ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою Державного університету «Житомирська політехніка» протокол від __ _____ 20__ р. №__

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
«ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ АВТОМОБІЛЯ»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності J8 «Автомобільний транспорт»
освітньо-професійна програма «Автомобільний транспорт»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії та автомобільного транспорту

Рекомендовано на засіданні кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту
___ _____ 20__ р.,
протокол № ___

Розробники: к.т.н., доц., доцент кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ,
старший викладач кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту Валентин ОТАМАНСЬКИЙ
старший викладач кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту Олександр БАГІНСЬКИЙ

Житомир
2026

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Основи конструювання автомобіля» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності J8 «Автомобільний транспорт» освітньо-професійна програма «Автомобільний транспорт» [Електронне видання]. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2026. – 123 с.

Розробники: к.т.н., доц., доцент кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ, старший викладач кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту Валентин ОТАМАНСЬКИЙ старший викладач кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту Олександр БАГІНСЬКИЙ.

Рецензенти:

Дмитро БЕГЕРСЬКИЙ – кандидат технічних наук, доцент кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту.

Яна КОВАЛЕНКО – доктор філософії зі спеціальності прикладна механіка, завідувач кафедри механічної інженерії та автомобільного транспорту.

Затверджено Вченою радою факультету комп’ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки (протокол № ___ від ___ _____ 20__ р.)

Методичні рекомендації призначені для забезпечення підготовки, виконання та захисту лабораторних робіт з дисципліни «Основи конструювання автомобіля» студентами освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності J8 «Автомобільний транспорт» освітньо-професійна програма «Автомобільний транспорт».

ЗМІСТ

Лабораторна робота № 1. Контроль деталей універсальними вимірювальними інструментами 4

Лабораторна робота № 2. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини 18

Лабораторна робота № 3. Контроль граничних калібрів 24

Лабораторна робота № 4. Контроль форми та розташування циліндричних поверхонь індикаторними інструментами. 41

Лабораторна робота № 5. Визначення параметрів шорсткості поверхні. 52

Лабораторна робота № 6. Вивчення конструкції прямозубого циліндричного зубчастого редуктора. 70

Лабораторна робота № 7. Вивчення конструкції косозубого циліндричного зубчастого редуктора. 75

Лабораторна робота № 8. Вивчення конструкції конічного зубчастого редуктора 81

Лабораторна робота № 9. Вивчення конструкції редуктора моста головної передачі. 86

Лабораторна робота № 10. Дослідження моменту тертя в підшипниках кочення. 96

Лабораторна робота № 11. Контроль параметрів різьб 101

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 118

ДОДАТКИ 122

Додаток 1.Титульний лист. Звіт з лабораторних робіт 123

Лабораторна робота № 1. Контроль деталей універсальними вимірювальними інструментами

Мета роботи:

- вивчити будову та принцип роботи універсальних вимірювальних інструментів;
- засвоїти методику вимірювання деталей;
- провести вимірювання розмірів деталі та зробити висновок щодо їх придатності.

Матеріальне забезпечення:

- штангенциркуль ШЦ-1, ШЦ-2, ШЦ-3;
- мікрометр МК 0-25, МК 25-50, МК 50 75;
- мікрометричний нутромір;
- стійка для мікрометра;
- деталі для контролю.

Вимірювання за допомогою штангенінструментів

1.1. Види штангенінструментів

Основними видами штангенінструментів є штангенциркуль, штангенглибиномір та штангенрейсмус (рис. 1.1). Всі вони мають однаковий відліковий пристрій, що складається із штанги з основною шкалою та ноніуса з додатковою шкалою для відліку цілих та дробових ділень ціни поділки.

Серед штангенінструментів найбільш розповсюджені штангенциркулі, що зумовлене універсальністю останніх.

Стандарти ISO 3599:1976 передбачають виготовлення таких типів штангенциркулів:

ШЦ-І – з двобічним розташуванням губок й ніжкою глибиноміру, ціною поділки 0,1 мм та межами вимірювання 0...125 мм. Він є самим універсальним, але має невисоку точність (рис. 1.1, б).

ШЦ-II – має двобічне розташування губок і вузол мікроподачі ноніуса, ціну поділки 0,05 та 0,02 мм і межі вимірювання 0...200 та 0...320 мм (рис. 1.1, д).

ШЦ-III – має однобічне розташування губок, ціну поділки 0,1 та 0,05 мм і межі вимірювання 0...500; 250... 710; 320...1000; 500... 1400; 800...2000 мм (рис. 1.1, г). Застосовують для вимірювання великих розмірів.

ШЦК – має відліковий пристрій у вигляді годинникової шкали (рис. 1.1, е).

ШЦЦ – має цифровий відліковий пристрій (рис. 1.1, ж).

Деякі параметри штангенінструментів представлені в табл. 1.1.

Штангенглибиномір (рис. 1.1, в) відрізняється від штангенциркуля тим, що в нього відсутня губка штанги, а губка рамки виконана у вигляді площини. Площа вимірювальної поверхні основи значно більша вимірювальної поверхні штанги, що забезпечує стійкість штангенглибиноміра при вимірюваннях та можливість його використання при вимірюванні глибини в отворах та пазах.

Штангенглибиноміри виготовляються трьох типорозмірів:

- з межами вимірювань 0...200 мм та точністю відліку за ноніусом 0,05 мм;
- з межами вимірювань 0...300 мм та точністю відліку за ноніусом 0,05 мм;
- з межами вимірювань 0...500 мм та точністю відліку за ноніусом 0,1 мм.

Штангенрейсмус (рис. 1.1, а) відрізняється від штангенциркуля тим, що замість губки штанги він має масивну основу з точно обробленою площиною. Штангенрейсмуси виготовляються з ціною поділки 0,1 мм і 0,05 мм та межами вимірювання 0-250…1500-2500 мм.

Штангенциркулі та штангенглибиноміри використовуються в основному для вимірювань; штангенрейсмуси – для розмітки, хоча ними можна вимірювати зовнішні та внутрішні розміри деталей, а штангенциркуль ШЦ-2 можна використовувати для розмітки.

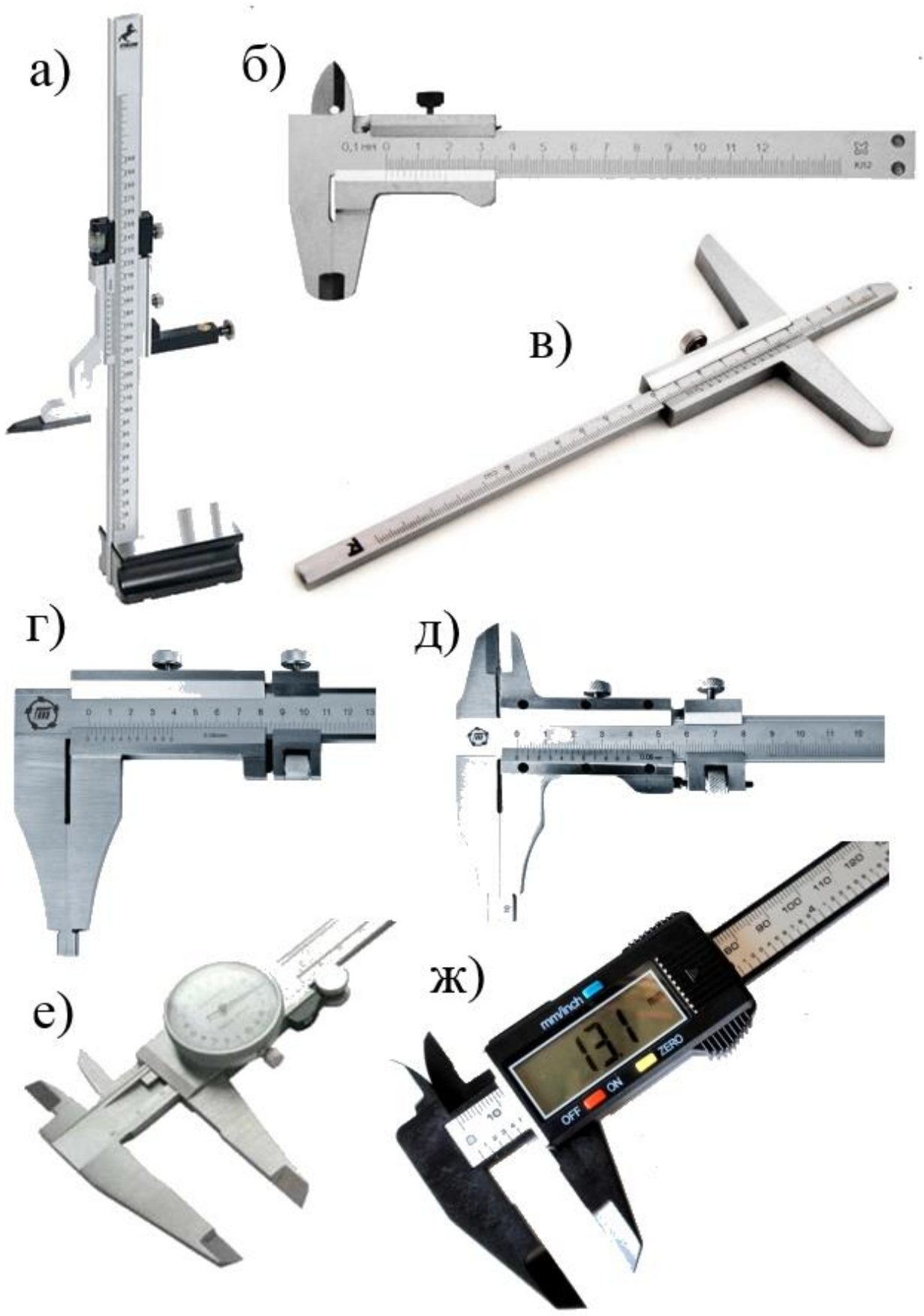


Рис. 1.1. Види штангенінструментів

Таблиця 1.1.

Параметри штангенінструментів

Типи інструментів	Границі вимірювань, мм	Відлік за ноніусом, мм
ШЦ-І, ШЦТ-І	0…125	0,1
ШЦ-І, ШЦ-ІІІ	0…160; 0…200; 0…250	0,05 та 0,1
	0…400; 250…630	0,1
	320…1000; 500…1600	0,1
	800…2000; 1800…3000	0,1
	2000…4000	0,1
Штангенглибиноміри	0…160; 0…200; 0…250	0,05
	0…315; 0…400	0,1
	0…400; 0…500	0,1
Штангенрейсмуси	0…250; 40…400; 60…630	0,05
	60…630; 100…1000	0,1
	600…1600; 1500…2500	0,1

1.2. Методика відліку розміру

Основна шкала у штангенінструментів нанесена на штанзі з інтервалом поділки 1 мм і призначена для відліку цілих міліметрів. **Шкала ноніуса** використовується для відліку часток поділок основної шкали. Ціна поділки ноніуса (відлік за ноніусом) дорівнює ціні поділки основної шкали розділеної на число поділок ноніуса: $n{:}c = \frac{a}{n}$. Ноніус призначений для визначення дробової величини ціни поділки штанги, тобто для визначення частки міліметра.

Точність, а якою можна проводити відлік за шкалою штангенінструмента, залежить від того, на скільки інтервал поділки шкали ноніуса менший за інтервал поділки основної шкали. У відповідності з цим точність відліку за шкалою штангенінструмента може бути 0,1; 0,05 або 0,02 мм.

При вимірюванні деталі ноніус займає відносно основної шкали положення, в якому нульовий штрих ноніуса вказує на основній шкалі величину розміру, що вимірюється (рис. 1.2, б).

Якщо нульовий та останній штрихи ноніуса точно співпадають з поділками основної шкали, то розмір або дорівнює нулю, або складається тільки з цілих міліметрів, які слід відрахувати за основною шкалою від нульового штриха ноніуса (рис. 1.2, а).

Якщо нульовий штрих ноніуса не співпадає з поділкою основної шкали, розмір буде дробовим, долі міліметра слід відрахувати по тій поділці ноніуса, яка співпадає з однією з поділок основної шкали (рис. 1.2, б, в, г).

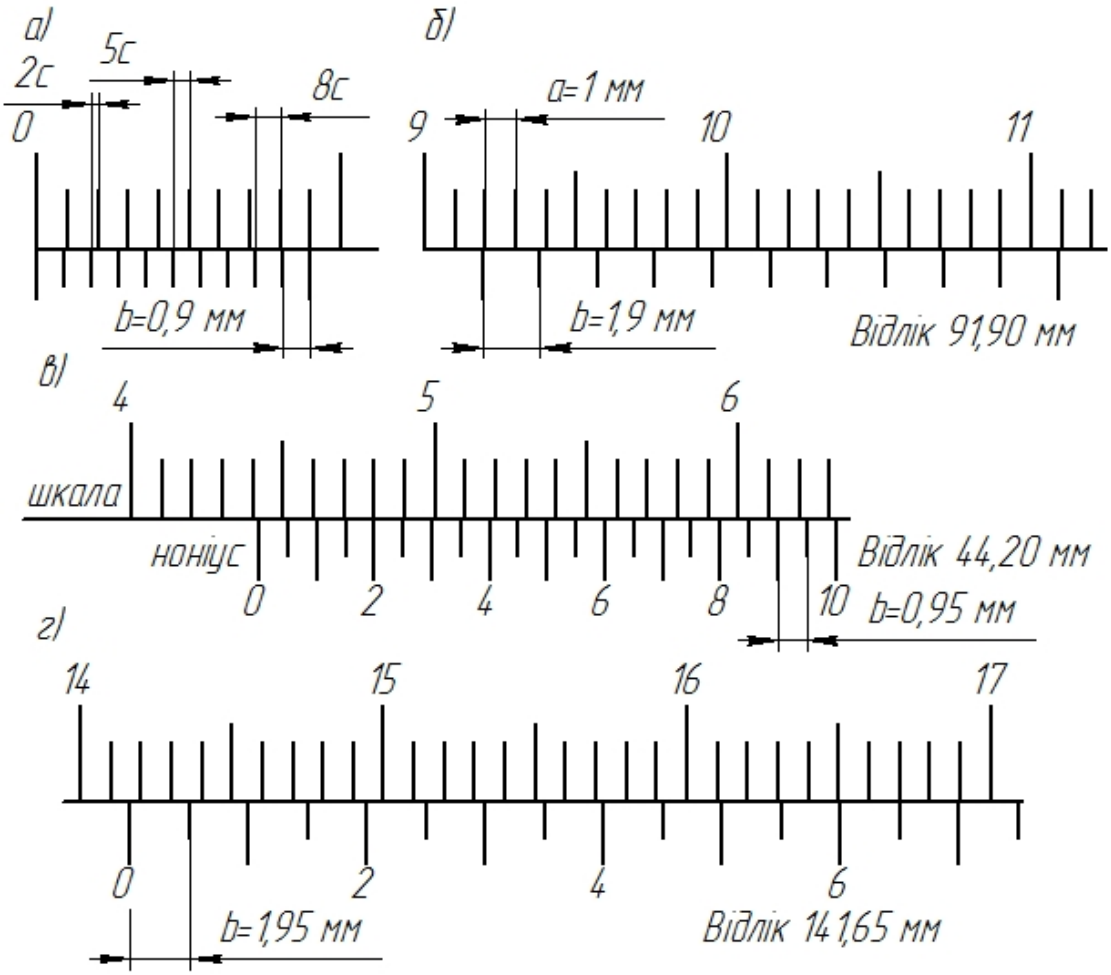


Рис. 1.2. Відлік за ноніусами штангенінструментів

а) с=0,1 мм, j=1, n-10; б) с=0,1 мм, j=2, n=10;

в) с=0,05 мм, j=1, n=20; г) с=0,05 мм, j=2, n=10.

Таким чипом, відлік розміру проводиться згідно виразу:

$$L = l + k \cdot i_n,$$

де: L – вимірюваний розмір;

l – показник основної шкали;

k – порядковий номер штриха, що співпадає з будь яким штрихом основної шкали;

i_n – ціна поділки ноніуса, мм.

Правило відрахування показань за шкалою з ноніусом:

– ціле число міліметрів, з якого складається розмір, тобто l, визначається цілим числом інтервалів шкали між нульовою поділкою штанги і нульовою поділкою ноніуса;

– дробова частка міліметра, що входить в розмір, дорівнює порядковому номеру штриха k шкали ноніуса, помноженому на величину ціни поділки ноніуса.

1.3. Порядок вимірювання

Перевірити «нульове» положення штангенциркуля, щільно зсунувши його губки. Якщо інструмент справний, то:

- пересувна рамка разом із рамкою мікрометричної подачі пересувається легко без заїдання;
- світлова щілина між губками у початковому положенні відсутня;
- «мертвий» хід мікрогвинта не перевищує 1/4 оберту;
- співпадають нульові штрихи ноніуса та штанги; обов'язкова наявність пружини та кріпильних гвинтів.

Вимірювання деталі належить провести за розмірами: $D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, L_1, L_2, L_3, L_4, L_5$ (рис. 1.3).

Для визначення розміру деталі поверхня щільно затискається між вимірювальними поверхнями губок (див. довідникову карту на робочому місці та рис. 1.1, б) При цьому штангенциркуль належить тримати правою рукою за

штангу, а рамку пересувати великим пальцем руки за виступ. Затискати губку належить так, щоб інструмент міг вільно ковзати по деталі і в той же час не мав можливості хитатися на ній. Губки штангенциркуля повинні прилягати до вимірюваної поверхні по всій довжині і не перекошуватись. Після встановлення інструмента слід застопорити рамку затискачем і провести відлік. При відліку розміру слід дивитися на шкалу під прямим кутом. В іншому разі виникають неминучі помилки від паралаксу. Ескіз вимірюваної деталі подається на рис. 1.3.

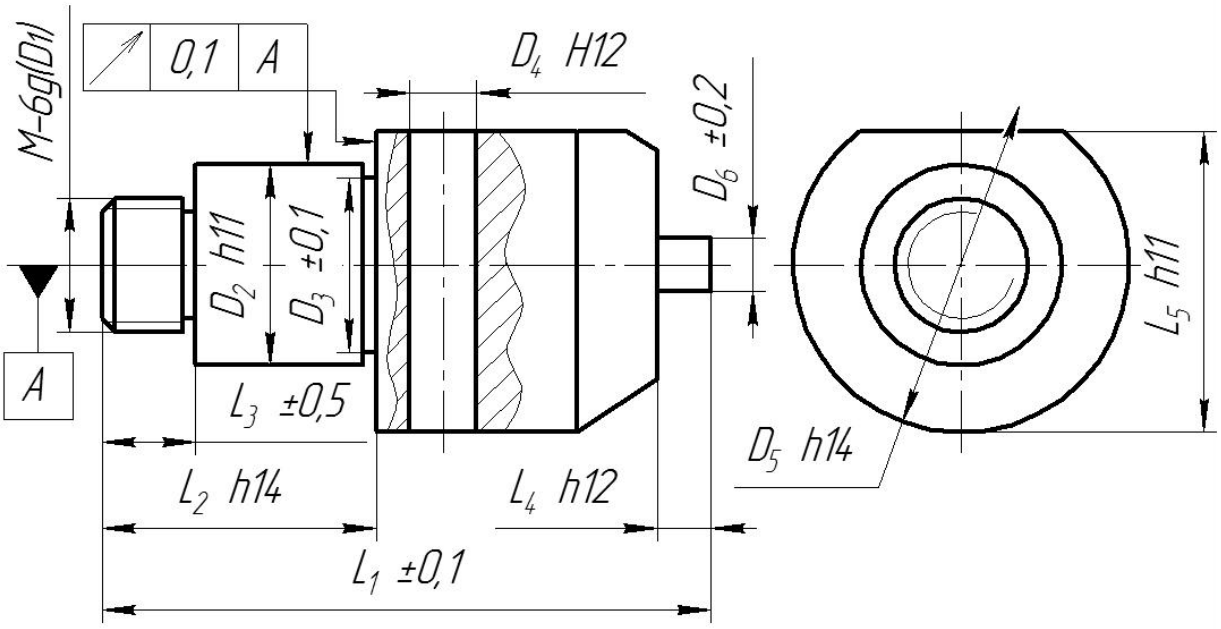


Рис. 1.3. Ескіз деталі, що контролюється

Результати вимірювань записують у таблицю звіту.

За даними кресленика й таблицями ДСТУ EN ISO 286-2:2022 слід встановити граничні розміри відповідних поверхонь контрольованої деталі та занести їх до таблиці звіту.

Порівнюючи дійсний розмір з граничними, зробити висновок про придатність деталі за кожним із контрольованих розмірів.

1.4 Вимірювання за допомогою мікрометричних інструментів

1.4.1. Види та призначення мікрометричних інструментів

Найбільше розповсюдження одержали мікрометри гладкі, мікрометричні нутроміри та мікрометричні глибиноміри. Загальним для них є наявність мікрометричної головки з гвинтовою парою та відліковим пристроєм у вигляді двох шкал (рис. 1.4, в).

1. Зовнішні розміри виробів слід вимірювати мікрометрами з плоскими вимірювальними поверхнями.

ISO 3611:1978 встановлює границі (межі) вимірювань для таких мікрометрів 0...25; 25...50; 50...75; ...; 475...500 мм.

Мікрометри гладкі використовують для перевірки плоских та циліндричних деталей. Вони також можуть бути використані для вимірювання будь-якого охватного розміру, наприклад, розміру «М» при вимірюванні середнього діаметру різьби методом трьох дротиків.

При використанні мікрометра його слід тримати в руках або встановити в стійці.

В мікрометрах для зовнішніх вимірів (рис. 1.4) порожнисте стебло 1 жорстко пов'язане зі скобою 3. Однією з поверхонь вимірювання є торець мікрометричного гвинта 4, який є рухливим з виходом із стебла на 25 мм. Іншою поверхнею вимірювання є торець п'ятки 5, запресованої в скобі.

Збільшення границь вимірювань досягається не за рахунок розмірів вимірювального механізму, а за рахунок розмірів скоби 3 (див. рис. 1.4, а та б).

Деталь, що вимірюють затискають між торцями мікрогвинта і п'ятки за рахунок обертання мікрогвинта, торець якого при цьому отримує поступальний рух. Вимірюване зусилля не повинне виходити за межі 900 г.

При контролюванні великої партії деталей мікрометр може бути жорстко встановлений на відповідний розмір стопорним пристосуванням 7.

При різних інших вимірюваннях пристрій 7 повинен бути відстопореним.

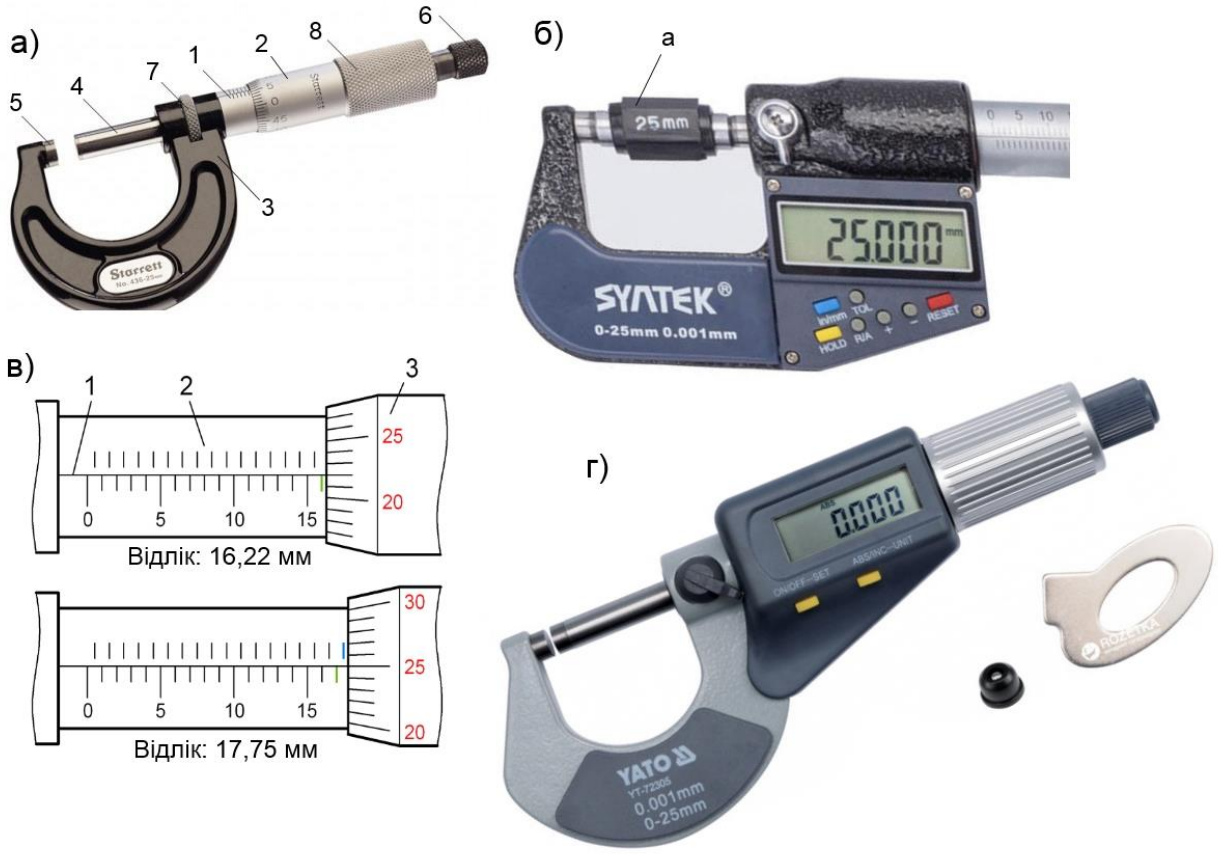


Рис. 1.4. Будова мікрометричних інструментів

2. Внутрішні розміри деталі слід вимірювати за допомогою мікрометричних нутромірів. В них відсутні скоба та трещітка, а вимірювальні кінцевики виконані сферичними.

Слід звернути увагу, що в них розширені границі вимірювань (більше 25 мм). Вони виготовляються з границями вимірювань 50...75; 75...175; 75...600; ...; 4000...10000 мм. Це розширення меж вимірювань досягається за рахунок набору поздовжувачів, що додається до кожного інструменту.

Для вимірювання глибини пазів, отворів та висоти уступів слід використовувати мікрометричні глибиноміри. Діапазони вимірювань 0...100 та 0...150 мм також розширені за рахунок використання змінних вимірювальних стержнів.

1.4.2. Методика відліку розміру

За шкалою барабана відраховують соті частки міліметра. Ціна поділки шкали барабана всіх мікрометричних інструментів 0,01 мм. Шкала нанесена на

конусний торець барабана і має 50 штрихів, тобто один повний оберт барабана дає 0,5 мм (рис. 1.4, в).

Барабан зв'язаний із шпинделем (мікрометричним гвинтом), що має різьбу з кроком 0,5 мм. Число поділок барабана – 50.

При повному оберті барабана шпиндель переміщується вздовж осі на 0,5 мм, при оберті на 1 поділку – на 1/50 кроку:

$$0{,}5:50 = 0{,}01 \text{ (мм)}.$$

Отже, ціна поділки барабана дорівнює 0,01 мм.

Вимірюваний розмір можна визначити за кутом оберту барабана, тобто за числом повних обертів та неповного оберту. Для зручності відліку повних обертів служить поздовжня шкала, яка нанесена на стеблі.

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. Обидва ряди штрихів створюють одну поздовжню шкалу з ціною поділки 0,5 мм. Вказівником для відліку цілого числа поздовжньої шкали служить скошений край барабана, вказівником для кругової шкали барабана – поздовжня лінія стебла.

Розмір, що перевіряється, з точністю до 0,5 мм відсікається по шкалі стебла 1 зрізом барабанчика 2. Він відповідає цілому числу обертів барабанчика. Частка обертів, тобто соті частки міліметра, відраховують на зрізі барабанчика. Число сотих часток відповідає поділці кругової шкали, яка розташована навпроти довгої осьової лінії (горизонтальної), що поділяє шкалу стебла на верхню і нижню частину.

Правило:

– якщо з-під зрізу барабанчика 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 – вимірюваний 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.

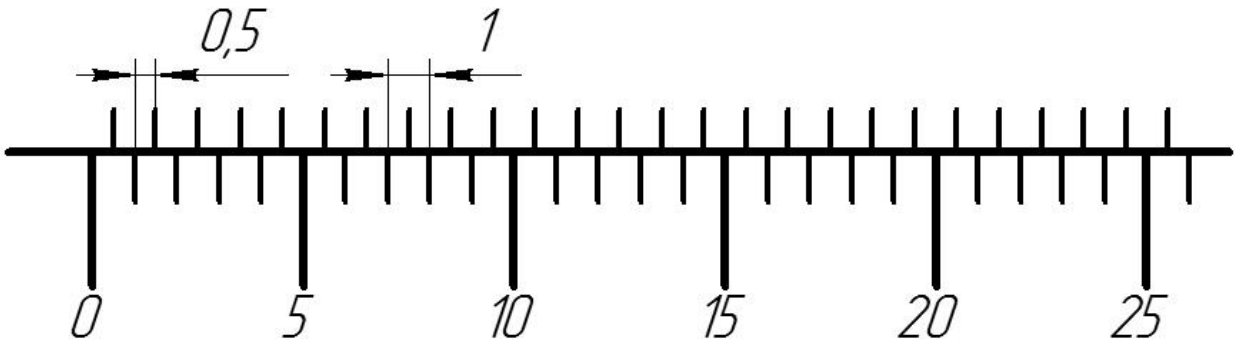


Рис. 1.5. Схема відліку розміру

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

1.4.3. Порядок вимірювання

1. Встановити мікрометр в стійку. 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.

2. 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 установленнях та послідуючих вимірюваннях барабан слід обертати тільки за трещітку 9 (див. рис. 1.4). Невиконання цієї умови призводить до помилок в результатах та псування інструменту.

3. Провести вимірювання деталі по D_2, D_5, D_6, L_5 (див. рис. 1.3) та записати їх значення до таблиці звіту. При відліку показників мікрометр тримати прямо перед очима.

4. За даними кресленика й таблицями ДСТУ EN ISO 286-2:2022 встановити граничні розміри контрольованих поверхонь та записати їх до таблиці звіту. Порівнюючи дійсні розміри з граничними, зробити висновки щодо придатності кожного контрольованого розміру.

Результати всіх вимірювань занести до таблиці звіту.

Правила користування ДСТУ EN ISO 286-2:2022. Справжній стандарт містить числові значення граничних відхилень отворів і валів для класів допусків загального застосування. У стандарті приведені значення верхніх граничних відхилень отворів *ES* і валів *es*, а також нижніх граничних відхилень отворів *EI* і валів *ei*. Числові значення полів допусків валів і отворів для розмірів від 1 до 500 мм дані відповідно в табл. 7 та табл. 8 цього стандарту.

Таблиці розділені покваліте тно. Номер (номери) квалітетів вказані над таблицею. Нижче дані схеми розташування полів допусків. Розміри розбиті на інтервали. Кожному полю допуску у визначеному інтервалі відповідає два числових значення – верхнього і нижнього відхилення (верхнє розташоване над нижнім). Відхилення полів допусків «h» і «H» (верхнє або нижнє), що дорівнює нулю, також вказується.

Необхідне числове значення знаходиться у клітинці на перетині інтервалу розмірів по горизонталі і поля допуску – по вертикалі.

Наприклад, для поля допуску 18h11 потрібно знайти 11-й квалітет. Він знаходиться в таблиці «Квалітети от 10 до 12».

Інтервал розмірів – вище 14 до 18 (18 входить в розмір «до 18»). Поле допуску h11. На перетині цих двох величин знаходимо два граничні відхилення: $\begin{matrix}0\\-110\end{matrix}$: тобто найменший граничний розмір – 17,890, найбільший розмір – 18,000.

Аналогічно знаходять граничні розміри для отворів (табл. 8 стандарту).

У технічно та економічно обґрунтованих випадках допускається використання додаткових полів допусків, приведених в обов'язковому додатку 3 цього стандарту (наприклад, для шпонкових з'єднань поле допуску N9).

Лабораторна робота №1	**Контроль деталі універсальним вимірювальним інструментом**

Ескіз деталі з контрольованими розмірами

Використані вимірювальні інструменти	Тип та марка	Ціна поділки	Границі вимірювання

Позначення розміру	Величина розміру та допуску	Граничні розміри згідно з ДСТУ ISO 286-2:2002		Результати вимірювань		Висновок про придатність
		найбільший	найменший	штангенциркулем	мікрометром	
D_2						
D_3						
D_4						
D_5						
D_6						
L_1						
L_2						
L_3						
L_4						
L_5						

Лабораторна робота № 2. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини

Мета роботи:

- ознайомитись з характеристикою й конструкцією плоскопаралельних кінцевих мір;
- засвоїти методику набирання блоків з кінцевих мір;
- засвоїти методику настроювання приладів за допомогою блоків кінцевих мір для проведення вимірювань відносним методом.

Матеріальне забезпечення:

- набори плоскопаралельних кінцевих мір довжини (ISO 3650:1998);
- скоби гладкі регульовані.

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.

Сферу застосування кінцевих мір можна значно розширити, використовуючи різні стандартні пристосування, наприклад, тримачів в сполученні з боковиками для настроювання приладів та розмітки.

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

В аналогічних випадках слід використовувати і кутові міри. Вони виконуються у вигляді призм і призначені для зберігання і передачі одиниці

плоского кута, перевірки та градуювання кутомірних та кутових шаблонів, а також для контролю виробів.

2. Конструкція наборів кінцевих мір

Для виконання даної лабораторної роботи використовують основний набір кінцевих мір, що складається із 87 шт., та набір кінцевих мір із 10 шт.

Найбільш розповсюджений основний набір із 87 шт. має склад кінцевих мір довжини, представлений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Склад кінцевих мір довжини із 87 плиток

Номінальні розміри плитки, мм	Кількість плиток
1,005	1
1,01; 1,02; 1,03; 1,04; …; 1,48; 1,49	49
1,6; 1,7; 1,8; 1,9	4
0,5; 1,0; 1,5; 2,0; …; 9,0; 9,5	19
10, 20, 30, 40, … 90, 100	10
1; 1; 2	4

Цей набір дозволяє складати блоки з дискретністю 0,005 мм.

Набір мір із 10 плиток 0,991; 0,992; …; 0,999; 1,000 дозволяє складати блоки з дискретністю 0,001 мм.

Кінцеві міри довжини це прямокутні плитки (рис. 2.1, 2.2 а) із загартованої сталі або спеченого матеріалу (твердого сплаву).

Дві протилежні поверхні кожної плитки – вимірювальні, бо завдяки ретельній обробці та доводці плитки мають точно визначений розмір, наприклад: 1,05; 1,27; 2,50; 60 мм. Блоки слід складати притиранням. Кіпцеві міри мають властивість зчіплюваності (притирання) за рахунок ретельної обробки робочих поверхонь. З них можна складати блоки будь-яких розмірів (див. рис. 2.2, б). Притирання та висока точність – головні якості кінцевих мір, що визначають їхню цінність як вимірювальних засобів. Зчеплення пластинок

мір забезпечується силами молекулярного притягання найтонших мастильних плівок на їхніх поверхнях. Міри абсолютно знежирені або з товстим шаром мастила не притираються.



Рис. 2.1. Набір плоскопаралельних кінцевих мір довжини

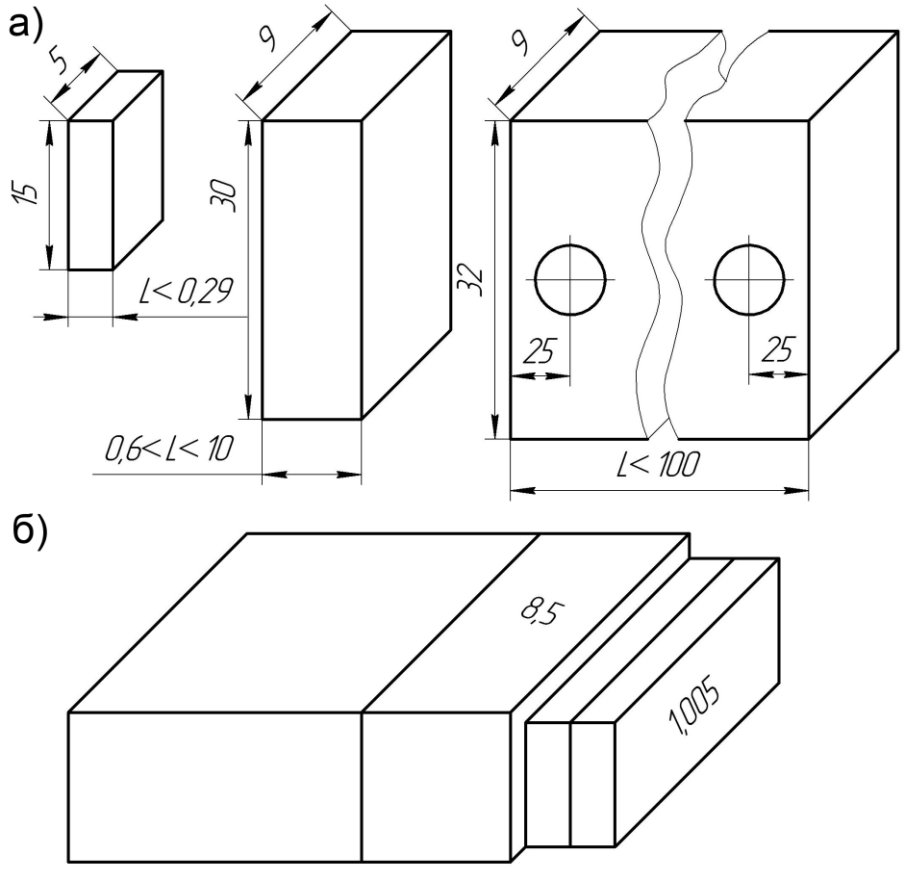


Рис. 2.2. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини

Для меншого зношення мір при складанні блоків з кінцевих мір слід прагнути, щоб вони складались 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 5,5 мм – на боковій неробочій поверхні.

Аналогічно кутові міри можуть використовуватися як окремо, так і блоками із декількох плиток. Блоки плиток кріплять спеціальними утримувачами.

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.

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 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.

Для захисту мір від швидкого зношення та пошкоджень необхідно застосовувати захисні кінцеві міри.

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 5,5 мм, класти на стіл 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.

5. Методика розрахунку кінцевих мір блоку

Попередньо вивчити довідникову карту на відповідному робочому місці. Кожна ланка студентів одержує завдання, що складається з трьох розмірів, вказаних викладачем. Для того, щоб скласти необхідний розмір з найменшої кількості плиток, слід підібрати перш за все такі міри, розмір яких має тисячні частки міліметра, потім – соті частки тощо.

В останню чергу підбираються пластини, розмір яких складає цілі та десятки цілих міліметрів.

Розглянемо викладені положення на прикладі. Припустимо, що треба скласти блок розміром 28,785 мм.

Заданий розмір	28,785 мм
Перша міра, що входить до блоку	1,005 мм (I)
Залишок	27,78 мм
Друга міра, що входить до блоку	1,28 мм (II)
Залишок	26,50 мм
Третя міра, що входить до блоку	6,50 мм (III)
Залишок (четверта міра блоку)	20,00 мм (IV)

Розрахунок кінцевих мір блоків всіх заданих чисел та результати роботи записати до таблиці звіту.

Лабораторна робота №2	**Плоскопаралельні кінцеві міри довжини**

Характеристика наборів мір, що використовуються

Сумарний розмір в блоці	Міра в блоці				
	1-а	2-а	3-а	4-а	5-а

Розрахунок кінцевих мір довжини

Лабораторна робота № 3. Контроль граничних калібрів

Мета роботи:

– ознайомитись з конструкціями та призначенням гладких граничних калібрів-пробок та скоб;

– ознайомитись з методами контролю граничних калібрів-пробок на механічних та оптико-механічних приладах;

– вивчити порядок настроювання регульованих скоб на заданий розмір та способи контролю придатності скоб для вимірювань.

Матеріальне забезпечення:

– гладкі граничні двобічні пробки та регульовані скоби. Розміри калібрів даються для кожної групи студентів, що виконують лабораторну роботу, індивідуально;

– прилади для вимірювань калібрів-пробок – оптиметр вертикальний, оптикатор, мікрокатор, мініметр;

– набір плоскопаралельних кінцевих мір;

– викрутки для регулювання скоби;

– деталі для контролю;

– стійки для вимірювальних головок.

1. Призначення калібрів

Попередньо вивчити довідникову карту на відповідних робочих місцях в лабораторії. 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 на вал, а непрохідний ні, то деталь вважають виконаною вірно. Якщо непрохідний калібр проходить – деталь є остаточним браком; якщо прохідний калібр не проходить – деталь є виправним браком.

Граничні калібри поділяють на робочі та контрольні.

Робочі калібри (прохідний Р-ПР та непрохідний Р-НЕ) призначаються для перевірки виробів в процесі їхнього виготовлення. Цими калібрами користуються працівники, контролери ВТК заводу – виготовлювача, причому необхідно звернути увагу, що в ВТК застосовуються частково зношені робочі калібри Р-ПР та нові Р-НЕ.

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

Конструкція та розміри калібрів-пробок гладких подані в ГОСТ 14807-69 – 14827-69, а конструкція та розміри калібрів-скоб подані в ГОСТ 18358-93 – 18369-93.

2. Конструкція калібрів

2.1. Калібри-скоби

Найбільш розповсюдженими є однобічні двограничні листові скоби (рис. 4.1, а, б, в, г, д).

За конструкцією вони виготовляються прямокутними (рис. 4.1, а, б) для розмірів 1...70 мм та круглими (рис. 4.1, в, г, д). Губка прохідної сторони довша за непрохідну. Губки розділяються проточкою і розташовані на одній стороні скоби, друга площина гладка, без проточки.

Для розмірів 4...50 мм використовують граничні двобічні листові скоби. Вони виконуються з листового матеріалу, товщиною 4-8 мм, і дешеві у виготовленні (рис. 4.1, а, б). Прохідну і непрохідну сторони розрізняють за наявністю фасок на непрохідній стороні.

Якщо скоби виготовляють в значній кількості, то використовують штампування. Штамповані скоби призначені для вимірювання розмірів від 3 до 170 мм.

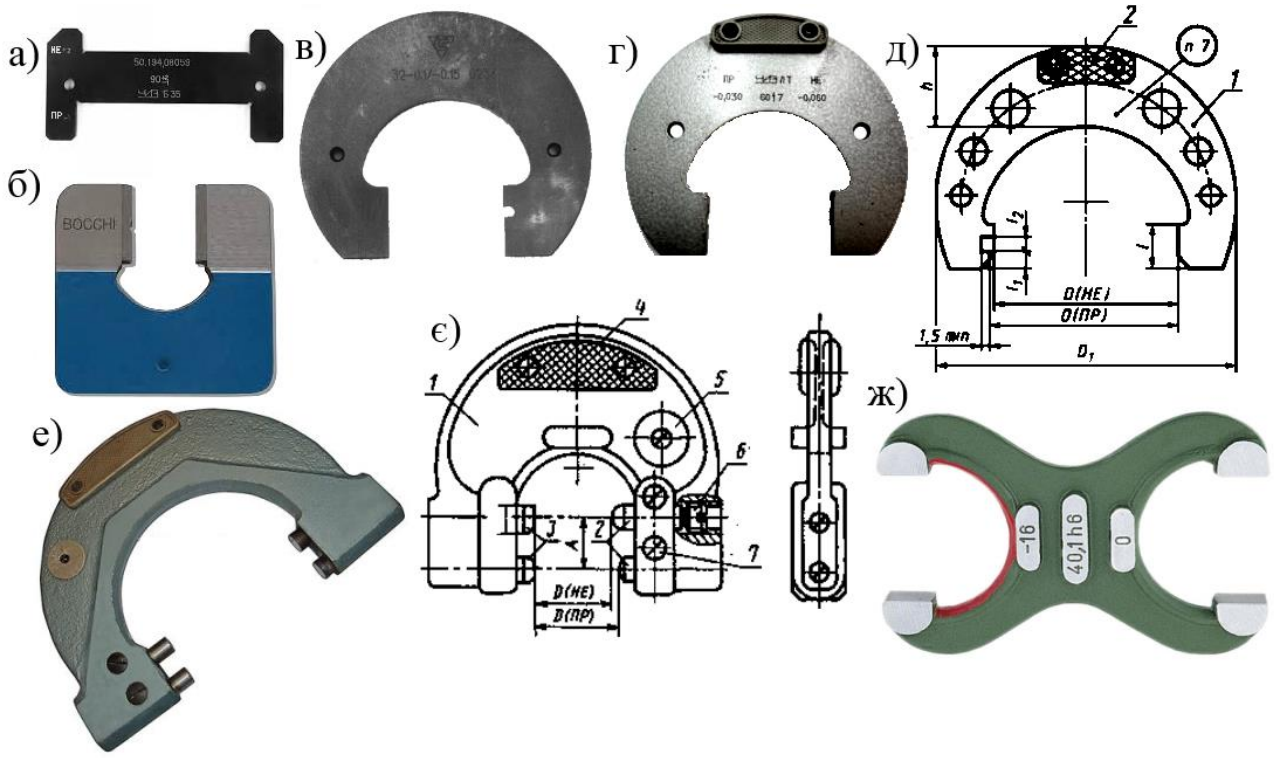


Рис. 4.1. Конструкція калібрів-скоб

Штамповані скоби для розмірів 50…170 мм мають накладки з теплоізоляційного матеріалу (рис. 4.1 е, є).

Однобічні скоби використовують частіше за інші, тому що контроль ними займає менше часу.

Для розмірів 100...325 мм слід використовувати більш жорсткі литі скоби із вставними губками; аналогічно до штампованих для зменшення маси вони виконуються з отворами.

Використовують також регульовані скоби, які можуть бути налаштовані на різні розміри у межах визначеного на скобі інтервалу (мм). Вони використовуються для контролю розмірів 8-го та більш грубих квалітетів (рис. 4.1, е, є).

Складаються регульовані скоби з литого жорсткого корпуса 1, до якого з одного боку вставлені дві нерухомі вставки 2. Вставки 3 можна регулювати за прохідною та непрохідною границями за допомогою гвинтів 4. Після встановлення необхідного розміру (на внутрішній вставці – непрохідного, на зовнішній – прохідного) вставки стопоряться втулками 5 і гвинтами 6. Для цього втулки й вставки мають лиски, зрізані під кутом 6°. Межі регулювання цих скоб складають 3...8 мм в залежності від розмірів. Настроювання на нуль виконується за блоком плоскопаралельних кінцевих мір. Ці величини дорівнюють К-ПР$_{сер}$. та К-НЕ$_{сер}$. Скоби, зображені рис. 4.1, а, б слід використовувати для перевірки розмірів лінійних довжин.

2.2. Калібри-пробки

Калібр-пробка (рис. 4.2) складається зі стрижня (ручки) з однією або двома циліндричними чи конічними головками в залежності від розміру.

Прохідна сторона пробки довша за непрохідну. Це покращує центрування пробки в отворі.

Для розмірів 1...3 мм (рис 4.2, а) виготовляють граничні двобічні пробки, що складаються з ручки, в яку з двох боків вставляються дві вставки (ПР та НЕ), і закріплюються карбонатним клеєм або каніфоллю.

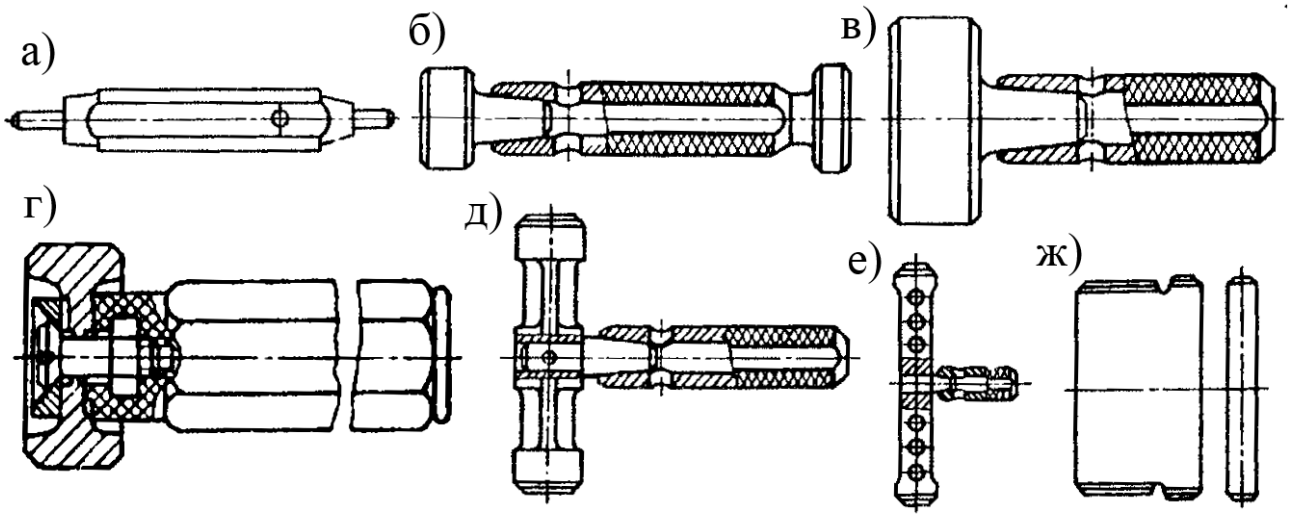


Рис. 4.2. Конструкція калібрів-пробок

Для розмірів 1...50 мм використовують граничні двобічні пробки зі вставками (рис. 4.2, б). Конусність хвостовиків 1:50, їх можна вибити з ручки через виконаний збоку ручки отвір. Крім двобічних інколи використовують однобічні пробки. ПР границя відділена від границі НЕ проточкою.



Рис. 4.3. Види калібр-пробок

Для розмірів 30...100 мм використовують пробки з насадками (рис. 4.2, г). Вони бувають двобічні двограничні (для розмірів до 50 мм) та однобічні однограничні (для розмірів від 50 до 100 мм).

Насадки працюють вдвічі довше, ніж вставки.

Для перевірки великих отворів використовують листові двобічні пробки (рис. 2, ж) для розмірів від 50 до 300 мм. Вони виготовлені з листового металу товщиною 6...12 мм. Між сторонами ПР та НЕ виконують проточку. Робочі поверхні виконують по дузі окружності. Користуватись ними незручно з причини відсутності ручки.

В цьому відношенні зручніше використовувати неповні однограничні пробки (рис. 4.2, д). Вони виготовляються литими для розмірів 50...150 мм. Для більших отворів (150...360 мм) виготовляють неповні однограничі пробки з накладками (рис. 4.2, є).

3. Характеристика приладів для контролю калібрів-пробок

Прилади, на яких вимірюють калібри пробки в даній лабораторній роботі, відносяться до:

- важільно-механічних (мініметр, мікрокатор);

- важільно-оптичних (оптиметр, оптикатор).

3.1. Конструкція мініметра

Мініметр має такі характеристики:

- ціна поділки, мм – 0,002;
- границі вимірювань по шкалі ± 60 поділок (0,12 мм);
- допустима похибка показів, мм – 0,001;

Мініметр (рис. 4.4) використовують переважно для вимірювань зовнішніх розмірів відносним методом. По шкалі мініметра відраховуються для деталей звичайної величини тільки відхилення розміру об'єкту виміру від розміру установчої міри, за якою прилад попередньо налаштований на нуль.

Установчою мірою є блок плоскопаралельних кінцевих мір.

Границі вимірювань приладу в цілому залежать від розміру стійки, в якій закріплено мініметр.

Мініметр є вимірювальним пристроєм в різних вимірювальних приладах або пристроях спеціального призначення, наприклад, при вимірюваннях зубчастих коліс, різьб, підшипників кочення, конусів.

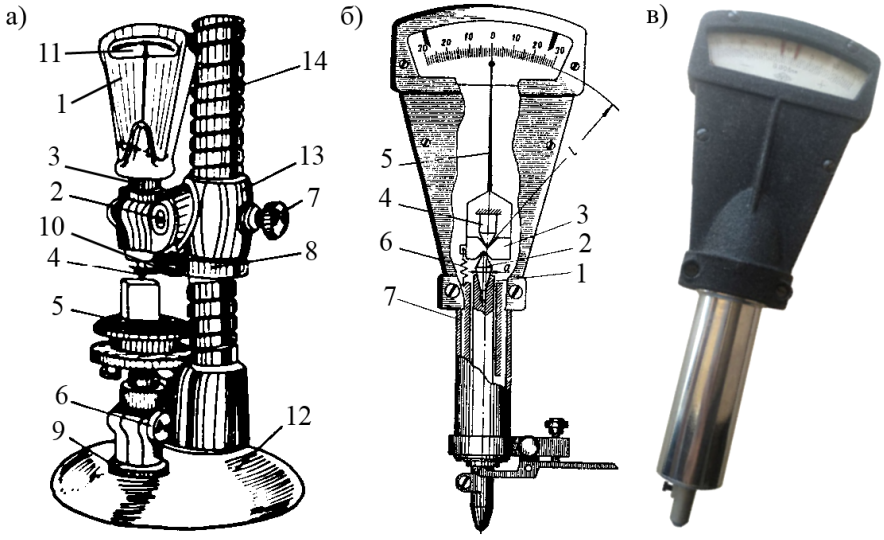


Рис. 4.4. Мініметр

Вимірювальна головка 1 вставляється в уніфікований отвір кронштейна 3 стійки і закріплюється гайкою 2. На вимірювальному стрижні приладу закріплюється наконечник 4. Для вимірювань циліндричної деталі використовують сферичні або ножеподібні наконечники.

При настроюванні приладу блок плоскопаралельних кінцевих мір притирається до столика 5.

На кронштейні столика є стопорний гвинт 6 та гайка підйому столика 9.

Кронштейн з мініметром стопориться на штанзі стійки гвинтом 7, знизу на штанзі його підтримує гайка з упорною різьбою 8. При вимірюванні та знятті блоку мір після встановлення на нуль користуються аретиром 10 для запобігання псування наконечника 4. Шкала приладу має показники допусків 11. При вимірюванні придатного розміру стрілка приладу не виходить за межі показників вліво та вправо. Схема мініметра дана на рис. 4.4, б.

3.2. Конструкція мікрокатора ИГП

Мікрокатор (рис. 4.5) має ціну поділки 0,001 мм. Границі вимірювання по шкалі ± 30 поділок (0,06 мм). Допустима похибка показів, мм – 0,001.

Мікрокатор використовується для вимірювання зовнішніх розмірів відносним методом. Основою механізму передачі рухів є скручена бронзова пружинна стрічка 2 (рис. 4.5, б). Одна її половина закручена вправо, друга – вліво. Стрічка 2 правим кінцем прикріплена до пружинного кутника 4, а лівим – до плоскої пружини 1. Вимірювальний стрижень 7 при переміщенні доверху викликає оберт кутника б, що призводить до розтягання стрічки 2 і оберту прикріпленої до неї всередині стрілки 3 відносно шкали 8.

Стрілка – це тонка скляна конічна трубка, діаметром Ø 50...80 мкм, збалансована противагою 9. Вимірювальний стрижень 7 підвішений до корпусу приладу на мембрані 10 і пружинному кутнику 4. Вимірювальне зусилля створюється пружиною 5.

Механізм мікрокатора заключений в корпус з уніфікованими габаритними розмірами та приєднувальним розміром Ø28 мм для встановлення в стійках (рис. 4.5, а).

Основні недоліки мікрокаторів: незручності при відліках за дуже тонкою стрілкою, вібрація стрілки, прилипання її до шкали внаслідок появи статичної електрики.

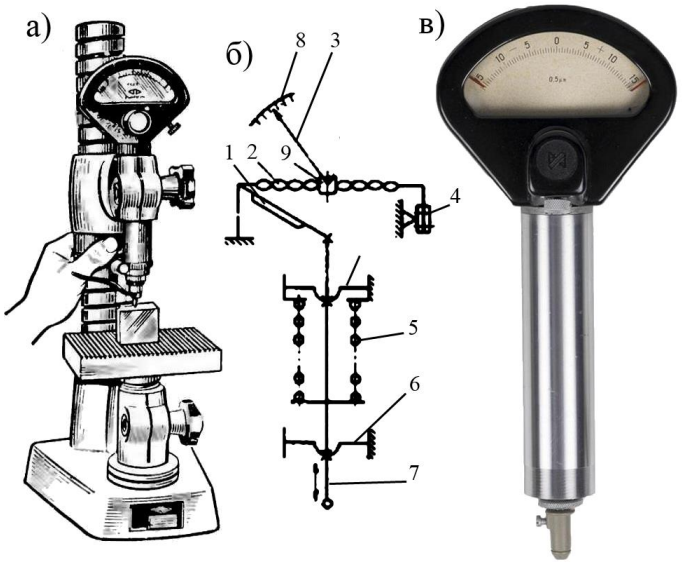


Рис. 4.5. Пружинна вимірювальна головка ИПГ

3.3. Конструкція оптикатора

Оитикатори створені на базі мікрокаторів, але не мають їхніх недоліків. В цьому приладі пружинний передатний механізм суміщений зі збільшуючою оптичною передачею (рис. 4.6 б). На стрічці 1 замість стрілки закріплене дзеркальце 2. Пучок променів від джерела світла 6 попадає на нього, проходячи через конденсер 5, скляну пластинку 3 (з нанесеним на ній вказівним штрихом) і об'єктивом 4. Промені світла, віддзеркалившись від дзеркальця 2, попадають на скляну шкалу 8, на якій видно зображення (на світлому круглому полі) вказівного штриха, нанесеного на пластинці 3. При переміщенні вимірюваного стрижня 7 і розкручуванні стрічки 1 по шкалі 8 переміщується світловий зайчик із зображенням світлового вказівника. У приладі, на якому виконується лабораторна робота, є система двох світлофільтрів, що змінюють забарвлення світлової плями (червоне – через максимум, зелене – через мінімум) при

переході через границі поля допуску. Оптикатор має такі характеристики: ціна поділки, мм – 0,0002; границі вимірювань по шкалі ± 75 поділок (0,015 мм); допустима похибка вимірювань 0,0001 мм; джерело світла – джерело постійного струму, напругою в 12 В.

Механізм розміщений у корпусі з уніфікованим розміром Ø28 мм для встановлення в стійках (рис. 4.6, в).

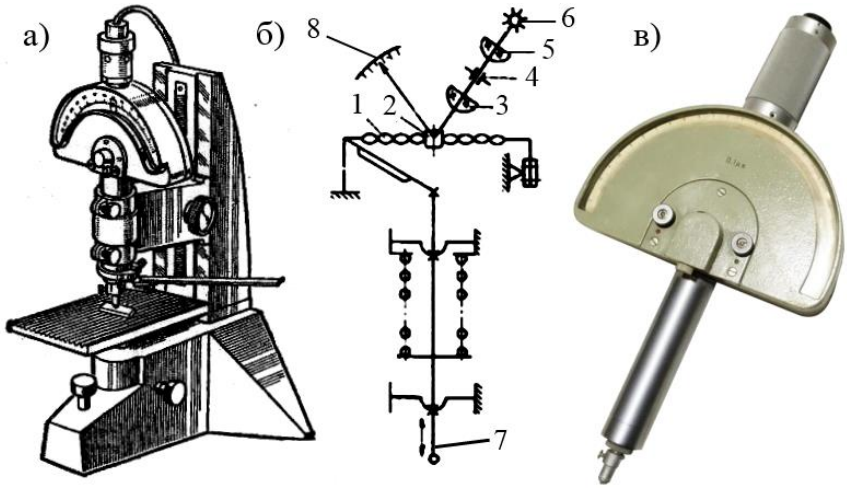


Рис. 4.6. Оптикатор

3.4. Конструкція вертикального оптиметра

Характеристики оптиметра:

- величина вимірювального зусилля – 200 ± 20 г;
- ціна поділки, мм – 0,001;
- допустима похибка показів, мм – 0,0002;
- розмір контрольованої деталі залежить від розмірів стійки, в яку вставляється трубка оптиметра. В даній лабораторній роботі використовуються стійки для закріплення всіх приладів з кріпильним отвором Ø28 мм та межами вимірювань 0...180 мм.

Вимірювальною головкою оптиметра є трубка 11 (рис. 4.7, б).

Корпус трубки оптиметра складається з двох частин, розташованих під прямим кутом. В передній частині знаходиться окуляр 12, в якому видно зображення шкали приладу при дотику наконечника вимірювального стрижня до блоку плоско-паралельних кінцевих мір. Зліва знаходиться освітлювальна

щілина, в яку дзеркальцем 10 направляється світло від будь-якого стороннього джерела А.

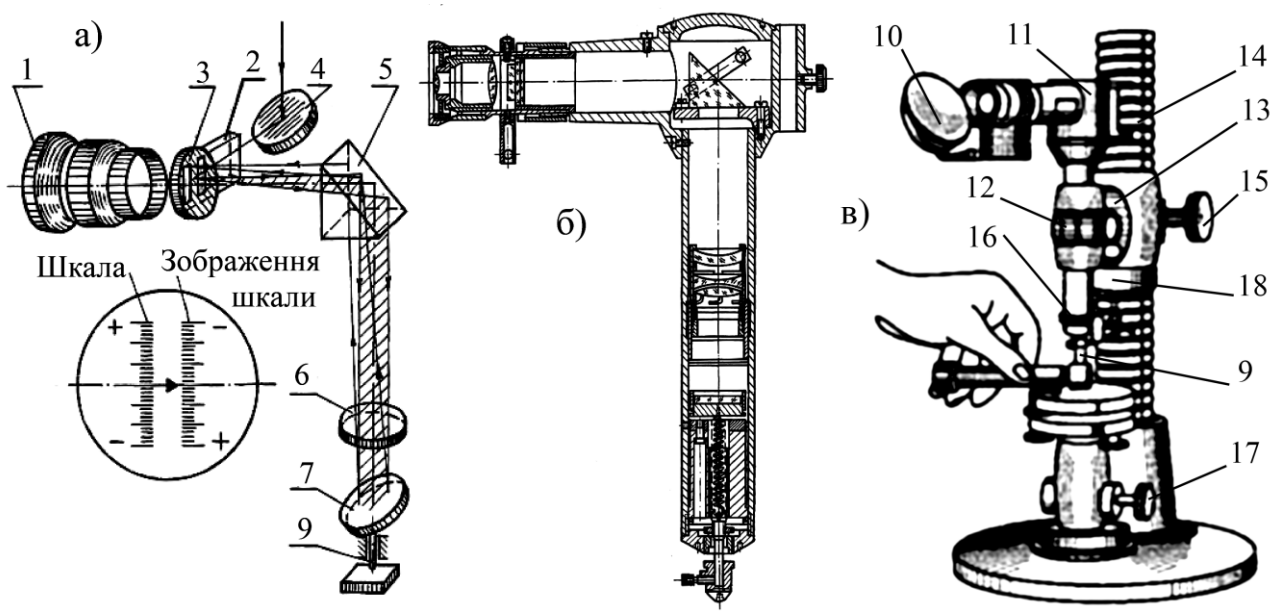


Рис. 4.7. Трубка окулярного оптиметра

Пучок світла направляється дзеркалом 3 через призму 2 і освітлює матову шкалу 4 (рис. 4.7, а). На шкалі нанесено 200 поділок. Пучок променів із зображенням шкали проходить через призму 5 і фокусується об'єктивом 6 на дзеркалі 7, яке хитається. Віддзеркалившись від дзеркала під деяким кутом, зображення шкали проходить у зворотному напрямку і розкладається оператором в окулярі 1. Дзеркало 7 опирається на дві кульки 8, вимірювальний штифт 9 і здатне відхилятись на деякий кут при осьовому переміщенні штифта, тобто при вимірюванні деталі. Внаслідок цього шкала також буде переміщуватись доверху-донизу в полі зору окуляра відносно нерухомого показника, розташованого в окулярі 1. Положення показника є відліковим при настроюванні приладу та при вимірюваннях.

Рисунок 4.7, в дає повне уявлення в ідентичності конструктивних показників при настроюванні та встановленні всіх видів вимірювальних приладів, що використовуються при виконанні даної лабораторної роботи. Трубки приладів 11 встановлюються в кронштейні 13, який пересувається по

різьбовій колоні 14 і стопориться гвинтом 15. Аретир 16, запобігає псуванню сферичного вимірювального кінцевика 9. Столик застопорюється гвинтом 17.

4. Виконання вимірювань

4.1. Контроль калібру–пробки

Кожна ланка студентів, що виконують лабораторну роботу, отримує калібр–пробку та проводить вимірювання в наступному порядку:

1) за маркіруванням калібру необхідно визначити для перевірки якої деталі він призначений (розмір та допуски);

2) користуючись таблицями ДСТУ EN ISO 1938-1:2022, побудувати схему розташування полів допусків на калібр та деталь, яка перевіряється, з вказанням граничних відхилень (рис. 4.8);

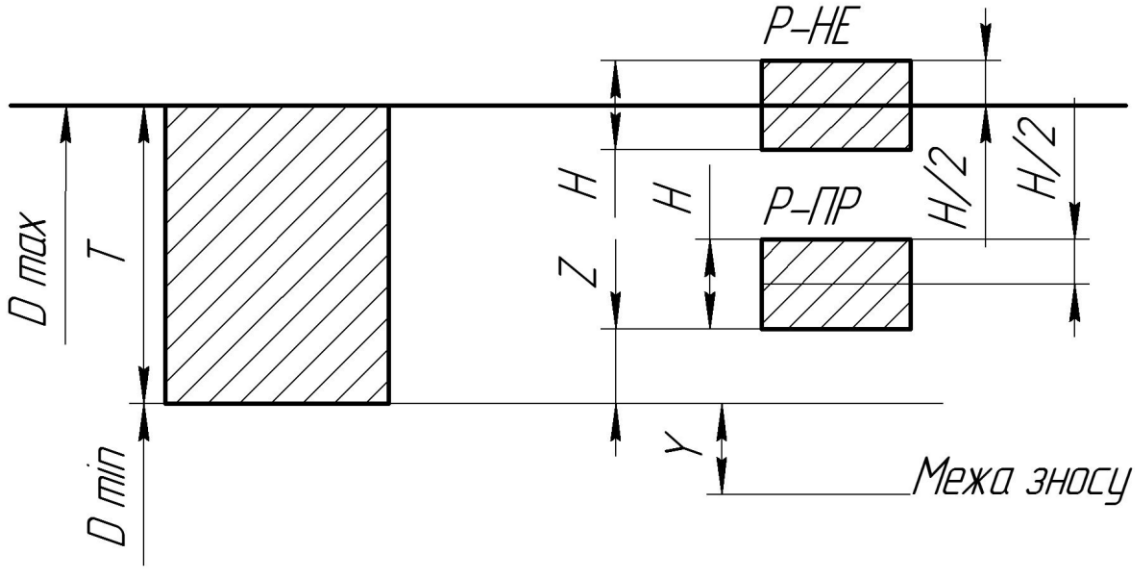


Рис. 4.8. Схема розташування полів допусків

3) підрахувати граничні розміри калібру;

4) підрахувати розміри блоків для встановлення приладу на нуль при вимірюванні прохідної та непрохідної сторін. Найбільш правильною є встановлення на нуль за блоком із розміром, який відповідає середині поля допуску;

5) набраний блок встановити на столик приладу;

6) відстопоривши гвинт 15, обертанням гайки 18 опустити кронштейн з вимірювальним приладом до поверхні блока, залишивши відстань між вимірювальним наконечником та блоком 1...2 мм (рис. 4.7, в);

7) обертанням гвинта 19 провести мікроподачу кронштейна з вимірювальним приладом до дотику вимірювального наконечника з блоком. Момент їхнього дотику буде помітним за рухом стрілки (мікрокатор), світлового покажчика (оптикатор) та шкали (оптиметр);

8) встановити стрілку, світловий промінь або шкалу проти нульового положення;

9) перевірити нульове встановлення приладу, піднімаючи та опускаючи 2-3 рази наконечник аретиром. Якщо після аретирування нульова установка зіб'ється, настроювання необхідно повторити. Після встановлення приладу легко застопорити гвинт 15;

10) легко натиснувши аретир, підняти наконечник, забрати з-під нього блок кінцевих мір, замінивши його об'єктом вимірювання;

11) виміряти калібр-пробку у відповідності зі схемою, даною на рис. 4.9. Кожна із сторін калібру повинна бути виміряна в двох перерізах, кожен із перерізів – в двох взаємноперпендикулярних напрямках (всього 4 виміри). При вимірюванні калібр для запобігання перекосу необхідно притискати двома пальцями до столика та, прокочуючи його під вимірювальним наконечником, слідкувати за показами приладу. Для запобігання помилки вимірювання в кожному перерізі повинно проводитись 3-4 рази;

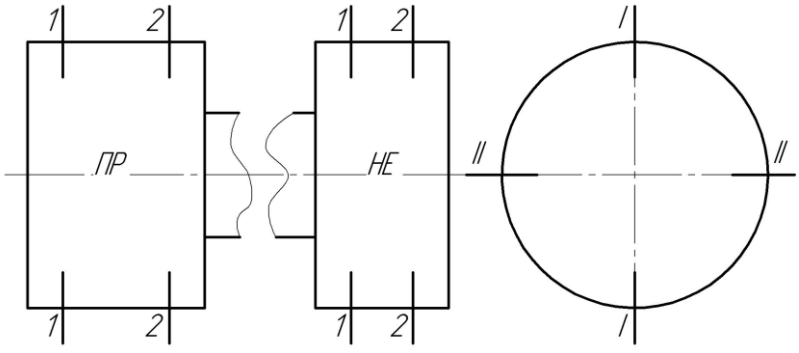


Рис. 4.9. Схема вимірювання калібру-пробки

12) відлік вимірювань проводити за зміщенням стрілки світлового покажчика або шкали відносно нульового положення. При цьому покази приладу можуть мати будь-який знак (+ або –) який є на шкалі приладу. Найбільший показ приладу відповідає найбільшому діаметру;

13) визначити дійсний розмір деталі Д. Він дорівнює сумі блока В та показів приладу D з врахуванням знаку відхилення, тобто:

$$Д = B + D;$$

14) після закінчення вимірювання перевірити нульове настроювання приладу за блоком. Похибка в нульовому настроюванні не повинна перевищувати половини поділки шкали приладу;

15) порівнюючи дійсні, тобто отримані шляхом вимірювань розміри Р-ПР та Р-НЕ з допустимими їх значеннями згідно ДСТУ EN ISO 1938-1:2022, зробити висновок про придатність по кожній стороні окремо;

16) отримані результати записати в таблицю звіту.

4.2. Контроль розмірів регульованих калібрів-скоб

Регульовані калібри скоби настроюють та регулюють за допомогою блоків кінцевих мір. Для даної лабораторної роботи кожна ланка студентів отримує деталь, яку необхідно проконтролювати налагодженою скобою.

Порядок установлення регульованих скоб на розмір наступний:

1) вимірявши універсальним вимірювальним інструментом діаметр отриманої деталі, студенти вибирають скобу з відповідним інтервалом вимірювань;

2) підраховують розміри контрольних калібрів К-ПР, К НЕ та К-И, за якими буде встановлюватись скоба. Для підрахунку необхідно брати середній розмір контрольних калібрів.

Приклад підрахунку середніх розмірів калібрів для розміру подано на рис. 9.

Схема розташування полів допусків та відхилень відносно границь полів допусків виробів відповідає ДСТУ EN ISO 1938-1:2022:

1. $\text{К} - \text{ПР}_{max} = D_{max} - Z_1 + H_p/2\,;$ 2. $\text{К} - \text{НЕ}_{max} = D_{min} + H_p/2\,;$

$\text{К} - \text{ПР}_{min} = \text{К} - \text{ПР}_{max} - H_p;$ $\text{К} - \text{НЕ}_{min} = \text{К} - \text{НЕ}_{max} - H_p;$

$\text{К} - \text{ПР}_{\text{сер}} = D_{max} - Z_1;$ $\text{К} - \text{НЕ}_{\text{сер}} = D_{min};$

3. $\text{К} - \text{И}_{\text{сер}} = D_{max};$

Виконавчі розміри калібрів визначаються згідно з ДСТУ EN ISO 1938-1:2022, за формулами табл. 1.

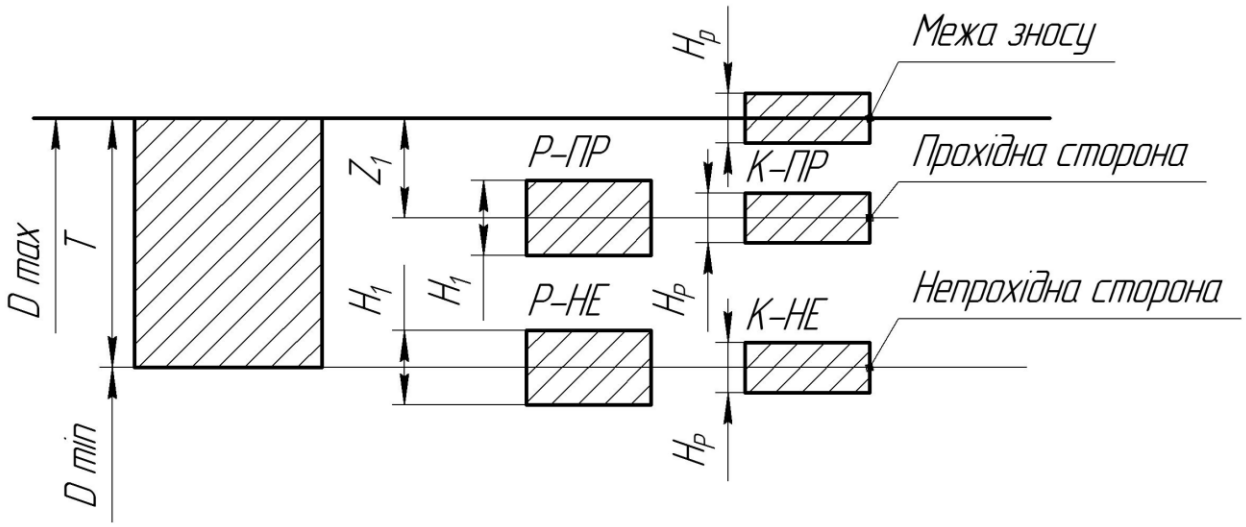


Рис. 4.10. Схема для підрахунку середніх розмірів калібру-скоби

Величини допусків та відхилень калібрів – ДСТУ EN ISO 1938-1:2022.

Для даного прикладу:

$$\text{К} - \text{ПР}_{\text{сер}} = 48 - 0{,}025 - 0{,}011 = 47{,}964 \text{ (мм)};$$

$$\text{К} - \text{НЕ}_{\text{сер}} = 48 - 0{,}087 = 47{,}913 \text{ (мм)};$$

$$\text{К} - \text{И}_{\text{сер}} = 48 - 0{,}025 = 47{,}975 \text{ (мм)};$$

3) за розрахованими розмірами, керуючись правилами, викладеними в лабораторній роботі № 2, зібрати відповідні блоки кінцевих мір, округлюючи отримані значення до третього десяткового знаку;

4) за набраними блоками встановити рухомі губки скоби (рис. 4.1, г). Для цього викруткою послабити з одного боку корпуса 1 скоби кріплення затискних гвинтів 6 та відвернути установчі гвинти 4. Переміщуючи губки 3,

встановити між ними набрані блоки. Потім блоки легенько підтиснути губками за допомогою установчих гвинтів 4. Губки закріпити гвинтами 6.

За блоком К-ПР встановлюють зовнішні губки скоби. Блок для них є прохідним.

За блоком К-НЕ встановлюють внутрішні губки скоби. Блок для них також є прохідним.

Блок К-И лише контролює зношення прохідної скоби, тому для нової скоби він є непрохідним для зовнішніх губок;

5) результати вимірювань до встановлення розмірів регульованої скоби занести до таблиці звіту;

6) проконтролювати налаштованою скобою задану деталь.

7) виконати у звіті ескіз контрольованої скоби.

Лабораторна робота №4	**Контроль граничних калібрів**					
Контроль калібру-пробки					для d=	
Технічна характеристика приладу	назва та тип приладу					
	ціна поділки шкали, мкм					
	границі вимірювань по шкалі					
	границі вимірювання приладу в цілому, мм					
Схема вимірювання калібру			Схема полів допусків калібру			
Граничний розмір калібру згідно з ДСТУ EN ISO 1938-1:2022						
Р-ПР новий найбільший	Р-ПР новий найменший	ПР-И зношений	Р-НЕ найбільший	Р-НЕ найменший		
Розмір блоку (сумарний)	Розмір кінцевих мір					
	1-а	2-а	3-а	4-а	5-а	
для Р-ПР						
для Р-НЕ						

Результати вимірювань калібру-пробки							
	Напря-мок	Покази за шкалою		Розмір блоку	Дійсні розміри		Висновок про придатність
		1-1	2-2		1-1	2-2	
Р-ПР	I-I						
	II-II						
Р-НЕ	I-I						
	II-II						

Настроювання та контроль регульованої скоби	Розмір

Схема розташування полів допусків скоби

Розмір контрольованих калібрів згідно з ДСТУ EN ISO 1938-1:2022

К-ПРсер.	К-НЕсер.	К-Исер.

Розмір блоку для настроювання	Розмір кінцевих мір				
	1-а	2-а	3-а	4-а	5-а
К-ПРсер.					
К-НЕсер.					
К-Исер.					

Лабораторна робота № 4. Контроль форми та розташування циліндричних поверхонь індикаторними інструментами.

Мета роботи:

- ознайомитися з видами відхилень форми циліндричних поверхонь;
- вивчити конструкцію індикатора годинникового типу, індикаторного нутроміру, приладу для вимірювання величини биття;
- вивчити методику вимірювання розмірів за допомогою індикаторних інструментів;
- провести контроль форми та розташування поверхонь заданої деталі за допомогою індикаторних інструментів.

Матеріальне забезпечення:

- індикатор ИЧ ДСТУ 577:2009;
- індикаторний нутромір ИН;
- прилад ПБМ-500;
- індикаторні штативи;
- набори для встановлення нутромірів;
- набори плоскопаралельних кінцевих мір.

1. Види відхилень форми циліндричних поверхонь

Відхилення форми циліндричних поверхонь стандартизовані ДСТУ 2.308:2013 та ДСТУ EN ISO 1101:2018, поділяються на елементарні та комплексні.

2. Конструкція індикаторних інструментів

Прилади цього типу призначені в основному для контактних вимірювань відносним методом. Абсолютним методом можуть бути виміряні розміри, що лежать у межах вимірювань за шкалою приладу.

Індикатор годинникового типу та індикаторний нутромір (див. відповідну довідникову карту) належать до важільно-механічних приладів. Нагадаємо особливості будови кожного із них.

Індикатори годинникового типу ИЧ-10 та ИЧ-5 мають ціну поділки 0,01 мм та 0,002 мм.

Найбільше поширення мають індикатори двох типів:

– нормальні (з межами вимірювань по шкалі 0-5 та 0-10 мм і ціною поділки 0,01 мм);

– малогабаритні (з межами вимірювань по шкалі 0-2 та 0-3 мм і ціною поділки 0,01 мм).

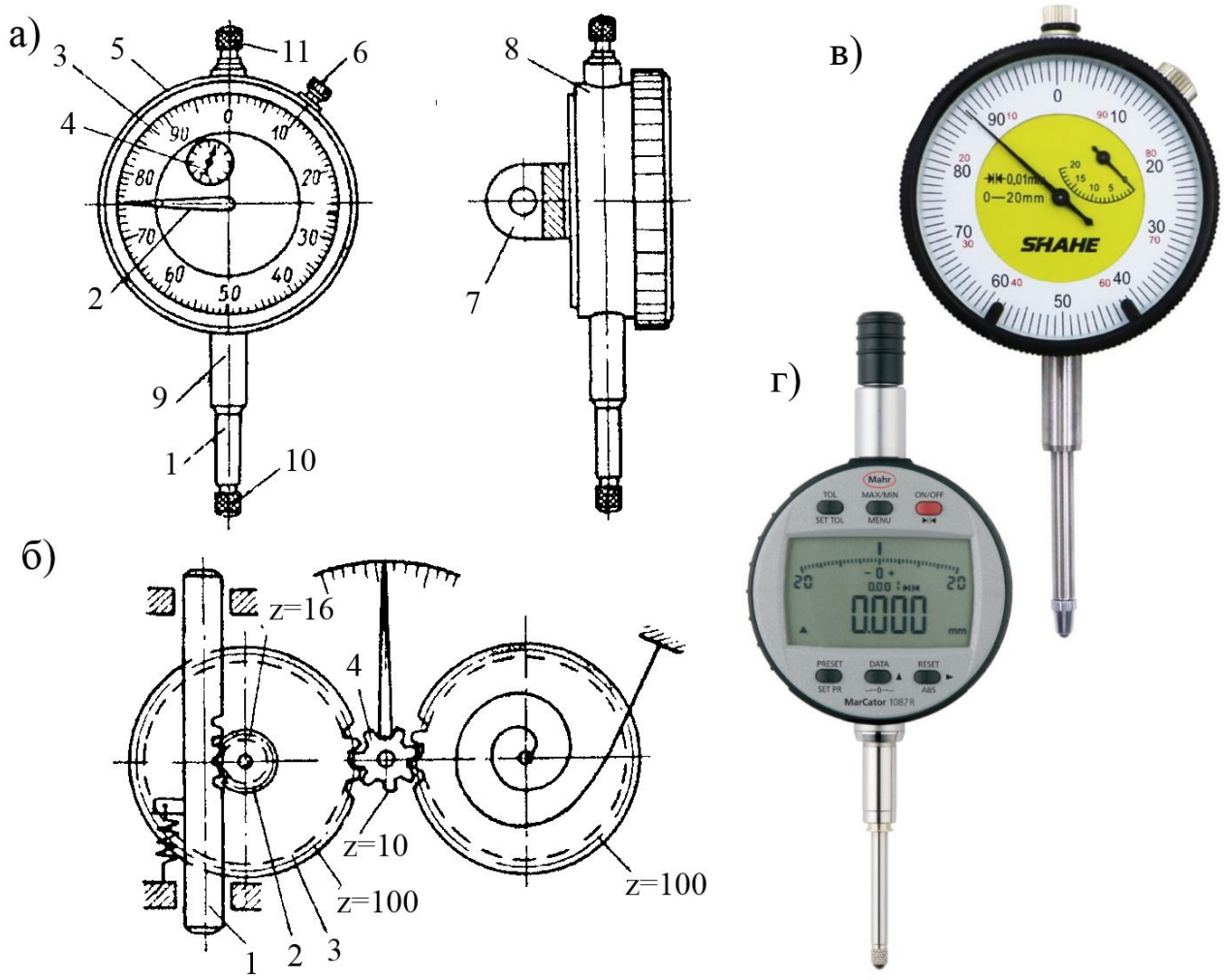


Рис. 4.1. Індикатор годинникового типу ИЧ

На рис. 3.1 дано загальний вигляд та принципову схему індикаторної голівки ИЧ-10 з ціною поділки 0,01 мм.

В цьому приладі поступальному рухові вимірювального стержня 1 на 0,01 мм відповідає переміщення великої стрілки 2 на одну поділку шкали 3 (рис. 3.1, а).

Шкала індикатора має 100 поділок, тобто повний оберт великої стрілки відповідає переміщенню вимірювального стержня на 1 мм. В залежності від границь вимірювань за шкалою приладу велика стрілка обертається на 5 або на 10 обертів.

Кожний повний оберт великої стрілки відповідає оберту на одну поділку маленької стрілки по шкалі показника обертів 4, тому ціна поділки шкали показника обертів дорівнює 1 мм.

Шкала індикатора разом із ободком 5 здатна повертатись відносно корпусу приладу так, що проти великої стрілки приладу можна встановити будь-яку поділку шкали.

Це використовують при встановленні приладу в нульове положення, коли напроти великої стрілки встановлюється нульова позначка. Деякі індикатори мають стопор 6, за допомогою якого шкала може бути зафіксована в потрібному положенні (для попередження випадкового обертання).

Для роботи індикатора головка встановлюється у відповідності стояка і закріплюється за вушко 7 корпуса 8, або за гільзу 9, яка нерухомо зв’язана з корпусом.

Вимірювальний наконечник 10 загвинчується в торець вимірювального стрижня, який можна піднімати рукою за головку 11.

Вимірювальне зусилля виникає під дією пружини. Величина його не повинна перевищувати 250 г.

Індикатор використовується як вимірювальний пристрій в різних вимірювальних приладах, наприклад, в нутромірі, глибиномірі тощо; для вимірювання відхилень від правильної геометричної форми (величини биття, огранки тощо).

Індикатором можна виконувати абсолютні та відносні вимірювання.

Більш точним є відносний метод, оскільки похибка приладу (яка дорівнює 0,008 мм в межах атестованої ділянки шкали 0,01 мм), накопичена за

декілька обертів стрілки індикатора, завжди більша, ніж сума похибок приладу в межах одного оберту стрілки і помилки розмірів блоку з кінцевих мір.

Ділянка шкали 0,1 мм в межах другого оберту стрілки називається «атестованою». В межах цієї ділянки похибки показів повинні мати найменші величини.

Принципова схема індикатора зображена на рис. 4.1, б.

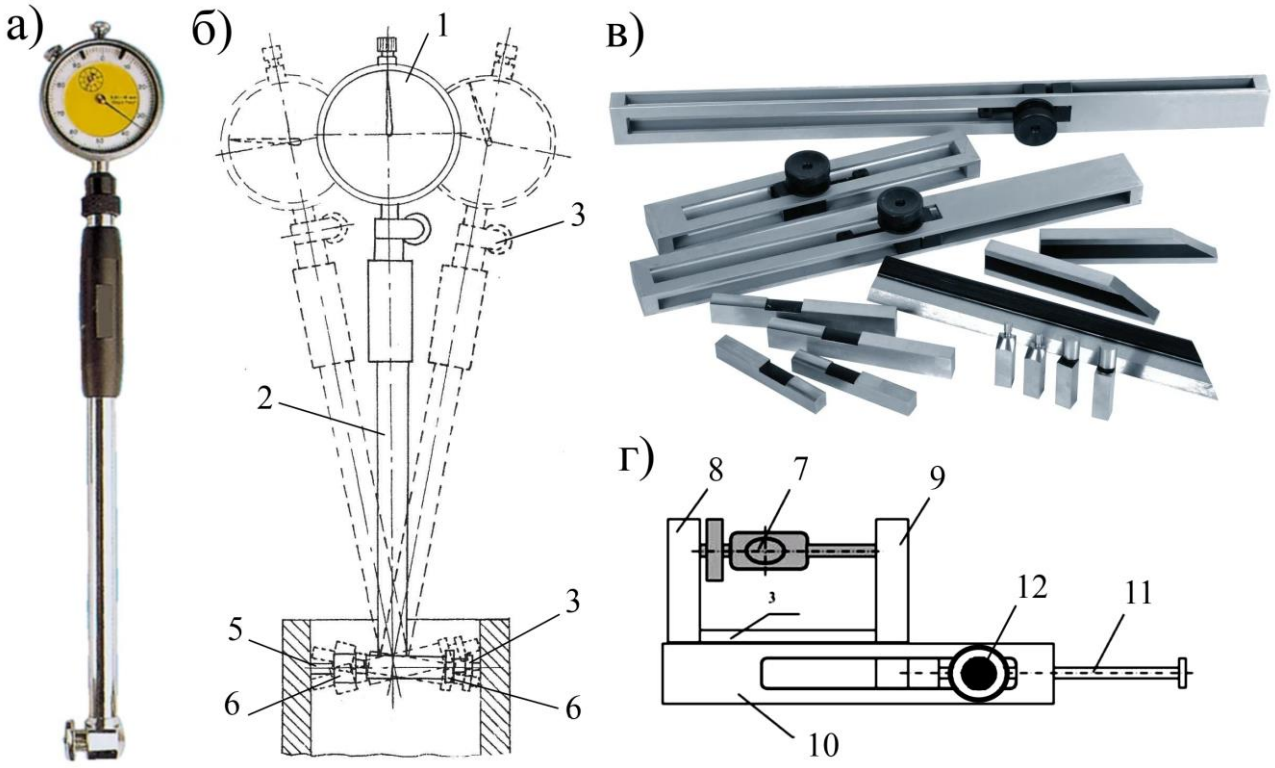


Рис. 4.2. Індикаторний нутромір та набір аксесуарів ПК-2

На вимірювальному стрижні 1 нарізана зубчаста рейка. При вимірюванні деталі лінійне переміщення вимірювального стрижня викликає обертання малого зубчастого колеса 2 і великого колеса 3. Зубчасте колесо 3 зачіплюється з колесом 4, на осі якого закріплена велика стрілка індикатора.

Індикаторний нутромір НИ представлений на рис. 4.2.

Вимірювальним пристроєм в ньому використовується індикатор ИЧ з ціною поділки 0,01 мм. Індикатор 1 встановлений в трубчастому корпусі 2 приладу. На другому кінці корпусу встановлюється вимірювальна головка

(головки є різних конструкцій, які залежать від меж вимірювання нутроміра). 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.

Індикатор опускають в корпус до того положення, поки його стрілка виконає один повний оберт. Після цього його закріплюють гвинтом 5. З вимірювальної головки згвинчується гайка 6, вставляється змінна вимірювальна вставка 7, і гайка знову загвинчується. Вставка відповідає номінальному розміру отвору. До нутроміра додається набір змінних вимірювальних вставок різних розмірів.

Встановлення приладу на нуль проводять по контрольному кільцю або згідно з блоком плоскопаралельних кінцевих мір (блок має дорівнювати номінальному розміру, який вимірюється).

Правила складання блоків подані в лабораторній роботі № 2.

Складений блок притирають до боковин 8 та 9, разом з ними блок затискають в утримувачі 10.

Для цього відкручується гайка 11, на колодку 12 надівається пружинний притискач, блок ставиться в тримач 10 і знову закріплюється гайкою 11. Остаточно блок з боковинами затискається гвинтом 13. Обережно відтиснувши вимірювальну головку за допомогою аретиру, вводять нутромір між боковинами 8 та 9. Тримаючи нутромір за термоізоляційну ручку 14, повертають ободок до встановлення стрілки на нульовій позначці. Після цього, похитуючи прилад в напрямку стрілок, перевіряють правильність встановлення приладу на нуль (відхилення стрілки в обидва боки має бути рівним і мінімальним).

За допомогою аретира відтискають центрувальний місток, виймають нутромір з тримача, і він готовий до вимірювань отвору.

В лабораторній роботі використовують нутромір з межами вимірювань 18-35 мм.

3. Контроль індикатором зовнішніх розмірів

Вимірювання індикатором зовнішніх розмірів виконується в наступній послідовності:

1) набрати блок кінцевих мір за номінальним розміром контрольованої деталі і встановити його на столик штативу;

2) закріпити індикатор в штативі на необхідній висоті так, щоб наконечник торкався поверхні блоку з «натягом» 1-2 оберти великої стрілки. Такий натяг слід давати для того, щоб в процесі вимірювання індикатор міг показувати не тільки додатні, але й від'ємні відхилення від початкового положення. Далі слід повернути рукою ободок разом із шкалою так, щоб велика стрілка встановилась проти нульової поділки. При цьому слід помітити положення малої стрілки (рис. 4.3);

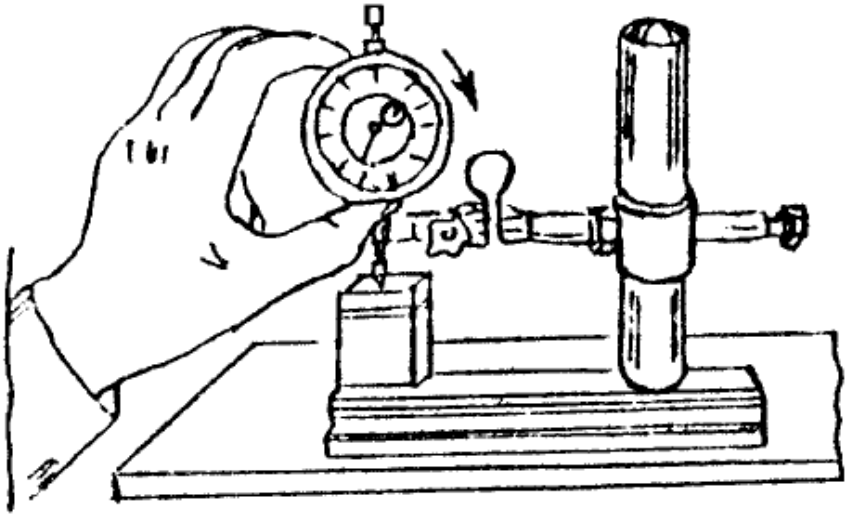


Рис. 4.3. Встановлення індикатора на нуль

3) прийняти блок кінцевих мір і, піднявши наконечник, завести під нього деталь;

4) опустити наконечник і провести відлік найбільшого відхилення за шкалами приладу. Ціле число міліметрів визначити за зміною показів малої стрілки, число сотих часток міліметра – за показами великої стрілки. Знак показів слід визначити за покажчиком «+» або «–»;

5) провести по три вимірювання деталі в двох взаємоперпендикулярних перерізах, як показано на рис. 4.4. Одержані результати записати до таблиці звіту;

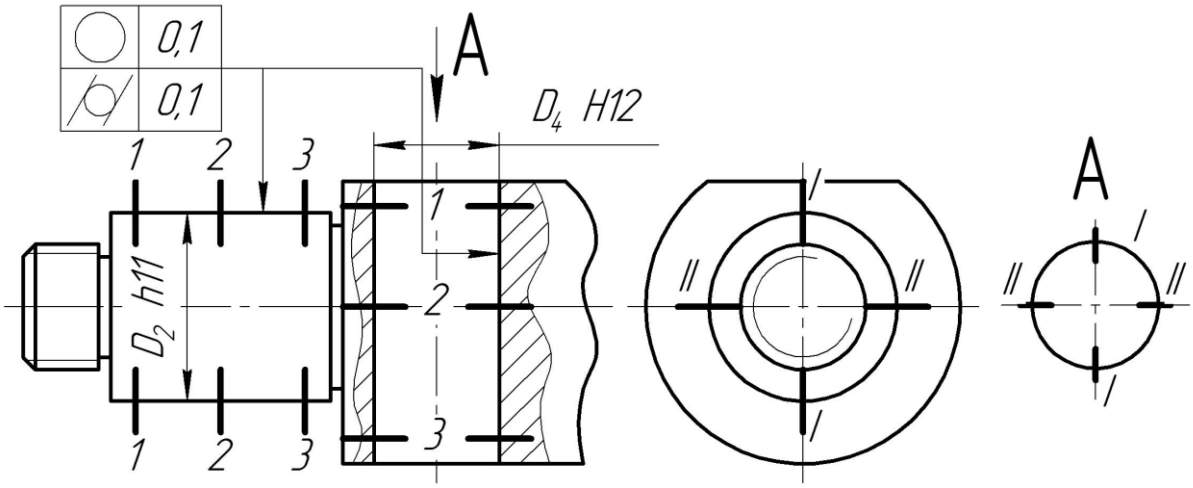


Рис. 4.4. Схема вимірювання деталі

6) визначити дійсні розміри деталі в перерізах і записати їх до таблиці звіту;

7) за дійсними розмірами деталі визначити її відхилення від правильної форми (овальність, сідло-, бочко-, конусоподібність) і результати занести до таблиці звіту;

8) за даними кресленика і таблицями стандартів ГОСТ 25347-89 встановити граничні розміри контрольованої поверхні і записати їх до таблиці звіту;

9) порівнюючи дійсні розміри з граничними, зробити висновок щодо придатності деталі.

4. Контроль індикаторним нутроміром внутрішніх поверхонь

Ці вимірювання рекомендується проводити в наступному порядку:

1) відтискаючи центрувальний місток, обережно ввести нутромір до отвору і провести вимірювання в трьох перерізах, які перпендикулярні до осі, причому в кожному з перерізів вимірювання слід проводити в двох взаємно перпендикулярних напрямках (див. рис. 4.4);

2) записати до таблиці звіту покази індикатора та обчислити дійсні розміри отвору. Дійсний розмір Д отвору дорівнює сумі розміру блоку «В» й показів приладу «D» з врахуванням знаку, тобто Д=В+D. Дійсні розміри Д записати до таблиці звіту;

3) за дійсними розмірами отвору визначити величину його відхилення від правильної форми (овальність, сідло-, бочко-, конусоподібність) та результати занести до таблиці;

4) за даними кресленика і таблицями стандарту ГОСТ 25347-89 встановити граничні розміри отвору, що контролюється, і записати їх до таблиці звіту;

5) порівнюючи дійсні розміри з граничними, зробити висновок про придатність. Слід пам'ятати, що від'ємні покази приладів відповідають додатнім відхиленням розмірів отвору.

5. Контроль індикатором торцевого та радіального биття

Кресленик деталі, на якій контролюють ці відхилення, представлено на рис. 3 лабораторної роботи №1. Потрібно проконтролювати радіальне та торцеве биття з граничним значенням 0,1 мм відносно осі центрів деталі.

Для вимірювання застосовують спеціальні прилади типу ПБ: ПБМ-200, ПБМ-500 тощо. Вони відрізняються один від одного міжцентровою відстанню та висотою центрів над напрямними.

Контроль розташування означених поверхонь складається із наступних дій (див. рис. 4.5):

1) деталь 1 встановлюється в центрах 2 приладу ПМБ 500. Центри закріплені в кронштейнах 3, котрі можуть переміщуватись по напрямних станини приладу 4 та закріплюватись в потрібному положенні стопорними гвинтами 5. Права стійка має нерухомий центр, а центр лівої стійки для встановлення деталі може переміщуватись за допомогою важеля 6;

2) встановити та закріпити індикатор в державці стійки 8 (ця стійка може пересуватись по напрямних станини і стопоритись в потрібному місці гвинтом 9);

3) відстопоривши гвинт, опустити планку 11 з індикатором 7 до дотику з поверхнею, що вимірюється, приблизно на перетині осі наконечника з віссю деталі. Зробити в цьому положенні попередній натяг в 2...З мм (на малій шкалі індикатора 2-3 поділки) і закріпити планку гвинтом 10;

4) встановити індикатор на нуль;

5) провести вимірювання радіального биття, повільно обертаючи деталь; при цьому слід помітити найбільше та найменше відхилення стрілки за шкалою і записати їх різницю до таблиці звіту;

6) аналогічно провести настроювання приладу, визначити і записати до таблиці розмір торцевого биття;

7) порівнюючи одержані результати вимірювань з допустимим розміром биття, вказаним на кресленику, зробити висновок щодо придатності деталі за величиною биття.

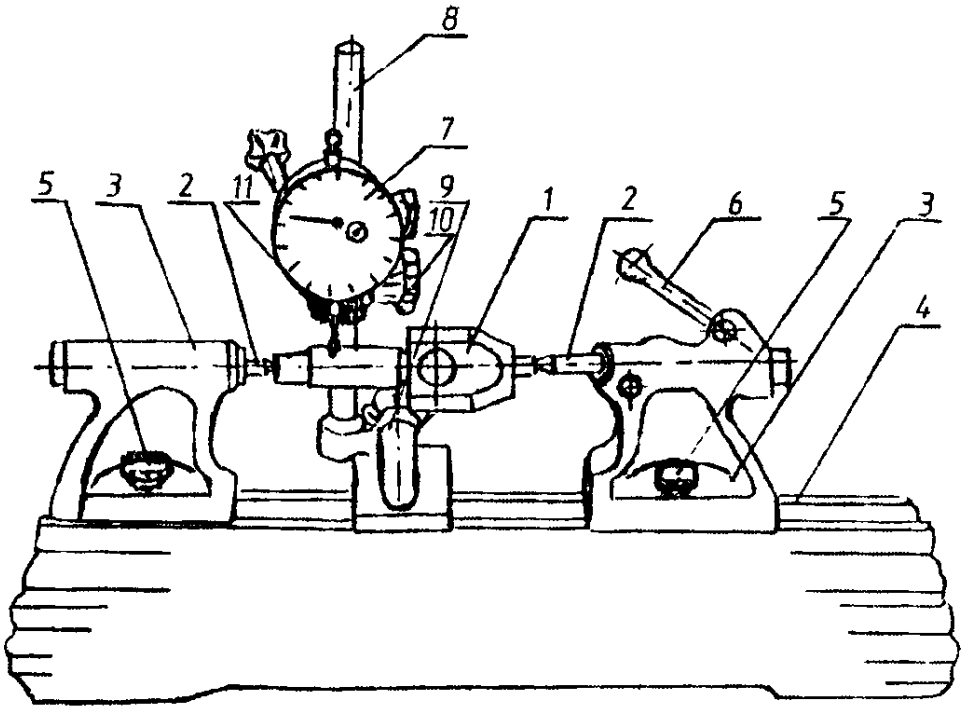


Рис. 4.5. Пристрій для контролю биття

Лабораторна робота №3		**Контроль форми та розташування поверхонь індикаторними інструментами**			
Технічна характеристика приладів	Назва приладу	Тип, марка	Ціна поділки	Границі вимірювань по шкалі	Границі вимірювань в цілому
	індикатор				
	індикаторний нутромір				
	прилад для вимірювання биття				

Схема вимірювань D_2 та D_4

Позначення	Номінальний розмір та допуск	Розмір блоку "В"		Покази приладу при вимірюванні, мм					
				перерізи, перпендикулярні до вісі					
				1		2		3	
				напрямок					
				I	II	I	II	I	II
D_2									
D_4									

	Дійсні розміри D						Граничні розміри згідно ДСТУ ISO 286-2:2002		Висновок про придатність
	1		2		3				
	I	II	I	II	I	II	найбільший	найменший	
D_2									
D_4									

Продовження лабораторної роботи №3

Відхилення форми та розташування поверхонь					
Розмір та позначення параметра					
Відхилення від правильної геометричної форми					
розмір	овальність	сідлоподіб-ність	бочкоподіб-ність	конусо-подібність	висновок про придатність
D_2					
D_4					
Вимірювання радіального та торцевого биття					
Схема вимірювання та позначення параметра					

Параметр	Виміряна величина	Гранична величина	Висновок про придатність
радіальне биття			
торцеве биття			

Лабораторна робота № 5. Визначення параметрів шорсткості поверхні.

Мета роботи – ознайомитись з будовою і принципом роботи профілографа-профілометра, отримати практичні навички визначення параметрів шорсткості .

Завдання – для заданої поверхні визначити параметри шорсткості за профілограмою.

Технічне забезпечення - профілометр мод. 296; деталь.

1. Основні теоретичні відомості

1.1. Терміни та визначення

Терміни та визначення, що відносяться до шорсткості поверхні встановлено ДСТУ 2413-94, ГОСТ 2789-73, ДСТУ ГОСТ 25142:2009.

Шорсткість поверхні - сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, виділена, наприклад, за допомогою базової довжини.

Збільшене зображення реального профілю, отримане під час вимірювання шорсткості, називають профілограмою (рис. 1.1). Профілограму розглядають на базовій довжині *l*.

Базова довжина *l* - довжина базової лінії, що використовується для відокремлення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні. Базова довжина задається конструктором за ГОСТ 2789-73 з ряду : 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм.

Базова лінія (поверхня) – лінія (поверхня), відносно якої проводиться оцінювання параметрів шорсткості поверхні. Базова поверхня має форму номінальної поверхні, а її положення відповідає загальному напрямку реальної поверхні в просторі. Математично вона може бути визначена, наприклад, за допомогою методу найменших квадратів.

Шорсткість поверхні оцінюється за нерівностями реального профілю. Нерівність профілю – це виступ профілю та спряжена з ним западина профілю.

Нормування шорсткості поверхонь базується на системі середньої лінії - системі відліку, що використана для оцінювання параметрів шорсткості поверхні, в якій за базову лінію вибрана середня лінія профілю.

Середня лінія профілю *m* – базова лінія, яка має форму номінального профілю та ділить реальний профіль так, що в межах базової довжини сума квадратів відхилень профілю від цієї лінії мінімальна (рис. 5.1).

Відхилення профілю *y* – відстань між точкою реального профілю та базовою лінією.

Виступ профілю – частина реального профілю, що з'єднує дві сусідні точки перерізу його з середньою лінією профілю і направлена із тіла.

Западина профілю – частина реального профілю, що з'єднує дві сусідні точки перерізу його з середньою лінією профілю та направлення в тіло.

Місцевий виступ профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми мінімумами профілю.

Місцева западина профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми максимумами профілю.

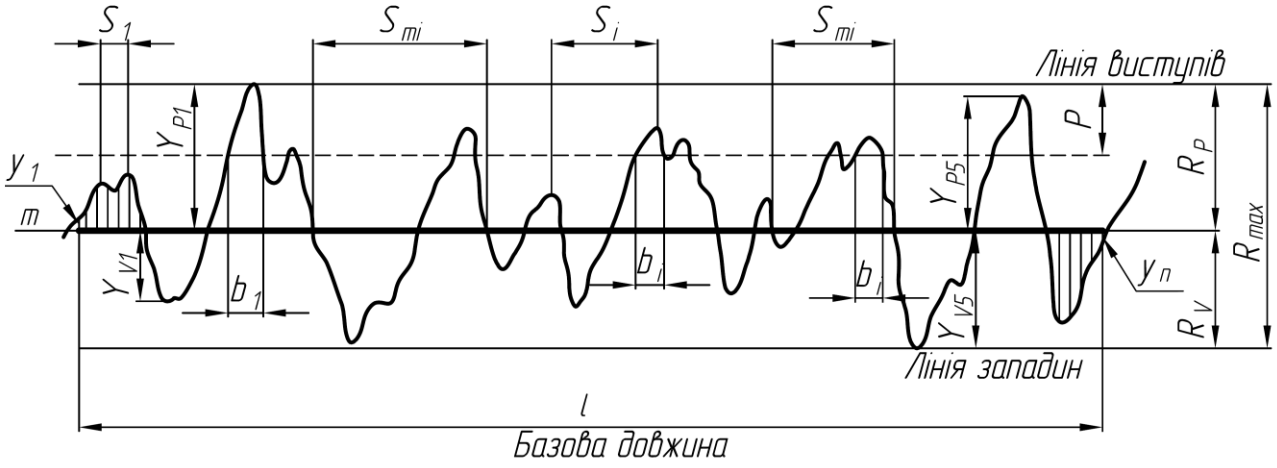


Рис. 5.1 - Профілограма профілю

Місцевий виступ профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми мінімумами профілю.

Місцева западина профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми максимумами профілю.

Лінія виступів профілю *Rp* – лінія, що еквідистантна середній лінії та проходить через найвищу точку профілю в межах базової довжини.

Лінія западини профілю *Rv* – лінія, що еквідистантна середній лінії та проходить через нижчу точку профілю в межах базової довжини.

Рівень перерізу профілю *P* – відстань між лінією виступів профілю та лінією, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів профілю.

Параметри шорсткості поверхні поділені на три групи: параметри, які зв'язані з висотними властивостями нерівностей; параметри, які зв'язані з властивостями нерівностей в напрямку довжини профілю; параметри, які зв'язані з формою нерівностей профілю.

1.2. Параметри шорсткості поверхні

Відповідно до ДСТУ 2413-94 регламентуються 6 основних параметрів шорсткості поверхні.

Числові значення і граничні відхилення встановлено для параметрів:

параметри, які зв'язані з висотними властивостями нерівностей:

Ra - середнє арифметичне відхилення профілю;

Rz - висота нерівностей профілю по десяти точках;

Rmax - найбільша висота нерівностей профілю;

параметри, які зв'язані з властивостями нерівностей в напрямку довжини профілю:

Sm - середній крок нерівностей профілю;

S - середній крок місцевих виступів профілю;

параметри, які зв'язані з формою нерівностей профілю:

t_p - відносна опорна довжина профілю.

Середнє арифметичне відхилення профілю *Ra* - середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

$$Ra = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y(x)| \cdot dx \quad (5.1)$$

або за дискретного способу оцінювання

$$Ra \approx \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} |y_i|, \quad (5.2)$$

де y – відхилення профілю - відстань між будь-якою точкою профілю і середньою лінією, яка виміряна по нормалі, що проведена до середньої лінії через цю точку профілю;

y_i - відхилення профілю у вибраних (дискретних) точках (рис. 5.1);

n – кількість дискретних відхилень профілю;

l – базова довжина.

Висота нерівностей профілю по десяти точках *Rz* – сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших западин профілю в межах базової довжини:

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^{5} |y_{pi}| + \sum_{i=1}^{5} |y_{vi}|}{5}, \quad (5.3)$$

де y_{pi} – висота i-го найбільшого виступу профілю (рис. 5.1);

y_{vi} – глибина i-ї найбільшої западини профілю (рис. 5.1).

Найбільша висота нерівностей профілю *Rmax* – відстань між лінією виступів і лінією западин профілю в межах базової довжини (рис. 5.1).

Середній крок нерівностей профілю *Sm* – середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини:

$$Sm = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} Sm_i, \quad (5.4)$$

де Sm_i - крок нерівностей профілю – відрізок середньої лінії профілю, що обмежує нерівність профілю (рис. 5.1);

n – кількість кроків нерівностей профілю на базовій довжині.

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

$$S = \frac{l}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} S_i, \quad (5.5)$$

де S_i – крок місцевих виступів профілю - відрізок середньої лінії між проекціями на неї найвищих точок сусідніх місцевих виступів профілю (рис. 5.1);

n – кількість місцевих виступів профілю на базовій довжині.

Числові значення параметрів шорсткості *Ra, Rz, Rmax, Sm, S,* (найбільші, номінальні або діапазони значень) вибираються у відповідності.

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

$$t_p = \frac{\eta_p}{l}, \qquad (5.6)$$

де η_p - опорна довжина профілю – сума довжин відрізків b_i, що відсікаються на заданому рівні профілю *P* деталі лінією, еквідистантною до середньої лінії, в межах базової довжини (рис. 5.1):

$$\eta_p = \sum_{i=1}^{n} b_i; \qquad (5.7)$$

l – базова довжина.

Рівень перерізу *P* відміряється від лінії виступів та ви визначається у відсотках від *Rmax* зі значень.

За необхідності, додатково до параметрів шорсткості поверхні встановлюються вимоги до напрямку нерівностей поверхні (табл. 5.1), до способу або послідовності способів отримання (обробки) поверхні.

Типи напрямків нерівностей поверхні вибираються з табл. 5.1.

5.3. Позначення шорсткості

Шорсткість поверхні позначається відповідно до ГОСТ 2.309–73 та змін до цього стандарту, введених з 01.07.2005 року.

Шорсткість поверхонь позначають на кресленні для всіх поверхонь виробів, які виконуються за даним кресленням, незалежно від методів їх утворення, крім поверхонь, шорсткість яких не обумовлена вимогами конструкції.

Вимоги до шорсткості поверхні повинні встановлюватися шляхом вказування параметру шорсткості (одного або декількох), значень вибраних параметрів та базових довжин, на яких відбувається визначення параметрів.

Числові значення параметрів шорсткості (найбільші, номінальні або діапазони значень) вибираються у відповідності до ГОСТ 2789-73 та наведені в дод. А.1. - А.4.

Для номінальних числових значень параметрів шорсткості повинні встановлюватись допустимі граничні відхилення.

Якщо параметри *Ra, Rz, Rmax* визначені на базовій довжині відповідно до дод. А.4 та А.5, то ці базові довжини не вказуються у вимогах до шорсткості.

За необхідності, додатково до параметрів шорсткості поверхні встановлюються вимоги до напрямку нерівностей поверхні та до способу або послідовності способів отримання поверхні.

Типи напрямків нерівностей поверхні наведені в табл. 5.1. Умовні позначення шорсткості поверхні за способом оброблення наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.1

Типи напрямків нерівностей поверхні

Тип напрямку нерівностей	Схематичне зображення	Пояснення	Позначення
Паралельне		Паралельно лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Перпендикулярне		Перпендикулярно до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	

Перехресне		Перехрещується у двох напрямках, з нахилом до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Довільне		Різні за напрямком по відношенню до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Колоподібне		Приблизно колоподібно по відношенню до центра поверхні, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Радіальне		Приблизно радіальне по відношенню до центру поверхні, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Точкове		На поверхні є місцеві опуклості.	

Таблиця 5.2

Умовне позначення шорсткості поверхні за способом оброблення

Умовне позначеня	Опис способу оброблення
	для поверхні, спосіб обробки якої конструктором не встановлений
	для поверхні, яка повинна бути отримана тільки видаленням шару матеріалу, наприклад, точінням, шліфуванням, травленням, тощо
	для поверхні, яка повинна бути отримана без видалення шару матеріалу, наприклад, литвом, прокатом, тощо

Структура позначення шорсткості поверхні показана на рис. 5.2.

Числові значення параметрів шорсткості вказують під знаком шорсткості після відповідного символу, наприклад: *Ra 0,4*; *Rmax 6,3*; *Sm 0,63*; t_{50} *70*; *S 0,032*; *Rz 50*.

Числові значення параметрів *Ra, Rz, Rmax* задаються у мікрометрах; параметрів *Sm , S* та *l* – у міліметрах; t_p *та P* – у відсотках (%).

Якщо вказують декілька параметрів шорсткості, їх записують згори донизу у послідовності: один з параметрів висоти нерівностей; один з параметрів кроку нерівностей; відносна опорна довжина.

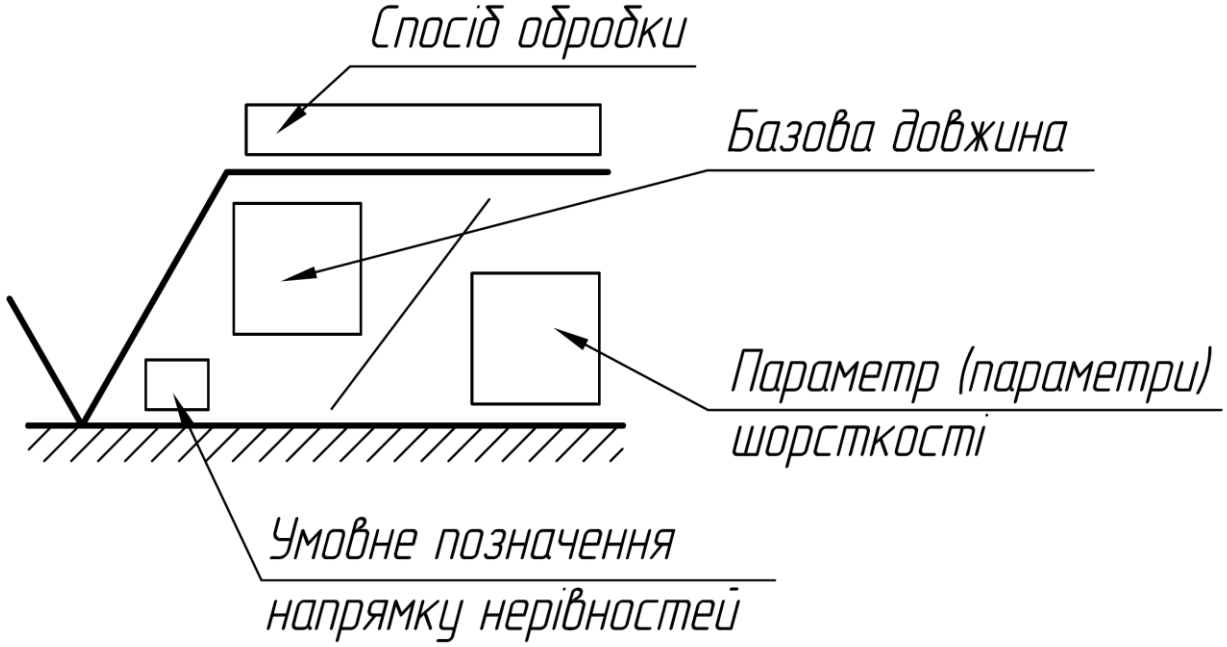


Рис. 5.2 - Структура позначення шорсткості поверхні

Числові значення параметрів шорсткості можуть бути призначені за одним із способів:

1) найбільшим допустимим значенням параметра, наприклад $\sqrt{Ra0{,}4}$, $\sqrt{Rz50}$ або найменшим допустимим значенням параметра, наприклад $\sqrt{Ra3{,}2\ min}$, $\sqrt{Rz50\ min}$.

2) найбільшим і найменшим граничними значеннями параметра, наприклад $Ra_{0,4}^{0,8}$, t_{p70}^{50} .

3) номінальним значенням параметра з граничними відхиленнями у відсотках, наприклад $Ra1^{+20\%}$, $Rz70_{-20\%}$, $t_p70 \pm 40\%$.

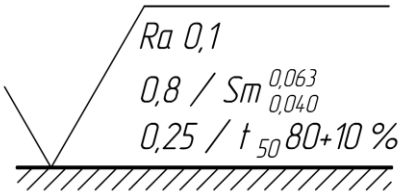
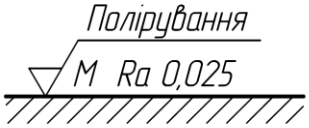
Спосіб обробки (рис. 5.2) вказується тільки у випадку, якщо він єдиний для отримання потрібної якості поверхні. Також, за необхідності, під знаком

шорсткості, відповідно до табл. 5.2, ставиться умовне позначення напрямку нерівностей.

Приклади умовного позначення шорсткості наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Приклади позначення шорсткості

Позначення	Пояснення
	- спосіб обробки поверхні конструктором не встановлений; - середнє арифметичне відхилення профілю *Ra* не більше 0,1 мкм на базовій довжині *l=0,25* мм (в позначенні довжина не вказується, так як відповідає стандартному значенню для даного висотного параметру за табл. А.5); - середній крок нерівностей профілю S_m повинен знаходитись у межах від 0,063 мм до 0,04 мм на базовій довжині *l=0,8* мм; - відносна опорна довжина профілю на 50%-му рівні перерізу має номінальне значення 80% з граничними відхиленнями ±10% на базовій довжині *l=0,25* мм.
	- поверхня повинна бути отримана тільки видаленням шару матеріалу; - спосіб обробки – полірування; - напрямок нерівностей – довільний; - середнє арифметичне відхилення профілю *Ra* не більше 0,025 мкм на базовій довжині *l=0,08* мм (в позначенні довжина не вказується, так як відповідає стандартному значенню для

	даного висотного параметру за табл. А.5).

5.4 Вимірювання параметрів шорсткості щуповим методом на профілометрі моделі 296

Оскільки шорсткість є розмірною характеристикою, яка визначає мікрогеометрію поверхні, то її кількісно оцінюють рядом параметрів відповідно до ГОСТ 2789-73 та цілим рядом допоміжних характеристик. Для визначення параметрів шорсткості розроблено багато методів: із застосуванням щупів, оптичних (світлового перетину, тіньової проекції, інтерференційний та інші.), методів растрової електронної мікроскопії, електричних, пневматичних тощо. Найбільшого розповсюдження отримав метод визначення шорсткості поверхні за її профілем, щуповий метод.

Щупові електромеханічні прилади, призначені для вимірювання параметрів шорсткості поверхні, називають профілометрами, а такі ж прилади для запису нерівностей поверхні - профілографами. Звичайно профілографи дозволяють не тільки записувати нерівності, але і вимірювати параметри шорсткості, тому їх називають профілографами-профілометрами.

В роботі шорсткість поверхні вимірюється щуповим методом за допомогою профілометра мод. 296.

Профілометр з цифровим відліком із індуктивним перетворювачем моделі 296 призначений для вимірювання в цехових контрольних пунктах шорсткості поверхні виробів, перетин яких в площині вимірювання становить пряму лінію. Вимірювання параметрів шорсткості поверхні проводиться в системі середньої лінії відповідно до номенклатури та діапазонів значень, передбачених ГОСТ 2789-73. Загальний вигляд профілометра мод. 296 показано на рис. 5.1.

5.4.1. Опис приладу

До складу профілографа (рис. 5.1) входять: стійка 3 для встановлення деталей датчик 4 з алмазною вимірювальною голкою, привод 1 для переміщення датчика вздовж вимірюваної поверхні та електронний блок 2, для керування та обчислення шорсткості поверхонь.

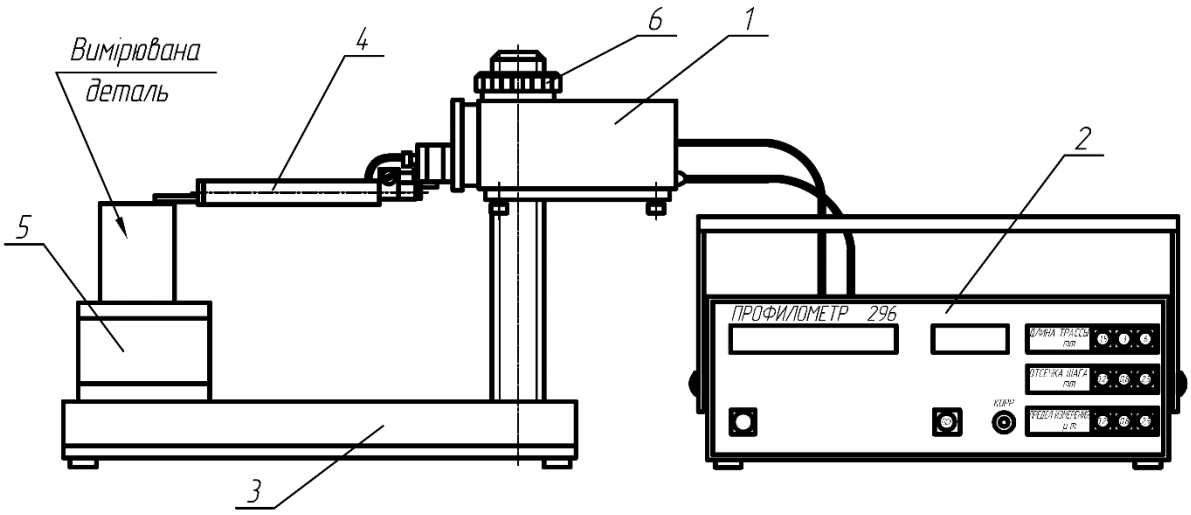


Рис. 5.1 – Загальний вигляд профілометра мод. 296: привод - 1; блок електронний – 2; стійка – 3; датчик – 4; призма – 5; гайка – 6

Вимірювана деталь встановлюється на плиті стійки 3. Якщо деталь має циліндричну форму, то на плиту стійки встановлюється призма 5, а вимірювана деталь встановлюється на призмі 5. Деталь встановлюють таким чином, щоб вимірювана поверхня була перпендикулярна площині вимірювання.

Гайка 6 призначена для переміщення датчика 4 з приводом 1 по направляючій стійки 3 та встановлення алмазної голки датчика 4 на вимірювану поверхню деталі.

Блок електронний 2 виконаний в настільному варіанті. На лицьовій панелі блоку розташовані: цифрове табло для відліку виміряного значення *Ra*; індикатор робочої зони; кнопка включення мережі.

Технічні характеристики профілометра мод. 296 наведені в табл. 5.1.

Профілометр оснащено виходом для підключення пристрою для запису профілограм або для під'єднання комп'ютера для запису та обробки профілограм.

Таблиця 5.1

Технічні характеристики профілометра мод. 296

Назва параметра	Значення

Вимірюваний параметр шорсткості поверхні по ГОСТ 2789-73	Ra
Діапазон вимірів Ra, мкм	0,02 - 10
Верхні межі діапазонів, мкм	0,1; 1; 10
Характеристики основної зведеної похибки:	
похибка профілометра не повинна перевищувати вимог ГОСТ 19300-73	для ступеня точності 2
- межа допустимої систематичної складової:	
- для діапазону 0,1 мкм	10%
- для діапазону 1 х 10 мкм	10 Ra / Rabn % де Ra - значення виміряного параметра шорсткості, мкм, Rabn - верхня межа даного діапазону вимірювання профілометра, мкм
- межа допустимого середнього квадратичного відхилення випадкової складової	2%
Мінімальний крок шорсткості вимірюваної поверхні, мм	0,004
Відсічка кроку мм	0,25; 0,8; 2,5
Довжина траси ощупування при вимірюванні, мм	1,5; 3; 6
Радіус кривизни вершини щупа, мкм	10 ± 2,5
Радіус кривизни робочої частини опора датчика в площині вимірювання, мм	не менше 125

5.4.2. Принци дії

Дія профілометра заснована на принципі ощупування нерівностей досліджуваної поверхні алмазною голкою 1.

В якості датчик в профілометрі використовується індуктивний перетворювач (рис. 5.2), що складається зі сердечника 3 та двох котушок, а також електронним вимірювальним блоком 7, лічильно-вирішальним блоком 8.

Живлення індуктивного перетворювача проводиться від генератора звукової частоти 4.

В процесі вимірювання вершина алмазної голки 1 датчика знаходиться в механічному контакті з вимірюваною поверхнею. Вона огинає реальний шорсткий профіль поверхні: з певним вимірювальним зусиллям притискається до поверхні та ковзає по ній уздовж середньої лінії із заданою швидкістю, на заданій довжині.

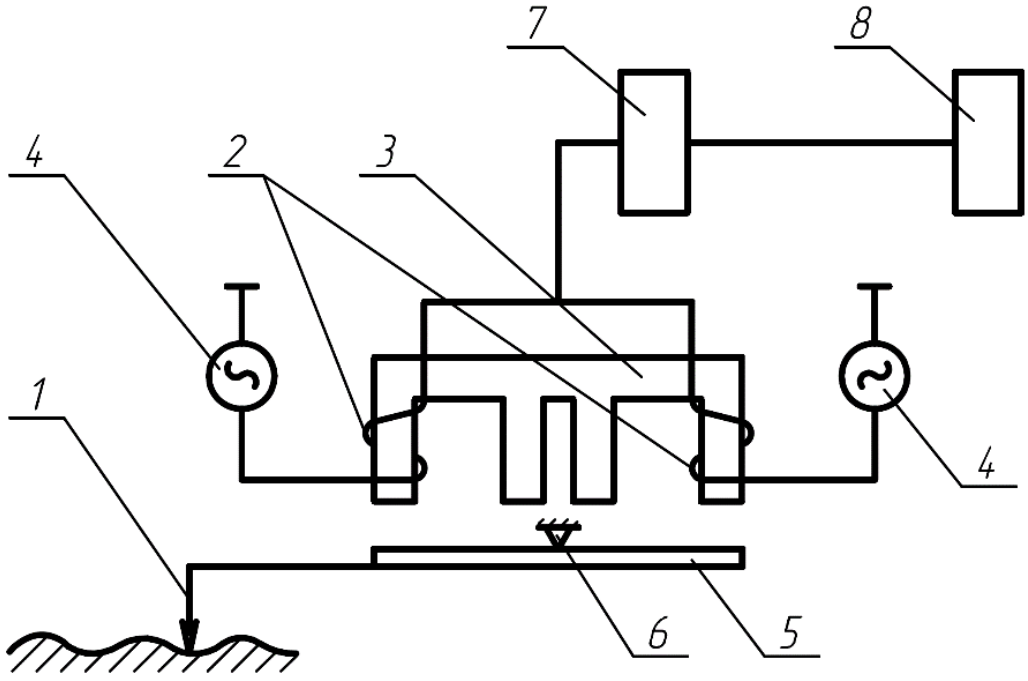


Рис. 5.2 -. Принципова схема роботи профілометра.

Оскільки поверхня не є ідеальною та гладкою, а має виступи та западини, то вершина голки, ковзаючи по них, отримує від досліджуваної поверхні переміщення, перпендикулярні до середньої лінії в напрямку висоти нерівностей та приводить в коливальний рух коромисло 5 відносно нерухомої опори 6. При цьому міняються повітряні зазори між якорем та сердечником, отже, змінюється і напруга на виході трансформатора. Вона посилюється електронним блоком 7, на виході якого підключені лічильно-вирішальний блок 8. Параметр шорсткості виводиться на індикатор електронного блоку 4, а, за

умови під'єднання комп'ютера, в цифровому та графічному вигляді на екран монітора.

6. Методика визначення параметрів шорсткості поверхні.

6.1.1. Методика виконання вимірювань на профілометрі

Увімкнути профілометр в мережу

Встановити межу вимірювання.

Межа вимірювання вибирається мінімальною з перевищуючих очікуване значення Ra

Встановити необхідну відсічку кроку (базова довжина *l*, зазначена у вимогах до шорсткості контрольованої поверхні).

В тих випадках, коли вимоги до базової довжини не вказані в технічній документації або на кресленні деталі, то при вимірюванні шорсткості величина базової довжини встановлюється виходячи з рекомендацій ГОСТ 2789-73 залежно від очікуваного значення Ra, значення яких наведені в табл 3.1

Таблиця 5.1.

Базові довжини та довжини ділянки вимірювання

Ra, мкм	Базова довжина *l*, мм (за ГОСТ 2789-73)	Довжина ділянки вимірювання *L*, мм (ГОСТ 19300-88)
До 0,4	0,25	1,5; 3
Понад 0,4 " 3,2	0,8	3; 6
"3,2	2,5	6

Встановити необхідну довжину траси (довжину ділянки вимірювання *L*).

Довжина ділянки вимірювання *L* для профілометра встановлюється в залежності від відсічки кроку відповідно до ГОСТ 19300-88 та вибирається з табл. 3.1.

Слід знати, що повна довжина траси дорівнює 5/3 довжини траси, зазначеної на кнопках пульта, так як вона складається з попереднього ходу і траси інтегрування.

Встановити деталь на прилад.

За допомогою гайки 6 підійміть датчик з приводом на висоту, що перевищує висоту вимірюваної деталі. Встановіть на плиту стійки 3 вимірювану деталь. Якщо деталь має циліндричну форму, то на плиту стійки встановіть призму 5, а вимірювану деталь на призму. Якщо вимірювана поверхня розташована під кутом до площини плити, деталь встановіть так, щоб вимірювана поверхня була перпендикулярна площині виміру.

Поверхню контрольованого зразка встановлюється так, щоб напрямок перерізу, визначального профіль, збігався з зазначеним у технічній документації. Якщо напрямок вимірювання не вказано, то деталь встановлюють так, щоб напрямок перетинів відповідав найбільшим значенням висотних параметрів шорсткості. Цей напрямок буде перпендикулярним напрямку нерівностей вимірюваної поверхні.

Увімкнути профілометр, за допомогою гайки 6 опустити датчик 4 до положення, при якому стрілка індикатора на пульті управління займе середнє положення.

При роботі зі стійкою 3 рекомендується користуватися гайкою 6 з фіксацією гвинтом.

Провести вимірювання - натиснути кнопку "ПУСК".

Датчик повинен переміщатися по вимірюваної поверхні у напрямку до приводу. Після робочого ходу автоматично включиться швидке повернення у вихідне положення, а на табло загориться виміряне значення Ra. Якщо отримане значення може вкластися в менший межа виміру, слід переключити межі вимірювання і повторити вимірювання для більш точного результату. Якщо на табло загориться сигнал перевантаження "Р", слід переключити межі вимірювання на більший та повторити вимірювання.

Записати профілограму виміряної поверхні.

6.1.2. Методика оброблення профілограм та визначення параметрів шорсткості

Проведення середньої лінії

Для вимірювання параметрів шорсткості при ручній обробці профілограм допускається наближене визначення напрямку середньої лінії. При цьому похибка кута нахилу середньої лінії не повинна перевищувати 2° при довжині профілограми 250-300 мм. Для номінально прямолінійного профілю на профілограмі на ділянці, що визначається базовою довжиною, допускається візуальне проведення середньої лінії паралельно до загального напрямку профілю так, щоб площі по обидва боки від цієї лінії до профілограми були приблизно рівні між собою.

При використанні профілометра мод. 296 середня лінія визначається візуально в межах базового ділянки

Визначення параметрів шорсткості

Для знаходження значення параметрів при дискретному способі обробки профілограм, крок дискретизації вибирають якомога меншим та визначають за формулою:

$$\Delta x = \frac{l}{N-1}, \quad (5.1)$$

де N - кількість ординат на ділянці профілограми, що відповідає базовій довжині l.

Прийнято N=100.

Середнє арифметичне відхилення профілю Ra.

В точках, що відповідають кроку дискретизації, вимірюють відхилення профілю y_i (рис. 5.1). Значення параметра Ra знаходять за формулою (5.2).

Висота нерівностей профілю по десяти точках Rz

Позначити на профілограмі п'ять найбільших максимумів профілю y_{pi} та п'ять найбільших мінімумів профілю y_{vi}. Від середньої лінії вимірюють відповідні відхилення (рис. 5.1). Значення параметра Rz знаходять за формулою (5.3).

Найбільша висота нерівностей профілю Rmax

Через найвищу та найнижчою точки профілю проводять лінію виступів Rp профілю та лінію западин Rv профілю, вимірюються відповідні значення (рис. 6.1). Параметр визначають як відстань між лінією виступів та лінією западин за формулою:

$$R\,max = Rp - Rv, (5.2)$$

Середній крок нерівностей профілю Sm.

Середній крок нерівностей профілю Sm знаходять наступними способами:

а) Вимірюють кроки нерівностей профілю Sm_i (рис. 5.1). Значення параметра Sm знаходять за формулою (5.4)

б) Визначають кількість перетинань профілю з середньою лінією k. Вимірюють довжину відрізка середньої лінії l_0, обмежену першим і останнім непарним перетинаннями профілю з середньою лінією $l_0 \le l$. Значення параметра Sm знаходять за формулою:

$$Sm = \frac{2 \cdot l_0}{k-1}, \quad (5.3)$$

де k - кількість перетинань профілю з середньою лінією на довжині l_0.

Середній крок місцевих виступів профілю S.

Середній крок місцевих виступів профілю S знаходять наступними способами:

а) Вимірюють кроки нерівностей профілю по вершинах S_i (рис. 5.2). Значення параметра S знаходять за формулою (5.5).

б) Визначають кількість максимумів профілю на довжині l_0, що лежить між першим і останнім максимумом. Значення параметра S знаходять за формулою:

$$S = \frac{l_0}{M-1}, \quad (5.4)$$

де M - кількість максимумів профілю на довжині l_0.

Відносна опорна довжина профілю tp на заданому рівні

На заданому рівні P, який відкладається від лінії виступів, проводять лінію, що перетинає профіль еквідистантно до лінії виступів профілю. Вимірюють відрізки b_i (рис. 5.1), що відсікаються на рівні P в матеріалі виступів профілю проведеною лінією. Значення параметра tp знаходять за формулами (5.6, 5.7)

Порядок виконання роботи.

Вивчити методичні вказівки та додаткову літературу до даної роботи.

Вивчити будову та принцип роботи профілометра моделі 296.

За допомогою учбового майстра встановити на прилад деталь, встановити на приладі параметри вимірювання (межу вимірювання, відсічку кроку, довжину траси), записати профілограму поверхні деталі.

Визначити за профілограмою параметри шорсткості поверхні *Ra, Rz, Rmax, Sm, S, tp* .

На зразку профілограми показати величини, за допомогою яких розраховувались параметри шорсткості.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

Що називається шорсткістю поверхні?

Як визначається шорсткість?

Від чого залежить шорсткість поверхні?

Якими основними параметрами характеризується шорсткість?

Дайте поняття базової довжини профілю.

Що таке середнє арифметичне відхилення профілю?

Чим відрізняється параметр Ra від Rz?

З яких основних блоків складається профілометр?

Як обробляється профілограма?

Як визначається середня лінія профілю на профілограмі?

Як визначається найбільша висота нерівностей профілю Rmax?

Яким символом позначається параметр шорсткості поверхні?

Правила позначення технічних вимог до шорсткості на кресленнях.

Поясніть методику визначення середньоарифметичного відхилення профілю Ra.

Лабораторна робота № 6. Вивчення конструкції прямозубого циліндричного зубчастого редуктора.

Мета роботи – ознайомитись з основними конструкціями циліндричних зубчастих редукторів, з'ясувати порядок складання, розбирання та регулювання вузлів та призначення їх деталей, виміряти та розрахунковим шляхом визначити геометричні, кінематичні та силові параметри, скласти кінематичну схему, записати технічну характеристику та сформулювати технічні вимоги.

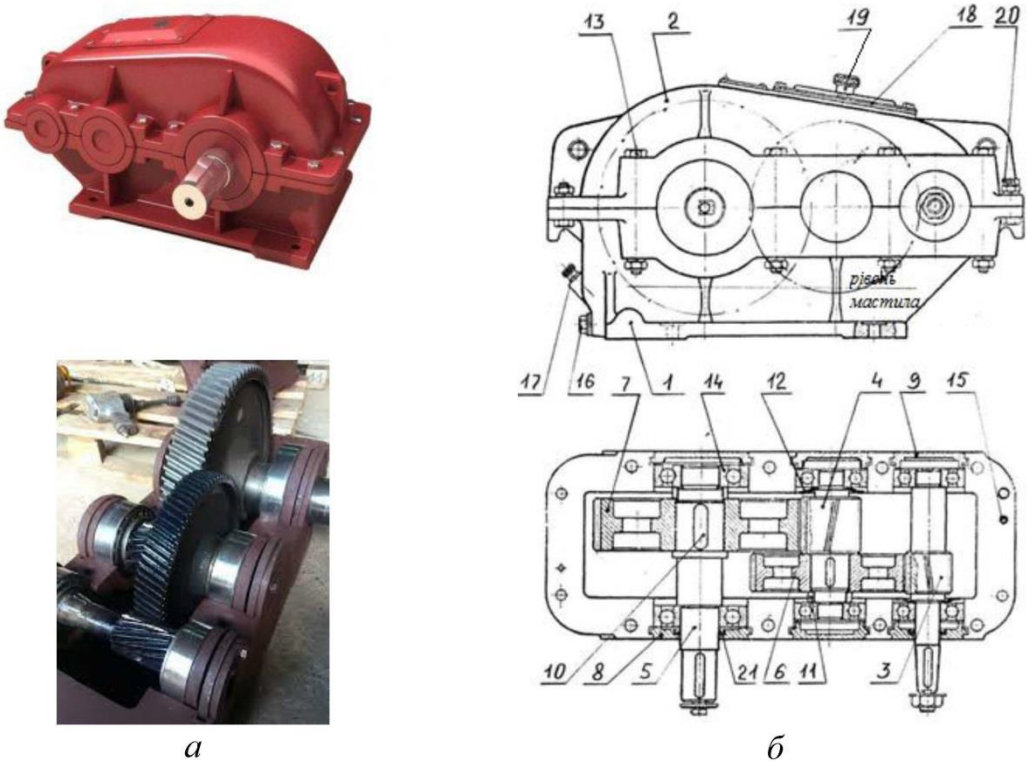
Конструкція редуктора

В лабораторній роботі використовується двоступінчастий циліндричний редуктор виконаний за розгорнутою схемою, конструкція якого представлена на рисунку 6.1.

Корпус редуктора рознімний, корпусні деталі – корпус 1 і кришка корпусу 2 виготовлені виливанням з сірого чавуну марки СЧ12 чи СЧ15 за ДСТУ EN 1561:2010. У корпусних деталях поблизу гнізд підшипників виконані бобишки, які дозволяють наблизити стяжні болти 13 до отворів під підшипники, додаючи цим жорсткості болтовому з'єднанню. Фіксація положення кришки редуктора відносно корпусу виконується двома штифтами 15 ще перед розточуванням отворів під підшипники. У верхньому поясі корпусу встановлений віджимний гвинт 20, який полегшує розбирання редуктора. Шестерня швидкохідної передачі з числом зубців Z_1 виконана за одне ціле з вхідним валом редуктора (вал-шестерня), колесо з числом зубців Z_2 - насаджене з натягом на проміжний вал-шестерню тихохідного ступеню.

Тихохідна передача складається з валу-шестерні і колеса з числами зубців Z_3 і Z_4 та має аналогічне конструктивне вирішення.

Тихохідний вал 5 виготовлений окремо. Швидкохідний і проміжний вали 3, 4 – разом з зубчастими колесами (вали-шестерні).



а *б*

Рис. 6.1. Циліндричний двоступінчастий редуктор: а – загальний вид; б – компоновка, де 1 – корпус; 2 – кришка корпусу; 3 – вал швидкохідний; 4 – проміжний вал; 5 – тихохідний вал; 6, 7 – колесо зубчасте; 8 – кришка наскрізна; 9 – кришка глуха; 10 – шпонка; 11 вал – дистанційне кільце; 12 – мастилозахисна шайба; 13 – болт; 14 – підшипник; 15 – штифт; 16 – пробка; 17 – мастилопокажчик; 18 – оглядовий люк; 19 – душник; 20 – віджимний гвинт; 21 – ущільнення

Габаритні та приєднувальні розміри редуктора показано на рисунку 6.2.

У якості опор валів використовують радіальні чи радіально-упорні (конічні роликові) підшипники, які сприймають радіальні та осьові навантаження, що виникають у косозубих зубчастих передачах. Осьову фіксацію валів виконують за схемою «у розпір», за якою торці внутрішніх кілець підшипників впираються у буртики валу чи в розпірні втулки, а зовнішні торці зовнішніх кілець – у торці кришок підшипників. Конструктивно кришки підшипників виконують наскрізними і глухими. Для запобігання витікання мастила під час роботи в наскрізні кришки вбудовують ущільнення.

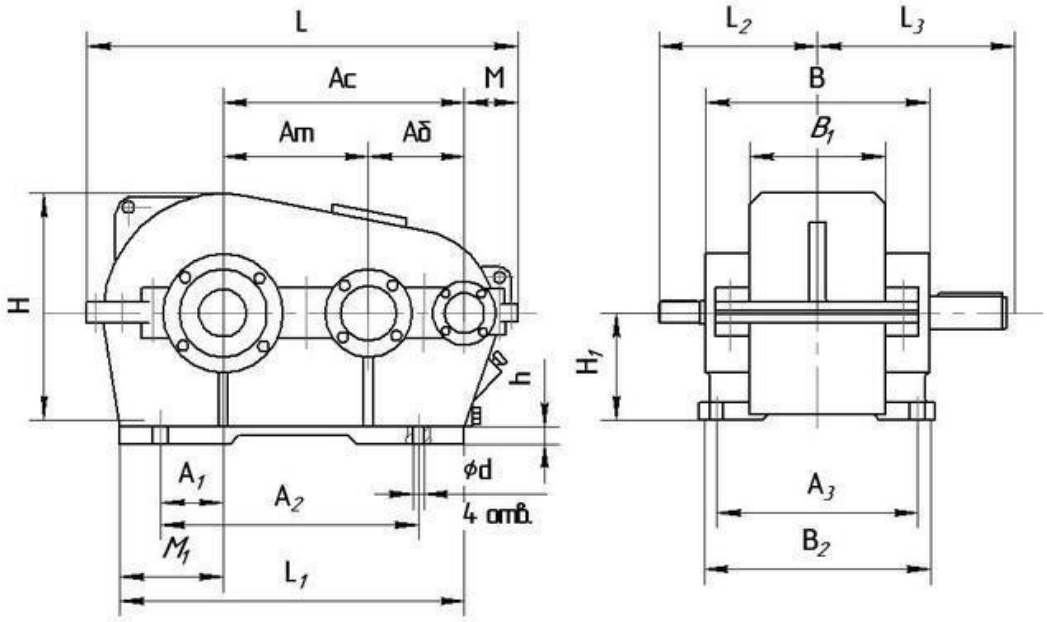


Рис. 6.2. Габаритні та приєднувальні розміри редуктора

Якщо встановлені підшипники, які не регулюються, то для компенсації теплових деформацій між торцем кришки і зовнішнім кільцем підшипника передбачають С = 0,2-0,5 мм.

Внутрішні кільця підшипників встановлюють на вали з натягом для запобігання контактної корозії. Зовнішні кільця встановлюють у отвори корпусних деталей з нульовим чи невеликим зазором, який забезпечує осьові зміщення підшипника під час теплового видовження валу.

Зубчасті передачі редукторів змащують рідкими мастильними матеріалами мінерального чи синтетичного походження. Рівень занурення колеса повинен становити приблизно дві висоти зубця. Мастило заливають через оглядовий люк 18. Контролюють рівень мастила жезловим мастилопокажчиком 17. Для зливання відпрацьованого мастила в нижній частині корпусу передбачають отвір, який під час роботи закривають пробкою 16.

Змащення підшипників виконується за рахунок розбризкування мастила. Для запобігання переповненням мастилом підшипника перед ним з боку шестірні на швидкохідному і проміжному валах можуть встановлювати мастиловідбійні кільця.

Вирівнювання тиску всередині редуктора з атмосферним виконують душником 19.

Порядок виконання роботи

1. Провести зовнішній огляд редуктора. Зняти кришку. Вивчити будову редуктора і ознайомитись з конструкцію його основних деталей.

2. Накреслити кінематичну схему редуктора. За конструктивною схемою скласти специфікацію його основних деталей.

3. Заміряти габаритні, установочні і приєднувальні розміри редуктора, геометричні розміри зубчастих коліс і валів редуктора. Результати вимірювань занести у відповідні таблиці звіту з лабораторної роботи.

4. Обчислити основні параметри швидкохідної і тихохідної ступені, а також редуктора в цілому. Результати обчислень занести у протокол роботи.

5. Визначити тип встановлених на валах редуктора підшипників, ознайомитись з їхньою конструкцію, схемами установки, регулювання й змащення. З використанням довідників виписати їх основні розміри.

6. Ознайомитись з деталями, що обслуговують систему змащення редуктора (маслопоказчик, душник тощо). Визначити тип ущільнень валів і кришок редуктора.

7. Вивчити конструкцію корпусу й кришки редуктора, визначити розміри (рис. 4.2) їх елементів. За даними вимірювань скласти компонувальну схему редуктора і схему навантаження проміжного валу.

8. Оформити звіт з роботи.

Зміст звіту з лабораторної роботи

У звіті з лабораторної роботі повинні бути відображені наступні питання:

1. Назва лабораторної роботи та її мета.

2. Кінематична і конструктивна схеми редуктора.

3. Таблиці результатів вимірювань і розрахунків основних параметрів редуктора.

4. Специфікація деталей редуктора.

5. Схема навантаження проміжного валу редуктора.

6. Технічна характеристика та технічні вимоги до редуктора.

7. Аналіз отриманих результатів роботи і висновки.

Контрольні запитання

1. У чому полягає мета роботи?

2. Який механізм називається редуктором і яке призначення він має?

3. Які основні схеми зубчастих двоступінчастих циліндричних редукторів використовуються? Охарактеризуйте кожну з них.

4. Як визначається загальне передаточне число редуктора і передаточні числа швидкохідної і тихохідної зубчастих передач?

5. Як змінюються частоти обертання і обертальні моменти на сусідніх валах редуктора?

6. Як змінюється потужність на валах передач редуктора?

7. Що таке модуль зубчастої передачі?

8. Які переваги і недоліки мають зубчастої передачі з косими зубцями?

9. Яка залежність є між торцевим і нормальним модулем у зубчастій передачі з косими зубцями? Який з модулів стандартизований?

10. Як визначаються модуль, кут нахилу і напрямок зубців, діаметри зубчастих коліс?

11. Які типи підшипників використані в опорних вузлах редуктора, за якою схемою вони встановлені і яке навантаження сприймають?

12. Які способи змащення зачеплення і підшипникових вузлів застосовують у редукторах?

13. Яке призначення мають оглядовий отвір, мастилопокажчик, мастиловідбійні кільця?

14. Як у редукторі виконують ущільнення валів?

15. Яку роль в конструкції редуктора виконують штифти?

16. Чому в площині роз’єму корпусних деталей редуктора не встановлюють гумову прокладку?

Лабораторна робота № 7. Вивчення конструкції косозубого циліндричного зубчастого редуктора.

Мета роботи - вивчення принципу роботи зубчастого циліндричного редуктора, визначити основні розміри і побудувати компоновочну схему.

7.1. Теоретична частина.

Редуктор виконується у вигляді окремого агрегату, який складається з одної, або декількох зубчастих передач, змонтованих в єдиному закритому корпусі і служить для передачі обертового руху з зменшенням кутової швидкості і збільшенням обертового моменту на вихідному валу.

В залежності від кінематичної схеми зубчасті редуктори можуть бути одно- і багатоступінчастими, простими і планетарними. По типу зубчастих передач вони діляться на циліндричні, конічні, черв'ячні, хвильові, спіроїдні і комбіновані: конічно-циліндричні; черв'ячно-циліндрічні та інші.

7.2. Опис конструкції редуктора.

Робота виконується на базі двохступінчастого циліндричного редуктора, схема якого показана на рис 7.1.

Редуктор має корпус 4, кришку корпуса 3, косозубі зубчасті колісеса з числом зубців z1 z2, z3, z4, вала швидкохідний (ведучий) 3, проміжний і тихохідний (ведений) 12, які монтуються на підшипниках кочення 10 і закриваються кришками підшипників 8 (глухими) і 11 (наскрізні). Кришка з корпусом редуктора з'єднується болтами з гайками 7. Для огляду

зачеплення і заливки мастила передбачене вікно, яке закривається кришкою 1. В кришку 1 монтується віддушина 2, яка призначена для вирівнювання тиску в середині редуктора з тиском зовнішнього середовища. Рівень мастила в редукторі контролюється масловимірювачем 6. Відпрацьоване мастило зливають через різьбовий отвір, який закриває пробка 5.

7.3. Методика виконання роботи.

1. Розібрати редуктор по складальним одиницям.

2. Замірити висоту центрів Н над опорною поверхнею.

3.Відгвинтити болти, які кріплять кришки підшипників з корпусом.

4. Відгвинтити гайки болтів, які з'єднують кришку редуктора з корпусом 4 і зняти кришку редуктора.

5. Виміряти міжосьові відстані a_{W1} і a_{W2} .

6. Виміряти ширину зубчастих коліс Ь2 і Ь4

7.Вийняти з корпусу ведучий, проміжний і ведений вали та визначити тип і серію підшипників.

8. Ознайомитися з конструкцією редуктора і його деталей.

9. Заміряти діаметр вершин зубців шестерень d_{a1} і d_{a2}.

10. Визначити основні параметри зубчастого зачеплення першої і другої передач по викладеній далі методиці.

11. По закінченню роботи скласти редуктор в зворотному порядку.

7.4. Визначення основних параметрів зубчастих зачеплень передач редуктора.

1. Підрахувати число зубців зубчастих коліс першої передачі z_1 і z_2 і визначити передаточне число:

$$u_1 = \frac{z_2}{z_1}$$

2. Визначити ділильний діаметр шестерні

$$d_1 = \frac{2a_w \cdot \cos\beta}{(1 + u_1)}$$

3. Визначити нормальний модуль зубців

$$m_{n1} = \frac{d_{a1} - d_1}{2}$$

4. Визначити висоту зубця зубчастих коліс

$$h_1 = 2{,}25 m_{n1}$$

5. Визначити діаметр впадин шестерні

$$d_{f1} = d_1 - 2{,}5 m_{n1}$$

6. Визначити ділильний діаметр d_2, діаметр вершин зубців d_{a2}, діаметр

впадин зубчатого колеса d_{f2}

$$d_2 = d_1 \cdot u_1$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m_{n2}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2{,}5m_{n2}$$

7. Визначити кут нахилу лінії зубця

$$\cos\beta_1 = \frac{m_{n1} \cdot z_1 \cdot (1 + u_1)}{2a_{w1}}$$

8. Визначити коловий модуль

$$m_{t1} = \frac{m_{n1}}{\cos\beta_1}$$

9. Визначити коефіцієнт ширини зубчастого колеса

$$\varphi_{a1} = \frac{b_2}{a_{w1}}$$

10. Визначити коловий ділильний крок

$$P_{t1} = \frac{\pi \cdot d_1}{z_1}$$

11. По вказаних формулах визначити основні параметри зубчатого зачеплення другої передачі.

12. Накреслити компоновочну схему зубчастого редуктора. Результати вимірів і розрахунків занести в табл. 7.1

Таблиця 7.1 Характеристика зачеплень

Параметри зачеплення		Позначення	Одиниця виміру
Міжосьова відстань	I ступені	a_{w1} =	
	II ступені	a_{w2} =	
Висота центрів валів над опорною поверхнею		H =	
Число зубців I ступені редуктора	шестерні	Z_1 =	
	колеса	Z_2 =	

Число зубців ІІ ступені редуктора	шестерні	Z_3 =	
	колеса	Z_4 =	
Передаточне число	І ступені	u_1 =	
	ІІ ступені	u_2 =	
Ділильний діаметр І ступені редуктора	шестерні	d_1 =	
	колеса	d_2 =	
Ділильний діаметр ІІ ступені редуктора	шестерні	d_3 =	
	колеса	d_4 =	
Діаметр вершин зубців І ступені редуктора	шестерні	d_{a1} =	
	колеса	d_{a2} =	
Діаметр вершин зубців ІІ ступені редуктора	шестерні	d_{a3} =	
	колеса	d_{a4} =	
Діаметр впадин І ступені редуктора	шестерні	d_{f1} =	
	колеса	d_{f2} =	
Діаметр впадин ІІ ступені редуктора	шестерні	d_{f3} =	
	колеса	d_{f4} =	
Кут нахилу лінії зубців	І ступені	β_1 =	
	ІІ ступені	β_2 =	
Коловий модуль	І ступені	m_{t1} =	
	ІІ ступені	m_{t2} =	
Нормальний модуль	І ступені	m_{n1} =	
	ІІ ступені	m_{n2} =	
Коловий ділильний крок	І ступені	P_{t1} =	
	ІІ ступені	P_{t2} =	

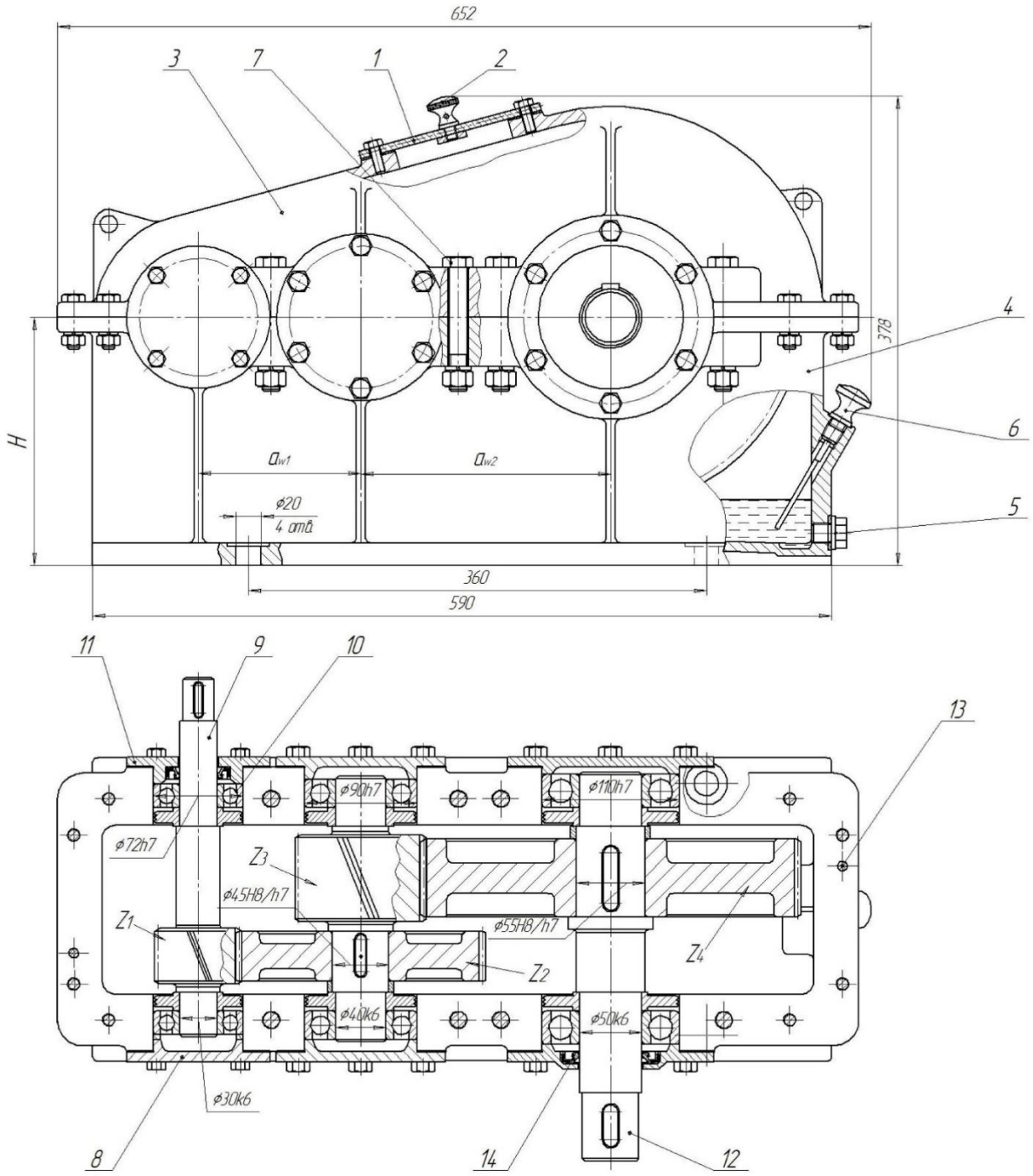


Рисунок 7.1 - Редуктор циліндричний двохступінчастий

7.5. Висновки.

В висновках необхідно дати коротку характеристику редуктора, звернувши увагу на конструкцію корпуса, передач опорних вузлів, способах змащування.

7.6. Оформлення звіту.

Звіт про лабораторну роботу повинен мати тему, мету, компоновочну схему редуктора, ескізи шестерні тихохідної ступені і колеса швидкісної ступені, таблиці підрахунків і замірів, а також висновки.

7.7. Питання для самоконтролю.

1. Як визначити нормальний та торцевий модуль зачеплення?

2. Яка залежність між модулем і висотою зубця?

3. Як залежить ширина зубчастого колеса від міжосьової відстані, або ділильного діаметру шестерні?

4. Як визначити коловий ділильний крок зачеплення?

Лабораторна робота № 8. Вивчення конструкції конічного зубчастого редуктора.

Мета роботи – ознайомитись з конструкцією конічного зубчастого редуктора; з'ясувати призначення основних деталей, а також порядок складання, розбирання та регулювання вузлів; виміряти та розрахунковим шляхом визначити геометричні, кінематичні та силові параметри; скласти кінематичну схему, записати технічну характеристику та сформулювати технічні вимоги.

Устаткування, прилади та інструменти

Редуктор конічний одноступінчастий, натурні зразки зубчастих коліс і їх моделі, штангенциркуль, лінійка, зразки графічних конструкторських документів: складальних креслеників редуктора; робочих креслеників зубчастих коліс, валів, інших деталей; зразки текстових конструкторських документів: пояснювальної записки, специфікацій тощо.

Конструкція редуктора

Редуктор (рис. 8.1) має розбірну конструкцію і складається з корпусу 1 і кришки корпусу 2, з'єднаними між собою стяжними болтами 3 і 4. Всередині корпусу розташовані ведучій вал - шестерня 7 і зубчасте колесо 8, насаджене на ведений вал 6 і зафіксоване на ньому шпонкою 10. Вали спираються на конічні радіально-упорні підшипники 11, що встановлені за схемою у розпір і закриті кришками підшипників. В наскрізних кришках підшипників встановлені гумові манжетні ущільнення 14. Для огляду зачеплення і заливання мастила в кришці корпусу передбачений оглядовий отвір, закритий кришкою 15, в якій для редукторів, що мають значне тепловиділення, закріплений душник 16. Рівень мастила в редукторі контролюється мастилопокажчиком 17. Для піднімання редуктора передбачені рим – болти 18. В нижній частині корпусу зроблений мастилозливний отвір, закритий пробкою 19.

Змащення зачеплення виконується зануренням колеса в мастильну ванну.

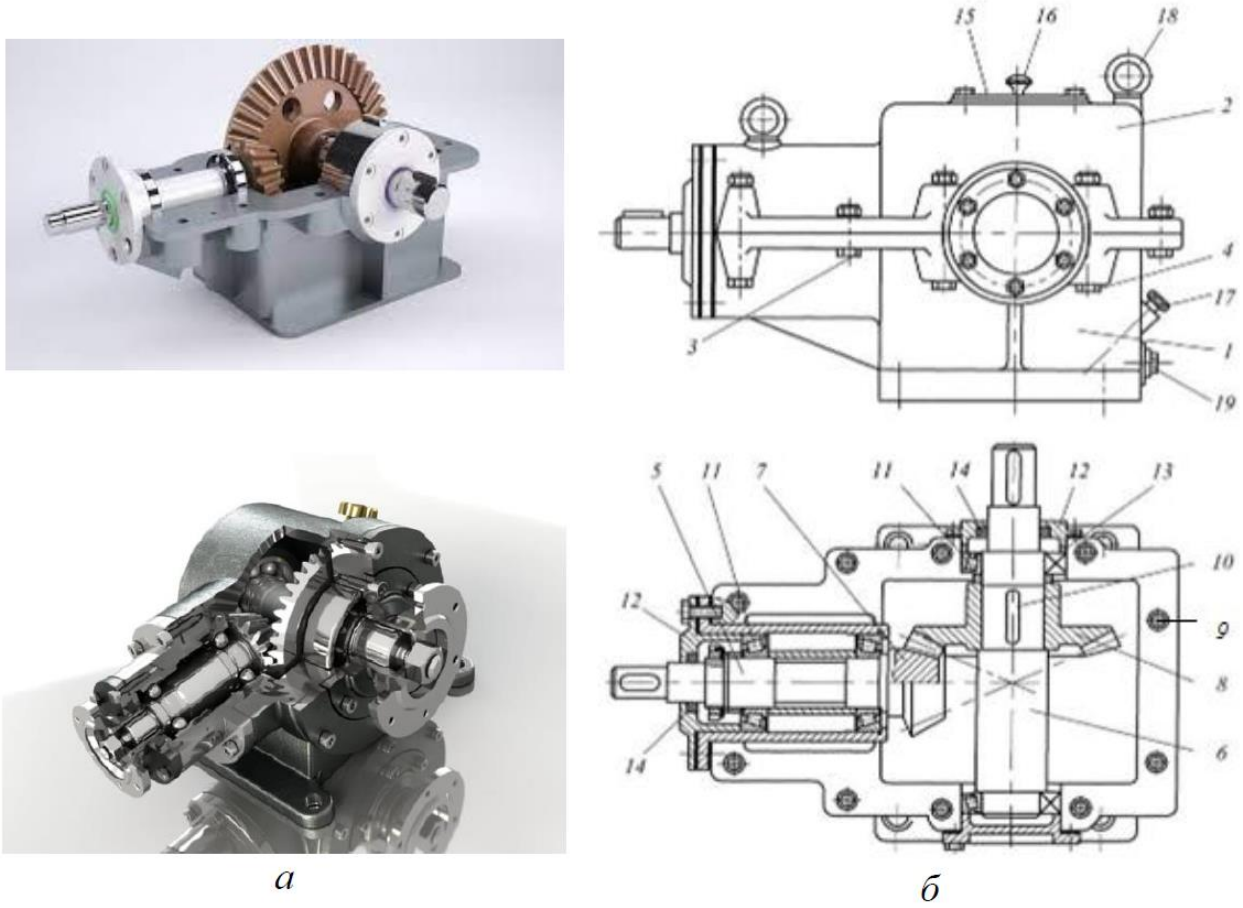


Рис. 8.1. Конічний зубчастий редуктор: а – загальний вид; б – конструктивна схема, де 1 – корпус; 2 – кришка корпусу; 3 – стяжний болт; 4 – стяжний болт; 5 – ведучий вал; 6 – ведений вал; 7 – шестерня; 8 – зубчасте колесо; 9 – болт; 10 – шпонка; 11 – підшипник; 12 – кришка наскрізна; 13 – кільце; 14 – ущільнення; 15 – оглядовий люк; 16 – душник; 17 – мастилопокажчик; 18 – рим – болт; 19 – пробка

Під час збирання редуктора потрібно виконати регулювання трьох позицій:

– радіального зазору в підшипниках ведучого валу;

– осьового положення веденого валу;

– радіального зазору в зубчастому зачепленні.

Регулювання радіального зазору у підшипниках ведучого валу 5 виконується набором тонких мірних металевих прокладок, що встановлюються між фланцями наскрізної кришки 12 і стакана.

Для регулювання осьового положення веденого валу 6 підбирають мірні металеві прокладки, які встановлені між корпусом і підшипниковими кришками. Перестановкою частини прокладок з однієї сторони до іншої виконують переміщення валу в осьовому напрямку, добиваються потрібного співпадіння вершин ділильних конусів шестерні і колеса після складання редуктора.

Регулювання радіального зазору в зачепленні також виконують металічними регулювальними прокладками, що встановлюють між корпусом редуктора і фланцем стакану, що дозволяє переміщати вал в осьовому напрямку.

Правильність складання редуктора перевіряється поворотом ведучого і веденого валів. У правильно зібраного редуктора вали повинні легко провертатися рукою без відчутних осьових і радіальних люфтів.

Порядок виконання роботи

1. Провести зовнішній огляд редуктора. Зняти кришку. Вивчити будову редуктора і ознайомитись з конструкцію його основних деталей.

2. Накреслити кінематичну схему редуктора. За конструктивною схемою скласти специфікацію його основних деталей.

3. Заміряти габаритні, установочні і приєднувальні розміри редуктора, геометричні розміри зубчастих коліс і валів редуктора. Результати вимірювань занести у відповідні таблиці звіту з лабораторної роботи.

4. Обчислити основні параметри зубчастих коліс, валів, корпусних деталей. Результати обчислень занести у звіт з роботи.

5. Визначити тип встановлених на валах редуктора підшипників, ознайомитись з їхньою конструкцію, схемами установки, регулювання й змащення. З використанням довідників виписати їх основні розміри.

6. Ознайомитись з деталями, що обслуговують систему змащення редуктора (маслопоказчик, душник тощо).Визначити тип ущільнень валів і кришок редуктора.

7. Вивчити конструкцію корпусу й кришки редуктора, визначити розміри їх елементів. За даними вимірювань скласти компонувальну схему редуктора і

схему навантаження проміжного валу.

8. Оформити звіт з роботи.

Зміст звіту з лабораторної роботи

Звіті з лабораторної роботи повинні бути відображені наступні розділи:

1. Назва лабораторної роботи та її мета.

2. Кінематична і конструктивна схеми редуктора.

3. Таблиці результатів вимірювань і розрахунків основних параметрів редуктора.

4. Специфікація деталей редуктора.

5. Схема навантаження проміжного валу редуктора.

6. Технічна характеристика та технічні вимоги до редуктора

7. Аналіз отриманих результатів роботи і висновки.

Контрольні запитання

1. В яких випадках застосовують конічні зубчасті передачі?

2. Які існують конічні зубчасті колеса за формою зубців?

3. Які осьові форми зуба застосовують для ортогональних конічних передач?

4. Якими перевагами володіють конічні колеса з круговими зубами в порівнянні з прямозубими?

5. У яких розрахунках використовують значення характеристик у середньому торцевому перерізі конічного зачеплення?

6. У яких розрахунках використовують значення характеристик у зовнішньому торцевому перерізі конічного зачеплення?

7. За яким параметрам конічної зубчастої передачі можна отримати оцінку передаточного числа?

8. За якими схемами встановлюють підшипники в конічних редукторах?

9. Які регулювання виконують в конічному зубчастому редукторі?

10. Яким чином регулюють зачеплення в конічних редукторах?

11. Як перевірити якість регулювання конічного зубчастого зачеплення?

12. Яке призначення має оглядовий люк, мастиловідбійні кільця?

13. Навіщо в редукторі встановлений душник?

14. З якою метою у фланцях редуктора встановлені штифти?

15. Яку конструкцію мають ущільнювальні пристрої?

16. Які деталі встановлюють для запобігання витіканню мастильного матеріалу через наскрізні кришки?

Лабораторна робота № 9. Вивчення конструкції редуктора моста головної передачі.

Мости автомобіля виконують функції осей, на які встановлюються колеса. Залежно від схеми трансмісії мости можуть бути ведучими; веденими; керованими; підтримувальними. На автомобілях найчастіше встановлюють два, або три мости. Якщо автомобіль має два мости, то за ведучий, як звичайно, править задній міст, рідше передній. У двовісних автомобілів підвищеної прохідності ведучі обидва мости. Якщо на автомобілі три мости, ведучими є два задніх мости або всі три. Найпростішу конструкцію має задній ведучий міст автомобілів із колісною формулою 4х2.

Ведучий міст, як правило, об'єднує в одному агрегаті такі механізми

- головну передачу;
- диференціал;
- півосі.

Зазначені механізми конструктивно розміщуються в спільному картері ведучого моста й призначені для передавання крутного моменту на колеса. Механізми моста збільшують передаваний момент і розподіляють його на колеса відповідно до умов контакту кожного колеса з дорогою. Під час передавання крутного моменту картер моста навантажується реактивним моментом, який намагається повернути його проти напряму обертання коліс. Від такого повороту міст утримується підвіскою або її напрямними елементами. Підвіска передає на картер моста також вертикальні, горизонтальні й бокові зусилля, що виникають під час руху автомобіля.

Механізми переднього ведучого моста відрізняються від механізми заднього ведучого моста складнішим приводом до коліс. На вантажних автомобілях півосі до кожного колеса роблять розрізними й з’єднують одним карданним шарніром однакових кутових швидкостей. На передньоприводних легкових автомобілях піввісь з'єднується з колесом і диференціалом двома кульковими шарнірами однакових кутових швидкостей. На автомобілях

підвищеної прохідності для збільшення тягового зусилля в приводі до ведучого й керованого коліс іноді роблять колісну передачу планетарного типу. Головну передачу й диференціал у передньому й задньому ведучих мостах виконують однаковими.

Головна передача слугує для збільшення крутного моменту та зміни його напряму під прямим кутом до поздовжньої осі автомобіля й виконується з конічних шестерень. Залежно від кількості шестерень головні передачі поділяють на:

• одинарні конічні, що складаються з однієї пари шестерень і, в свою чергу, поділяються на прості й гіпоїдні;

• подвійні, які складаються з пари конічних і пари циліндричних шестерень.

Одинарні конічні прості передачі (рис. 9.1, *а)* застосовують переважно на легкових автомобілях і вантажних автомобілях малої й середньої вантажопідйомності. В цих передачах ведучу конічну шестірню *1* з'єднано з карданною передачею, а ведену *2* — з коробкою диференціала й через механізм диференціала з півосями.

У більшості автомобілів одинарні конічні передачі мають зубчасті колеса з гіпоїдним зачепленням (рис. 9.1, *б). Гіпоїдні передачі* порівняно з простими мають низку переваг: у них є вісь ведучого колеса, розташована нижче від осі веденого, що дає змогу опустити нижче карданну передачу, а отже, знизити підлогу кузова легкового автомобіля. Внаслідок цього опускається центр ваги й підвищується стійкість автомобіля. Крім того, гіпоїдна передача має потовщену форму основи зубів шестерень, що істотно підвищує їхню навантажувальну здатність і стійкість проти спрацювання. Проте для мащення шестерень необхідно застосовувати спеціальну оливу (гіпоїдну), розраховану для роботи в умовах передавання великих зусиль, що виникають у місці контакту зубів шестерень.

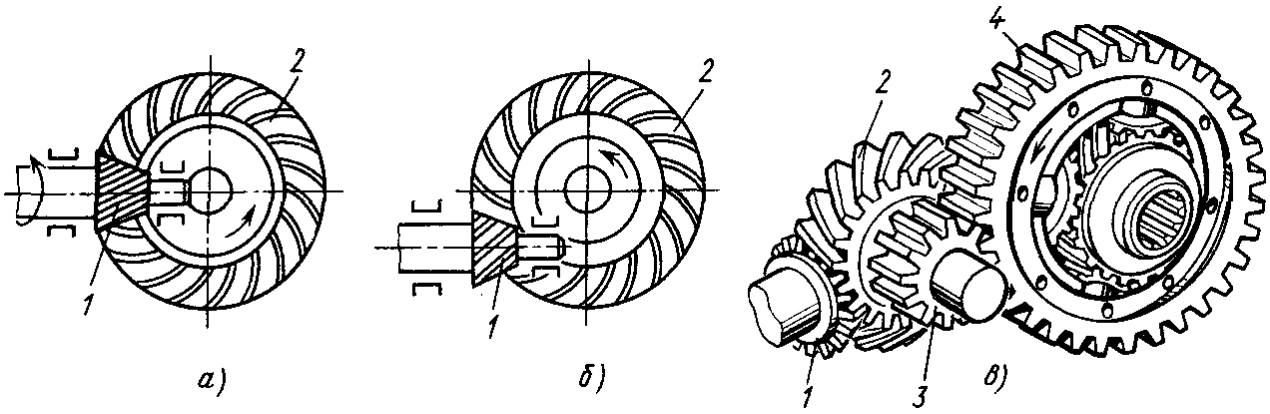


Рис. 9.1 Головні передачі:

а - конічна; б - гіпоідна; в - подвійна; 1 і 2 – відповідно провідне і ведене конічні зубчасті колеса, 3 і 4 – відповідно провідне і ведене циліндричні зубчасті колеса

Подвійні головні передачі (рис. 9.1, в) установлюють на автомобілях великої вантажопідйомності для збільшення загального передаточного числа трансмісії й підвищення передаваного крутного моменту. В цьому разі передаточне число головної передачі обчислюють як добуток передаточних чисел конічної (1, 2) і циліндричної (3, 4) пар.

Подвійна головна передача автомобіля ЗИЛ-130 є частиною механізмів ведучого заднього моста (рис. 9.2), розміщених у його балці 8. Ведучий вал головної передачі виконано як одне ціле з ведучою конічною шестірнею 1. Його встановлено на конічних роликових підшипниках у стакані, закріпленому на картері 9 головної передачі. Тут же в картері на роликових конічних підшипниках установлено проміжний вал із ведучою циліндричною шестірнею 12. На фланці вала жорстко закріплено ведену конічну шестірню 2, що перебуває в зачепленні з шестірнею 1. Ведену циліндричну шестірню 5 з'єднано з лівою 3 та правою 6 чашками диференціала, які утворюють його коробку. В коробці встановлено деталі диференціала: хрестовину 4 з сателітами 11 і півосьовими шестернями 10.

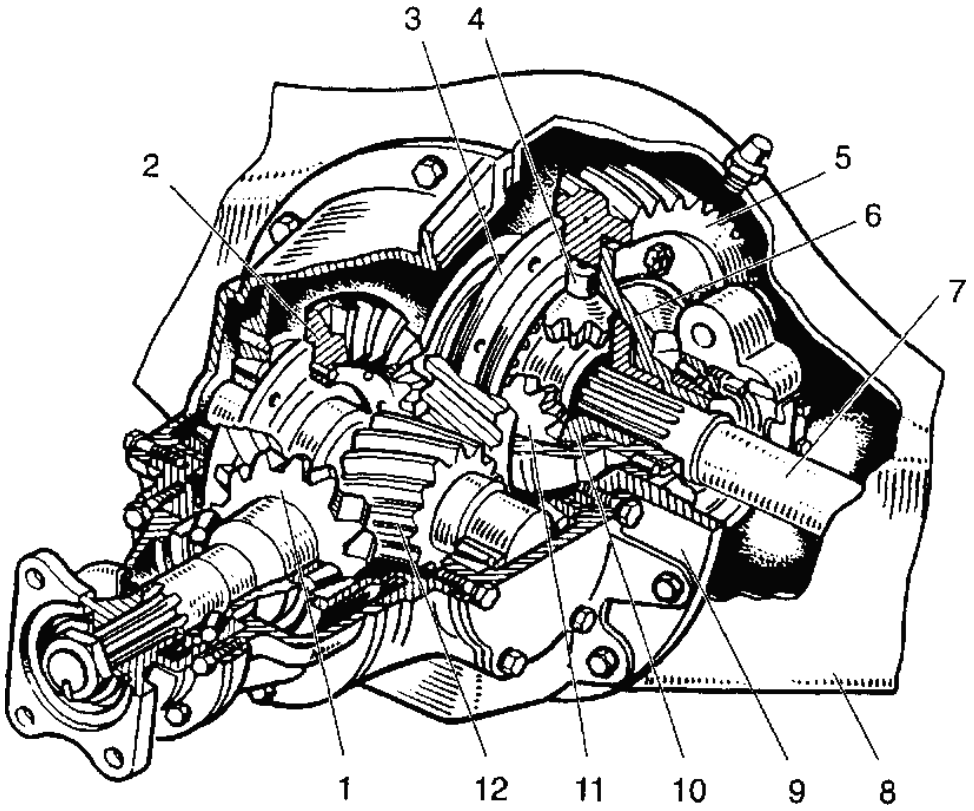


Рис. 9.2 Механізми ведучого заднього моста:

1, 2 — відповідно ведуча й ведена конічні шестерні; *3, 6* — відповідно ліва та права чашки диференціала; *4*~ хрестовина; *5, 12*— відповідно ведена й ведуча циліндричні шестерні; 7— піввісь; *8* — балка; *9*— картер; *10* — півосьові шестерні; *11* — сателіти

Під час роботи головної передачі крутний момент передається від карданної передачі на фланець ведучого вала та його шестірню 1, далі на ведену конічну шестірню 2, проміжний вал і його шестірню 12, ведену циліндричну шестірню 5 і через деталі диференціала на півосі 7, зв'язані з маточинами коліс автомобіля.

Диференціал призначається для передавання крутного моменту від головної передачі до півосей і дає їм змогу обертатися з різною швидкістю під час повороту автомобіля й на нерівностях дороги.

На автомобілях застосовують шестеренчасті конічні диференціали (рис. 9.3, а), які складаються з півосьових шестерень 3, сателітів 4 та корпусу, що об'єднує їх і кріпиться до веденої шестірні головної передачі.

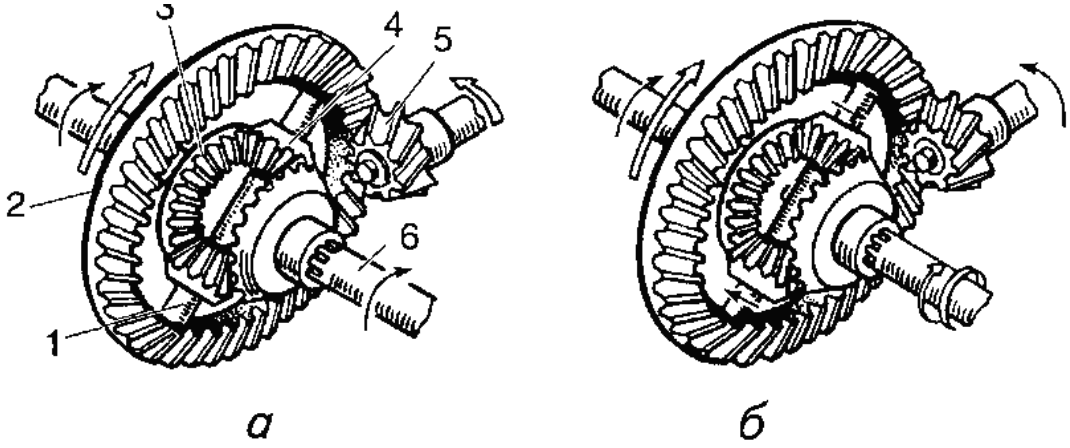


Рис. 9.3 Будова та принцип дії диференціала:

а — рух автомобіля по прямій; *б*— поворот автомобіля; *1* — вісь сателітів; 2, 5— відповідно ведена й ведуча шестерні; *3* — лівосьові шестерні; *4* — сателіти; *6* — півосі

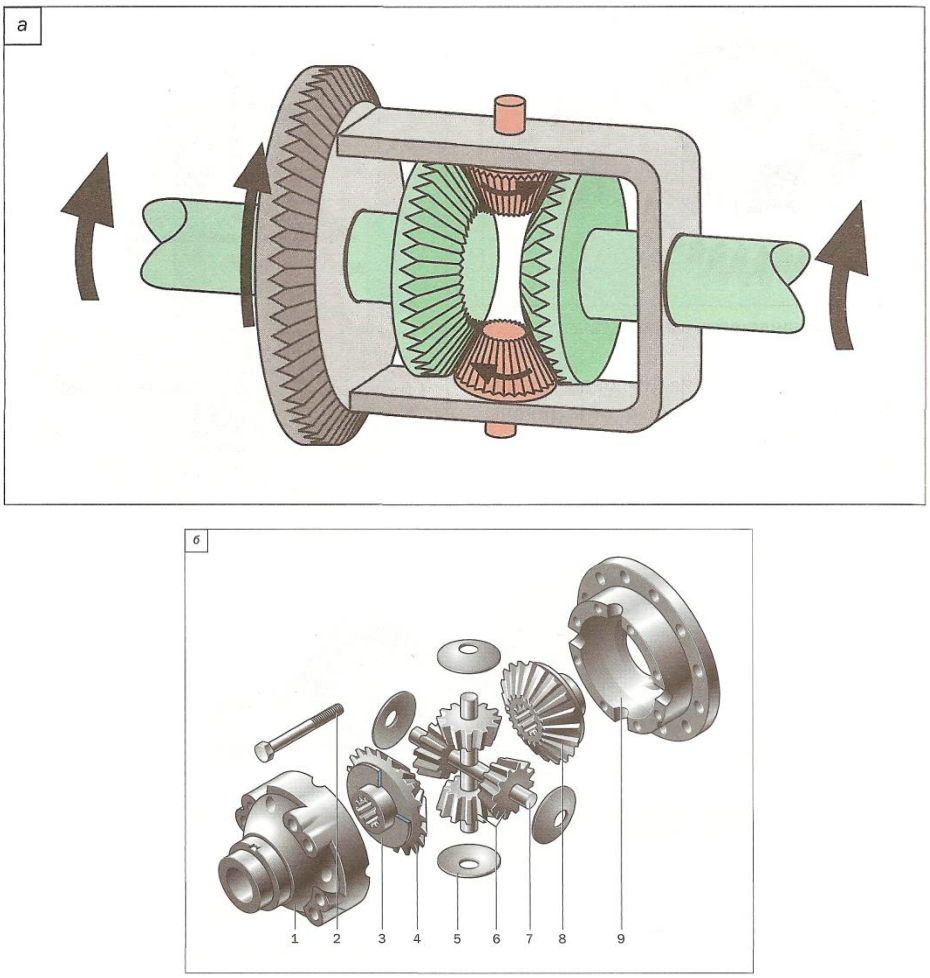


Рис. 9.4. Схема роботи (а) і деталі (б) конічного симетричного диференціалу:

1 – коробка сателітів диференціала права; 2 – болт коробки сателітів, 3 – опорна шайба шестерні; 4, 8 -напівосьові шестерні; 5 – опорна шайба сателіта; 6 - сателіти; 7 – вісь сателітів; 9 – ліва коробка сателітів диференціала

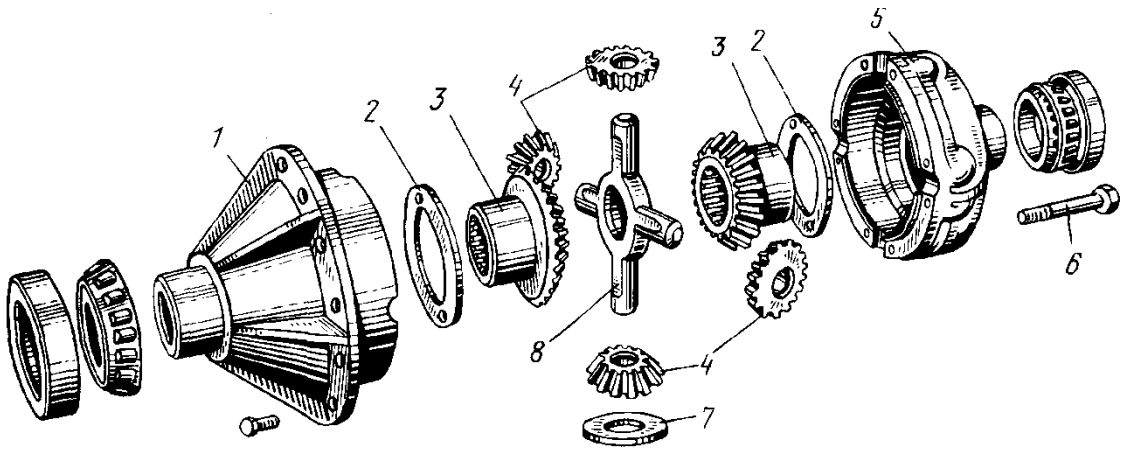


Рис. 9.5.Деталі симетричного диференціала:

1 і 5 – чашки диференціала; 2 і 7-шайби, 3 - напівосьові зубчасті колеса; 4 - сателіти; б - болт кріплення чашок диференціала; 8 - хрестовина

Диференціали такого типу використовують як міжколісні (між колесами ведучих мостів). Вони різняться конструкцією корпусу й кількістю сателітів. Конічні диференціали використовують також і як міжосьові. В цьому разі вони розподіляють крутний момент між головними передачами ведучих мостів.

На рис. 9.5 для спрощення показано корпус диференціала, тому для розгляду принципу дії вважатимемо, що вісь 7 сателітів установлено в корпусі. Під час обертання ведучої шестірні 5 і веденої шестірні 2 головної передачі крутний момент передається на вісь 1 сателітів, далі через сателіти 4 на півосьові шестерні 3 й на півосі 6.

Під час руху автомобіля по прямій і рівній дорозі (рис. 9.5, а) задні колеса зустрічають однаковий опір і обертаються з однаковою частотою. Сателіти навколо своєї осі не обертаються, й на обидва колеса передаються однакові крутні моменти. Як тільки умови руху змінюються, наприклад на повороті (рис.

9.5, б), ліва піввісь починає обертатися повільніше, оскільки колесо, з яким вона зв'язана, зустрічає великий опір. Сателіти починають обертатися навколо своєї осі, обкочуючись по півосьовій шестірні (лівій), що сповільнюється, й збільшуючи частоту обертання правої півосі. В результаті праве колесо прискорює своє обертання й проходить більший шлях по дузі зовнішнього радіуса.

Водночас зі зміною швидкостей півосьових шестерень змінюється крутний момент на колесах — на колесі, яке прискорюється, момент зменшується. Оскільки диференціал розподіляє моменти на колеса порівну, то в цьому разі на колесі, що сповільнюється, також зменшується момент. У результаті сумарний момент на колесах зменшується й тягові властивості автомобіля погіршуються. Це негативно впливає на прохідність автомобіля під час руху по бездоріжжю й на слизьких дорогах. Проте на дорогах із добрим зчепленням шестеренчастий конічний диференціал забезпечує кращі стійкість і керованість.

Для підвищення прохідності автомобіля під час руху по бездоріжжю застосовують диференціали з примусовим блокуванням або самоблоківні.

Примусове блокування полягає в тому, що ведучий елемент (корпус) диференціала в момент умикання блокування жорстко з'єднується з півосьовою шестірнею. Для цього передбачено спеціальний дистанційний пристрій із зубчастою муфтою.

Самоблоківний диференціал підвищеного тертя (кулачковий), що застосовується на автомобілі ГАЗ-66, складається з внутрішньої 5 і зовнішньої 6 зірочок, між кулачками яких закладено сухарі 3 сепаратора 2, 4. Сепаратор виконано як одне ціле з лівою чашкою диференціала й з'єднано з веденою шестірнею головної передачі. Права чашка (на рисунку не показано) вільно охоплює зовнішню зірочку й разом із лівою чашкою утворює корпус диференціала. Зірочки диференціала своїми внутрішніми шліцами з'єднуються з півосями 1.

Під час обертання веденої шестірні головної передачі й руху автомобіля по прямій сухарі з однаковою силою тиснуть на кулачки обох зірочок і змушують їх обертатися з однаковою швидкістю.

Якщо одне з коліс потрапляє на поверхню дороги з великим опором рухові, то зв'язана з ним зірочка починає обертатися з меншою частотою, ніж сепаратор. Сухарі, перебуваючи в сепараторі, з більшою силою тиснуть на кулачки зірочки, що сповільнюється, й прискорюють її обертання.

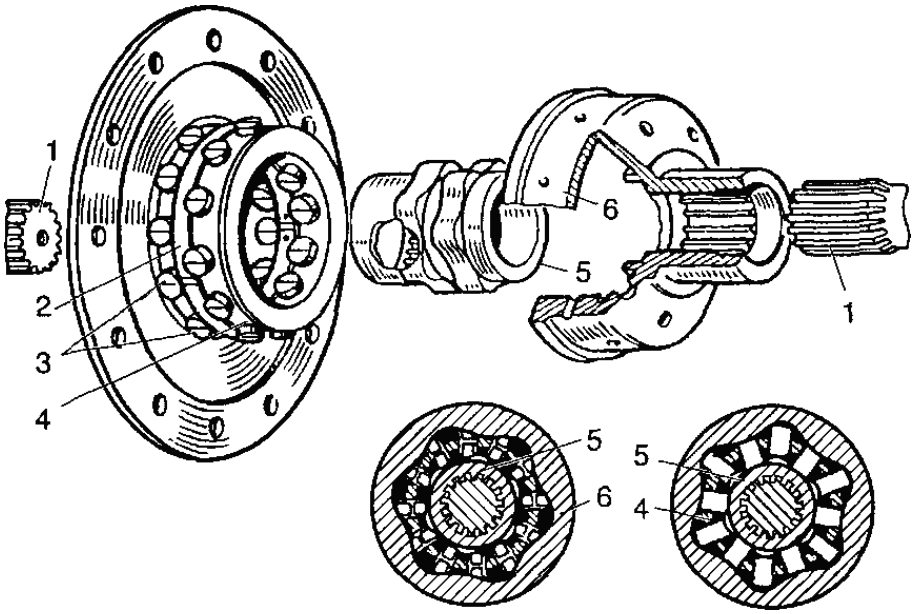


Рис. 9.6 Самоблоківнний диференціал:

1— півосі; 2, *4* — сепаратор; *3* — сухарі; 5, *6* — відповідно внутрішня й зовнішня

Отже, в місцях контакту сухарів із кулачками зірочок виникає підвищене тертя, що перешкоджає істотній зміні відносних швидкостей обох зірочок, і колеса обертаються з приблизно однаковими кутовими швидкостями. Через сили тертя сухарів по кулачках перерозподіляються моменти. На зірочці, що прискорюється, сили тертя спрямовані проти напряму обертання, на зірочці, що відстає, в напрямі обертання. Крутний момент на зірочці, що відстає, зростає, а на тій, що прискорюється, зменшується на момент сил тертя, й у результаті пробуксовування коліс не відбувається.

Колісні передачі застосовують на деяких великовантажних автомобілях для зниження навантаження в карданній передачі та механізмах ведучого моста. До таких передач належать прості шестеренчасті циліндричні передачі з внутрішніми зачепленнями або планетарні.

За ведучу ланку планетарної колісної передачі (рис. 9.3) править сонячна шестірня /, що встановлена на шліцах півосі 7 і перебуває і зачепленні з трьома шестернями-сателітами 2. Осі 4 сателітів закріплено нерухомо у водилі 3, яке становить опору для підшипників маточини колеса й жорстко закріплене на балці моста. Сателіти зачеплені з корінною шестірнею 5, яку скріплено болтами з маточиною колеса 6. Із зовні колісну передачу закрито кришкою 8, яка разом і: корінною шестірнею й маточиною колеса утворює обертовий картер, куди заливають оливу для мащення зубчастих зачеплень і підшипників.

Передаточне число планетарної передачі визначається відношенням кількості зубів коронної шестірні до кількості зубів сонячної ї становить 1,4...1,5. Навантажувальна здатність і стійкість проти спрацювання планетарної передачі дуже високі, оскільки крутний момент у ній передається від сонячної шестірні до корінної трьом; потоками через сателіти й підсумовується на маточині колеса.

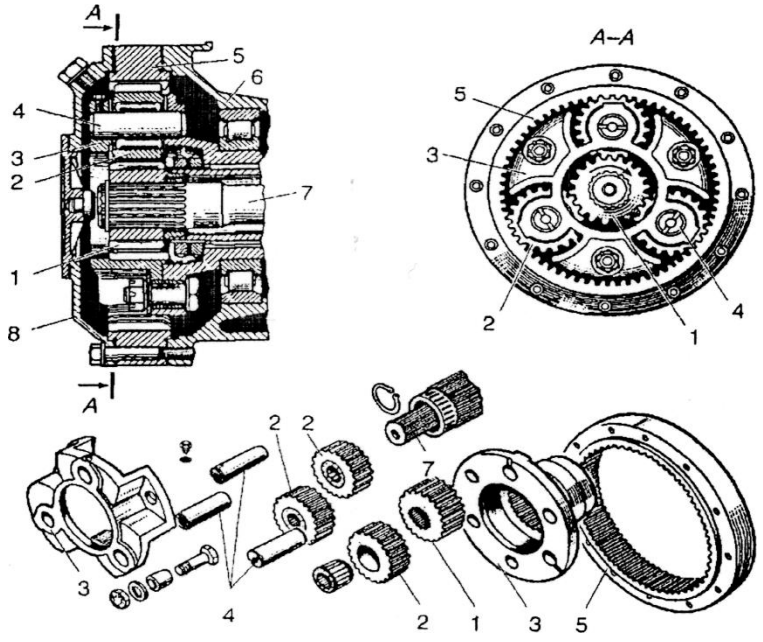


Рис. 9.7 Планетарна колісна передача:

1 - сонячна шестірня; 2 - шестерні-сателіти; 3 - водило. 4 - осі сателітів 5- корінна шестірня; 6 - маточина колеси; 7- піввісь; 8- кришка

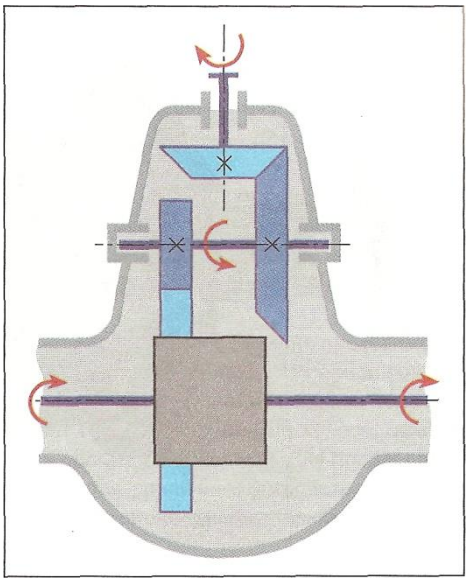


Рис. 9.8. Подвійна головна передача

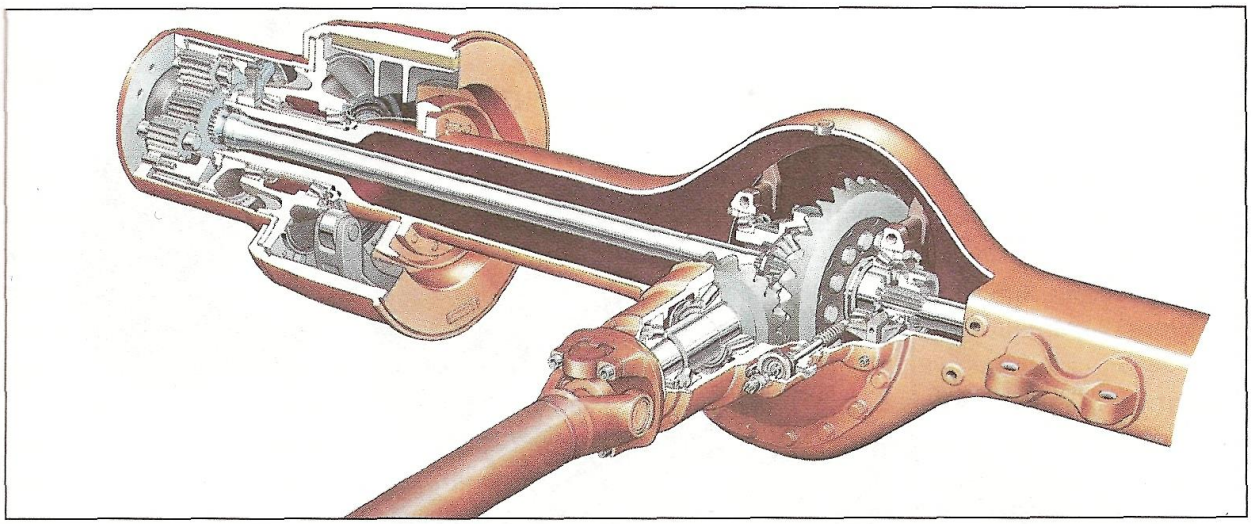


Рис. 9.9. Ведучий міст вантажного автомобіля з рознесеною головною передачею і колісними планетарними редукторами

Контрольні питання:

1. Призначення головної передачі.
2. Будова та принцип роботи головної передачі.
3. Будова головної передачі ЗІЛ-130.
4. Диференціал: його призначення та будова.
5. Самоблоківний диференціал: його призначення та будова.

Лабораторна робота № 10. Дослідження моменту тертя в підшипниках кочення.

Мета роботи – вивчити конструкції основних типів підшипників кочення, ознайомитись з системою їх умовних позначень, експериментально дослідити залежність моменту тертя і зведеного коефіцієнту тертя від навантаження, частоти обертання і умов змащення.

Устаткування, прилади та інструменти Лабораторна установка ДМ-28М, комплект змінних випробувальних головок з підшипниками кочення, індикатор годинникового типу, штангенциркуль, вороток.

Будова установки Момент тертя $T_{тр}$ визначають на лабораторній установці ДМ-28М методом маятника. Конструкція установки показана на рисунку 10.5.

У корпусі установки розташований привод, який складається з електродвигуна і клинопасової передачі, а також двохконсольний вал 2, встановлений на двох шарикопідшипникових опорах. Змінну випробувальну підшипникову головку 1 встановлюють на консолі валу 4. На втулці змінної головки установлено чотири підшипники. Зовнішні кільця двох середніх підшипників 9 розміщені в загальній обоймі, а зовнішні кільця двох крайніх підшипників 3 і 11 - у корпусі головки, що охоплює обойму середніх підшипників із зазором.

Навантаження підшипників здійснюється гвинтом 6 навантажувального пристрою, корпус якого жорстко зв'язаний з корпусом головки 6. Зусилля гвинта через динамометричну скобу - 7 і кулькову опору передається на обойму середніх підшипників. Одночасно підшипники обойми притискаються до втулки, розташованої на валу, а підшипники корпусу навпаки віджимаються від неї.

Вимірювання сили, що навантажує, виконується індикатором годинникового типу за деформацією динамометричної скоби 8 після відповідного тарування. Момент тертя вимірюється маятником 15, стрілка якого повертається відносно шкали 17, закріпленої на корпусі установки.

Мастильний пристрій складається із циліндра 14 з поршнем 13. Потрібний рівень масла в корпусі підшипників встановлюють переміщенням поршня. Для змащення підшипників застосовується мастило індустріальне з кінематичною в'язкістю 13-17 мм^2/с при 40°С. Температуру підшипників виміряють термометром.

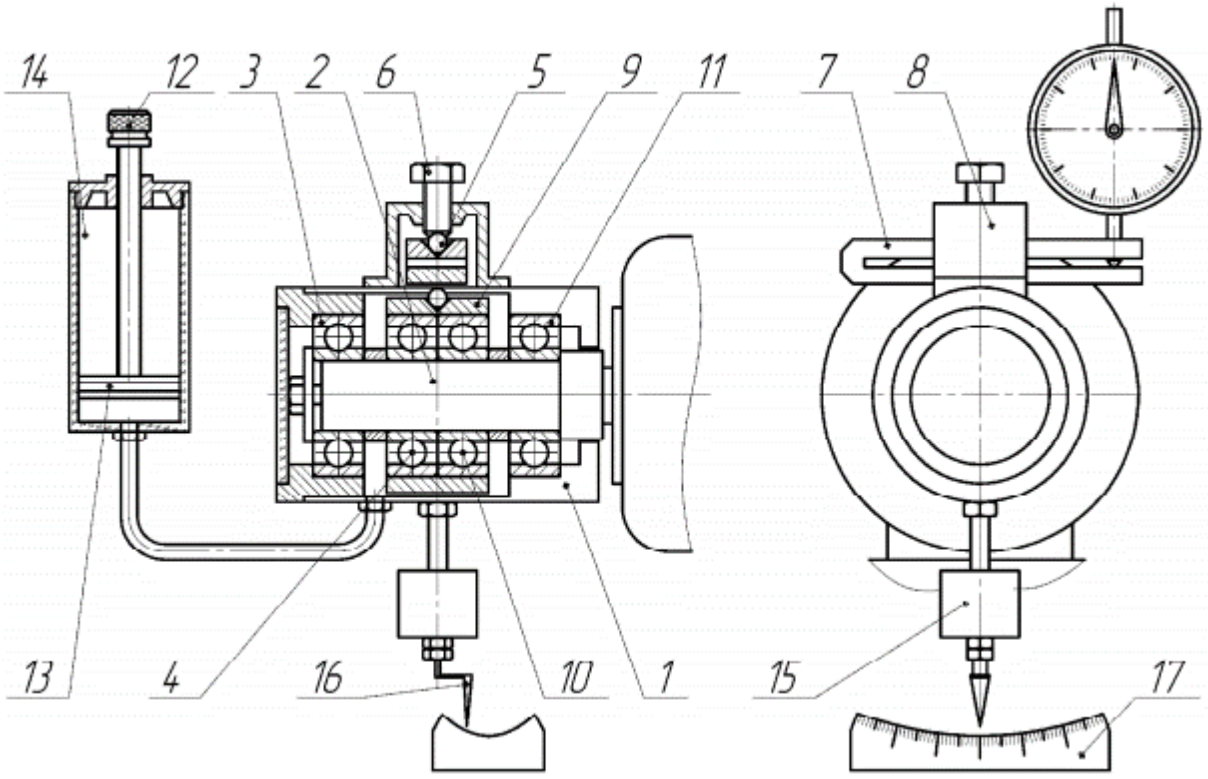


Рис. 10.5. Схема лабораторної установки ДМ-28М: 1 – касета з підшипниками; 2 – вал; 3 – підшипник; 4 – тіло кочення; 5 – індентор; 6 – гвинт; 7 – динамометрична скоба; 8 – корпус; 9 – підшипник; 10 – тіло кочення; 11 – підшипник; 12 – клапан; 13 – поршень; 14 – циліндр; 15 – маятник; 16 – стрілка; 17 – шкала

Технічні характеристики установки

1. Тип електродвигуна - А02-11-1, потужність Р =0,6 кВт, частота обертання валу n= 1360 об/хв;

2. Найбільша сила навантаження на підшипники - 12000 Н;

3. Частота обертання підшипників - 970, 1880 і 2760 об/хв;

У комплект установки входять чотири випробувальні головки, які

дозволяють досліджувати наступні типи підшипників з внутрішнім діаметром d= 40 мм:

1. Підшипники кулькові радіальні однорядні 208;

2. Підшипники кулькові радіальні однорядні 308;

3. Підшипники радіальні кулькові сферичні дворядні 1208;

4. Підшипники роликові конічні однорядні 7208.

Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію основних типів підшипників кочення, систему їхніх умовних позначень, ознайомитись з будовою лабораторної установки та її технічною характеристикою.

2. Для 3-4 типів підшипників, запропонованих викладачем, накреслити ескізи, заміряти і порівняти за довідником основні розміри та проставити їх на ескізах. Записати маркування підшипників і, користуючись даним посібником і довідковою літературою, розшифрувати умовні позначення.

3. Встановити на вал першу дослідну головку, збалансувати її, створити в ній мінімальний рівень змащення. Встановити задану частоту обертання валу. Ввімкнути установку і забезпечити її роботу впродовж 4-6 хвилин. Впевнитись у справності установки і почати вимірювання моменту тертя підшипників.

4. Зафіксувати початковий момент тертя під час роботи головки без навантаження підшипників. Виконати вимірювання моменту тертя під час ступінчатого підйому навантаження підшипників послідовно силами 3000, 6000, 9000, 12000 Н. На кожній ступені навантаження виконати не менше трьох вимірювань. Повторити дослідження для інших умов змащення підшипників, а саме при наступних рівня мастила:

- до центру нижньої кульки;

- до нижньої частини внутрішнього кільця підшипника.

5. Повторити дослідження за п. 4 для інших частот обертання валу.

6. Замінити дослідну головку і повторити випробування підшипників іншого типу за п.п. 4 і 5.

7. Обчислити значення зведених коефіцієнтів тертя для різних умов роботи, побудувати графіки залежності моменту тертя і зведеного коефіцієнту тертя від навантаження для різних рівнів змащення і різних частот обертання валу.

8. Проаналізувати результати дослідження, зробити висновки, оформити звіт з роботи.

Зміст звіту з лабораторної роботи

У звіті по лабораторній роботі повинні бути відображені наступні питання:

1. Назва лабораторної роботи, її мета.

2. Ескіз 3-4 типів підшипників, їхні основні розміри, розшифрування позначень.

3. Схема лабораторної установки та її технічна характеристика.

4. Таблиця з результатами вимірювань і розрахунків.

5. Графіки залежності моменту тертя і зведеного коефіцієнта тертя від навантаження для різних рівнів змащення і різних частот обертання валу.

6. Аналіз отриманих результатів дослідження і висновки з роботи.

Контрольні запитання

1. Яке призначення мають підшипники кочення? В чому полягають їхні переваги в порівнянні з підшипниками ковзання?

2. Якими бувають підшипники кочення за напрямком дії навантаження, що сприймається? За формою тіл кочення?

3. Які типи підшипників кочення є найбільш поширені у конструкціях? За яких умов рекомендується їх використовують?

4. Які відомості містить основне умовне позначення підшипника за системою ДСТУ?

5. Які класи точності підшипників передбачені стандартом?

6. Визначте тип і внутрішній діаметр підшипників, що мають позначення: 308, 2306, 1209, 180207, 2304, 3208, 4306, 5103, 6205, 7306, 8205, 9106?

7. Як поділяються опори валів за здатністю фіксувати осьове положення валу?

8. У чому полягає різниця між схемами встановлення підшипників «у розпір» і «у розтяг»?

9. З якими факторами зв’язують втрати у підшипниках кочення?

10. Яку будову мають дослідні підшипникові головки?

11. Яка система навантаження підшипників використовується в лабораторній роботі?

12. Яким чином виміряється момент тертя у підшипниках в лабораторній роботі?

Лабораторна робота № 11. Контроль параметрів різьб

Мета роботи:

– вивчити методи та засоби контролю параметрів різьбових з'єднань.

– засвоїти методику вимірювання різьби.

– перевірити відповідність основних параметрів різьби вимогам кресленика.

Матеріальне забезпечення:

– мікрометр різьбовий МВМ 0…25;

– мікрометр гладкий МК 0…25;

– мікроскоп малий інструментальний ММИ; довгомір вертикальний;

– стійка СТ;

– шаблон-різьбомір;

– дротики для контролю різьби;

– деталь з різьбовою поверхнею;

– креслення деталі.

1. Основні параметри різьби

Побудова різьби ґрунтується на принципі гвинтової лінії. Гвинтова лінія утворюється в результаті одночасного здійснення двох рухів обертального та поступального. Якщо до поверхні циліндра, що рівномірно обертається на верстаті, врізатись на деяку глибину різцем і рівномірно переміщувати його вздовж осі циліндра, то на поверхні цього циліндра утвориться гвинтова лінія.

В даному прикладі відстань, на яку переміщується різець за один повний оберт циліндра, називається кроком гвинтової лінії, а відрізок гвинтової лінії, нарізаний різцем на поверхні циліндра за один його повний оберт, – ходом гвинтової лінії.

Отже, кроком гвинтової лінії називається відстань між двома точками, виміряна по твірній циліндра, на якому позначена лінія.

Ходом гвинтової лінії називається її відрізок, розміщений між двома точками однієї й тієї ж твірної циліндра.

Кут, розміщений між перпендикулярною до осі циліндра площиною та напрямком гвинтової лінії, називається кутом піднімання гвинтової лінії (позначається, як правило, ψ).

Якщо на видимій стороні циліндра при вертикальному його положенні гвинтова лінія піднімається зліва направо, то її називають правою гвинтовою лінією, якщо ж вона піднімається справа наліво – лівою.

В залежності від форми твірної фігури всі різьби поділяються на трикутні, прямокутні, трапецеїдальні, упорні та круглі.

Різьба буває однозахідна, двозахідна та багатозахідна. Двозахідну різьбу можна одержати, якщо крок гвинтової лінії поділити навпіл, і між витками першої лінії нанести другу лінію, паралельну до першої. При тризахідній різьбі крок ділиться на три частини і паралельно розміщуються три витки різьби. Число заходів гвинта збільшується у тих випадках, коли потрібно надати гвинтовій парі (гвинту та гайці) достатньої міцності при великому кроку різьби.

Різьбові гвинти поділяються на дві основні групи – кріпильні та вантажні. Для кріпильних гвинтових виробів застосовують виключно трикутну різьбу, а для вантажних – прямокутну, трапецеїдальну та упорну різьби, у яких тертя між гвинтом та гайкою менше.

Кріпильна різьба буває трьох систем: метрична, трубна та дюймова. Остання при проектуванні та побудові нових машин не застосовується, але є в машинах старого типу і машинах іноземних марок.

З цього випливає що, крок або хід гвинта – це відстань, на яку пересунеться гвинт в гайці в осьовому напрямі за один повний оберт, а крок різьби – це відстань між двома однойменними точками сусідніх витків.

Метрична різьба має кут при вершині $\alpha = 60°$. Вершини виступів та западин плоско зрізані, щоб уникнути заклинювання при нагвинчуванні гайки. Елементи метричної різьби даються в міліметрах.

Дюймова різьба відрізняється від метричної тим, що кут при вершині α = 55° і елементи різьби даються в дюймах. Замість кроку, в дюймовій різьбі вказується число ниток (витків) на дюйм.

Трубна різьба може бути з плоскими вершинами та із заокругленими вершинами. Профіль трубної різьби такий же, як і у дюймової, але вона дрібніша, що потрібно для уникнення послаблення труб. Трубна різьба забезпечує високу щільність з'єднання, бо зазори, що мають місце в кріпильній різьбі, тут виключені.

Найбільше розповсюдження на практиці отримали метричні різьби.

ДСТУ ISO 262:2005 встановлює наступні основні параметри метричної різьби (рис. 11.1).

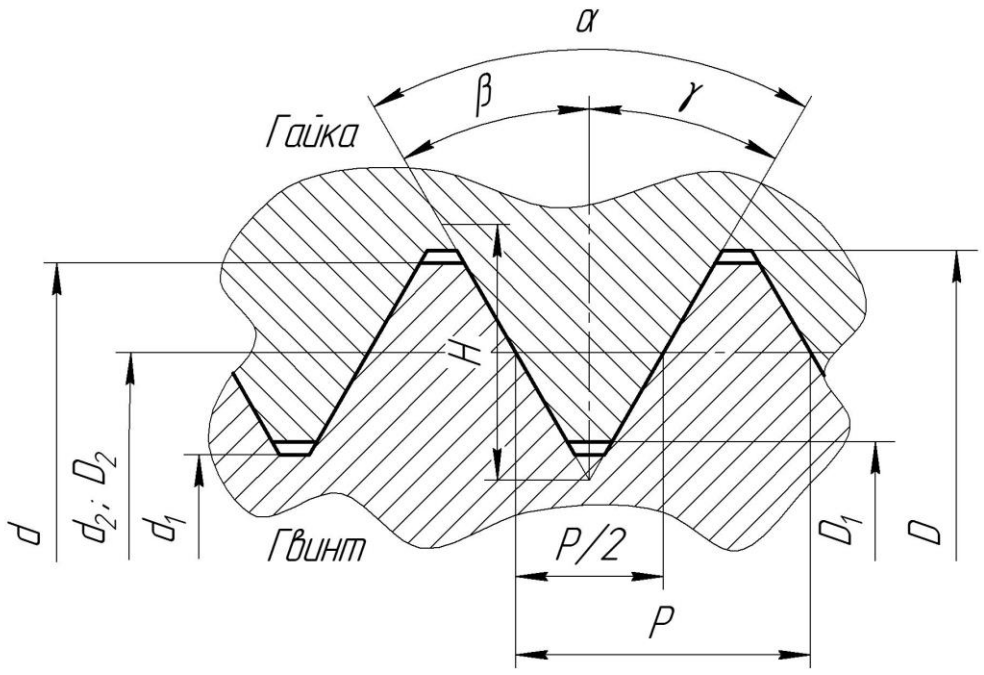


Рис. 11.1. Основні параметри метричної різьби

d – зовнішній діаметр зовнішньої різьби (болта);

D – зовнішній діаметр внутрішньої різьби (гайки);

d_1 – внутрішній діаметр болта;

D_1 – внутрішній діаметр гайки;

d_2 – середній діаметр болта;

D_2 – середній діаметр гайки;

d_3 – внутрішній діаметр болта по дну вкладиша;

H – висота вихідного трикутника;

α – кут профілю різьби;

P – крок гвинта.

2. Методи та засоби контролю параметрів різьби

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

При комплексному методі контролю контролюється середній діаметр, тому що па 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 $\alpha/2$ половину кута профілю. 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.

При диференціальному методі найбільш просто можливо виміряти d та D за допомогою штангенциркуля або гладкого мікрометра; d_2 та 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.

3. Послідовність контролю параметрів різьби

Вимірювання середнього діаметру зовнішньої різьби d_2.

В лабораторній роботі вимірювання d_2 виконується такими способами:

1 – різьбовим мікрометром МВМ 0–25;

2, 3 – за допомогою трьох каліброваних дротиків гладким мікрометром МК–25 та на довгомірі ИЗВ;

4 – на малому інструментальному мікроскопі ММИ.

Перший спосіб застосовується для контролю елементів різьби грубого класу. При цьому похибка вимірювань може складати 0,1...0,2 мм.

Різьбовий мікрометр МВМ 0–25 (рис. 11.3, а) конструктивно відрізняється від гладкого тим, що торці мікрогвинта та п'ятки мають отвори, в які вставляються спеціальні вставки. Призматична (сідловидна) вставка (рис. 11.3, 1, б) вставляється в отвір п'ятки, а конічна (рис. 11.3, 2, 3, б) в отвір мікрогвинта. Розмір вставок визначається кроком вимірюваної різьби. Інтервал кроків вимірюваних різьб маркується на вставках. При цьому перевірка нульового установлювання для різьбових мікрометрів аналогічна перевірці гладких мікрометрів. Установча міра представлена на рис. 11.3, в.

Послідовність вимірювання d_2 за допомогою різьбового мікрометра МВМ наступна.

1. Попередньо вивчити довідникову карту на відповідному робочому місці.

2. Закріпити різьбовий мікрометр в стійці та перевірити установку нуля.

3. Визначити за кресленником деталі крок різьби, встановити відповідність кроку різьби деталі, вказаному на кресленні, за допомогою шаблона-крокоміра (рис. 5.2) або за значенням *d* у відповідності з ISO 261:1998.

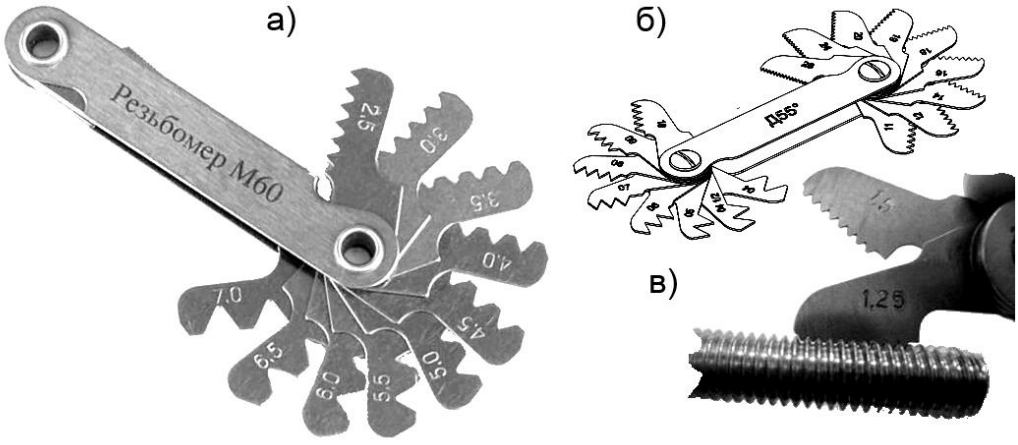


Рис. 11.2. Різьбомір

4. Вибрати згідно з кроком відповідну пару вставок та встановити їх у мікрометр МВМ.

5. Встановити мікрометр на різьбу.

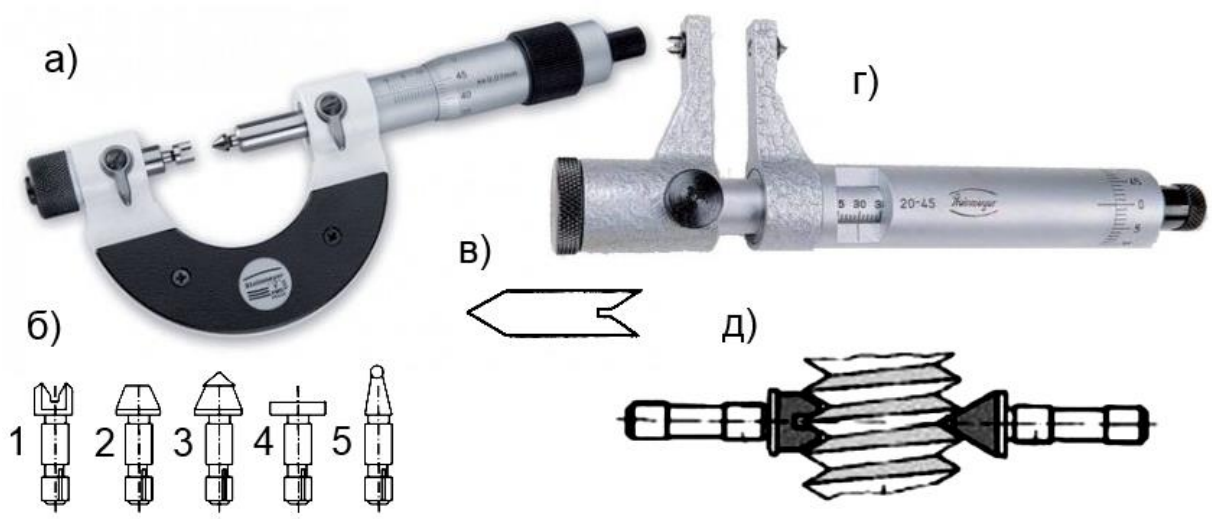


Рис. 11.3. Різьбовий мікрометр МВМ

6. Виміряти три нитки різьби по всій довжині згвинчування.

7. Згідно з ДСТУ ISO 262:2005 встановити граничні розміри середнього діаметру різьби d_{2max} та d_{2min}.

8. Порівняти дійсні розміри з граничними і зробити висновок щодо придатності різьби за середнім діаметром.

9. Результати вимірювань записати в таблицю звіту.

Другий спосіб – найбільш поширений та точний для визначення середнього діаметра d_2 зовнішньої різьби за допомогою спеціальних калібрів-дротиків, похибка яких вказана в табл. 11.1.

Таблиця 11.1

Деякі характеристики засобів вимірювання d_2

Засоби вимірювань	Діапазон вимірювальних діаметрів, мм	Похибка, мкм, для діаметрів, мм		
		1...18	18…50	50…100
Важільний мікрометр; дротики класу 1	1…50	±7	±7	–
Мікрометр класу 0, дротики класу 1	1…600	8…25	–	–

Мікрометр класу 1, дротики класу 1	1…600	11…30	–	–

Дротиками вимірюють середній діаметр непрямим шляхом. Суть методу полягає в тому, що у западини різьби закладають три калібровані дротики однакового номінального діаметру та контактним приладом визначають відстань між крайніми точками дротиків (рис. 11.5). Розміри дротиків за СТ СЭВ 242-95 для метричної різьби слід вибирати із табл. 11.2.

Середня калібрована частина дротиків виконується з відхиленнями, що не перевищують 1 мкм (рис. 5.4). Діаметри дротиків проставляються на прікріплених до дротиків бирках. Діаметр дротиків встановлюється так, що при вимірюванні дротик є дотичним до профілю різьби в тих точках, де ширина канавки дорівнює половині номінального кроку, тобто:

$$d = \frac{P}{2 \cdot cos\frac{\alpha}{2}}.$$

Таблиця 11.2

Величини найвигідніших діаметрів дротиків в залежності від кроку

Крок різьби, мм	Найвигідніший діаметр дротиків, мм	Крок різьби, мм	Найвигідніший діаметр дротиків, мм
0,7	0,402	2,5	1,441
0,75	0,433	3,0	1,732
0,8	0,461	3,5	2,020
1,0	0,572	4,0	2,311
1,25	0,724	4,5	2,595
1,5	0,866	5,0	2,886
1,75	1,008	5,5	3,117
2,0	1,157	6,0	3,468

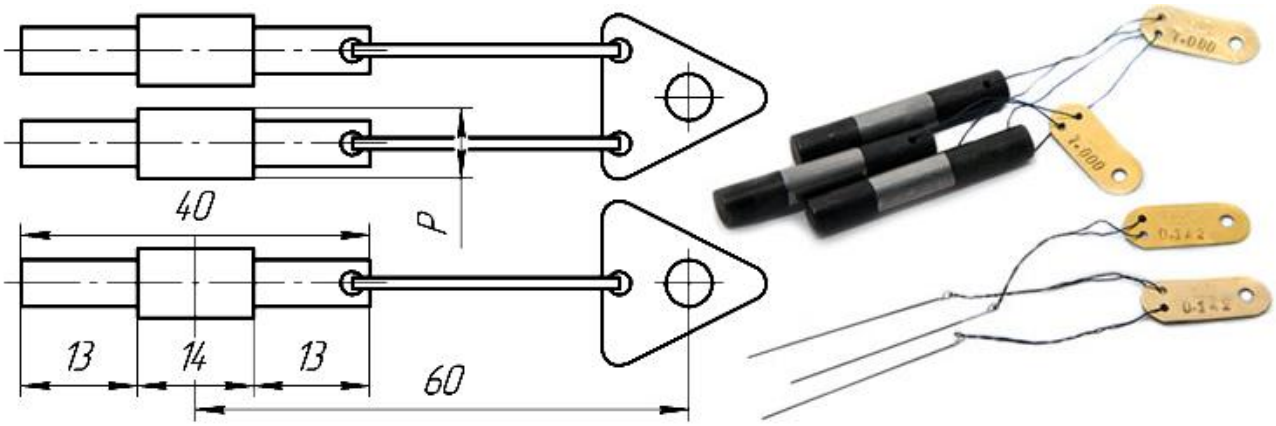


Рис. 11.4. Конструкція дротиків

Ця умова включає вплив похибок кута профілю на результати вимірювань.

Номінальні діаметри різьб вибирають із табл. 11.3.

Таблиця 11.3

Номінальні розміри різьб

Крок P, мм	Діаметр різьби, мм		
	Зовнішній d	Середній d_2	Внутрішній d_1
2,0	20	18,701	17,835
	18	16,701	15,835
	16	14,701	13,835
	14	12,701	11,835
	12	11,026	10,376
1,5	10	9,188	8,647
	14	13,026	12,376
	16	15,026	14,376
	18	17,026	16,376
	20	19,026	18,376
1,25	12	11,188	10,647
	14	13,188	12,647

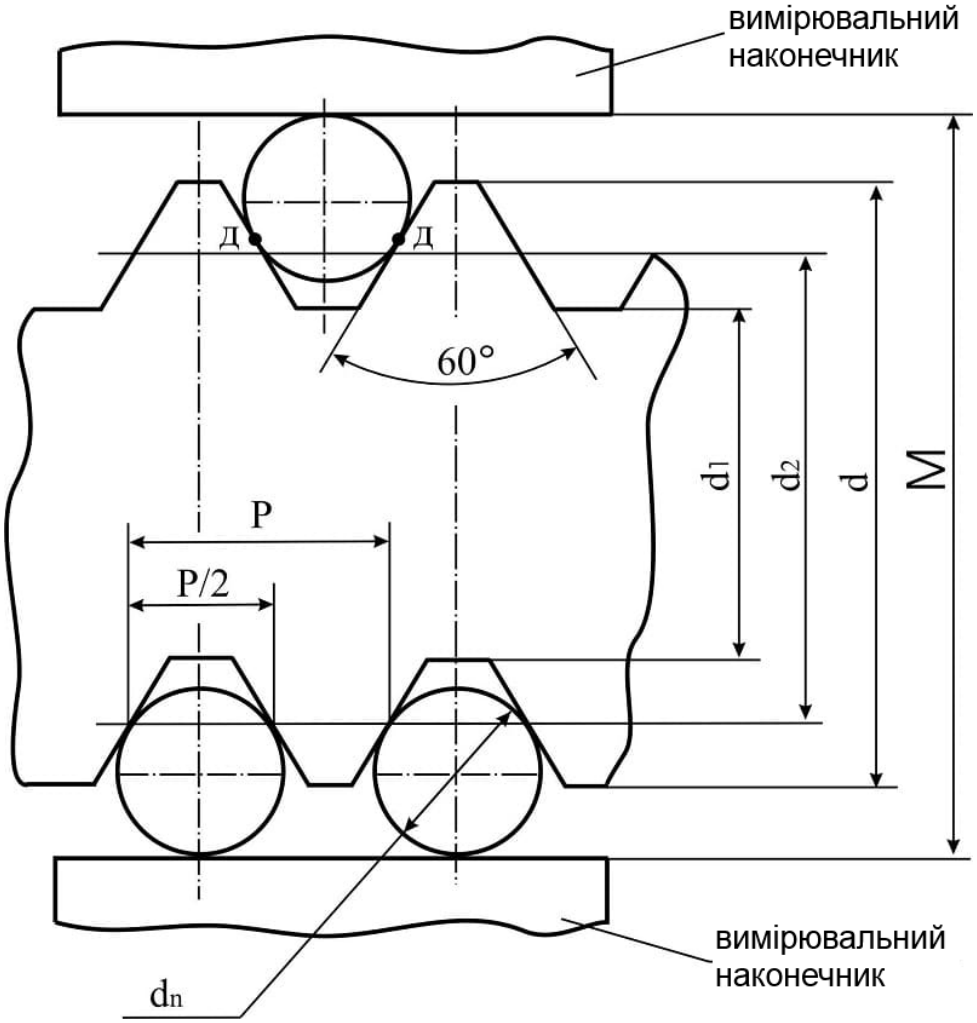


Рис. 11.5. Схема вимірювання параметрів різьби методом трьох дротиків

Середній діаметр різьби вираховується за формулами:

– для метричних різьб: $d_2 = M - 3 \cdot d_g + 0{,}866 \cdot P + C$;

– для дюймових різьб: $d_2 = M - 3{,}1657 \cdot d_g + 0{,}9 \cdot P + C$;

– для трапецеїдальних різьб: $d_2 = M - 4{,}8637 \cdot d_g + 1{,}866 \cdot P + C$,

де: C – поправка, що враховується при точних вимірах;

d_g – найвигідніший діаметр дротиків, мм (табл. 9.2).

Послідовність вимірювання d_2 за допомогою гладкого мікрометра МК 0–25 наступна.

1. Попередньо вивчити довідникову карту.

2. Встановити мікрометр 1 в стійку 2 та закріпити на ньому тримач 3 для дротиків. Закріпити дротики 4 на тримачі (рис. 11.6).

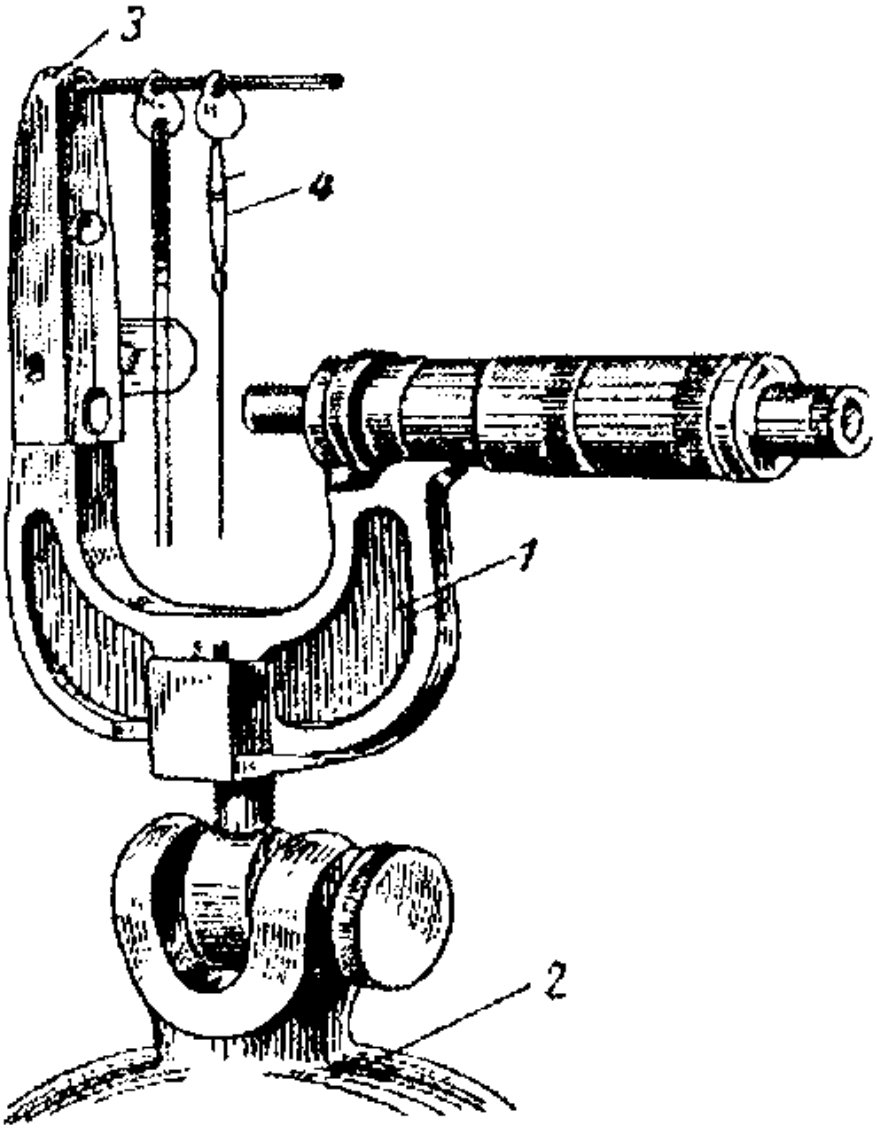


Рис. 11.6. Пристрій для вимірювання середнього діаметра різьби d_2

3. Перевірити встановлення нуля.

4. Визначити крок різьби за допомогою шаблона-крокоміра та підібрати дротики для вимірювання d_2 згідно з табл. 11.2.

5. Закласти дротики у різьбу вимірюваної деталі так, щоб один з них лежав у западині різьби з одного боку, а два інших – в сусідніх западинах різьби з протилежного її боку.

6. Виміряти розмір «M» в трьох місцях на довжині згвинчування.

7. Порахувати згідно формули значення дійсної величини d_2.

8. Порівняти дійсні значення d_2 з граничними, встановити придатність різьби по d_2.

9. Результати записати до таблиці звіту.

11.4. Порядок вимірювання параметрів різьби на ММИ (малому мікроскопі універсальному)

Третій спосіб вимірювання d_2 базується на використанні оптико-механічного приладу – малого мікроскопу інструментального (ММИ). Крім d_2, на ММИ можливе вимірювання $d_1,\ d,\ P$ та $\alpha/2$.

ММИ має такі границі вимірювань:

– для лінійних розмірів в поздовжньому напрямку – 0...25 мм;

– для лінійних розмірів в поперечному напрямку – 0...25 мм;

– для кутових розмірів – 0...360°;

– ціна поділки шкали поздовжнього та поперечного барабану – 0,01 мм;

– точність відліку кутової шкали складає 1′.

1. Повторити правила роботи на електрообладнанні.

2. Вивчити на робочому місці довідникову карту щодо конструкції ММІ та методики виконання вимірів.

3. Встановити деталь в центрах, підключити прилад до електромережі, перевірити освітлення окулярів.

4. Виконати настроювання приладу на різкість переміщенням кронштейна по колоні (груба настройка) та тубусом об'єктива (точна настройка).

5. Виміряти зовнішній діаметр різьби d. Для цього потрібно за допомогою поперечного мікрогвинта сумістити одну із твірних зовнішнього діаметру з горизонтальною лінією сітки окулярної головки. Записати перший показ шкали мікрогвинта (відлік 1, рис. 5.7). Обертаючи поперечний мікрогвинт, перевести зображення деталі до співпадіння протилежної твірної різьби з горизонтальною

лінією сітки. При цьому записати другий показ шкали мікрогвинта (відлік 2). Визначити *d* як різницю першого та другого відліків.

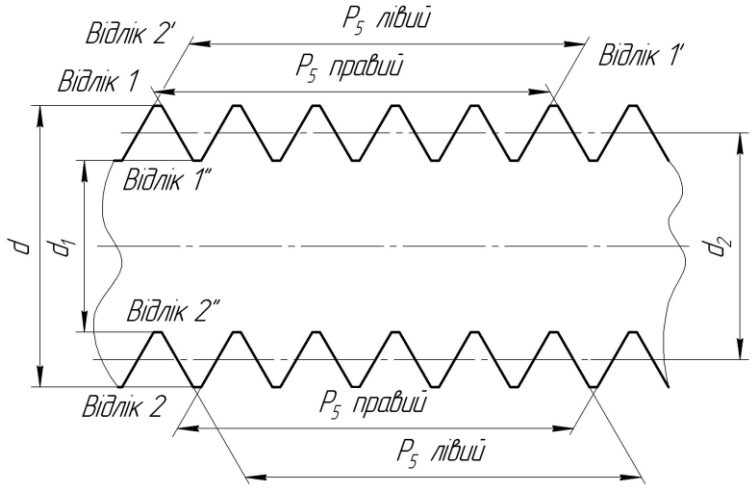


Рис. 11.7. Схема вимірювання d_1, d, P різьби

Загальний вид мікрогвинта поданий на рис. 5.8 б, де 1 – міліметрова шкала тубуса, 2 – мікрошкала барабанчика.

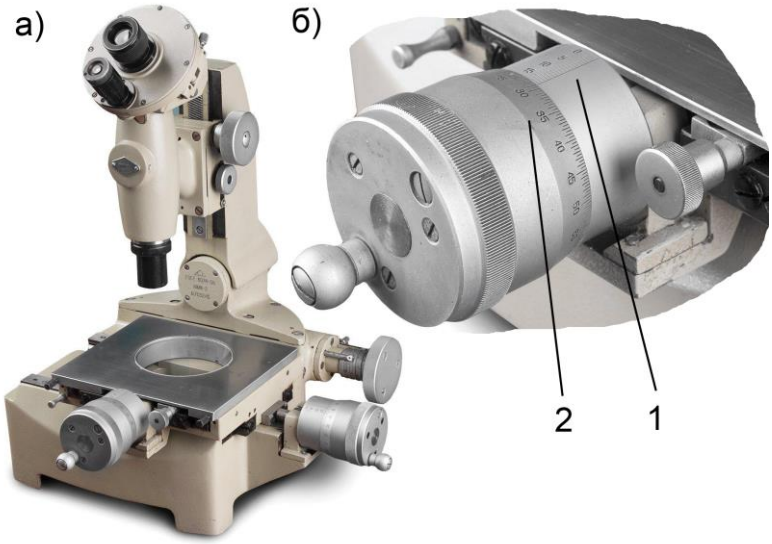


Рис. 11.8. Загальний вид ММИ

6. Аналогічно визначити внутрішній діаметр різьби. (Відлік 1" – Відлік 2").

7. Виміряти крок різьби *P*. Для цього слід за допомогою мікрогвинта столика та маховичка лімба кутомірної головки сумістити одну із нахилених ліній сітки з однією із сторін профілю різьби (рис. 11.9). При цьому записати покази шкали поздовжнього гвинта (відлік 1′). Поздовжнім мікрогвинтом

перемістити вимірюваний профіль різьби на 5 витків вздовж осі та сумістити ту ж лінію сітки з однойменною стороною профілю різьби. Зробити другий відлік – 2′. Визначити дійсний розмір 5 кроків різьби як різницю показів.

Виконати аналогічні виміри на протилежному боці профілю різьби. Результати занести до таблиці звіту.

8. Виміряти половину кута профілю різьби. Для цього за допомогою мікрогвинтів сумістити вершину кута профілю різьби із центром перехрестя окулярної головки (рис. 11.11, положення 1).

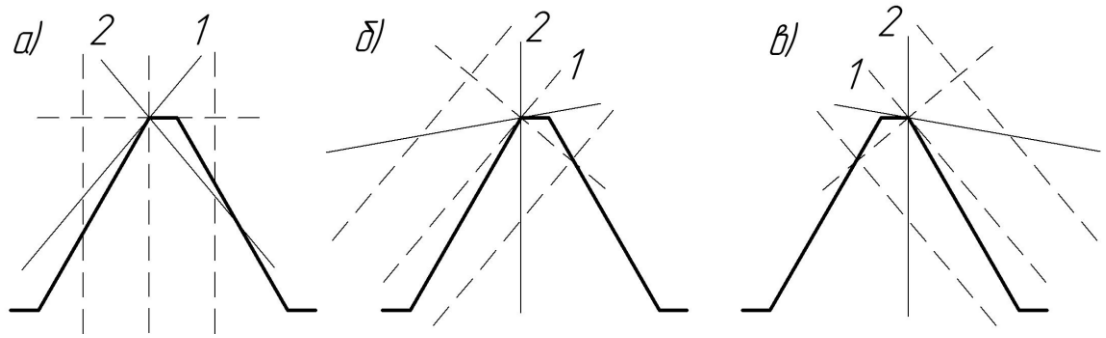


Рис. 11.9. Схема вимірювання $\alpha/2$ профілю різьби

На рис. 11.9 показано: а) вихідне положення; б) маховичок повернуто проти годинникової стрілки; в) маховичок повернуто за годинниковою стрілкою.

Обертаючи маховичок кутомірної головки за годинниковою стрілкою, сумістити вертикальну лінію перехрестя із стороною профілю (положення 2) та зняти покази кутомірної шкали, тобто $\alpha/2$ (I) (рис. 5.11, б). Аналогічно виконати виміри для $\alpha/2$ (III) (рис. 5.11, в) та $\alpha/2$ (II), $\alpha/2$ (IV) на протилежному боці різьби.

Визначити розмір половини кутів по правій та лівій сторонах профілю:

$$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = \frac{\frac{\alpha}{2}(III) + \frac{\alpha}{2}(IV)}{2};$$

$$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = \frac{\frac{\alpha}{2}(I) + \frac{\alpha}{2}(II)}{2};$$

Розміри $\alpha/2$ визначають в градусах і хвилинах за шкалою кутів (рис. 9.10). В полі зору знаходиться нерухома шкала з нанесеними 60 поділками. Відстань між сусідніми поділками – 1′.

Градусна шкала – рухома, градуси позначені великими цифрами і довгими рисками. Кут складає стільки градусів, скільки позначено над великою рискою, що знаходиться в межах нерухомої шкали, і стільки хвилин, скільки відсікається цією рискою на нерухомій шкалі від нуля.

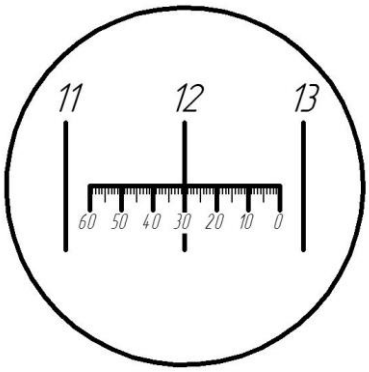


Рис. 11.10. Будова шкали ММИ

Визначити відхилення правої та лівої сторін кута профілю:

$$\Delta\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = \left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{ном}} - \left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}};$$

$$\Delta\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = \left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{ном}} - \left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}}.$$

Визначити сумарне відхилення половини кута профілю:

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

Результати вимірювань записати до таблиці звіту.

9. Визначити придатність різьби за середнім приведеним діаметром d_2 (рис. 9.13):

$$d_{2min} \le d_{2\text{вимір}} \le d_{2max};$$

$$d_{2min} \le d_{2\text{прив}} \le d_{2max};$$

де: $d_{2\text{прив}} = d_{2\text{вимір}} + (f_p + f_a) \cdot 0{,}001$ мм

f_p – діаметральна компенсація похибок кроку різьби;

для метричної різьби $f_p = 1{,}732 \cdot \delta P$ (мм);

δP – похибка кроку;

f_a- діаметральна компенсація похибок половини кута профілю;

для метричної різьби

$f_a = 0{,}36 \cdot P \cdot \Delta\left(\frac{\alpha}{2}\right)$, мкм;

Р – крок різьби, мм;

$\Delta\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ – похибка кута, хвилини.

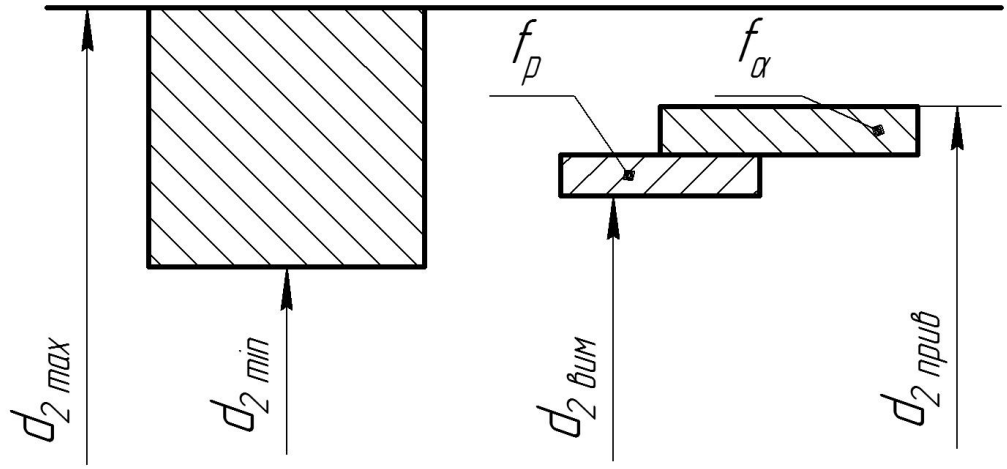


Рис. 11.11. Схема визначення придатності різьби

10. Намалювати схему придатності різьби по d_2 приведеному (див. приклад рис. 11.13).

11. Результати всіх вимірювань і підрахунків занести до таблиці звіту.

Лабораторна робота №5	**Контроль параметрів різьби**

Характеристика використаних засобів вимірювання	Назва та тип	Ціна поділки	Границі вимірювань	Примітка
	мікрометр МВМ			
	дротики			
	мікрометр МК			
	довгомір			
	мікроскоп ММИ			

Пара-метр	Засіб вимірю-вання	Результати вимірювання параметрів різьби					
		Дійсні розміри при вимірюванні			Граничні розміри		Висновок про придат-ність
		1-м	2-м	3-м	згідно з ДСТУ ISO 965-1:2005		
					най-більші	най-меньші	
$d =$	МК						
$d =$	ММІ						
$d_1 =$	ММІ						
$d_2 =$	МВМ						
$d_2 =$	з дрот. та МК						

Вимірювання кроку різьби			
Результати	З лівого боку	З правого боку	Схема вимірювання кроку різьби
1-й відлік 2-й відлік			
середній розмір, 5 кроків			
номінальний розмір, 5 кроків			Розрахунок діамет-ральної компенсації
похибка, 5 кроків			

<table>
<tr><td colspan="5">Вимірювання кута профілю</td></tr>
<tr><td colspan="4">Результати вимірювань</td><td>Схема вимірювання половини кута</td></tr>
<tr><td colspan="2">з лівого боку</td><td colspan="2">з правого боку</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">середнє значення</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="4">Похибка половини кута профілю</td><td>Розрахунок діаметральної компенсації</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="4">середня похибка</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="4">Розрахунок приведеного середнього діаметра</td><td>Схема полів допусків d_2 та $d_{2прив}$</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">Висновок про придатність різьби за приведеним середнім діаметром</td></tr>
<tr><td colspan="5"></td></tr>
</table>

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Скварок Ю.Ю., Хула В.Д. Автомобілі. Частина ІІ. Трансмісія. Ходова частина. Механізми керування. Лабораторний практикум. – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2010. – 107 с.

2. Рудь Ю.С., Гулівець О.А., Бурдо Ю.Й. Лабораторний практикум з деталей машин: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів освіти // За загальною редакцією професора, доктора техн. наук Ю.С. Рудь. – Кривий Ріг: Мінерал, 2008. – 220 с., з іл.

3. Методичні рекомендації для проведення лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Метрологія та стандартизація» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальностеі 274 «Автомобільний транспорт» – Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 78 с.

4. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2004. – 796 с.

5. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1: навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 164 с.

6. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 2: навч. посібн. / Ю.І. Адаменко, О.М. Герасимчук, С.В. Майданюк, Н.В. Мініцька, В.А. Пасічник, О.А. Плівак. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. – 188 с.

7. Якимчук Г.К., Кирилюк Ю.Є., Саранча Г.А. Взаємозамінність, стандартизація метрологія та технічні вимірювання: Підручник / За ред.

Г.К.Якимчук. – К.: “Основа”, 2016. – 560 с.

8. Якимчук Г.К., Адаменко Ю.І., Плівак О.А. Допуски і посадки: Довідник. – Частина 1. – К.: Основа, 2011. – 96 с.

9. Якимчук Г.К. та ін. Допуски і посадки: Довідник. – Частина ІІ. / Якимчук Г.К., Адаменко Ю.І., Майданюк С.В., Плівак О.А. – К.: Основа, 2012. – 96 с.

10. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : підруч. для вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, С. І. Пастушенко; за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шебаніна – К.: Видавництво „Аграрна освіта”, 2010. – 503 с.

11. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Навчально-методичний комплекс : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко та ін.; за ред. Г. О. Іванова, В. С. Шебаніна і І. М. Бендери. – Миколаїв, 2014. – 576 с.

12. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник / За ред. Сірого І.С. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.

13. Набродов В.З. Допуски, посадки та технічні вимірювання: підруч. для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / В.З. Набродов. – Київ: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.

СПИСОК НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

14. ДСТУ ГОСТ 2.307:2013. Єдина система конструкторської документації. Нанесення розмірів і граничних відхилів. – Чинний від: 01.09.2014.

15. ДСТУ EN ISO 286-1:2022 (EN ISO 286-1:2010, IDT; ISO 286-1:2010, IDT). Геометричні специфікації виробу (GPS). Система кодів ISO для допусків на лінійні розміри. Частина 1. Основи допусків, відхилень і посадок. – Чинний від: 31.12.2023.

16. ДСТУ EN ISO 286-2:2022 (EN ISO 286-2:2010, IDT; ISO 286-2:2010,

IDT). Геометричні специфікації виробу (GPS). Система кодів ISO для допусків на лінійні розміри. Частина 2. Таблиці стандартних класів допусків і граничних відхилень для отворів і валів. – Чинний від: 31.12.2023.

17. ДСТУ ГОСТ 2.308:2013. Єдина система конструкторської документації. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь. – Чинний від: 01.09.2014.

18. ДСТУ 2498-94. Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення. – Чинний від: 01.07.1995.

19. ДСТУ ISO 5458-2001. Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Встановлення геометричних допусків. Позиційні допуски. – Чинний від: 01.01.2003.

20. ДСТУ EN ISO 1101:2018 (EN ISO 1101:2017, IDT; ISO 1101:2017, IDT). Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). Визначення геометричних допусків. Допуски форми, орієнтації, розташування та биття. – Чинний від: 01.01.2019.

21. ДСТУ EN ISO 1938-1:2022 (EN ISO 1938-1:2015, IDT; ISO 1938-1:2015, IDT). Геометричні специфікації виробу (GPS). Обладнання для вимірювання розмірів. Частина 1. Гладкі граничні калібри лінійних розмірів. – Чинний від: 31.12.2023.

22. ДСТУ ISO 261:2005. Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Загальні положення. – Чинний від: 01.01.2008.

23. ДСТУ ISO 965-1:2005. Нарізі метричні ISO загального призначення. Допуски. Частина 1. Основні характеристики. – Чинний від: 01.10.2007.

24. ДСТУ ISO 965-2:2005. Нарізі метричні ISO загального призначення. Допуски. Частина 2. Граничні розміри зовнішніх і внутрішніх нарізей. Середній клас точності. – Чинний від: 01.10.2007.

25. ДСТУ ISO 965-3:2005. Нарізі метричні ISO загальної призначеності. Допуски. Частина 3. Відхили. – Чинний від: 01.07.2007.

26. ДСТУ ISO 262:2005. Нарізі метричні ISO загальної призначеності.

Вибирання розмірів для ґвинтів, болтів та гайок. – Чинний від: 01.01.2008.

27. ДСТУ 2497-94. Основні норми взаємозамінності. Різьба і різьбові з'єднання. Терміни та визначення. – Чинний від: 01.07.1995.

ДОДАТКИ

Додаток 1.Титульний лист. Звіт з лабораторних робіт

Міністерство освіти і науки України

Державний університет «Житомирська політехніка»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра механічної інженерії та автомобільного транспорту

Звіт з лабораторних робіт

«основи конструювання автомобіля»

МІАТ J8.00.1/Б ЛР 000

(де: 000 – останні три цифри номеру залікової книжки)

Виконав: _____

Перевірив: _____

Житомир – 2026