбового мікрометра, які відповідають кроку різьби. Конічну вставку вставляють в мікрометричний гвинт, а призматичну – в п'ятку мікрометра. Перевірка встановлювання на нуль аналогічна перевірці гладких мікрометрів. Відлік за шкалою мікрометра показує розмір середнього діаметра різьби d_2 .

Вимірювання середнього діаметру різьби *методом трьох дротиків* - найбільш поширений та точний метод вимірювання. У впадину різьби закладаються три калібровані дротики однакового номінального розміру та гладким мікрометром (або оптиметром) визначається розмір M (рис.5).

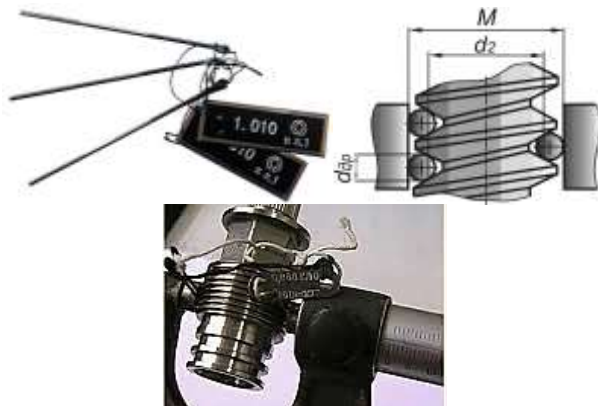


Рис.5 – Набір дротиків та визначення гладким мікрометром розміру M

Для метричної різьби розмір діаметру d_2 , кроку P пов'язаний з розміром M наступним чином:

$$d_2 = M - 3 \cdot d_d + 0,866025 \cdot P$$

де d_d – діаметр дротика.

Діаметр дротиків підраховують за формулою:

$$d_d = \frac{P}{2 \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

Розміри дротиків в залежності від кроку різьби P наведені у Таблиці 1.

Таблиця 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_d , мм	0,433	0,461	0,572	0,724	0,866	1,008	1,157	1,441	1,732	2,020

Основні параметри зовнішньої різьби при диференційованому методі можна вимірювати на **інструментальному мікроскопі**, визначаючи лінійні переміщення стола, на якому закріплюється деталь, на основі лімбу мікрометричної головки механізму подачі. Конструкція великого інструментального мікроскопа БМИ наведена на Рис.6.

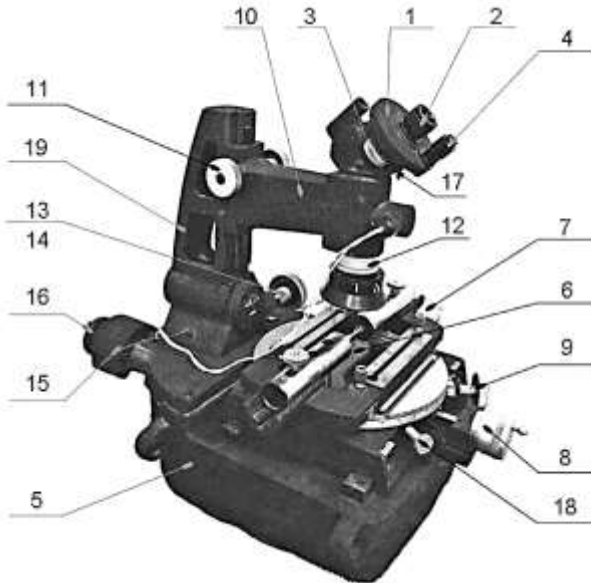


Рис.6 – Великий інструментальний мікроскоп:

1 – окулярна головка; 2 – окуляр; 3 – маховик для обертання лімбу із штриховою сіткою; 4 – відліковий мікроскоп; 5 – станина; 6 – предметний столик; 7, 8 – мікрометричні гвинти для переміщення столика; 9, 18 – гвинти для повороту столика навколо осі; 10 – кронштейн з тубусом мікроскопу; 11 – гвинт для грубого фокусування по вертикальній напрямній колонки; 12 – накатне кільце для точного фокусування; 13 – гвинт для фіксації колонки; 14 – шкала, для визначення кута нахилу; 15 – освітлювальна система; 16 – кільце для діафрагмування джерела світла; 17 – освітлювальне дзеркальце; 19 – хитна колонка.

Попередньо риси окулярної сітки мікроскопу орієнтують відповідно контурам об'єкту вимірювань. Переміщаючи деталь у напрямку виміру, суміщують обрану в якості орієнтира риску окулярної сітки з першою границею розміру (при вимірі кроку різьби це може бути сторона одного з виступів різьби (рис. 7)).

Фіксують покази шкал мікроподачі в першому положенні. Об'єкт виміру переміщують до тих пір, поки обрана риска окулярної сітки збігається з протилежною границею виміру (при вимірі кроку це буде однойменна сторона сусіднього виступу). Після цього фіксують покази шкал лімбу мікроподачі в другому положенні: $X = X_{кінц.} - X_{поч.}$

Відлік шкали мікроподачі мікроскопу аналогічний відліку шкал мікрометра.

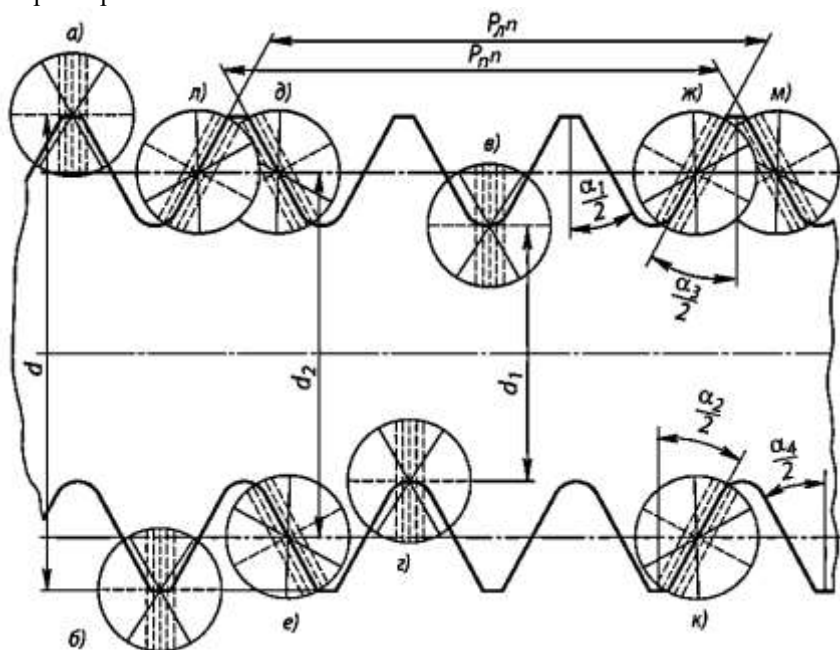
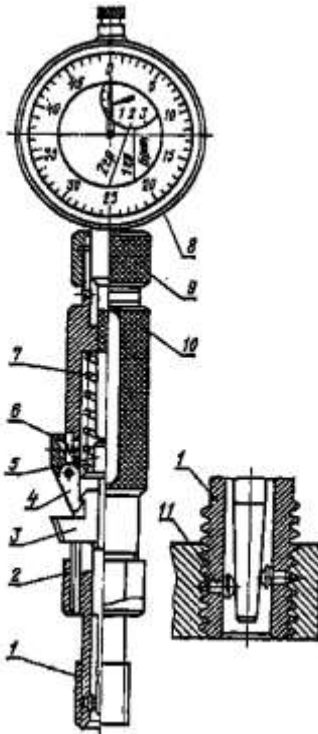


Рис.7 – Схема вимірювання різьби на інструментальному мікроскопі

Середній діаметр внутрішніх наскрізних і глухих різьб діаметром до 16мм можна проконтролювати індикаторним різьбоміром (рис.8). Для контролю внутрішньої різьби великого розміру використовуються індикаторні прилади, показані на рисунку 9.

Також внутрішню різьбу можна виміряти, знявши її відбитки (репліки). Після цього відбиток вимірюють аналогічно зовнішній різьбі.

В кріпильних різьбах перевіряють не половину кута профілю, а кут профілю за допомогою різьбових шаблонів на просвіт.



- 1- змінна різьбова пробка
- 2- гайка
- 3- штовхач
- 4- упор
- 5- стержень
- 6- спускова кнопка
- 7- пружина
- 8- індикатор
- 9- гайка
- 10 - корпус
- 11-вимірювальні вставки

Рис.8 – Індикаторний різьбомір для внутрішньої різьби діаметрів до 16мм

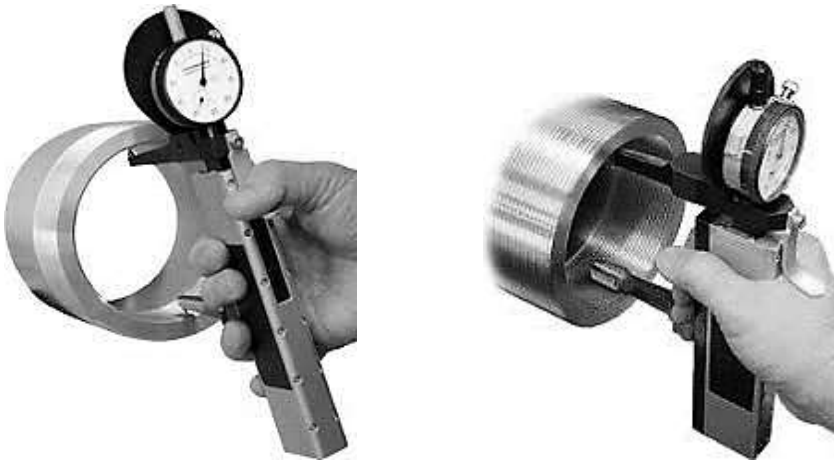


Рис.9 – Індикаторні прилади для контролю внутрішньої різьби великих розмірів

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Отримати деталь. За допомогою гладкого мікрометра виміряти зовнішній діаметр різьби d .
2. За допомогою різьбоміру визначити крок різьби та підібрати за Таблицею 1 дротики для вимірювання середнього діаметру d_2 .
3. Виміряти середній діаметр *методом трьох дротиків*, для чого закріпити гладкий мікрометр у штативі, вставити дротики у западини різьби та визначити мікрометром розмір M . Після цього за наведеною вище формулою підрахувати середній діаметр. Заміри виконати два рази та знайти їх середнє значення.
4. Визначити середній діаметр різьби за допомогою різьбового мікрометра, попередньо підбравши відповідні вставки за кроком різьби. Заміри виконати два рази та знайти їх середнє значення.
5. Визначити параметри різьби мікрометром
6. Отриманий результат записати у Таблицю 2.

Таблиця 2 - Результати вимірювання параметрів різьби

Визначення середнього діаметра методом трьох дротиків	Визначення середнього діаметра d_2 різьбовим мікрометром	Визначення параметрів різьби мікроскопом
$d_2 =$	$d_2 =$	$d =$
$d_2 =$	$d_2 =$	$d_2 =$
Середнє знач. $d_2 =$	Середнє знач. $d_2 =$	$P =$

7. Визначити за ГОСТ 24705 -81 номінальний середній діаметр d_2 , знаючи крок і номінальний зовнішній діаметр d .
8. За ГОСТ 16093-81 визначити верхнє і нижнє відхилення полів допусків для d , d_2 , розрахувати граничні розміри, прийнявши ступінь точності і поле допуску bg . Отримані дані занести у Таблицю 3.

Таблиця 3 – Параметри різьби точністю $6g$

Номінальні діаметри, мм	Відхилення, мм	Граничні розміри
$d =$	$es =$	$d_{max} =$
	$ei =$	$d_{min} =$
$d_2 =$	$es =$	$d_{max} =$
	$ei =$	$d_{min} =$

9. Порівняти дійсні розміри з табличними (табл.3).
10. Зробити висновки про придатність різьби по параметрах d , d_2 .
11. Виконати контроль різьби різьбовими калібрами.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Основні параметри метричної різьби.
2. За якими ступенями точності виконуються різьби?
3. Як позначаються на кресленнях посадки різьбових з'єднань?
4. Методи і засоби вимірювання параметрів різьби.
5. За яким методом зазвичай контролюються кріпильні різьбові деталі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Тема: Відхилення форми і розташування поверхонь. Методи їх контролю

Мета: Ознайомитися з методами вимірювання геометричних форм і розташування поверхонь деталей. Набути практичних навичок використання вимірювальних приладів для контролю відхилень форм і розташування поверхонь деталей.

Матеріальне забезпечення: індикатори годинникового типу, штативи, мікрометри гладкі, биттемір, набір кінцевих мір довжини, набір щупів, косинці повірочні, призми установочні.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Точність геометричних параметрів деталей характеризується не тільки точністю розмірів її елементів, але й точністю форм і взаємного розташування поверхонь. Відхилення форм і розташування поверхонь виникають в процесі обробки деталей через неточність і деформацію верстата, інструмента, пристроїв, деформацію оброблюваного виробу, нерівномірності припуску на обробку, неоднорідності матеріалу заготовки тощо. Ці відхилення приводять до зменшення зносостійкості, порушення плавності ходу, нерівномірності натягів чи зазорів та ін.

Під **відхиленням форми** розуміють відхилення форми реальної поверхні (реального профілю) від форми номінальної поверхні (номінального профілю). **Допуском форми** називається найбільше значення відхилення форми, що допускається. Основними відхиленнями форми є **відхилення від прямолінійності у площині, площинності** (окремі випадки - опуклість, увігнутість), **відхилення від круглості** (окремі випадки – овальність, огранка), **відхилення від циліндричності, відхилення профілю поздовжнього перерізу** (окремі випадки – конусоподібність, бочкоподібність, седлоподібність) (рис.1).

Відхиленням розташування називається відхилення реального (дійсного) розташування розглянутого елемента (поверхні, осі чи площини симетрії) від номінального розташування (рис2). Під номінальним розуміється розташування, обумовлене лінійними і кутовими розмірами між розглянутим елементом і базою. **Базою** може бути поверхня, що її утворює, чи точка (наприклад, центр сфери). Якщо базою є поверхня обертання (наприклад, циліндрична чи конічна), то як базу розглядають їх вісь. База визначає прив'язку деталі площини чи осі координат, щодо якої задаються допуски розташування чи визначається розташування нормованого елемента.

Сумісні відхилення форми і розташування називаються **сумарними відхиленнями**. До них відносяться **радіальне биття** (суміщаються відхилення від круглості та співвісності), **торцеве биття** (відхилення від площинності та перпендикулярності), **відхилення форми**

заданого профілю, відхилення форми заданої поверхні (рис.3).

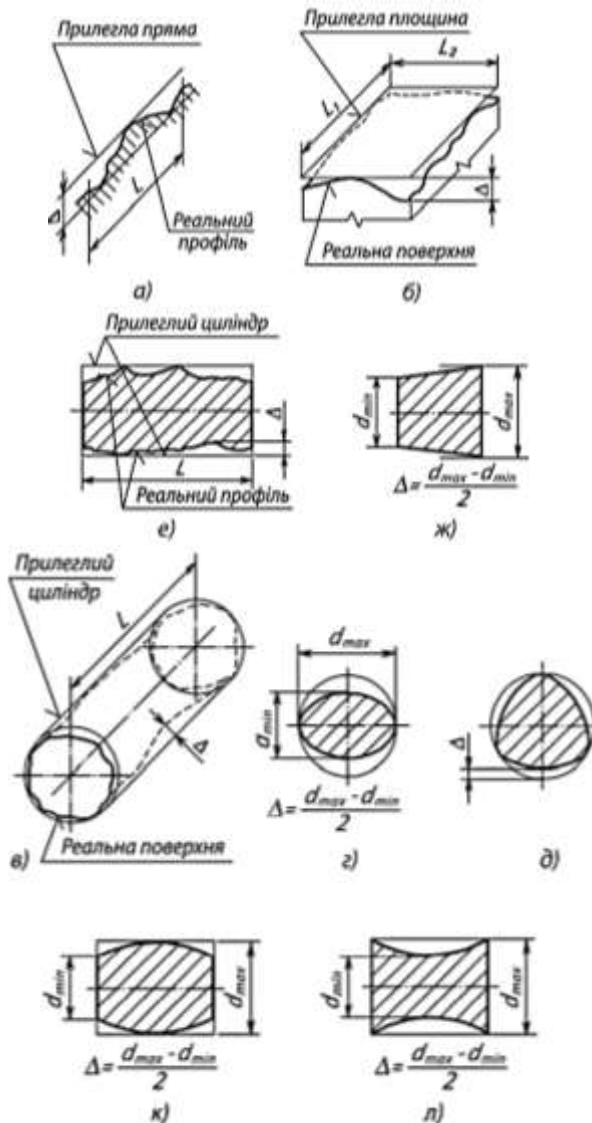


Рис.1 – Відхилення форми:

а) – від прямолінійності ум площині; б) – від площинності; в) – від циліндричності; г) – овальність; д) – огранка; е) – від профілю поздовжнього перерізу; ж) – конусоподібність; з) – бочкоподібність; и) – сідлоподібність; л) – відхилення форми; L_1 та L_2 – розміри нормованої ділянки; L – довжина нормованої ділянки; Δ – відхилення форми; d_{\min} та d_{\max} – найменший і найбільший діаметри у взаємно перпендикулярних напрямках (або у поздовжньому напрямі в межах нормованої ділянки)

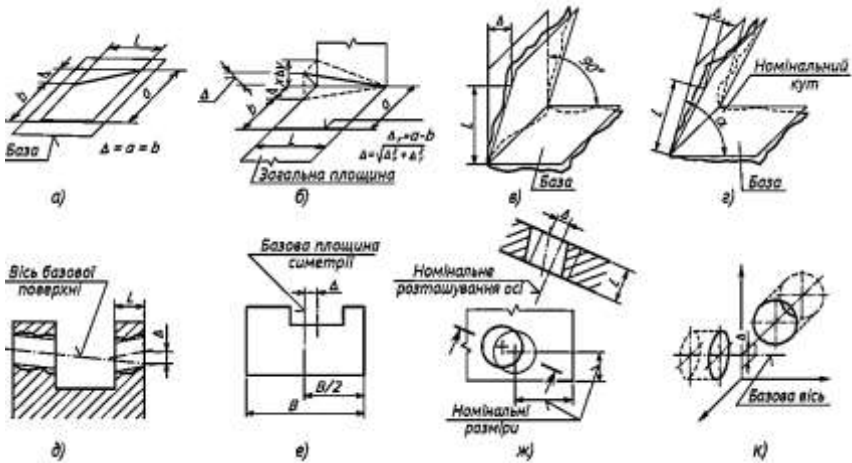


Рис.2 – Відхилення розташування:

а) – від паралельності прямих у площині; б) – від паралельності прямих у просторі; в) від перпендикулярності площин; г) від нахилу площини відносно площини або осі; д) від співвісності щодо осі базової поверхні; е) від симетричності щодо базового елемента; ж) позиційне; к – від перетину осей; Δ - відхилення розташування; L – довжина нормованої ділянки; a – найбільша відстань; b – найменша відстань; B – ширина номінально симетричного елемента

При контролі площинності як робочі засоби застосовують повірочні лінійки (рис.4) та площиноміри, інструментально-повірочні блоки ІПБ, автоколіматори, автоматичні автоколімаційні та гравітаційні прилади, оптичні струни, лазерні струни, оптичні лінійки, гідростатичні рівні, мікронівеліри та рівні.

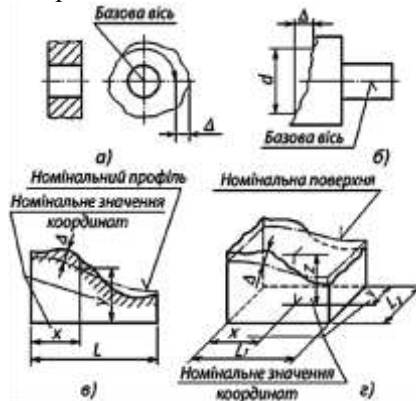


Рис.3 – Сумарні відхилення форми і розташування:

а) – радіальне биття; б) торцеве биття; в) відхилення форми заданого профілю; г) – відхилення форми заданої поверхні; Δ - сумарне відхилення форми і розташування; d – діаметр зрізаного циліндра, співвісного з базовою віссю; L – довжина нормованої ділянки; L_1 і L_2 – розміри нормованої ділянки

За допомогою повірочних лінійок (рис.4) прямолінійність перевіряється методом світлової щілини на просвіт або методом лінійних відхилень (рис.5). Просвіти між лінійкою і контрольованою поверхнею вимірюють щупом. Лінійки з широкою робочою поверхнею застосовують для перевірки лінійних відхилень і для перевірки вузьких поверхонь методом «на фарбу»

При контролі площинності вимірювальних поверхонь калібрів, приладів, інструментів і прецизійних деталей розміром до 120мм не грубших за 2-гу ступінь точності застосовуються плоскі скляні пластини для інтерференційних вимірювань.

Для вимірювання відхилення від площинності також використовують рівні (брускові, рамні, мікрометричні, гідростатичні, електронні). На рисунку 6 показаний гідростатичний рівень, в якому використовуються властивість сполучених посудин. Рівень складається з двох та більше вимірювальних головок, сполучених між собою гнучкими повітряними 1 та водяними 2 трубопроводами. У корпусі 3 встановлена посудина 5 з водою, а у кришці 4 закріпленій мікрометричний глибиномір. Рівень рідини визначають за торканням до неї наконечника 6 мікрометричного гвинта. Різниця відліків за обома головками, яку відлічують за шкалами барабану 8 і стебла 7, й є відхилення від прямолінійності або площинності.

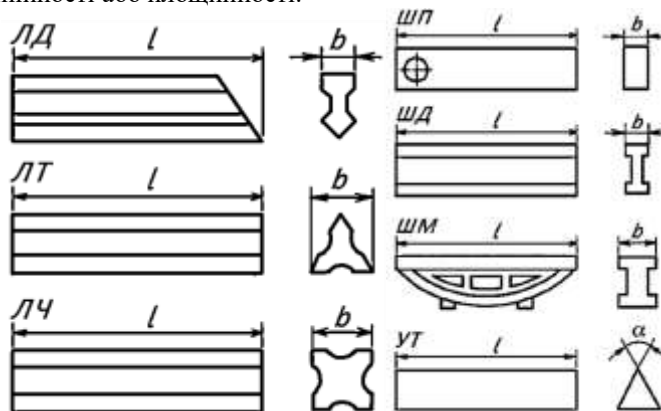


Рис.4 – Типи повірочних лінійок (ГОСТ8026-92):

ЛД – лекальні з двостороннім скосом; ЛТ – лекальні тригранні; ЛЧ – лекальні чотиригранні; ШП – із широкою робочою поверхнею; ШД – із широкою робочою поверхнею двотаврового перерізу; ШМ – із широкою робочою поверхнею, містки; УТ – кутові тригранні.

Для перевірки відхилення від круглості застосовуються кругломіри, вимірювальні головки, регульовані кільця з індикаторами, призми з індикаторами та ін. (рис.7). Овальність можна виміряти мікрометром, повертаючи деталь навколо осі, фіксуючи розміри діаметра у декількох положеннях. Зафіксувавши максимальний діаметр перерізу,

потрібно обернути його на 90° для визначення мінімального діаметра.

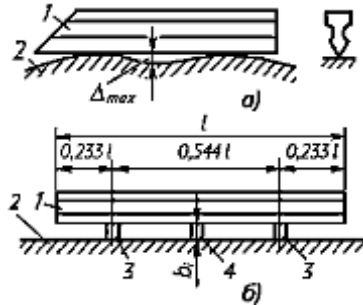


Рис.5 – Методи контролю прямолінійності:

а) – на провіт; б) - лінійних відхилень (1- лінійка; 2 – контрольована поверхня; 3 – кінцеві міри; 4 – щуп або кінцева міра)

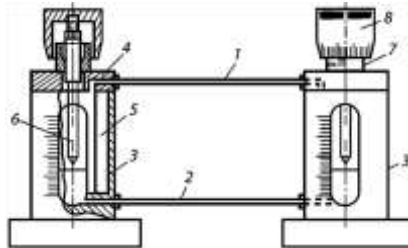


Рис.6 – Гідростатичний рівень

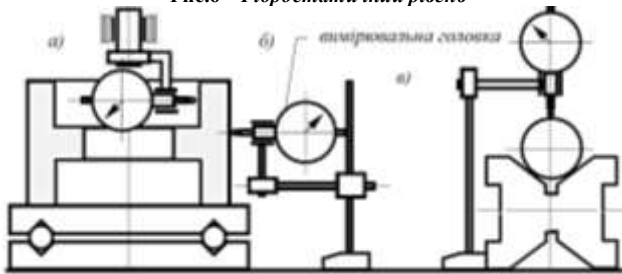


Рис.7 – Схеми контролю круглості за допомогою індикатора:

а) - внутрішньої поверхні; б), в) – зовнішньої поверхні

Комплексним показником відхилення форми циліндричних деталей згідно ГОСТ 24642-81 є відхилення від циліндричності, але на сьогодні немає приладів, що можуть вимірювати відхилення від циліндричності. Тому користуються іншими показниками: відхиленням від круглості та відхиленням профілю поздовжнього перерізу циліндричної поверхні.

На практиці замість відхилення профілю поздовжнього перерізу використовують окремі види відхилень: конусоподібність, бочкоподібність та седлоподібність. Конусоподібність визначається як напіввізниця

максимального і мінімального діаметрів, заміряних у крайніх перерізах деталі, які відповідають нормованій ділянці. Аналогічно визначаються бочкоподібність (вимірюються діаметри у крайніх перерізах і вибирається з них мінімальний, а максимальний діаметр заміряється посередині деталі) і седлоподібність (вимірюються діаметри у крайніх перерізах і вибирається з них максимальний, а мінімальний діаметр заміряється посередині деталі). Заміри можна виконувати мікрометром.

Для перевірки відхилень від паралельності (площин, осей, осі та площини) та перпендикулярності застосовуються схеми, показані на Рисунках 8 - 9.

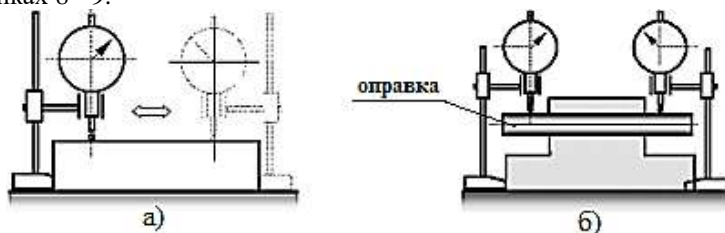


Рис.8 – Схеми контролю відхилення від паралельності:
а) – двох площин; б) – осі і площини

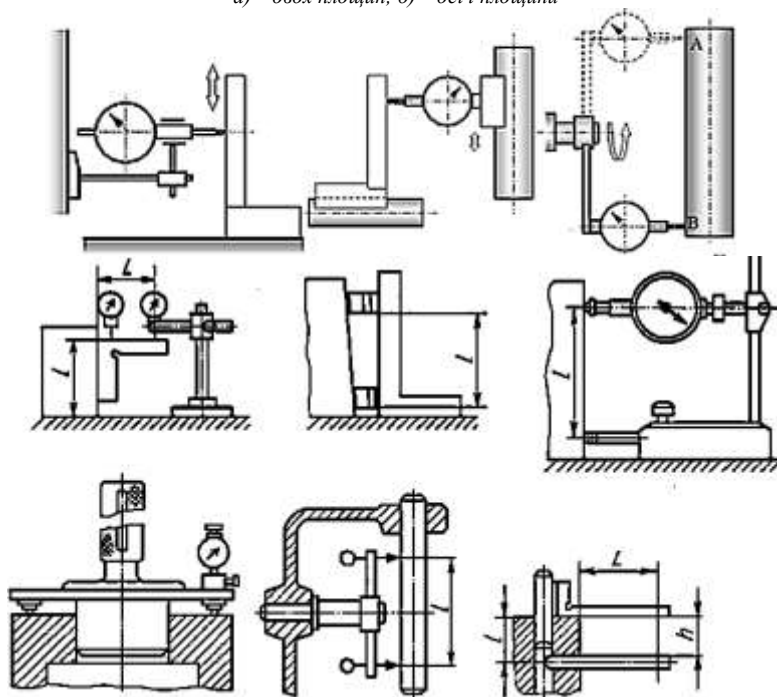


Рис.9 – Типові схеми контролю відхилення від перпендикулярності

Для перевірки відхилень від співвісності та симетричності застосовуються схеми, показані на Рисунках 10 - 11.

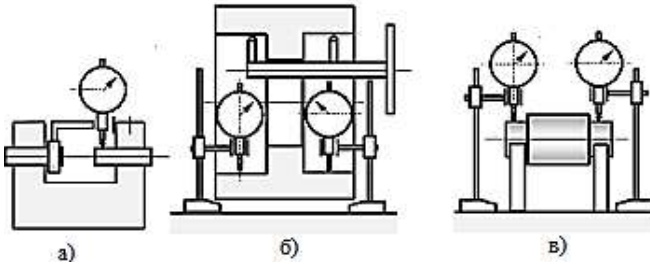


Рис.10 - Схеми контролю відхилення від співвісності:

а), б) – отворів за допомогою оправок; в) – ступінчастого валу за допомогою призми

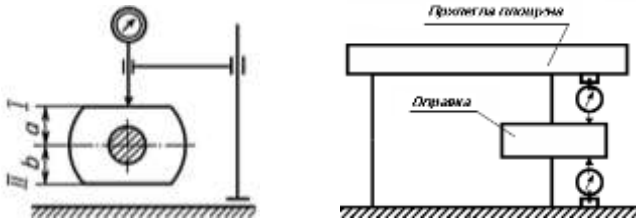


Рис.11 - Схеми контролю відхилення від симетричності

Радіальне биття – це різниця між максимальною і мінімальною відстанями від точки реального профілю поверхні обертання до базової осі в перетині площиною, перпендикулярною до базової осі. **Торцеве биття** – це різниця між максимальною і мінімальною відстанями від точок реального профілю торцевої поверхні до площини, перпендикулярної до базової осі.

Повне радіальне биття – це різниця між максимальною і мінімальною відстанями від усіх точок реальної поверхні обертання в межах нормованої ділянки до базової осі.

Повне торцеве биття – це різниця між максимальною і мінімальною відстанями від точок всієї торцевої поверхні до площини, перпендикулярної до базової осі.

Для перевірки радіального і торцевого биття застосовуються схеми, показані на Рисунках 12 - 13.

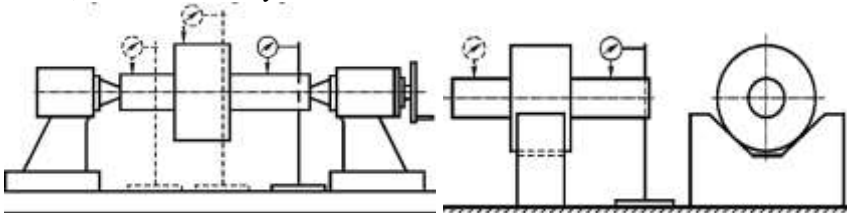


Рис.12 - Схеми контролю радіального биття:

а) відносно базової осі центрів; б) відносно базової осі поверхні обертання

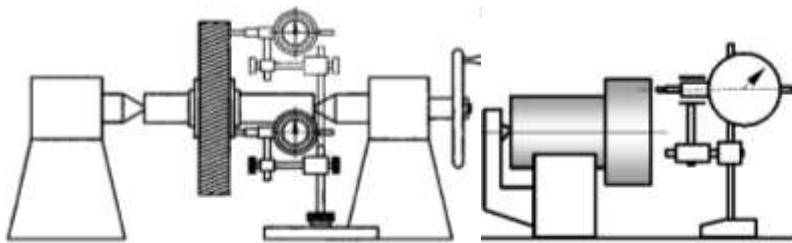


Рис.13 - Схеми контролю торцевого биття:
а) відносно базової осі центрів; б) відносно базової осі поверхні обертання

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. В контрольованій деталі визначити відхилення від прямолінійності у площині методом світлової щілини «на провіт», використовуючи лекальну лінійку.
2. Визначити відхилення від площинності поверхні деталі, використовуючи індикатор годинникового типу, закріпленого у штативі. Переміщення наконечника індикатора здійснювати у двох взаємно перпендикулярних напрямках.
3. Визначити відхилення від круглості поверхні деталі за допомогою індикатора, встановивши деталь у призмі.
4. Визначити овальність за допомогою гладкого мікрометра.
5. Визначити конусоподібність, бочкоподібність і седлоподібність, використовуючи гладкий мікрометр.
6. Визначити відхилення від паралельності площини відносно базової площини деталі за допомогою індикатора годинникового типу.
7. Визначити відхилення від перпендикулярності за допомогою повірочного косинця і індикаторів годинникового типу.
8. Визначити відхилення від співвісності двох циліндричних поверхонь відносно осі базової поверхні деталі за допомогою призми та індикаторів годинникового типу, закріплених у штативах.
9. Визначити відхилення від симетричності паза або лиски за допомогою індикатора годинникового типу та інших засобів, потрібних для збирання схеми перевірки
10. Визначити радіальне, повне радіальне, торцеве, повне торцеве биття за допомогою биттеміра.
11. Занести результати вимірювань у Таблицю 1.
12. Накреслити використані схеми перевірки відхилень форми та розташування поверхонь деталей.

Таблиця 1 – Результати контролю форми і розташування поверхонь деталей

<i>Відхилення форми</i>	
<i>Назва</i>	<i>Значення</i>
Прямолінійність	
Площинність	

Круглість	
Овальність	
Конусоподібність	
Бочкоподібність	
Седлоподібність	
Відхилення розташування	
Паралельність	
Перпендикулярність	
Співвісність	
Симетричність	
Сумарні відхилення форми і розташування	
Радіальне биття	
Повне радіальне биття	
Торцеве биття	
Повне торцеве биття	

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке відхилення форми поверхні?
2. Методи і засоби контролю відхилень форми.
3. Що таке відхилення розташування поверхонь?
4. Методи і засоби контролю відхилень розташування поверхонь.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

Тема: Визначення параметрів шорсткості поверхонь

Мета: Ознайомитися з параметрами контролю шорсткості деталей машин та методами їх контролю. Набути навичок вимірювання шорсткості.

Матеріальне забезпечення: порівняльні зразки шорсткості, профілометри.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Шорсткістю поверхні називається сукупність нерівностей з відносно малими кроками, виділену за допомогою базової довжини (ГОСТ25142-82). Числові значення шорсткості поверхні визначають від єдиної бази, за яку прийнято *середню лінію профілю t* , яка проведена так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю до цієї лінії є мінімальним. Згідно ГОСТ 2789-73 шорсткість поверхонь виробів оцінюється одним або декількома параметрами (рис.1). Параметри шорсткості поділяються на параметри, пов'язані з висотними властивостями нерівностей (R_z , R_a , R_{max}), параметри, пов'язані з властивостями нерівностей у напрямку довжини профілю (S , S_m), параметри, пов'язані з формою нерівностей профілю (η_p , t_p).

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a – середнє арифметичне з абсолютних значень відхилень профілю y_i в межах базової довжини l :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \quad \text{або} \quad R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

де n - число вибраних точок на базовій довжині.

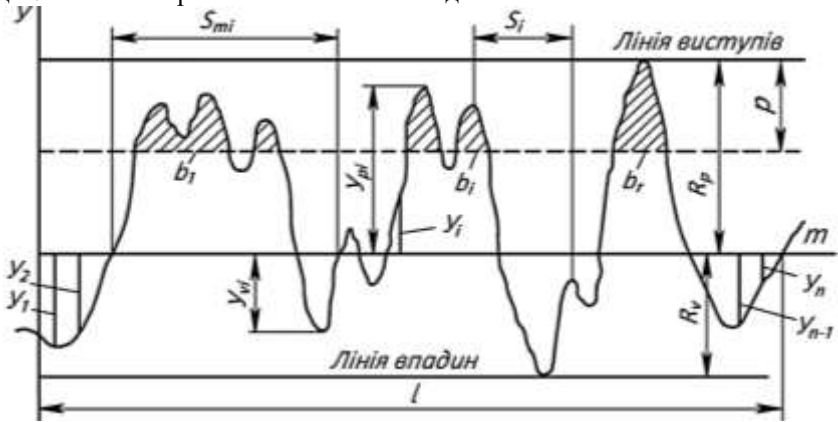


Рис.1 – Профілограма та основні параметри шорсткості

Висота нерівностей профілю по десяти точках R_z - сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших заглиблень профілю в межах базової довжини:

$$R_z = \frac{1}{5} \left[\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right]$$

Найбільша висота нерівностей R_{max} - відстань між лінією виступів профілю та лінією заглиблень профілю в межах базової довжини.

Середній крок нерівностей профілю S_m - середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини:

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

де S_{mi} - крок нерівностей профілю, рівний довжині відрізка середньої лінії, що перетинає профіль у трьох сусідніх точках і обмежена двома крайніми точками; n - число кроків у межах базової довжини.

Середній крок місцевих виступів профілю S - середнє значення кроку місцевих виступів профілю в межах базової довжини:

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

де S_i - крок нерівностей профілю по вершинах, рівний довжині відріжку середньої лінії між проєкціями на неї двох найвищих точок сусідніх виступів профілю; n - число кроків нерівностей по вершинах у

межах базової довжини.

Рекомендується використовувати переважно значення параметрів R_a , оскільки зразки порівняння шорсткості поверхні за ГОСТ9378-75 виготовляють саме з цими значеннями R_a .

Опорна довжина профілю η_p – сума довжин відрізків b_i , що перетинаються на заданому рівні p (рис.2) у матеріалі профілю лінійю, еквідистантною середній лінії m у межах базової довжини:

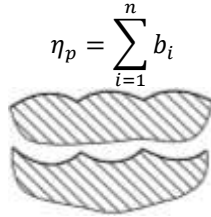


Рис.2 – Приклад профілів (p) нерівностей поверхонь, що мають різну форму, але однакове R_a .

Відносна опорна довжина профілю t_p – відношення опорної довжини профілю до базової довжини:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l}$$

Рівень шорсткості поверхні залежить від виду механічної обробки (табл.1).

Таблиця 2 - Вплив видів механічної обробки на величину шорсткості

Вид обробки	Значення параметра R_a , мкм	Квалітет
Точіння чорнове (обдирне)	25 – 100	15 - 17
Точіння чистове	1,6 – 3,2	7 - 9
Розточування чорнове	50 – 100	15 - 17
Розточування чистове	1,6 – 3,2	8, 9
Торцеве обточування чорнове (обдирне)	3,2 – 12,5	11 – 13
Стругання чорнове	12,5 – 25,0	12 - 14
Стругання чистове	3,2 – 6,3	11 - 13
Розгортання чистове	1,6 – 3,2	7 - 8
Розгортання тонке	0,63 – 0,8	7
Свердління	6,3 – 12,5	12 - 14
Фрезерування чорнове (обдирне)	6,3 – 12,5	12 - 14
Фрезерування чистове	3,2 – 6,3	11
Зенкерування чорнове	12,5 – 25,0	12 - 15
Зенкерування чистове	3,2 – 6,3	10, 11
Протягування чистове	0,8 – 3,2	7 - 8
Шліфування попереднє	1,25 - 2,5	8 - 9
Шліфування чистове	0,63 – 1,1,25	6 - 8
Шліфування прецизійне	0,16 - 0,4	5 - 6
Притирання, доведення, алмазна обробка	0,16 – 0,	5 - 6
Хонінгування попереднє	0,04 – 0,16	6 - 7
Хонінгування прецизійне	0,02 – 0,08	5 - 6
Суперфінішування	0,04 - 0,16	5 - 6

Вимоги до шорсткості поверхонь деталей встановлюються за їх функціональним призначенням. Шорсткість у рухомих з'єднаннях разом з хвилястістю і відхиленням форми та розміщення поверхонь призводить до нерівномірності зазору, до зменшення площі контакту, що призводить до збільшення тиску в зоні контакту, посиленого спрацювання, зниження надійності і довговічності машини. До того ж, на грубо оброблених поверхнях швидше виникає і розповсюджується корозія.

Найпростіший і суб'єктивний спосіб оцінити шорсткість на робочому місці, який тепер не часто використовується – це порівняння із зразками шорсткості – брусками з циліндричною або плоскою поверхнями (рис.3).

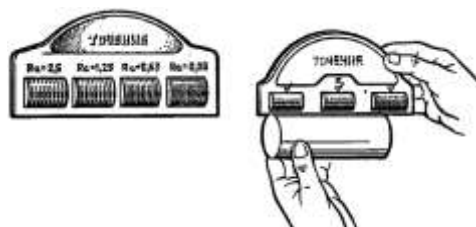


Рис.3 – Порівняння поверхні із зразками шорсткості

Засоби вимірювання параметрів шорсткості поділяють на контактні і неконтактні. До контактних приладів відносяться профілометри, профілометри-профілографи. Профілометри безпосередньо показують значення R_a , а профілографи записують профіль контрольованої поверхні у вигляді профілограми за якою можна визначити параметри шорсткості. На рисунках 4 - 5 показані деякі профілометри контактного типу.

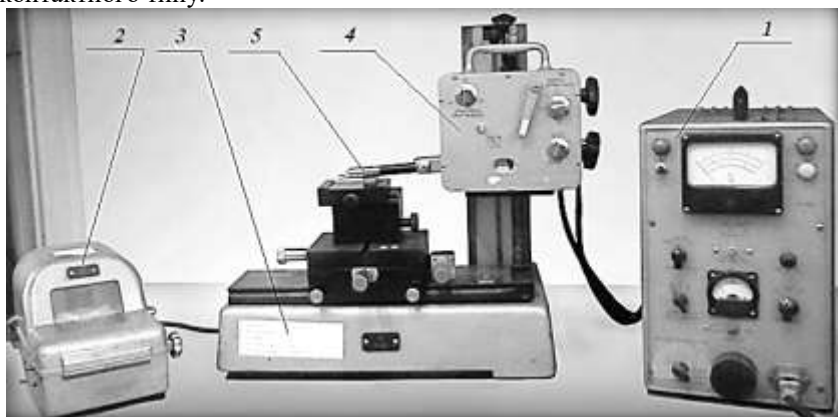


Рис.4 – Профілометр-профілограф моделі 201:

1 – електронний датчик; 2- записуючий пристрій (профілограф); 3 – стійка з кареткою і основою; 4 – моторпривід; 5 – первинний перетворювач з алмазною голкою і датчиком



Рис.5 – Портативні профілометри

До безконтактних (оптичних) приладів вимірювання шорсткості відносяться прилади світлового перетину ПСС, МИС (подвійний мікроскоп), прилади тіньового перетину ПТС, мікроскопи однооб'єктивні муарові МОМ, мікроінтерферометри МИИ, мікроскопи-профілометри МПИ, лазерні скануючі мікроскопи-профілометри. Деякі з цих приладів показані на рисунках 6-8.

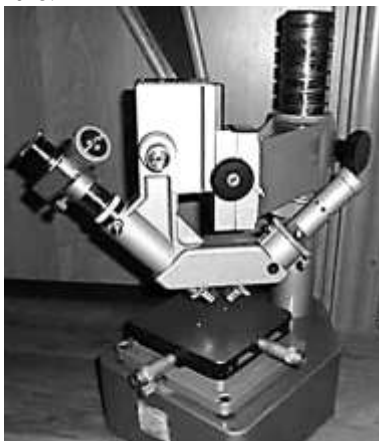


Рис.6 – Подвійний мікроскоп МИС-11



Рис.7 – Мікроінтерферометр МИИ-5



*Лазерний мікроскоп
з встановленими оптичними системами
лазерного сканування*

*Монітор для відображення
відсканованих поверхонь*

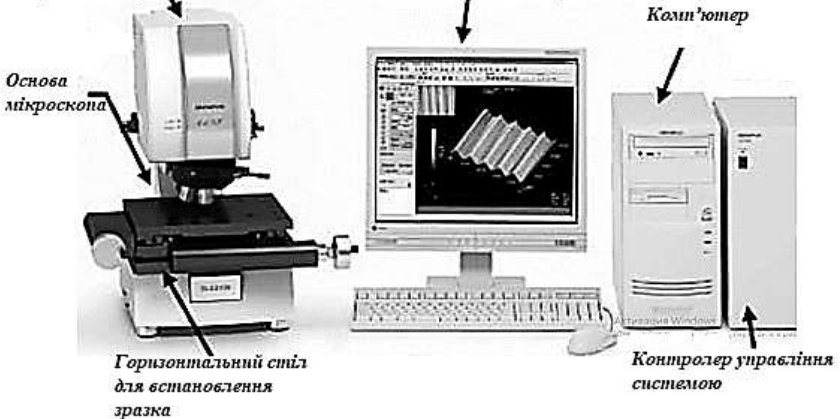


Рис.8 – Лазерні скануючі конфокальні мікроскопи

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Накреслити профілограму і проставити основні параметри шорсткості.
2. Отримати деталь та її креслення. Визначити шорсткість декількох поверхонь отриманої деталі методом порівняння із зразками шорсткості. Зробити висновки про відповідність шорсткості поверхонь вимогам креслення.
3. Ознайомитися з будовою і правилами роботи на профілометри-профілографі моделі 201 за інструкцією по експлуатації. Здійснити вимірювання шорсткості поверхонь деталі за допомогою цього приладу.

Зробити висновки про відповідність шорсткості поверхонь вимогам креслення.

4. Занести у звіт результати вимірювань шорсткості поверхонь двома методами та накреслити ескіз деталі з проставленими значеннями шорсткості на вимірюваних поверхнях згідно ГОСТ2.309-73 ЄСКД.

5 Вивчити значення шорсткості, які доцільно призначати для різних видів механічної обробки деталей.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Якими параметрами характеризується шорсткість поверхонь?
2. Якими методами визначаються параметри шорсткості поверхонь і здійснюється їх контроль?
3. Як впливають параметри шорсткості на експлуатаційні показники деталей машин?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для вузов/ А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.: ил.
2. Іщенко Л.Й. Взаємозамінність, стандартизація та метрологічне забезпечення технічних вимірювань: навч. посібник (для вищих навчальних закладів)/ Л.Й.Іщенко, В.В.Петрікін, С.І. Дядя, Б.М.Левченко; під заг. ред. Л.Й.Іщенко – Запоріжжя, Вид. комплекс ВАТ «Мотор Січ», 2010-451с.
3. ГОСТ 2475-88. Проволочки и ролики. Технические условия.-Взамен ГОСТ 2475-62; введ.1990-01-01.-М.: Издательство стандартов, 1989.-15с.
4. ГОСТ 8724-2002 (ИСО 261-78). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги. – Взамен ГОСТ8724-81; введ. 2004-10-01. –Мн.: Изд-во БелГИСС, 2004,-4с.
5. ГОСТ 24705-2004 (ИСО 724: 1993). Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры. – Взамен ГОСТ 24705-81; введ.2006-01-01. – Мн. : Изд-во БелГИСС, 2005,-16с.
6. ГОСТ 21401-75. Калибры гладкие для размеров до 500мм. Исполнительные размеры. введ.1977-01-01.-М.: Издательство стандартов, 1975.-64с.
7. ГОСТ 166-89. Штангенциркули. Технические условия. введ.1991-01-01.-М.: Издательство стандартов, 1989.-18с.
8. ГОСТ 9038-90. Меры длины концевые плоскопараллельные. Технические условия. введ.1991-01-07.-М.: Издательство стандартов, 1990.-13с.
9. ГОСТ 577- 68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм. Технические условия. введ.1968-05-02. -М.: Издательство стандартов, 1968.-11с.
10. ГОСТ 6507-90. Микрометры. Технические условия. введ.1991-01-01.-М.: Издательство стандартов, 1989.-11с.
12. ГОСТ 24642-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. . введ.1981-01-07.-М.: Издательство стандартов, 1981.-45с.
13. ГОСТ25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. введ.1982-18-02.-М.: Издательство стандартов, 1981.-20с.

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ**

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Укладач: О.В.Габовда

Тираж 12 пр.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного
реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої
продукції ДК № 4916 від 16.06.2015 р.

Редакційно-видавничий відділ МДУ, 89600, м.Мукачево,
вул.Ужгородська, 26



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>