

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ**

**Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу**

**Кафедра комп'ютеризованого
машинобудування**

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ І
ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

ЧАСТИНА 2

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

**Івано - Франківськ
2021**

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ
І ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

ЧАСТИНА 2

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

УДК 621.71
Ш – 95

Рецензент:

Одосій З. М. – кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютеризованого машинобудування ІФНТУНГ

*Рекомендовано методичною радою університету
(протокол № 1 від 28.09.2021р.*

Шуляр І. О.

Ш – 95 Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання . Лабораторний практикум. Ч.2. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. - 116с.

МВ 02070855 – 19134 – 2021

Розроблено відповідно до навчального плану та робочої програми дисципліни.

Матеріали, що наведені в даному практикумі, можуть бути використані студентами денної та заочної форми навчання при вивченні дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання» та виконання лабораторних робіт.

УДК 621.71
МВ 02070855 – 19134 – 2021

© Шуляр І. О.
© ІФНТУНГ, 2021

Завідувач кафедри компютеризованого
машинобудування

В. Г. Панчук

Член експертно-рецензійної комісії
університету
Нормоконтролер

Г. Я. Томашівська

Провідний бібліотекар

Г. М. Мацюк

УДК 621.71
Ш – 95

Рецензент:

Одосій З. М. – кандидат технічних наук, професор кафедри комп'ютеризованого машинобудування ІФНТУНГ

*Рекомендовано методичною радою університету
(протокол № від*

Шуляр І. О.

Ш – 95 Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання . Лабораторний практикум. Ч.2. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. - 116с.

МВ 02070855 – 19134 – 2021

Розроблено відповідно до навчального плану та робочої програми дисципліни.

Матеріали, що наведені в даному практикумі, можуть бути використані студентами денної та заочної форми навчання при вивченні дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання» та виконання лабораторних робіт.

УДК 621.71
МВ 02070855 – 19134 – 2021

© Шуляр І. О.
© ІФНТУНГ, 2021

ЗМІСТ

Загальні методичні вказівки.....	4
1. Лабораторна робота №5.....	5
2. Лабораторна робота №6.....	24
3. Лабораторна робота №7.....	46
4. Лабораторна робота №8.....	66
5. Лабораторна робота №9.....	82
ДОДАТОК А Різьба метрична. Основні розміри.....	105
ДОДАТОК Б Різьба метрична. Поля допусків зовнішньої різьби.....	108
ДОДАТОК В Різьба метрична. Довжини згвинчування.....	112
ДОДАТОК Г Основні розміри прямобічних шліцьових з'єднань.....	114
Перелік рекомендованих джерел.....	116

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

У створенні нових досконалих, високопродуктивних машин, приладів і інших виробів машинобудування велика роль відводиться стандартизації та взаємозамінності. Стандартизація в Україні є важливим засобом підвищення ефективності виробництва, якості продукції та зниження собівартості. Вона сприяє підвищенню технічного рівня всієї продукції, охороні прав споживачів, забезпечує скорочення періоду проектування і впровадження нової техніки, сприяє розширенню уніфікації та агрегаткування.

Удосконалення технологічних процесів виготовлення деталей та складання машин і приладів, підвищення їх якості, надійності, довговічності неможливе без постійного удосконалення техніки вимірювань.

Дана методична розробка повинна ознайомити студентів за напрямом підготовки «Інженерна механіка», а також інших напрямків підготовки з методами вимірювань і основними вимірювальними приладами, які використовуються на виробництві та у науково-дослідницькій практиці, а також із способами, технікою вимірювань і контролю конкретних деталей.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 **«Засоби вимірювання різьбових поверхонь»**

2.1 Мета та завдання

Практичне ознайомлення з поелементним методом вимірювання деталей з різьбовими поверхнями. Вивчення конструкції і набуття навиків вимірювання середнього діаметра різьби різьбовим мікрометром та методом трьох дротин. Визначення придатності різьбової поверхні за результатами поелементних вимірювань і відповідно до вимог стандарту.

2.2 Основні теоретичні положення

Принципи взаємозамінності різьбових з'єднань описані в конспекті лекцій дисципліни ВСТВ [1]. Частковим прикладом різьб є метрична циліндрична (так звана кріпильна) різьба, яку найчастіше використовують на практиці. Розміри елементів метричної циліндричної різьби встановлені ГОСТ 9150-81 "Різьба метрична", а точність - ГОСТ 16093-81 "Різьба метрична Допуски. Посадки з зазором".

2.2.1 Елементи і параметри метричної циліндричної різьби.

Поверхня різьби утворюється як результат двох відносних рухів: обертання заготовки навколо осі і поступального переміщення інструменту паралельно до осі обертання. У зв'язку з цим, метрична різьба є частковим випадком гвинтової поверхні з прямолінійною формою бічних сторін профілю і складається з виступів і канавок, які чергуються.

Основними елементами різьби є вісь і профіль

Віссю різьби вважається вісь, відносно якої утворена гвинтова поверхня різьби.

Профіль різьби визначається кутом профілю виступу і

канавки в площині осьового перетину різьби. Кут профілю різьби є кутом між суміжними бічними сторонами виступів в площині осьового перетину. Для метричної різьби, яку позначають М, кут профілю складає $\alpha = 60^\circ$.

До основних параметрів метричної циліндричної різьби відносять: крок, зовнішній, внутрішній і середній діаметри, довжину згвинчування різьбового з'єднання. Вони позначені на рисунку 2.1. Терміни, визначення та позначення параметрів різьби відповідають ДСТУ 2497-94.

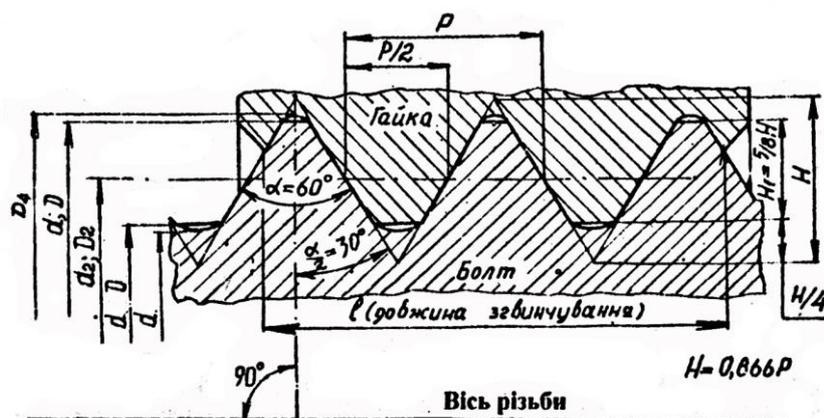


Рисунок 2.1 - Основні параметри метричної циліндричної різьби

Кроком різьби (P) називають віддаль на лінії, паралельній до осі різьби між середніми точками найближчих однойменних бічних сторін профілю різьби, які лежать в одній осьовій площині з однієї сторони від осі різьби

Стандарт ГОСТ 8724-81 "Різьба метрична. Діаметри і кроки" поділяє Метричні різьби на різьби з крупними і дрібними кроками.

Різьба з крупними кроками має таку залежність між зовнішнім діаметром (d, D) і кроком:

$$d(D) = 6P^{1,3}$$

Різьба з дрібними кроками може мати різні роки при однаковому зовнішньому діаметрі. При однакових зовнішніх діаметрах різьба з дрібним кроком відрізняється від різьби з великим кроком меншою висотою виступів.

Зовнішній діаметр метричної циліндричної різьби (d , D , D_1) визначається як діаметр уявного прямого кругового циліндра, описаного навколо вершин виступів зовнішньої або канавок западин внутрішньої різьби (див. рисунок 2.1).

Внутрішній діаметр метричної циліндричної різьби (d_1 , D_1 , d_3) визначається як діаметр уявного прямого кругового циліндра, вписаного у канавки западин зовнішньої, або вершини виступів внутрішньої різьби (див. рисунок 2.1).

Середній діаметр метричної циліндричної різьби (d_2 , D_2) визначається як діаметр уявного, співвісного з різьбою, прямого кругового циліндра, кожна твірна якого перетинає профіль різьби таким чином, що відрізки, утворені при перегині з канавкою, дорівнюють половині номінального кроку різьби (див. рисунок 2.1).

За напрямом витків виступів різьбу поділяють на праву і ліву. Ліву різьбу позначають буквами. LH, які записують після номінальних розмірів різьби.

В умовне позначення метричної різьби повинні входити: буква M, номінальний (зовнішній) діаметр різьби, числове значення кроку (тільки для різьби з дрібним кроком) і букви LH у випадку лівої різьби.

Приклад умовного позначення номінального розміру різьби з зовнішнім діаметром 24 мм з крупним кроком:

M24

Те саме, з дрібним кроком $P=2$ мм.

M24x2

Те саме, лівої різьби з дрібним кроком, $P=2$ мм.

M24 x 2 LH.

Номінальні значення параметрів різьби залежно від номінального (зовнішнього) діаметра та кроку різьби повинні

відповідати ГОСТ 24705-81 (додаток А).

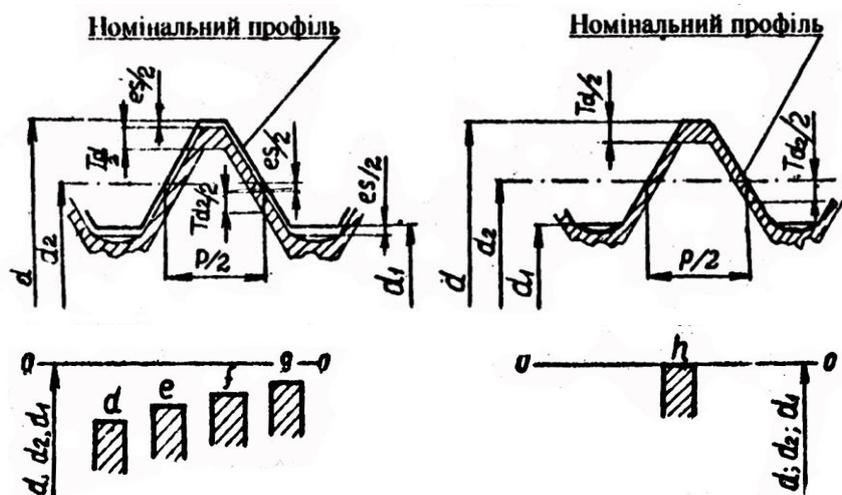
Довжина згвинчування різьби визначається довжиною ділянки взаємного перекриття зовнішньої і внутрішньої різьб в осьовому напрямі (див рисунок 2.1) Довжини згвинчування залежно від номінального діаметра і кроку різьби підрозділяються на три групи: короткі S, нормальні N і довгі L (додаток В).

2.2.2 Допуски метричних різьб для посадок із зазорами

Для кріпильних метричних різьб найчастіше використовуються посадки з зазором. Допуски цих різьб і посадки встановлені ГОСТ 16093-81 (додаток Б).

Точність кріпильних різьб визначається допуском, а характер різьбового з'єднання - посадкою по середньому діаметру різьби як основному її параметру

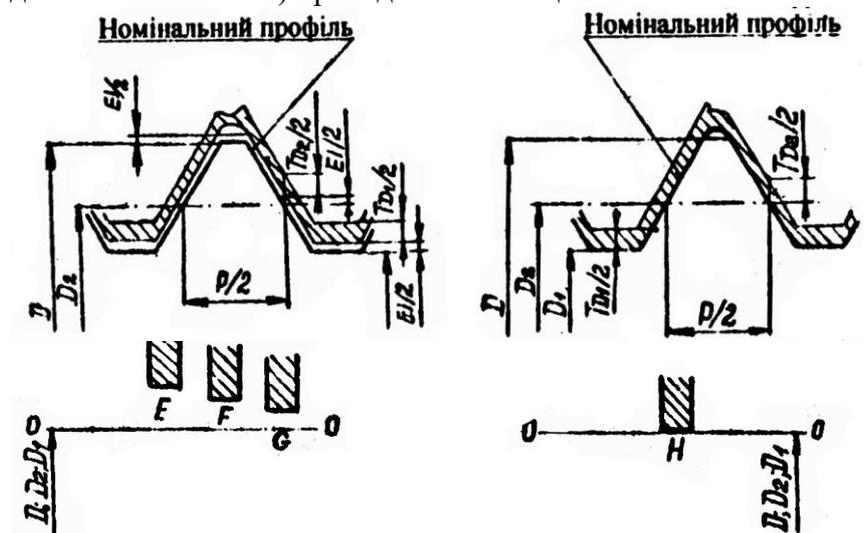
Схеми полів допусків зовнішньої і внутрішньої різьби в посадках із зазором приведені на рисунках 2.2 і 2.3 відповідно.



а) основні відхилення d, e, f, g б) основне відхилення h
Рисунок 2.2 - Розміщення полів допусків зовнішньої різьби

Граничні відхилення відкладаються від номінального профілю різьби в напрямі, перпендикулярному до осі різьби. Номінальний профіль визначається номінальними розмірами лінійних і кутових розмірів різьби.

Допуски діаметрів різьби встановлюються за ступенями точності, які позначаються цифрами. Ступені точності діаметрів різьби для посадок із зазорами (крім різьб на деталях із пластмас) приведені в таблиці 2.1.



а) основні відхилення Е, F, G б) основне відхилення Н
Рисунок 2.3 - Розміщення полів допусків внутрішньої різьби

Допуски діаметрів d_1 і D не встановлюються. Гарантовані зазори по цих параметрах мають Е забезпечуватись розмірами різьбонарізних інструментів.

Допуски середнього діаметра різьби є сумарними. Вони включають три складові величини: допуск на власне середній діаметр і діаметральні компенсації похибок кроку та половини

кута профілю. Тому стандарт ГОСТ 16093-81 не регламентує окремо допуски на крок і половину кута профілю різьби.

Таблиця 2.1. Ступені точності і основні відхилення

Вид різьби	Діаметр різьби	Ступінь точності (крім діаметрів d_1 ,	Основне відхилення
Зовнішня різьба	d	4,6,8	d, e, f, g, h
	d_2 і d_1	3,4,5,6,7,8,9	
Внутрішня різьба	D_2 і D	4,5,6,7,8	E, F, G, H
	D_1		

Розміщення поля допуску діаметра різьби визначається основним відхиленням (верхнім es для зовнішньої різьби і нижнім EI для внутрішньої) і позначається буквою латинського алфавіту, малою для зовнішньої різьби і великою для внутрішньої.

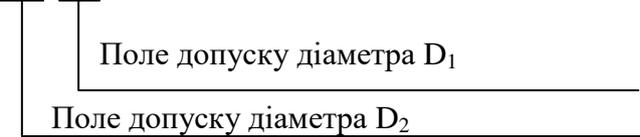
Поле допуску діаметра різьби утворюється поєднанням допуску і основного відхилення. Поле допуску різьби в цілому утворюється поєднанням поля допуску середнього діаметра d_2 або D_2 з полем допуску діаметра виступів (діаметра d для зовнішньої та діаметра D_1 для внутрішньої різьби).

2.2.3 Позначення точності різьби

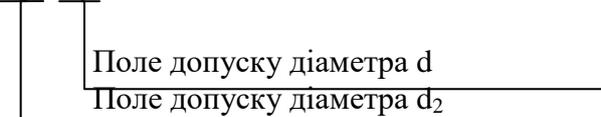
Позначення поля допуску діаметра різьби складається з цифри, яка позначає ступінь точності, і букви, яка позначає основне відхилення. Наприклад: 4h, 6g, 6H.

Позначення поля допуску різьби складається з позначення поля допуску середнього діаметра, яке ставиться на першому, місці, і позначення поля допуску діаметра виступів.

Наприклад: 5H 6H



7g 6g



Якщо позначення поля допуску діаметра виступів співпадає з позначенням поля допуску середнього діаметра, то воно в позначенні допуску різьби не повторюється.

Наприклад:

6g

Поле допуску діаметра d_2 і d

6H

Поле допуску діаметра D_2 і D_1

В умовному позначенні різьби позначення поля допуску повинно міститися за номінальними розмірами різьби.

Приклади позначення різьби:

з крупним кроком

зовнішньої різьби: M24 - 6g, внутрішньої різьби:

M24 – 6H;

з дрібним кроком

зовнішньої різьби: M24x1-6g, внутрішньої різьби:

M24x1- 6H;

лівої різьби

з крупним кроком: M24 LH-6g, M24 LH – 6H,;

з дрібним кроком. M24x1 LH-6g, M24x1 LH - 6H.

Довжина згвинчування групи N в умовному позначенні різьби не вказується.

Довжина згвинчування, повинна бути вказана в міліметрах при позначенні різьби в таких випадках:

- 1) якщо вона відноситься до групи L;
- 2) якщо вона відноситься до групи S, але менша, ніж уся довжина різьби

Приклад позначення різьби з довжиною згвинчування, яка відрізняється від нормальної:

M24-7g6g-40

Довжина згвинчування

Посадка в різьбовому з'єднанні позначається дробом, в чисельнику якого вказують поля допусків внутрішньої різьби, а в знаменнику — позначення полів допусків зовнішньої різьби.

Наприклад: M24-6H/6g, M24-6h/6g,
M24 LH-6H/6g, M24x1 LH-6H/6g

2.3 Опис інструментів

В лабораторній роботі використовуються такі інструменти: для вимірювання зовнішнього діаметра зовнішньої різьби - гладкий мікрометр, конструкція якого описана в лабораторній роботі №1, [2]; для вимірювання середнього діаметра різьби,— мікрометр із вставками, гладкий мікрометр і набір дротинок, для визначення кроку - різьбові шаблони для метричної різьби.

2.3.1 Мікрометр із вставками

Мікрометри із вставками (різьбові мікрометри) використовують для вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби контактним, прямим. абсолютним методами.

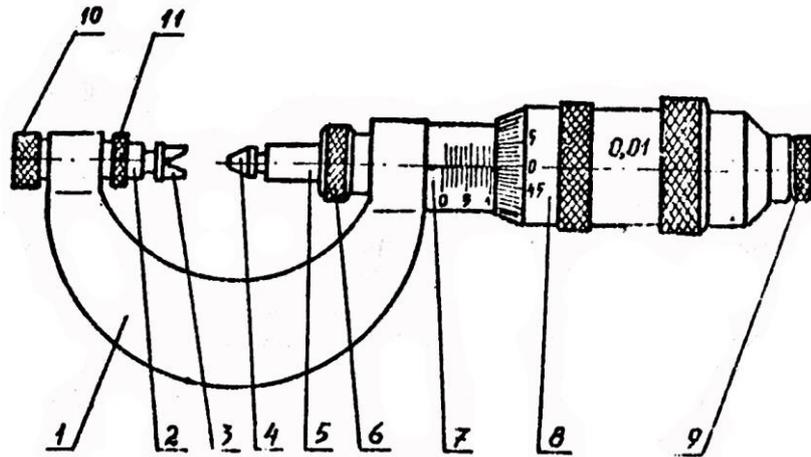


Рисунок 2.4 - Мікрометр із вставками

Загальний вигляд цього мікрометра представлений на рисунку 2.4. Мікрометри із вставками відрізняються від гладких мікрометрів тим, що в торцях п'ятки 2 і мікрогвинта 5 передбачені отвори для вставок 3 і 4 відповідно. Щоби вставки не випадали із отворів під час вимірювань, хвостову частину їх розрізано і трохи розведено для утворення незначною натягу в посадці.

Для вимірювання метричних різьб із кроками від 0,4 до 6 мм передбачено набір із восьми вставок з кутом профілю 60°. Вибір необхідної пари вставок для конкретної вимірюваної різьби виконують залежно від кроку різьби. Конічну вставку 4 вставляють в отвір мікрогвинта 5, а призматичну 3 – в отвір п'ятки 2.

Перед вимірюванням необхідно виконати установку інструменту на нуль. Для мікрометрів із діапазоном вимірювання 0 - 25 мм установка на нуль проводиться шляхом регулювання положення барабана 8 і п'ятки 2 при введених до стику вставках. Спочатку за допомогою тріскачки 9 переміщують гвинт 5 до стику вставок і моменту спрацювання храповика (характерний тріск тріскачки) і

фіксують гвинт 5 стопорною гайкою 6. Далі проводять регулювання положення барабана: відгвинчують ковпачок із тріскачкою 9 на барабані 5, суміщають нульовий штрих кругової шкали конуса барабана з поздовжнім штрихом на стеблі 7 і фіксують ковпачок тріскачки

Перевірку виконують прокручуванням тріскачки: показ на шкалах має бути 0.

Додаткове регулювання, при необхідності, виконують за допомогою гайки 10: відпускають контргайку 11 п'ятки, переміщують п'ятку обертанням гайки 10 до щільного дотику вставок 3 і 4, фіксують контргайку. Для установки на нуль мікрометрів із більшими діапазонами вимірювання, наприклад, 25 - 50 мм і більших, використовують установочні міри, якими комплектуються інструменти.

При вимірюванні середнього-діаметра різьби конічна вставка має зайти в западину різьби, а призматична має охоплювати протилежний від осі різьби виступ. Методика вимірювання і відліку показів є аналогічною до описаної для гладкого мікрометра (див. лабораторну роботу №1 ,[2]).

2.3.2 Інструменти і пристрої для вимірювання середнього діаметра різьби при допомозі трьох дротин

Вимірювання середнього діаметра різьби при допомозі трьох дротин проводять гладким мікрометром або горизонтальним оптиметром залежно від необхідної точності вимірювань. Вимірювання гладким мікрометром здійснюється контактним, непрямим, абсолютним методами.

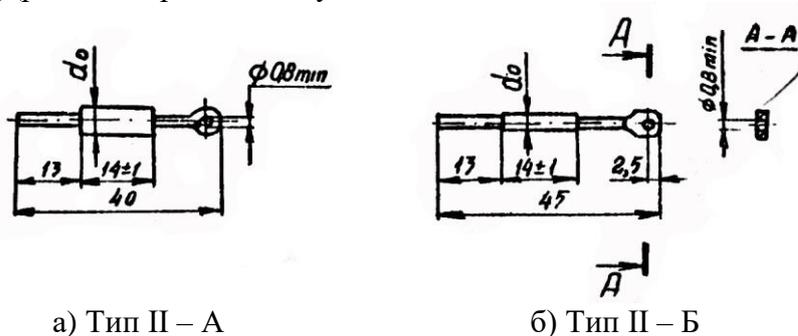
Дротинки і ролики для вимірювання середнього діаметра різьби виготовляються у відповідності і ГОСТ 2475-05 трьох типів; I - дротинки гладкі; II - дротинки ступінчаті трьох виконань А, Б і В (конструктивні відмінності дротинок цього типу полягають в формі вушка для підвішування на нитці до бирки); III- ролики.

Дротинки типу I застосовують із колодками для їх

кріплення. Найчастіше використовують дротинки ступінчаті типу II. Вимірювальна поверхня цих дротин розміщується в середній частині; один із кінців дротинок має вушко, формо якого залежить від виконання (див рисунок 2.5).

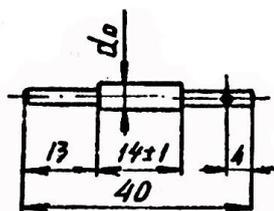
В комплекті з трьох дротин дві дротинки підвішуються до однієї бирки а третя дротинка — до другої.

Дротинки і ролики випускаються двох класів : 0 і 1.



а) Тип II – А

б) Тип II – Б



в) Тип II – В

а) Приклад умовного позначення дротинок типу II- А діаметром d_0 0,170 мм, класу точності 0:Дротинки II-А - 0,170 кл.0 ГОСТ 2475-88

б) Те саме типу II- Б:Дротинки II- Б - 0,170 кл. 0 ГОСТ 2475-60,

в) Приклад умовного позначення дротинок типу II- В діаметром $d_0=1,008$ мм, класу точності 1:Дротинки II - В - 1,008 кл 1 ГОСТ 2475-88.

Рисунок 2.5 - Дротинки ступінчаті типу II

Схема вимірювання при допомозі трьох дротинок показана на рисунку 2.1 У западини різьби закладають три дротинки, як показано на-рисунку 2.6, і вимірюють розмір М.

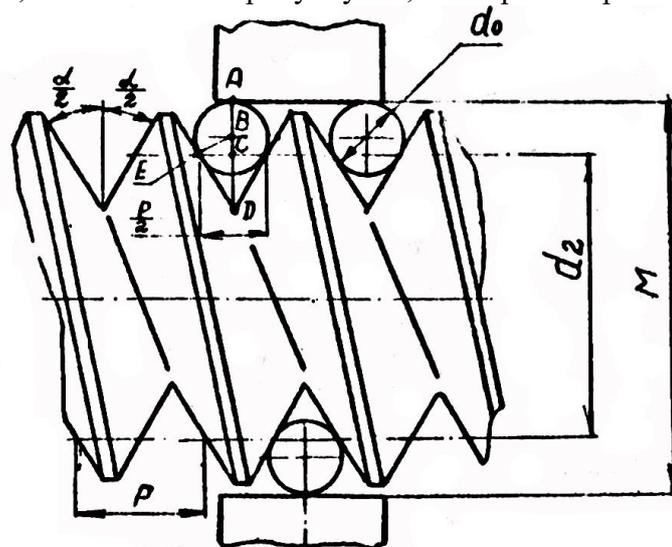


Рисунок 2.6 - Схема вимірювання середнього діаметра при допомозі трьох дротин

Розмір середнього діаметра зовнішньої різьби визначається із залежності

$$d_2 = M - 2AB - 2BD + 2CD,$$

$$\text{де } AB = \frac{d_0}{2}, \quad BD = \frac{d_0}{2 \sin(\frac{\alpha}{2})}, \quad CD = \frac{P}{4 \operatorname{ctg}(\frac{\alpha}{2})}$$

d_0 - діаметр дротинки по ГОСТ 2475-62, мм.

Для метричної різьби, для якої $\alpha = 60^\circ$, залежність приймає вигляд, мм

$$d_2 = M - 3d_0 + 0.866P$$

При вимірюванні середнього діаметра різьби. при допомозі трьох дротинок важливо уникнути похибок,

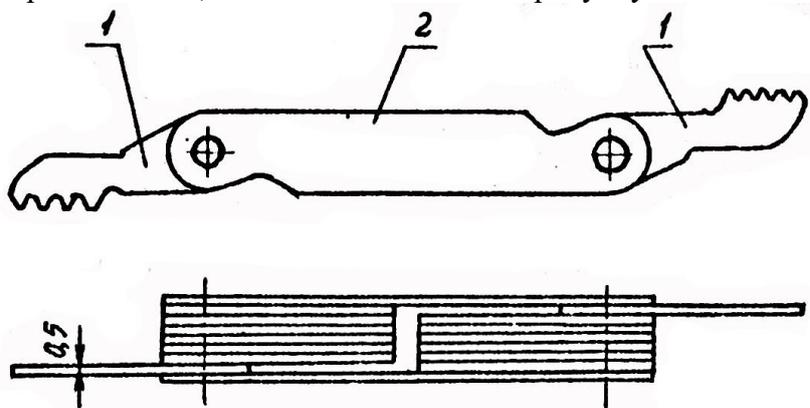
зв'язаних з відхиленнями кроку і половини куга профілю від їх номінальних значень. Тому використовують дротинки найвигіднішого діаметра, які торкаються бічних сторін профілю різьби в середніх точках (що відповідає визначенню кроку різьби в п 2.2.1) Найвигідніший діаметр дротинки d_0^* для вимірювання конкретної різьби залежить від кроку різьби і визначається з формули (див. рисунок 2.6, з трикутника АВЕС):

$$d_0^* = \frac{P}{2 \cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)},$$

Для $\alpha=60^\circ$:

$$d_0^* = 0,577P, \text{ мм}$$

Різьбовий шаблон представляє собою сталю пластину з зубцями і є сортувальним прикладним - інструментом для визначення кроку різьби Різьбові шаблони комплектуються в набори (М - для метричної різьби, Д для дюймової і трубної різьби). Набір різьбових шаблонів М 60° включає 20 шаблонів - із кроками від 0,4 до 6 мм показаний на рисунку 2.7



1- різьбовий шаблон
2 - накладка з маркуванням М 60
Рисунок 2.7 - Різьбові шаблони

Конструкція накладок 2 набору шаблонів дає можливість заміни будь-якого шаблона 1 і повороту його навколо осі з фіксацією силами тертя.

2.4 Порядок виконання лабораторної роботи № 5

2.4.1 Ознайомитись з конструкціями гладкого мікрометра і мікрометра із вставками. Закріпити мікрометри в підставках і настроїти їх шкали на нуль відповідно до рекомендацій, які приведені в п. 2.3.1 і [2], п.п. 2 3.1- 2.3.3. Заповнити таблицю 5.1 звіту

2.4.2 Визначити номінальні значення розмірів різьби по ГОСТ 24705-81 (див. додаток А). Визначити точність діаметрів різьби по ГОСТ 16093-81 (див. додаток Б).

При допомозі різьбових шаблонів визначити крок різьби.

Лінійкою виміряти довжину різьбової поверхні деталі і визначити групу довжини згвинчування і ГОСТ 16093-81 (див. додаток В). Заповнити таблицю 5.2 звіту.

2 4.3 Виміряти середній діаметр d мікрометром із вставками. Вставки вибрати залежно від кроку конкретної різьби. Результати вимірювань заповнити в таблицю 5.3 звіту.

Визначити придатність середнього діаметра шляхом порівняння дійсних значень із допустимими, визначеними в таблиці 5.2.

2.4.4 Виміряти гладким мікрометром зовнішній діаметр d різьби.

Обчислити величину найвигіднішого діаметра дротинок d_0^* користуючись формулою (2.5) для метричної різьби. Вибрати комплект стандартних дротинок, закруглюючи до більшого стандартного значення d_0 по ГОСТ 2475-62.

Заповнити таблицю 5 1 звіту.

Закласти три дротянки в западини різьби (див. рисунок 2.6) і при допомозі гладкого мікрометра заміряти величину M в декількох перетинах на довжині різьбової поверхні.

Обчислити величину середнього діаметра різьби, використавши залежність (2.3).

Визначити придатність зовнішнього ді середнього d_2 діаметрів різьби і заповнити таблицю 5.4 звіту.

2.4.5 Намалювати схему розміщення полів допусків різьби.

2.5 ЗВІТ
до лабораторної роботи №5
"Засоби вимірювання різьбових поверхонь"

ЗАВДАННЯ: Визначити придатність середнього і зовнішнього діаметрів зовнішньої різьби.....

Таблиця 5.1 – Основні параметри засобів вимірювання

Вимірювальні засоби	Метрологічні показники		Умовне позначення типу розміру d_0 і точності дротинок
	Діапазон вимірювання, мм	Ціна поділки, мм	
Гладкий мікрометр			
Мікрометр із вставками			
Дротинки	$d_0^* = 0,557 \cdot P$		

Довжина різьбової поверхні $L =$ мм при кроку P
 $=$ мм і $d =$ мм відноситься до групи
довжин згвинчування

Рисунок...- Розміщення полів допусків діаметрів d_1 і d_2
різьби.....

Таблиця 5.2 - Розміри і точність параметрів різьби.....

Назва параметра	Умовне позначення	Номинальний розмір, мм	Відхилення, мм		Граничні розміри, мм	
			es	ei	найбільший	найменший
Зовнішній діаметр	d					
Середній діаметр	d ₂					
Внутрішній діаметр	d ₁					
	d ₃					
Крок	P					
Кут профілю	α					

Таблиця 5.3 – Результати вимірювання діаметра d_2 різьби
..... мікрометром із вставками

Назва параметра	Середній діаметр d_2^D (дійсний), мм	
Величина	1	3
	2	4
Метод вимірювання:		
Висновок про придатність:		

Таблиця 5.4 - Результати вимірювання діаметрів d_2 різьби ..
при допомозі гладкого мікрометра і трьох дротин

Назва параметра	Зовнішній діаметр d_D (дійсний), мм	Середній діаметр d_2^D (дійсний), мм	
		Розмір М	$d_2 = M - 3d_0 + 0.866P$
Величини :	1	1	
	2	2	
	3	3	
	4	4	
Метод вимірювання			
Висновок про придатність			

Найвигідніший діаметр дротинки для Р = мм :
 $d_0^* = 0,577 = \dots\dots\dots$ мм

2.6 Запитання для самоконтролю

- 1 Дайте визначення різних методів вимірювання.
- 2 Дайте визначення основних параметрів метричної різьби.
- 3 Що визначає рівень точності параметрів різьби; як рівень точності різьби позначається?
- 4 Які параметри визначають точність різьби і характер різьбового з'єднання?
- 5 Яким чином відкладають граничні відхилення параметрів різьби?
- 6 На які діаметри і параметри різьби допуски на встановлюються і чому?
- 7 Допуск на який параметр різьби є сумарним і які складові він включає?
- 8 Як позначають точність параметрів різьби ? Дайте приклад.
- 9 Що таке довжина згвинчування різьби? Які групи довжин згвинчування передбачені? Коли довжина згвинчування позначається?
- 10 Дайте приклад позначення лівої різьби з дрібним кроком.
- 11 Як вибирають вставки до різьбового мікрометра?
- 12 Як визначають найвигідніший діаметр дротинки для вимірювання середньої о діаметра при допомозі 3-х дротин?

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

«Визначення приведенного середнього діаметра різьби на малому інструментальному мікроскопі»

3.1 Мета і завдання

Практичне ознайомлення з комплексним методом вимірювання різьбових поверхонь. Вивчення конструкції та набуття навиків вимірювання параметрів різьби на малому інструментальному мікроскопі. Обчислення приведенного середнього діаметра різьби для комплексної оцінки придатності і згвинчуваності різьби.

3.2 Основні теоретичні положення

Принципи взаємозамінності різьбових з'єднань в цілому описані в конспекті лекцій дисципліни ВСТВ [1], а основні норми взаємозамінності метричних циліндричних різьб для посадок із зазорами викладені в лабораторній роботі № 5, підрозділ 2.2.

3.2.1 Комплексна оцінка придатності різьби по середньому діаметру і приведеному середньому діаметру різьби

Основною умовою взаємозамінності різьбових деталей є можливість згвинчування на всій довжині згвинчування будь-якого гвинта, який має певну різьбу даного розміру, з першою-ліпшою гайкою, що має ідентичну різьбу.

Похибки всіх елементів різьби, що виникають при її виготовленні, можуть спричинити порушення взаємозамінності й зменшення міцності різьбового з'єднання. Тому, для забезпечення взаємозамінності, система допусків і посадок різьбових з'єднань встановлює (в стандарті ГОСТ 16093-81, зокрема) граничні контури різьбових - деталей на всій довжині згвинчування (див. лабораторну роботу №5, п. 2.2.1, рисунки 2.2 і 2.3).

У зв'язку з тим, що в спряженні по внутрішньому $D_1/d_1(d_3)$ і зовнішньому $D(D_4)/d$ діаметрах різьби передбачається зазор за рахунок співвідношення номінальних розмірів, ці елементи для згвинчування не є відповідальними. Згвинчування різьб відбувається по бічних поверхнях профілів різьби, дійсні контури яких визначаються точністю трьох основних параметрів: середніх діаметрів D_2/d_2 , кроку і половини кута профілю. Отже, передумовою забезпечення взаємозамінності різьбових деталей є певна точність виконання цих параметрів.

При побудові системи допусків на параметри різьби виходили з того, що при наявності похибок середнього діаметра d_2 , кроку P і половини кута профілю $\frac{\alpha}{2}$ найпростіше забезпечити згвинчуваність деталей з'єднання зменшенням (у гвинта), або збільшенням (у гайки) середнього діаметра d_2 , до чого практично вдаються на виробництві. Таким, чином, похибки кроку і половини кута профілю компенсують утворенням зазору по середньому діаметру

Дійсне значення середнього діаметра різьби, збільшене у зовнішньої різьби (гвинта) і зменшене у внутрішньої різьби (гайки) на величину дійсних (тобто отриманих у результаті виготовлення і вимірювання) діаметральних компенсацій похибок кроку f_p і половини кута профілю f_a називають приведеним середнім діаметром

Приведений середній діаметр зовнішньої різьби, [1], мм:

$$d_2^{pp} = d_2^D + f_p + f_a$$

Приведений середній діаметр внутрішньої різьби, [1], мм.

$$D_2^{pp} = D_2^D - f_p - f_a$$

де d_2^{pp} і D_2^D - дійсні (виміряні) розміри середніх діаметрів зовнішньої і внутрішньої різьби відповідно, мм,

f_p - діаметральна компенсація похибки кроку, мм:

для метричної різьби $\alpha = 60^\circ$, [1]

$$f_p = 1,732 |E_p|$$

де E_p - абсолютна величина накопиченого відхилення кроку на довжині згвинчування різьби або заданій довжині, мм:

$$E_p = |P_n - nP|$$

де P - номінальний розмір кроку, мм,

n - число кроків на довжині згвинчування або заданій довжині;

P_n - середньоарифметичне значення результатів вимірювання кроку різьби на довжині згвинчування або заданій довжині мм:

$$P_n = \frac{P_n^{\text{прав}} + P_n^{\text{лів}}}{2}$$

де $P_n^{\text{прав}}, P_n^{\text{лів}}$ - результати вимірювання кроків на довжині згвинчування або заданій довжині, виміряні на правих і лівих бічних сторонах профілю різьби відповідно, мм

$$P_n^{\text{прав}} = \frac{P_{n1}^{\text{прав}} + P_{n2}^{\text{прав}}}{2}$$

$$P_n^{\text{лів}} = \frac{P_{n1}^{\text{лів}} + P_{n2}^{\text{лів}}}{2}$$

де $P_{n1}^{\text{прав}}, P_{n2}^{\text{прав}}$ - результати вимірювання n - кроків на правих бічних поверхнях профілю в одній осьовій площині зверху і знизу від осі різьби відповідно, мм:

$P_{n1}^{\text{лів}}, P_{n2}^{\text{лів}}$ - результати вимірювання n - кроків на лівих бічних поверхнях профілю в одній осьовій площині зверху і знизу від осі різьби відповідно, мм;

f_a - діаметральна компенсація похибки половини кута профілю, мм: для метричної різьби $\alpha = 60^\circ$, [1], мм:

$$f_a = 0,29 \cdot P \cdot E\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot 10^{-3}$$

де $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ - відхилення половини кута профілю, кутові мінуси

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,5 \left(\left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} \right| + \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} \right| \right)$$

де $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}}$, $E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}}$ - абсолютні значення відхилень правої та лівої половин кута профілю від номінального значення половини кута профілю, мінуси, для метричної різьби:

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} - 30^\circ \right|,$$

$$E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = \left| E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} - 30^\circ \right|,$$

де

$$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} = 0,5 \left(\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)_{\text{прав}} + \left(\frac{\alpha_2}{2}\right)_{\text{прав}} \right),$$

$$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} = 0,5 \left(\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)_{\text{лів}} + \left(\frac{\alpha_2}{2}\right)_{\text{лів}} \right),$$

де $\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)_{\text{прав}}$, $\left(\frac{\alpha_2}{2}\right)_{\text{прав}}$ - дійсні значення правих половин кута профілю різьби, виміряні на виступах зверху і знизу від осі різьби відповідно;

$\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)_{\text{лів}}$, $\left(\frac{\alpha_2}{2}\right)_{\text{лів}}$ - дійсні значення лівих половин кута профілю різьби, виміряні на виступах зверху і знизу від осі різьби відповідно.

Визначені таким чином відхилення кроку $|E_P|$ і половини

кута профілю $\left|E\left(\frac{\alpha}{2}\right)\right|$ дозволяють виключити похибку вимірювання від неспівпадіння осі різьби з віссю центрів, в яких встановлюють деталь із різьбовою поверхнею для виконання вимірювань..

Діаметральні компенсації f_p і f_a мають входити в рівняння (3.1) і (3.2) завжди додатними величинами, бо похибки кроку і половини кута профілю для забезпечення згвинчування потребують компенсації незалежно від знака відхилень.

Згвинчуваність зовнішньої різьби забезпечується при умові:

$$d_2^{np} \leq d_2^{ном}$$

Згвинчуваність внутрішньої різьби забезпечується при умові:

$$D_2^{np} \geq D_2^{ном}$$

Умовою згвинчуваності гвинта з гайкою буде дотримання умови:

$$D_2^{np} \geq d_2^{np}$$

Таким чином, висновок про придатність різьби можна робити не тільки поелементно, по результатах вимірювань середнього діаметра і діаметра виступів різьби (зовнішнього діаметра d для зовнішньої різьби і внутрішнього діаметра D_1 для внутрішньої різьби), а також комплексно - по приведенному середньому діаметру d_2^{np} (D_2^{np})

При комплексній оцінці придатності різьби по середньому діаметру і згвинчуваності по приведенному середньому діаметру результати диференційної перевірки співпадають із результатами контролю різьбовими калібрами.

3.3. Опис конструкції малого інструментального мікроскопа

Інструментальний мікроскоп ММІ використовується для

вимірювання лінійних розмірів і кутів та є основним засобом вимірювання різьб невеликих розмірів: різьбових калібрів, мітчиків, різьбових фрез і різних виробів з точною різьбою.

Мікроскоп є оптичним приладом, на якому виконуються вимірювання безконтактним методом, а також методами абсолютним, прямим і непрямим, поелементно і комплексно.

Основною особливістю мікроскопів різної конструкції є те, що вимірювання лінійних розмірів проводиться шляхом переміщення збільшеного зображення деталі відносно координатних осей, які спостерігаються в окулярі, а вимірювання кутів - шляхом повороту координатних осей і шкали відлікового мікроскопа.

Мікроскопи випускають таких типів: ММІ - малий інструментальний, БМІ - великий інструментальний, УІМ - універсальний мікроскоп. Усі моделі мікроскопів принципово однакові за конструкцією і відрізняються, з основному, габаритними розмірами, діапазоном вимірювання, ціною поділок та набором приладдя.

Основними складовими частинами мікроскопа ММІ, зображеного на рисунку 3.1, є основа 1, предметний стіл 3, освітлювач 14, стійка 11 і тубус 5.

Предметний стіл мікроскопа 3. Мікроскоп має чавунну литу основу, на якій на кулькових напрямних встановлено стіл 3, який можна переміщати в двох взаємно перпендикулярних напрямках при допомозі мікрометричних гвинтів 2 і 20. Мікрогвинти мають шкали з ціною, поділки 0,005 мм і границями вимірювання 0-25 мм. Шляхом встановлення міри довжини відповідного розміру, кратного 25 мм, між кінцем мікрогвинта і вимірювальним упором на столі мікроскопа, границі вимірювання можуть бути збільшені в поздовжньому напрямі до 75 мм.

Верхню частину стола мікроскопа можна повертати маховиком 17 (справа від мікрогвинта 2) навколо вертикальної осі з метою точного суміщення лінії

вимірювання з напрямом поздовжнього або поперечного переміщення стола. У центральній частині стола вставлено предметне скло, яке забезпечує можливість освітлення контуру деталі знизу для спостережень в мікроскопі на світлому фоні при вимірюваннях тіньовим методом.

Для вимірювань деталей, що відносяться до класу валів і мають в торцях центрові отвори, на предметний стіл можна встановлювати накладку з центрами (на рисунку 3.1 не показана).

Освітлювальний пристрій мікроскопа Освітлювач 14 має лампу і діафрагму, яку можна регулювати гайкою 15. Оправу з лампою винесено за межі основи мікроскопа, що покращує умови охолодження.

Стійка 11. Стійка монтується на основі 1 з допомогою циліндричного шарніра - вісі 13. В стійці під віссю передбачено отвір, в який встановлюється кронштейн із освітлювачем 14. Систему стійка 11 - освітлювач 14 при допомозі маховика 16 можна нахилити навколо вісі 13 на $\pm 10^\circ$ в обидві сторони від вертикалі. Вісь нахилу стійки 11 співпадає з віссю центрів, які встановлюються на столі мікроскопа для вимірювань деталей класу валів. Завдяки цьому, нахилиючи стійку разом із освітлювачем, можна направляти пучок світла вздовж витків різьби (враховуючи кут підйому різьби Y) і добиватись різкого зображення контуру бічних сторін профілю різьби.

Тубус мікроскопа. В тубусі 5 монтується оптична система мікроскопа. Тубус має кронштейн 9, який з'єднаний з стійкою 11 рейковою зубчатою передачею Обертанням маховиків 10, що розміщені з обох боків стійки 11, здійснюється вертикальне переміщення кронштейна з тубусом, необхідне для фокусування мікроскопа. Для фіксування положення кронштейна з тубусом на рейкових напрямних стійки передбачено гвинт 12.

Зверху на тубусі кріпиться головка з окуляром 7 і

відліковим мікроскопом 6. В окулярі 7 при включеному освітлювачі спостерігаються координатні вісі мікроскопа, які служать базами для вимірювання, і контур вимірюваної деталі на світлому зеленому фоні. В окулярі відлікового-мікроскопа 6 проєктуються шкали: градусна і мінутна. Переміщення градусної шкали відлікового мікроскопа здійснюється лімбом 18, який знаходиться зліва від окуляра 7, а мінутна шкала (від 0 до 60) є нерухомою.

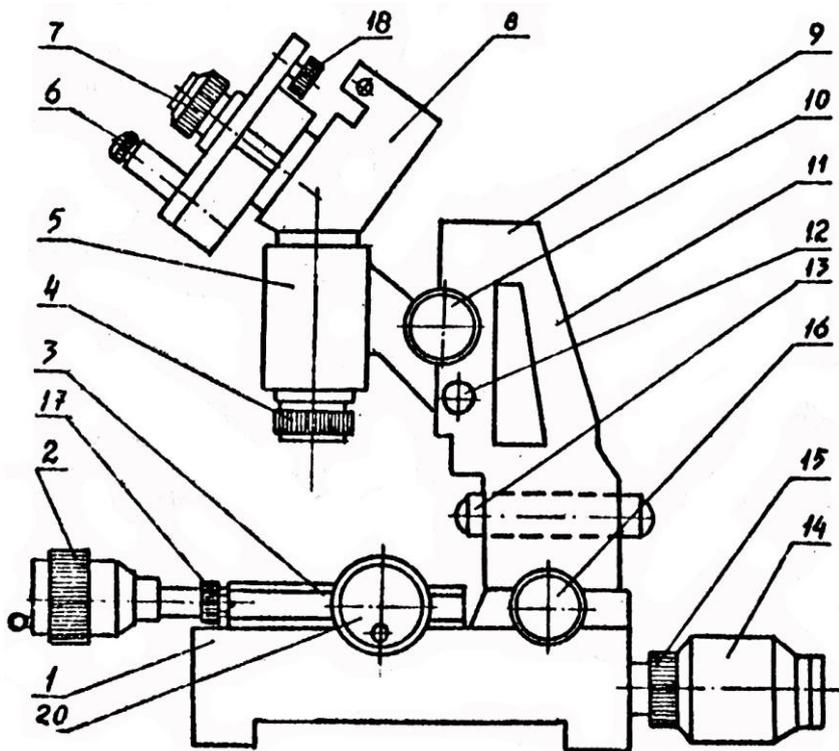


Рисунок 3.1 - Малий інструментальний мікроскоп

Основні технічні характеристики мікроскопа ММІ:
збільшення деталей – 10х, 30х, 50х; ціна поділки шкал

мікрометричних гвинтів - 0,005 мм; ціна поділки шкали відлікового мікроскопа - 1; діапазон вимірювання шкал мікрометричних гвинтів - 25 мм, границі вимірювання кутів — 0...360°; границі нахилу стійки мікроскопа $\pm 10^\circ$.

Оптична схема мікроскопа ММІ показана на рисунку 3.2.

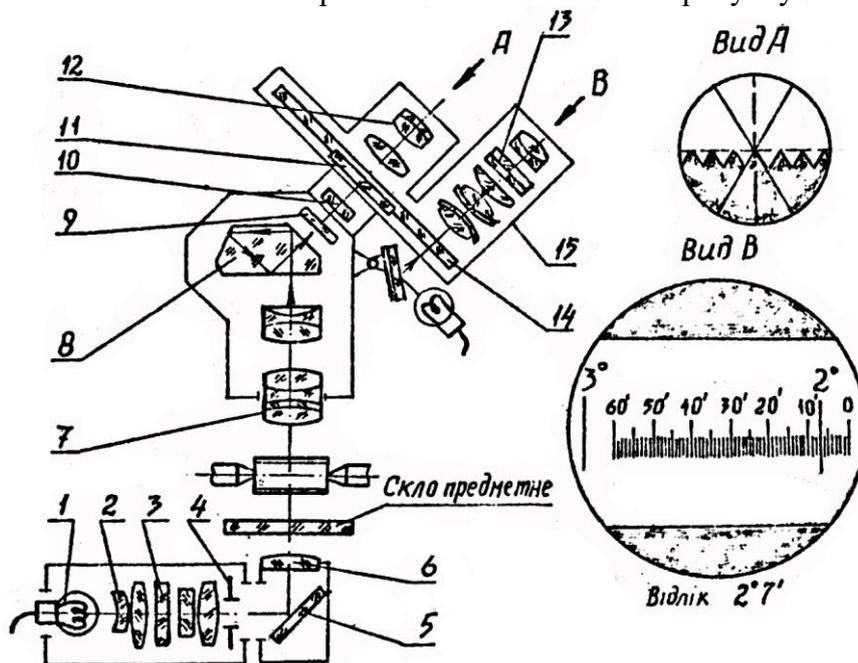


Рисунок 3.2 - Оптична схема мікроскопа ММІ

Світло лампи 1 змінним конденсором 2 через зелений світлофільтр і діафрагму 4 дзеркалом 5 через лінзу 6 і предметне скло направляється на виріб, який кладуть на скло або закріплюють в центрах (як показано на рисунку 3.2). Тіньовий контур виробу проектується об'єктивом 7 в площину сітки 11 (пластини з координатними осями) окулярної головки. Зображення контуру деталі і координатні осі спостерігаються в окуляр 12.

Сітка 11 вмонтована в лімб 14 і може обертатися навколо

вісі окуляра 12. Кут повороту сітки 11 (тобто кут повороту координатних осей) визначається по градусній шкалі лімба 14, яку спостерігають у відліковому мікроскопі 15. Мінuti відлічують по шкалі, яка нанесена на нерухомій пластині 11.

Поворотна призма 8 служить для отримання прямого зображення деталі, а скла 9 і 10 захищають оптику головки мікроскопа від бруду.

Порядок виконання лабораторної роботи №6

3.4.1 Ознайомитись із конструкцією мікроскопа ММ1

3.4.2 Визначити номінальні значення розмірів різьби по ГОСТ 24705-81 (див додаток А) Визначити точність параметрів різьби по ГОСТ 16093-81 (див. додаток Б),

При допомозі лінійки виміряти довжину різьбової поверхні деталі і визначити групу довжини згвинчування по ГОСТ 16093-81 (див. додаток В).

Заповнити таблицю 6.1 звіту.

3.4.3 Встановити шкали відлікового мікроскопа б на нуль(див. рисунок 3.1) повертати лімбом 18 координатні вісі головки мікроскопа б до суміщення нульового градусного штриха з нульовим штрихом мінутної шкали в окулярі 7.

3.4.4 Виставити вісь накладних центрів, закріплених на предметному столі мікроскопа, паралельно до напрямку поздовжнього переміщення стола (дні рисунок 3.1). Установку проводять з допомогою контрольного валика, який входить в комплект приладдя до мікроскопа ММ1.

Контрольний валик встановлюють в центрах і фокусують тубус 5 мікроскопа для отримання чіткого зображення однієї із твірних валика в окулярі 7. Для цього відпускають гвинт 12 і обертають маховички 10. (Увага! Гвинт 12 треба відпускати, підтримуючи маховички 10 руками). Після досягнення чіткого зображення, гвинт 12 фіксують. Далі потрібно навести пунктирну лінію горизонтальної координатної вісі в окулярі 7 на один кінець твірної контрольного валика при допомозі

мікрогвинтів 2 і 20.

Перемішують стіл мікроскопа в поздовжньому напрямі мікрогвинтом 20 і перевіряють співпадіння координатної вісі з твірною валика біля другого кінця. У випадку неспівпадань, стіл мікроскопа повертають у відповідну сторону маховичком 17 і перевірку повторюють. Твірна контрольного валика має ковзати вздовж координатної осі.
Зняти контрольний валик

3.4.5 Встановити вимірювану деталь із різьбою в центри, закріпити і фокусувати тубус 5 на зовнішній діаметр різьби як описано в п 3.4.4.

3.4.6 Виміряти величини зовнішнього d і внутрішнього D діаметрів різьби.

Вимірювання зовнішнього діаметра d виконують при допомозі поперечного переміщення мікрогвинтом 2 стола 3 із деталлю відносно осей координат, за якими спостерігають в окулярі 7. Результат вимірювання отримується як різниця двох відліків на шкалі мікрогвинта 2. Перший відлік відповідає такому розміщенню тіні деталі в окулярі 7, при якому вершини виступів на зовнішньому діаметрі суміщені із горизонтальною координатною віссю знизу від неї. Другий відлік отримують після переміщення тіні деталі мікрогвинтом 2 так, щоб вершини виступів із протилежної сторони вісі різьби були суміщені з горизонтальною координатною віссю зверху.

Внутрішній діаметр d_1 (d_3) вимірюють аналогічно по западинах канавок різьби (див. рис. 2.1).

Вимірювання повторюють тричі, прокручуючи різьбову деталь в центрах накладки предметного стола мікроскопа. Результати вимірювання занести в таблицю 6.2 звіту.

Порівнюють отримані дійсні розміри d , d_1 (d_3) із граничними розмірами (див. таблицю 6 1). Висновок про придатність роблять, враховуючи максимальний з усіх дійсних розмірів, отриманих при вимірюванні:

$$d_{\min} \leq d_D \leq d_{\max}$$

$$d_3 \leq d_1^D \leq d_1^{\max}$$

3.4.7 Виміряти середній діаметр d_2 різьби

При вимірюваннях мікроскопом різьб тіньовим методом зображення бічних сторін виступів профілю різьби є розмитим. Щоб добитись різкості зображення цих елементів різьби, необхідно направити пучок променів від освітлювача на різьбу паралельно до нахилу витка різьби. Конструкція мікроскопа (див. рисунок 3 1) дозволяє нахилити стійку 11 з тубусом 5 і освітлювачем 14 на необхідний кут підйому різьби.

Середній діаметр, крок і половину кута профілю вимірюють саме на бічних сторонах виступів різьби, тому слід обчислити кут підйому витка різьби Y в градусах:

$$Y = \frac{18,25P}{d_2}$$

де P - номінальний крок, мм;

d_2 - номінальне значення середнього діаметра, мм

Обчислене по (3.17) значення кута закруглюють до градуса або половини градуса і маховичком 16 нахилити стійку вправо або вліво під вертикальної вісі стійки. Напряму нахилу вибирають, спостерігаючи в окулярі 7 за різкістю зображення розглядуваної бічної сторони профілю. Напряму нахилу стійки 11 необхідно змінити на зворотний у випадку спостереження бічних поверхонь виступів з протилежної сторони від вісі різьби.

При вимірюванні середнього діаметра спочатку виставляють точку перетину координатних осей на середину будь-якої бічної сторони профілю різьби. Ця операція виконується за допомогою мікрогвинтів 2 і 20. Маховичком 16 нахилити стійку 11 на кут Y і встановлюють різкість

зображення. Отримують перший відлік з шкали мікрогвинта 2. Потім пересувають стіл 3 із деталлю мікрогвинтом 2 до появи в полі зору протилежної від вісі різьби паралельної бічної сторони профілю і нахиляють стійку 11 на кут γ в другу сторону. Мікрогвинтом 2 суміщають точку перетину координатних осей з бічною стороною профілю і роблять другий відлік із його шкали. Різниця відліків дає розмір середнього діаметра. Схема вимірювання середнього діаметра d_2 представлена на рисунку 3.3;

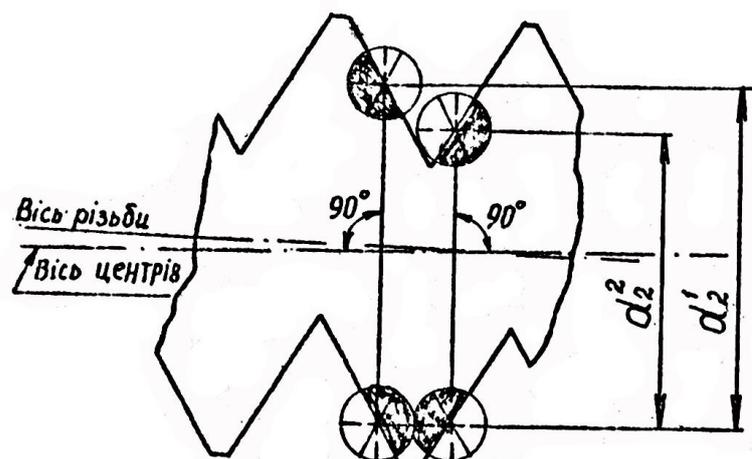


Рисунок 3.3 - Схема вимірювання середнього діаметра

Щоб усунути похибки вимірювання від перекосу осі вимірюваної різьби у відношенні до осі центрів стола мікроскопа, вимірювання проводять на обох сторонах профілю і за дійсне значення середнього діаметра приймають середньоарифметичне з результатів вимірювань мм:

$$d_2^{\text{д}} = 0,5(d_2^1 + d_2^2)$$

де - d_2^1 , d_2^2 середні діаметри різьби, виміряні по правих і

лівих бічних сторонах профілю відповідно (див. рисунок 3.3).

Вимірювання повторюють, прокручуючи різьбову деталь на центрах стола мікроскопа.

Результати вимірювань занести в таблицю 6.3 звіту. Порівнюють отримані дійсні розміри з граничними розмірами (див. таблиця 6.1). Висновок про придатність середнього діаметра роблять по максимальному з усіх визначених d_2^D по(3.18):

$$d_2^{\text{мін}} \leq d_2^D \leq d_2^{\text{макс}}$$

3.4.8 Виміряти крок і половину кута профілю різьби. Внаслідок можливого перекосу вісі різьби відносно центрів стола вимірювання кроку на довжині різьби і половини кута профілю треба проводити по правих і лівих бічних сторонах профілю зверху і знизу від вісі різьби приймаючи за результат вимірювання середньоарифметичні величини $P_n i \frac{\alpha}{2}$ (див. п. 3.2.1, залежності (3.5-3.6, 3.11-3.12)) Схема вимірювання кроку і половини кута профілю показана на рисунку 3.4.

Спочатку вимірювання виконують на виступах зверху від вісі різьби. При допомозі мікрогвинтів 2 і 20 (див. рисунок 3.1) виставляють точку перетину координатних осей приблизно на середину правої бічної сторони першого виступу різьби справа (як показано на рисунку 3.4, положення 1). нахиляють стійку 11 на кут підйому різьби для покращення різкості зображення профілю. Далі, суміщають при допомозі лімба 18 вертикальну пунктирну координатну вісь окуляра 7 із правою бічною стороною розглядуваного виступу і читають перший відлік на шкалі мікрогвинта 20. Для отримання другою відліку переміщують зображення різьби мікрогвинтом 20 до суміщення вертикальної координатної вісі із правою бічною стороною виступу, що знаходиться на протилежному кінці різьби через кроків (див. рисунок 3.3, положення 2),

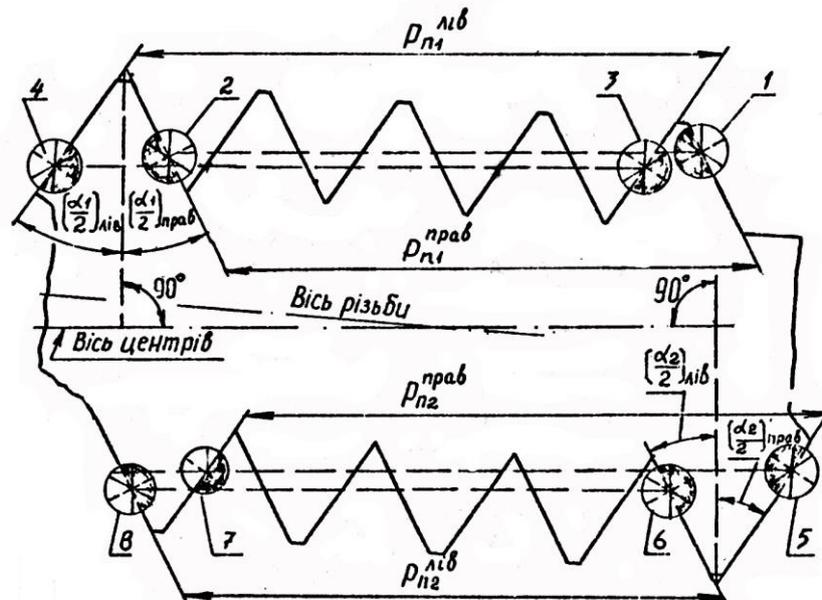


Рисунок 3.4 - Схема вимірювання кроку і половини кута профілю різьби

роблять другий відлік із шкали Різниця відліків дає розмір $(P_n^1)_{\text{прав}}$. Одночасно з шкал відлікового мікроскопа 6 знімають значення половини кута профілю $(\frac{\alpha_1}{2})_{\text{прав}}$. Виставляють шкали відлікового мікроскопа 6 при допомозі лімба 18 на нуль. Виконують вимірювання розмірів $(P_n^1)_{\text{лів}}$ і $(\frac{\alpha_1}{2})_{\text{лів}}$ - перемістивши точку перетину осей окуляра 7 на середину лівої бічної сторони першого виступу різьби справа,, а також сумістивши лімбом 18 вертикальну пунктирну координатну вісь із лівою бічною стороною розглядуваного виступу (положення 3 і 4 на рисунку 3.4).

Аналогічно виконують вимірювання розміру n-крків

$(P_n^2)_{\text{прав}}$ і $(P_n^2)_{\text{лів}}$, $\left(\frac{\alpha_2}{2}\right)_{\text{прав}}$ і $\left(\frac{\alpha_2}{2}\right)_{\text{лів}}$ на протилежних від
 вісі різьби виступах (як показано на рисунку 3.4, положення 5
 - 8). Для виконання вимірювань, цих величин необхідно
 змінити нахил стійки 11 на протилежний.

При вимірюваннях розмірів
 $(P_n^1)_{\text{прав}}$, $(P_n^2)_{\text{прав}}$, $(P_n^1)_{\text{лів}}$, $(P_n^2)_{\text{лів}}$ число кроків n на
 довжині деталі має бути однаковим.

Результати вимірювання кроків занести в таблицю 6.4,
 результати вимірювання половин кута профілю - в таблицю
 6.5 звіту

За результатами вимірювань обчислити приведений
 середній діаметр різьби $d_2^{\text{пр}}$, користуючись залежностями (3.1
 -3.2) і зробити висновок про згвинчуваності різьби відповідно
 до нерівності (3 13).

3.5 ЗВІТ
з лабораторної роботи №6
"Вимірювання приведенного середнього діаметра
різьби на малому інструментальному мікроскопі"

ЗАВДАННЯ: Провести оцінку згвинчуваності кріпильної різьби за результатами поелементного вимірювання параметрів різьби і обчислення приведенного середнього діаметра $d_2^{пр}$

Призначення мікроскопа ММІ:.....
.....
.....
.....

Методи вимірювання, використані
1) при вимірюванні параметрів різьби
:.....
.....

2) при оцінці згвинчування
різьби.....
.....
.....

Довжина різьбової поверхні $L=$ мм при кроку P
мм і діаметрі $d=$ мм відноситься до групи. На довжині
різьбової поверхні в осевій площині знаходиться $n =$
кроків

Таблиця 6.1 - Розміри і точність параметрів різьби.....

Назва параметра	Умовне позначення	Номинальний розмір, мм	Відхилення, мм		Граничні розміри, мм	
			es	ei	найбільший	найменший
Зовнішній діаметр	d					
Середній діаметр	d ₂					
Внутрішній діаметр	d ₁					
	d ₃					
Крок	P					
Кут профілю	α					

Таблиця 6.2 - Результати вимірювання діаметрів d і d₁(d₃) різьби

Дійсні розміри, мм	d _д	d ₁ ^д (d ₃)
1		
2		
3		
Висновок про придатність		

Таблиця 6.3 - Результати вимірювання діаметра $d_2^Д$ та обчислення приведенного середнього діаметра $d_2^{пп}$ різьби

Дійсні розміри $d_2^Д$, мм	Приведений середній діаметр $d_2^{пп}$, мм $d_2^{пп} = d_2^Д + f_p + f_a$
$d_2^Д = 0,5(d_2^1 + d_2^2) =$	
Висновок про придатність розміру по (3.19):	Висновок про згинчуваність різьби по (3.13):

Таблиця 6.4 - Результати вимірювання кроку різьби

Дійсні розміри кроку, мм		Число кроків на довжині різьби, n	Абсолютна величина накопиченої похибки кроку, $EP_n = P_n - nP $	Діаметральна компенсація похибки кроку, $f_p = 1,732 EP_n $
$P_{n1}^{\text{прав}}$		$P_n^{\text{прав}}$ = по (3.6)		
$P_{n2}^{\text{прав}}$				
$P_{n1}^{\text{лів}}$		$P_n^{\text{лів}}$ = по (3.6)		
$P_{n2}^{\text{лів}}$				
$P_n = 0,5(P_n^{\text{прав}} + P_n^{\text{лів}})$				

Таблиця 6.5 - Результати вимірювання половини кута профілю різьби

Дійсні розміри половини кута профілю різьби, градуси		Середньоарифметичні значення половини кута профілю, градуси	Абсолютне значення відхилень половини кута профілю від номіналу, мінути	Середньоарифметичне відхилення половини кута профілю, мінути
$\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)_{\text{прав}}$		$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} =$	$E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{прав}} =$	$E\left(\frac{\alpha}{2}\right) =$
$\left(\frac{\alpha_2}{2}\right)_{\text{прав}}$		по (3.11)	по (3.9)	
$\left(\frac{\alpha_1}{2}\right)_{\text{лів}}$		$\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} =$	$E\left(\frac{\alpha}{2}\right)_{\text{лів}} =$	по (3.8)
$\left(\frac{\alpha_2}{2}\right)_{\text{лів}}$		по (3.12)	по (3.10)	
Діаметральна компенсація похибки половини кута профілю, мінути. $f_{\alpha} = 0,29 \cdot P \cdot E\left(\frac{\alpha}{2}\right) \cdot 10^{-3} =$				

4.5 Запитання для самоконтролю

- 1 Дайте визначення приведенного середнього діаметра зовнішньої (внутрішньої) різьби.
- 2 Запишіть формули для обчислення діаметральних компенсацій похибок кроку і половини кута профілю різьби.
- 3 Записати умови придатності зовнішньої і внутрішньої різьб при поелементному (диференційному) методі вимірювання.

4 Записати умови згвинчуваності зовнішньої в внутрішньої різьб при комплексному методі вимірювання.

5 Чому при вимірюванні діаметра d_2 , кроку P і половини кута профілю $\alpha/2$ тіньовим методом на мікроскопі необхідно проводити вимірювання по правих і лівих бічних сторонах профілю різьби і обчислювати середньоарифметичні значення ?

6 Яким є призначення деталей поз. 2, 20, .17, 16,10, 11, 18 та вузлів 6 і 7 (див. рисунок 3.1)?

7 Опишіть порядок настроювання мікроскопа на виконання вимірювань різьби.

8 Чому при вимірюванні діаметра d_2 , кроку P і половини кута профілю $\alpha/2$ необхідно нахилити стійку 11 (див. рисунок 3.1) ?

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7
"Дослідження залежності допустимих відхилень
розміщення шліців від допусків на основні параметри
шліцевого вала"

4.1 Мета і завдання

Вивчення конструкції і набуття навиків користування оптичною ділильною голівкою ОДГ-10А.

Дослідження залежності допустимих відхилень розміщення зубів шліцевого вала і допусків на лінійні розміри шліців.

Практичне ознайомлення з системою допусків і посадок для шліцевих з'єднань.

Оцінка придатності шліцевої поверхні поелементним і комплексним методами.

4.2 Основні теоретичні положення

Принципи взаємозамінності шліцевих з'єднань описані в конспекті лекцій дисципліни ВСТВ [1]. Частковим прикладом цих з'єднань є шліцеві з'єднання прямобічним профілем, які найчастіше використовуються в різних конструкціях. Основні розміри елементів та рекомендовані посадки шліцевих з'єднань з прямобічним профілем встановлені ГОСТ 1139-80.

4.2.1 Параметри шліцевих поверхонь із прямобічним профілем

До основних параметрів шліцевих з'єднань із прямобічним профілем відносяться: зовнішній D внутрішній d діаметри, ширина шліца і ширина паза западин шліцевого отвору b , число шліців Z і кут γ розміщення шліців і пазів. Вони показані на рисунку 4.1.

Робота шліцевих з'єднань в значній мірі залежить від співвісності спряжених поверхонь. Для забезпечення співпадіння (центрування) вісі шліцевої втулки з віссю

обертання вала, з шліцями спряжених деталей передбачається центруюча поверхня. Існує три способи центрування:

- по зовнішньому діаметру D (рисунок 4.1, а),
- по внутрішньому діаметру d (рисунок 4.1, б);
- по бічних сторонах шліців b (рисунок 4.1, в).

Центрування по зовнішньому діаметру D використовується, коли твердість втулки дає змогу обробляти протягуванням. Центрування по внутрішньому діаметру d доцільне, коли в втулку має високу твердість і точний розмір можна дістати при шліфуванні діаметра d , а вал обробляють на шліцешліфувальному верстаті. Спосіб центрування по бічних сторонах b шліців не забезпечує точного центрування, рекомендується для механізмів, які передають великі крутні моменти або знаходяться під навантаженням, у механізмах із реверсом.

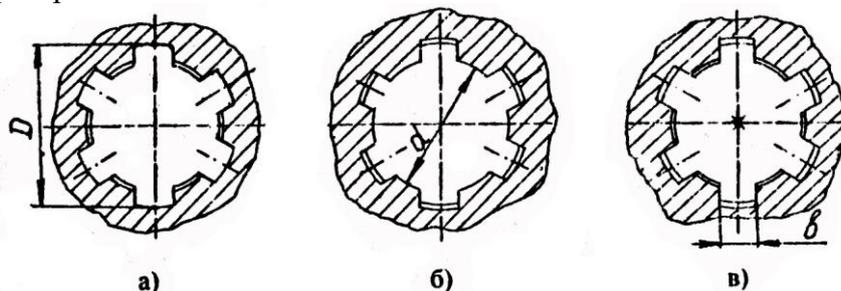


Рисунок 4.1 - Основні параметри та способи центрування шліцьових з'єднань з прямобічним профілем

4.2.2 Система допусків і посадок шліцьових з'єднань прямобічним профілем

Особливості побудови системи допусків і посадок для шліцьових з'єднань обумовлені тим, що умови складання шліцьових деталей і отримання необхідного характеру з'єднання (необхідної посадки) забезпечується не тільки точністю кожного основного розміру (діаметрів d і D , ширини b), а також похибками розміщення шліців;

Система допусків і посадок шліцьових з'єднань в ГОСТ 1139-80 встановлює поля допусків на діаметри d і D та ширини b .

Повний (сумарний) допуск кожного розміру дорівнює сумі похибок розміру, форми і розміщень поверхонь [1]. Вплив сумарної похибки розміщення шліців на умови складання з'єднання показано на рисунку 4.2

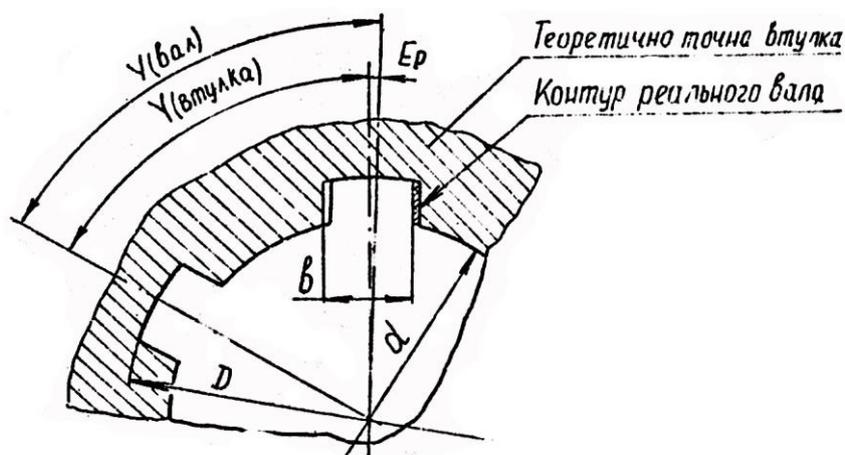


Рисунок 4.2 – Вплив похибки розміщення шліців

З теоретично точною втулкою, яка має номінальний контур, спрягається реальний вал, розміри діаметрів d , D і ширина b якого виготовлені в межах допусків, але є певна похибка E_p розміщення шліців. Якщо накласти контур реального вала із шліцями на контур теоретично точної втулки (як показано на рисунку 4.2), то шліці вала перекриють номінальний контур на заштрихованій ділянці і складання деталей буде неможливим. Крім того, характер спряження реального шліцьового вала з теоретично точною втулкою спотворюється додатково похибками діаметрів d і D та ширини b .

Для забезпечення умов складання реального вала з

шліцями з теоретично точною втулкою і отримання заданого характеру спряження необхідно, щоб сумарна похибка розміщення шліців і відхилень основних розмірів реального вала знаходилась в межах полів допусків діаметрів d і D та ширини b , як передбачено стандартом ГОСТ 1139-80.

Реальні втулки з пазами під шліци також мають відхилення основних розмірів і похибки розміщення пазів та похибки форми поверхонь. Тому для забезпечення складання реальних втулок із теоретично точними шліцьовими валами необхідно, щоб дійсний контур втулки також не виходив за межі полів допусків основних розмірів.

Отже, умови складання деталей із шліцями гарантуються, якщо реальні контури вала і втулки зокрема збираються є теоретично точними втулками і валами. Для цього потрібно, щоб дійсні контури кожного шліца вала і кожного паза втулки не виходили за поля допусків основних розмірів з'єднання, як показано на рисунку 4.3

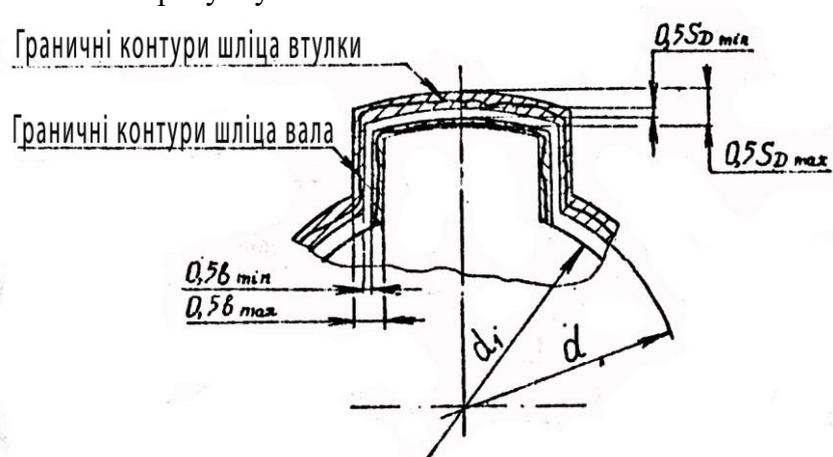


Рисунок 4.3 - Схема розміщення полів допусків і реальних шпурів деталей шліцьового з'єднання

В залежності від призначення і умов роботи до шліцьових

з'єднань ставляться різні вимоги щодо точності і характеру посадок на центруючих і нецентруючих поверхнях. В стандарті ГОСТ 1139-80 передбачено для центруючих поверхонь валів поля допусків квалітетів IT5 по IT10 з основними відхиленнями d, e, f, g, h (для утворення посадок із зазором), а також js, k, m, n (для утворення перехідних посадок). Для центруючих поверхонь втулок використовуються поля допусків квалітетів IT7 - IT10 з основними відхиленнями D, F, H для посадок із зазором і перехідних.

Посадки шліцьових з'єднань по діаметрах d і D утворюються по принципу системи отвору, а для посадок розміру ширини b використовуються посадки системи отвору і позасистемні посадки.

На нецентруючі діаметри встановлені такі поля допусків:

- при центруванні по D або b для валів нецентруючий внутрішній діаметр d має бути не меншим від діаметра d_1 (див. рисунок 4 3), для втулок нецентруючий внутрішній діаметр d має поле допуску H11

- при центруванні по d і b нецентруючий зовнішній діаметр D має для втулки поле допуску H12, а для вала $-a11$

Позначення шліцьових з'єднань валів і втулок повинні містити букву, яка вказує на центруючу поверхню, число шліців і номінальні розміри d , D і b , позначення полів допусків або посадок діаметрів, а також розміру b , які записують після відповідного розміру.

Приклад умовного позначення шліцьового з'єднання з числом шліців $Z= 8$, внутрішнім діаметром $d= 36$ мм, зовнішнім діаметром $D= 40$ мм, шириною шліца $b= 7$ мм, із центруванням по внутрішньому діаметру d , посадкою по діаметру центрування $-\frac{H7}{e8}$ і посадкою по розміру ширини шліца $-\frac{D9}{f8}$

$$d - 8 \times 36 \frac{H7}{e8} \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{D9}{f8}$$

те саме, при centruванні по зовнішньому діаметру D з посадкою по діаметру centruвання $-\frac{H8}{h7}$ -і по розміру ширини шліца - $\frac{F10}{h9}$:

$$D - 8 \times 36 \times 40 \frac{H8}{h7} \times 7 \frac{F10}{h9}$$

те саме, при centruванні по бічних сторонах b :

$$b - 8 \times 36 \times 40 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{F10}{h9}$$

Приклад умовного позначення деталей шліцьовою з'єднання при centruванні по внутрішньому діаметру d :

- шліцьова втулка $d-8x36H7x40H12x7D9$;
- шліцьовий вал $b-8x36e8x40a11x7f8$.

4.2.3 Дослідження залежності граничних відхилень розміщення шліців і допусків розмірів

Для складання реального шліцьового вала з теоретично точною втулкою і для отримання заданого характеру посадок у з'єднанні необхідно, щоб дійсний контур шліців вала знаходився в межах граничних контурів, які окреслені полями допусків діаметрів d і D та ширин шліців b на всій поверхні. На рисунку 4.4 показано тонкою суцільною лінією дійсний контур вала в межах граничних контурів шліців.

На рисунку контури двох суміжних шліців 1 і 2 знаходяться в крайніх положеннях, які відповідають максимальному допустимому значенню кута розміщення $Y_1^{\text{макс}}$ при певних дійсних розмірах ширин шліців.

Величину кута розміщення $Y_1^{\text{макс}}$ можна обчислити, враховуючи розміщення теоретичної вісі симетрії OA (шліц 1) в положення OA_1 і зміщення теоретичної вісі симетрії OB

(шліц-2) в положення OB_2

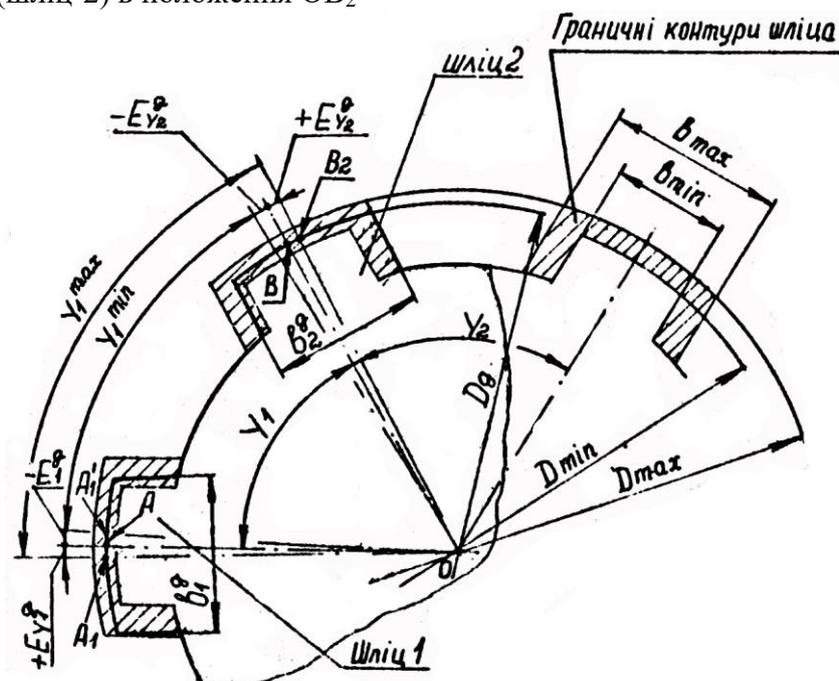


Рисунок 4.4 - Визначення граничних відхилень розташування шліців шліцевого вала

Мінімальна величина розміщення шліців Y_1^{\min} обчислюється аналогічно, градуси:

$$Y_1^{\max} = Y + (EY_1 + EY_2)$$

$$Y_1^{\min} = Y - (EY_1 + EY_2)$$

де $Y = \frac{360}{z}$ - номінальне значення кута розміщення шліців;

EY_1^A, EY_2^A - допустимі граничні відхилення кута розміщення осей симетрії шліців 1 і 2 відповідно в межах полів допусків основних розмірів шліців. Аналогічно можна

обчислити граничні допустимі значення кутів розміщення усіх шліців $Y_1^{\text{макс}}$ і $Y_1^{\text{мін}}$, де $i = 1..Z$ - порядковий номер шліца.

Величини граничних відхилень кутів розміщених EY_1 , визначають після вимірювання дійсного розміру зовнішнього діаметра D_d шліцевого вала і вимірювання товщини кожного шліца b_1^D

Для прикладу розглянемо трикутник ΔAA_1O . Для малих кутів:

$$\text{tg}(EY_1) = \frac{AA_1}{\frac{D_d}{2}}$$

де AA_1 - величина граничного зміщення вісі симетрії шліца 1 в полі допусків основних розмірів для конкретного значення ширини шліца : b_1^D

$$AA_1 = \frac{b_{\text{макс}} - b_1^D}{2}$$

де $b_{\text{макс}}$ - найбільший граничний розмір ширини шліца ;

$$b_{\text{макс}} = b + es_b$$

де b - номінальне значення ширини шліца по ГОСТ 1139-80

es_b - верхнє граничне відхилення ширини b по ГОСТ 25117-82. Таким чином, по(4.3) для шліца 1:

$$\text{tg}(EY_1) = \frac{b_{\text{макс}} - b_1^D}{2}$$

У загальному випадку для i -го шліца, радіани

$$\text{tg}(EY_1) = \frac{b_{\text{макс}} - b_1^D}{D_d}$$

Граничні відхилення кутів розміщення шліців вала, градуси, мінути, секунди:

$$EY_1 = \arctg(EY_1)$$

Граничні величини кутів розміщення Y_1 враховуючи дійсні розміри діаметра D_d , і ширин шліців b_1^d та точність розміру b , градуси, мінути, секунди:

$$|Y_i| = Y + (EY_1 + EY_{i+1})$$

де $i, i+1$ - порядкові номери суміжних шліців.

4.3 Опис конструкції оптичної ділильної головки

Оптичні ділильні головки призначені для вимірювання кутів і ділильних робіт при розмічуванні і обробці деталей. За конструктивними признаками головки відносяться до оптичних приладів, на яких вимірювання виконуються абсолютним, прямим або непрямым методами, можна вимірювати поелементно і комплексно.

Зовнішній вигляд оптичної ділильної головки моделі ОДГ-10А показаний на рисунку 4.5.

Основними складовими частинами приладу є станина 8, задня бабка 7 і ділильна головка 3.

Станина 8 вилита із чавуну. На її верхній поверхні є поздовжній Т-видний паз, в якому монтуються головка 3 і задня бабка 7.

Задня бабка 7 має піноль з центром, який можна переміщати вздовж вісі при допомозі ручки 11. Це переміщення використовується при установці і закріпленні деталей класу валів в центрах.

Ділильна головка 3 є основною складовою частиною приладу і представляє собою кінематичний точний черв'ячний редуктор.

В центрах оптичної головки і задньої бабки можуть встановлюватися деталі діаметром до 250 мм і довжиною до 600 мм. Шпindel 6 головки має отвір під посадку конуса Морзе 4. В середині корпусу на шпинделі закріплено черв'ячне колесо з лімбом, який несе основну шкалу приладу з ціною

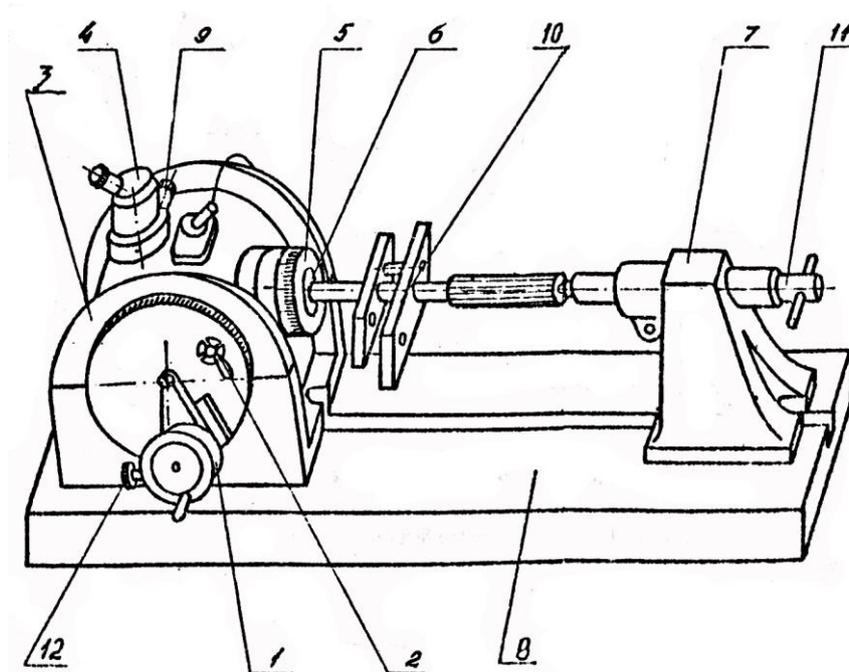


Рисунок 4.5 – Оптична ділильна головка ОДГ-10А

поділки 1° . Обертання шпинделя здійснюється маховиком 1, змонтованим на черв'яку механічної передачі головки. Вал маховика 1 при допомозі конічної зубчатої передачі можна прокручувати з невеликою швидкістю маховичком 12. Цей маховичок використовують для делікатного зміщення градусної шкали приладу. Попередня установка кута повороту шпинделя 6 проводиться по зовнішньому лімбі 5 грубої установки, а точна установка - по основному лімбі черв'ячного колеса при допомозі відлікового пристрою 4. Виставлений кут на шкалі лімба черв'ячного колеса може бути зафіксований ручкою 2 гальма приладу.

Шпиндель 6 головки разом із лімбом 5 можна прокручувати в корпусі 1 і встановлювати під будь-яким кутом до горизонтальної вісі в межах від 0 до 90° . Кут нахилу

встановлюється по шкалі з ціною поділки нанесеній па периферії переднього фланця головки.

Основні технічні характеристики оптичної ділильної головки ОДГ-10А: ціна поділки шкали відлікового пристрою 4-10", ціна поділки шкали лімба 5 шпинделя - 1°, точність приладу при вимірювальних роботах - $\pm 10''$, межі нахилу вісі шпинделя 6 - 0.. 90°, точність відліку кута нахилу вісі шпинделя - $\pm 6'$, висота центрів - 130 мм, радіальне биття вісі шпинделя - 0.003 мм.

Оптична схема ділильної головки (показана на рис. 4.6.) (монтована у відліковому пристрої головки за винятком лімба 4, який разом із черв'ячним колесом крутиться навколо вісі шпинделя головки. В окулярі відлікового пристрою проектується три шкали в одній площині (див. рисунок 4 б.. вид А) Світло від лампи 1 направляється конденсором із світлофільтром 2, дзеркалом 3 на лімб 4, на якому нанесено 360 поділок градусної шкали. Лімб 4, який закріплено на черв'ячному колесі, обертається разом із ним навколо вісі шпинделя головки. Лінзи .5 і 7 через поворотну призму 6 проектують зображення штрихів лімба 4 в площину окулярної сітки 10. Окулярна сітка має сім подвійних рисок (бісекторів), кутова віддаль між якими складає 10'. При допомозі сітки 10 можна відлічувати десятки кутових мінут.

В конструкції відлікового пристрою приладу передбачено оптичний компенсатор 13, який включає пластину й і сітку 9 із шкалою для відліку одиниць кетових мінут та десятків Секунд. На шкалі 9 (див. вид А, зліва в полі зору окуляра) нанесено 10 поділок із ціною 1' і 60 поділок із ціною 10". Компенсатор 13 можна прокручувати навколо вісі мікрогвинта відлікового пристрою (поз. 9 на рисунку 4.5) і цим викликати оптичне зміщення зображення градусного штриха лімба 4, зафіксованого гальмом головки відносно бісекторів сітки 10, а також зміщення штрихів сітки 9 відносно індекса - горизонтальної риски для відліку показів

одиниць мінут і секунд

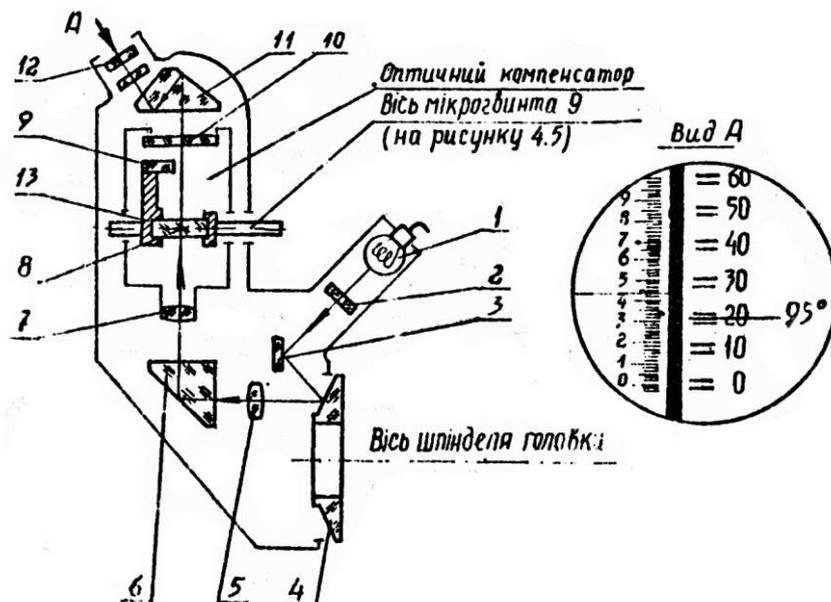


Рисунок 4 6 - Оптична схема ділильної головки ОДГ-10А

Три шкали одночасно видно в окулярі 12. Відлік кутів при вимірюванні виконують після повороту шпинделя на необхідний кут. Спочатку фіксують гальмом шпиндель (при допомозі ручки 2, на рисунку 4.5), дані, спостерігаючи за шкалами в окулярі, суміщають зображення штриха градусної шкали із найближчим бісектором при допомозі оптичного компенсатора (обертанням мікрогвинта 9, рисунок 4.5). На рисунку 4.6,(вид А) показано відлік $95^{\circ}24'20''$

4.4 Порядок виконання лабораторної роботи №7

4.4.1 Ознайомитись із конструкцією оптичної ділильної головки ОДГ -10А.

4.4.2 Визначити номінальні розміри основних параметрів

вимірюваного шліцьового вала по ГОСТ 1139-80 (див. додаток Г).

Знайти граничні відхилення розмірів шліцьового вала по ДСТУ 2500-94 (див.[3], таблиці 3.6-7). Визначені величини занести в таблицю 7.1 звіту.

4.4.3 Виміряти центруючий діаметр і товщину усіх шліців вала при допомозі мікрометра. Методика вимірювання гладким мікрометром описана в лабораторній роботі № 1, [2]. Результати вимірювання занести в таблицю 7.2

Обчислити по (4.6 і 4.7) значення $\text{tg}(EY_1)$ і допустимі граничні відхилення кутів EY_1 в межах полів допусків основних параметрів шліцьовою вала.

Обчислити допустимі граничні значення суміжних кутів розміщення $|Y_1|$ по (4.8). Результати обчислень занести в таблицю 7 2 звіту

4.4.4 Виставити шкали відлікового пристрою 4 оптичної ділильної головки на нуль (див. рисунок 4.5). Спочатку мікрогвинтом 9 необхідно сумістити нульовий штрих мінутної шкали з нерухомим індексом, які спостерігаються зліва в окулярі приладу. Далі відпустити гальмо ручкою 2 і маховиком 1 (або маховичком 12) повертати шпindelь головки доти, поки нульовий штрих градусної шкали не опиниться посередині нульового бісектора шкали десятків мінут. Зафіксувати гальмом 2 шпindelь головки.

4.4.5 Встановити вимірюваний шліцьовий вал в центри головки і задньої бабки і фіксувати при допомозі осьового переміщення пінолі задньої бабки ручкою 11. Для усунення проковзування вала на центрах під час обертання шпindelя використати поводковий механізм 10 Перед закріпленням вала виставити одну із бічних сторін будь-якого шпiца приблизно паралельно до площини основи 8.

4.4.6 Встановити на бічну сторону шліца, паралельну до основи 8, важіль індикатора годинникового типу, закріпленого на стійці, яка разу базується на основі 8. При

допомозі гвинта стійки шкалу індикатора виставляють на нуль з деяким натягом, як показано на рисунку 4.7. підвести велику стрілку індикатора до нуля, а малу стрілку підвести до поділки, яка, наприклад відповідає 2 мм. Це положення називають базовим.

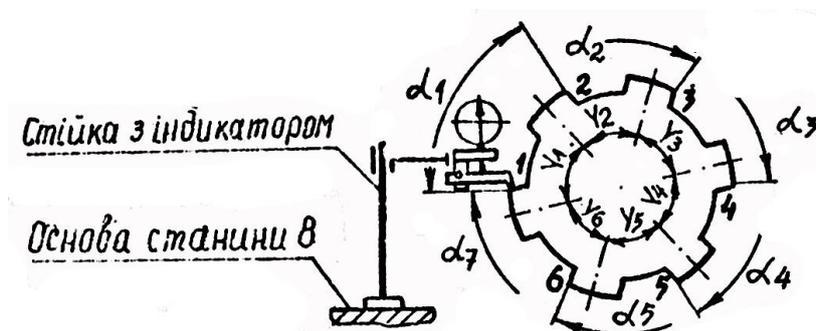


Рисунок 4.7 - Вимірювання кутів розташування шліців

Виміряти кути $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{(i+1)}$ розташування усіх шліців відносно базового положення бічної сторони шліца $i = 1$, зафіксованого показом індикатора відносно площини основи 8.

Правою рукою підняти наконечник важеля індикатора бічної сторони першого шліца, а лівою відпустити гальмо 2 і повертати (за годинниковою стрілкою) при допомозі маховика 1 (або маховичка 12) шпindel 6 із вимірюваним валом на кут, рівний номінальному значенню кута $Y = \frac{360}{Z}$. Для грубої установки використовувати зовнішню градусну шкалу лімба 5. Опустити наконечник важеля індикатора на бічну сторону шліца $i = 2$ і при допомозі повороту маховиком 12 підвести стрілки індикатора в нульове базове положення (як описано в п. 4.4.5).

Зафіксувати шпindel 6 гальмом 2 і прочитати при допомозі відділового пристрою 4 дійсне значення кута α_1 .

Як правило, риска градусної шкали, яка появляється в полі зору окуляра займає довільне положення. У зв'язку з цим, необхідно змістити її всередину найближчого бісектора при допомозі оптичного компенсатора, тобто мікрогвинтом 9 повернути мінутну шкалу.

Дійсне значення кута α_i занести в таблицю 7.3.

Аналогічно виміряти кути $\alpha_2, \alpha_3 \dots \alpha_{(i+1)}$, тобто виконати повний оберт, повернувшись у базове положення.

4.4.7 За результатами вимірювання абсолютних значень кутів $\alpha_{(i+1)}$ обчислити загальну похибку вимірювання, градуси., мінути, секунди

$$\beta = \alpha_{(i+1)} - 360^\circ,$$

де $\alpha_{(i+1)}$ – відлік по мікроскопу головки після повного повороту шліцьового вала, коли під наконечником важеля індикатора встановлено знову шліць 1.

Обчислити середню похибку вимірювання, яка припадає на кожен відлік шкал приладу, градуси, мінути, секунди:

$$E = \frac{\beta}{(i+1)},$$

де $i+1 = Z+1$ - число виконаних замірів.

4.4.8 Обчислити кути розміщення Y_1 суміжних шліців, використавши значення кутів $\alpha_{(i+1)}$ в таблиці 7.3, градуси, мінути, секунди:

$$Y_1 = \alpha_{(i+1)} - \alpha_1$$

де i – порядковий номер шліця.

Обчислити дійсні кути розміщення Y_1^D суміжних шліців, враховуючи поправку на середню похибку e , градуси, мінути, секунди:

$$Y_1^D = Y_1 + e,$$

де $e = -E$ поправка (поправка дорівнює середній похибці за величиною і має протилежний знак).

Результати обчислень занести в таблицю 7.3.

4 4.9 Зробити висновок про придатність основних параметрів шліцьового вала поелементно по результатах вимірювань в табл. 7.2

Зробити висновок про можливість складання вимірюваного вала і теоретично точною шліцьовою втулкою по результатах обчислення дійсні кутів розміщення суміжних шліців γ_1^D (в табл. 7 3) і допустимих граничних кутів розміщення $|\gamma_1|$ (в табл. 7.2).

3.5 ЗВІТ
з лабораторної роботи № 7
"Дослідження залежності допустимих відхилень
розміщення шліців від допусків на основні параметри
шліцевого вала"

ЗАВДАННЯ: Дати оцінку придатності основних параметрів шліцевої поверхні вала і зробити висновок комплексно про можливість складання вала по шліцевій поверхні з теоретично точною втулкою.

Призначення оптичної ділильної головки ОДГ-10А.....

Методи вимірювання, використані:

1) при вимірюванні основних параметрів шліцевої поверхні:.....

3)при оцінці можливості складання вала по шліцевій поверхні з теоретичною точною втулкою:.....

Таблиця 7.1 - Граничні розміри параметрів шліцевого вала.....

Спосіб центрування	Число шліців, Z	Кут розташування шліців Y, градуси	Номинальні розміри параметрів шліцевої поверхні вала, мм			Найбільший граничний розмір товщини шліца , мм
			d	D	b	
						b _{max} =
Точність основних параметрів шліцевої поверхні вала						

Таблиця 7.2 - Результати поелементних вимірювань шліцьового вала та результати обчислень допустимих значень кутів розміщення суміжних шліців

Результати вимірювання, мм		Результати обчислень		
D, мм	b_1^D , мм	tg(EY ₁), радіани	EY ₁ , градуси, мінути, секунди	$ Y_1 = Y \pm (EY_1 + EY_{i+1})$ градуси, мінути, секунди

Таблиця 7.3 - Результати вимірювання кутів розміщення суміжних шліців, градуси, мінути, секунди

Кут розміщення шліца відносно базового нульового положення, α_1	Кут розміщення суміжних шліців, $Y_1 = \alpha_{(i+1)} - \alpha_1$	Дійсний кут розміщення суміжних шліців з поправкою на середню похибку, $Y_1^D = Y_1 + e$ (поправка $e = -E$)	Висновок про можливість складання виміряного шліцьового вала з теоретично точною втулкою
Загальна похибка вимірювання: $\beta = \alpha_{(i+1)} - 360^\circ =$ Середня похибка вимірювання: $E = \frac{\beta}{i + 1} =$		Висновок про придатність: 1) діаметр D..... 2) діаметр d..... 3) ширина b.....	

4.6 Запитання для самоконтролю

1. Якими способами центруються деталі шліцьового

з'єднання?

2. Приведіть приклад умовною позначення точності шліцьового вала (втулки) і з'єднання при центруванні по зовнішньому діаметру.

3. Поясніть умови можливості складання шліцьових вала і втулки при наявності відхилень форми і розташування поверхонь.

4. Як визначити граничні значення кута розміщення суміжних шліців за результатами вимірювання основних параметрів шліцьової поверхні і заданою точністю розмірів d , D , b ?

5. Опишіть призначення і конструкцію оптичної ділильної головки ОДГ-10А. Опишіть особливості оптичної системи приладу

6. Яким є призначення вузлів 1,4, 9, 12 приладу (див. рисунок 4.5)?

7. Опишіть на рисунку 4.6 роботу оптичного компенсатора градусної шкали.

8. Де на оптичній схемі приладу (див. рисунок 4.6) - знаходяться градусна, бісекторна і минутна шкали?

9. Визначте ціну поділки кожної шкали ділильної головки

10. Прочитайте кут, на який повернуто шпindel ь головки

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

"Вимірювання деталей на великому проекторі. Дослідження похибки непрямого методу вимірювання"

5.1 Мета і завдання

Практичне ознайомлення з операціями вимірювання та контролю. Вивчення конструкції і набуття навиків вимірювання та контролю на великому проекторі моделі БП.

Виконання безконтактних вимірювань прямим та непрямим методами. Дослідження точності результатів при вимірюванні непрямим методом. Складання алгоритму і програми обчислень на ЕОМ похибки непрямого методу вимірювання.

5.2 Основні теоретичні положення

Основи технічні вимірювань, зокрема, поняття операцій вимірювання та контролю, методів вимірювання і, класифікації засобів вимірювання, розглядаються в розділі 1,[2].

5.2.1 Дослідження похибки результатів вимірювання при непрямому методі вимірювання

У багатьох випадках величина, яку необхідно визначити, не може бути виміряна безпосередньо через незручність або відсутність реальних вимірювальних баз, наприклад, коли вимірювана величина задана бід вісі і т. ін. Як правило, така величина залежить від декількох незалежних між собою інших величин, виміряти які легко. У цьому випадку шукану величину виражають деякою функцією, в яку вимірювані безпосередньо величини входять як аргументи. Наприклад, $z=f(x,y,\dots)$, де z — шукана величина, x, y : аргументи функції.

Такий метод визначення чи вимірювання величини називається в метрології непрямим методом. Спочатку складають певну алгебраїчну залежність між шуканим-

розміром деталі (функцією z) і тими розмірами, які можна виміряти прямо (аргументи x, y, \dots), вимірюють, ці величини і підставляють числові значення у виведену залежність.

При вимірюваннях непрямим методом виникає необхідність дати оцінку похибки вимірювання шуканої величини. Як правило, величини аргументів функції вимірюють прямим методом. Тому точність вимірювання величин-аргументів визначається граничною похибкою вимірювань приладу, на якому виконуються вимірювання.

Для обчислення похибки величини, отриманої непрямим методом вимірювання, тобто для оцінки похибки функції z використовують формулу середньоквадратичної похибки середньоарифметичного Z ряду результатів вимірювань непрямим методом по формулі:

$$\sigma_z = \sqrt{\left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 \cdot \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 \cdot \sigma_y^2 + \dots}$$

де $\frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}$ частинні похідні функції z , числові значення яких можна обчислити, підставляючи середньоарифметичні значення X, Y, \dots , визначені за результатами повторних вимірювань аргументів x, y, \dots по формулах (5.2),

σ_z - середньоквадратичні похибки середньоарифметичних величин X, Y, \dots :

В практиці вимірювань деталей визначають середньоарифметичну величину кожного розміру по результатах повторних вимірювань.

Розглянемо, наприклад, середньоарифметичне значення X незалежної змінної x як функцію декількох змінних x_1, x_2, \dots, x_i :

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i}{N} = \frac{x_1}{N} + \frac{x_2}{N} + \dots + \frac{x_i}{N} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{N}$$

де x_1, x_2, \dots, x_i :- результати повторних вимірювань аргументу x ,

N - число повторних вимірювань.

Аналогічно можна представити і визначити середньоарифметичні значення аргументу Y і інших, які входять у функцію Z .

Кожен ряд (5.2) в цілому і кожен член ряду зокрема можна характеризувати квадратичною похибкою $\sigma_x, \sigma_y, \dots$. Отже, можна обчислити середньоквадратичні відхилення $\sigma_x, \sigma_y, \dots$ середньоарифметичних величин X, Y, \dots використавши (5.1):

$$\sigma_X = \sqrt{\left(\frac{\partial X}{\partial x_1}\right)^2 \cdot \sigma_{x_1}^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial x_2}\right)^2 \cdot \sigma_{x_2}^2 + \dots},$$

$$\sigma_Y = \sqrt{\left(\frac{\partial Y}{\partial y_1}\right)^2 \cdot \sigma_{y_1}^2 + \left(\frac{\partial Y}{\partial y_2}\right)^2 \cdot \sigma_{y_2}^2 + \dots} \text{ і т.д.}$$

де $\frac{\partial X}{\partial x_1}, \frac{\partial X}{\partial x_2}, \frac{\partial Y}{\partial y_1}, \frac{\partial Y}{\partial y_2}$ - частинні похідні функцій X, Y , відповідно, які дорівнюють (див. 5.2)

$$\frac{\partial X}{\partial x_1} = \frac{1}{N}, \quad \frac{\partial X}{\partial x_2} = \frac{1}{N}, \dots$$

$$\frac{\partial Y}{\partial y_1} = \frac{1}{N}, \quad \frac{\partial Y}{\partial y_2} = \frac{1}{N}, \dots$$

σ_x, σ_y - середньоквадратичні відхилення вимірюваних величин x, y, \dots , які можна визначити по формулах (5,7).

Підставляючи значення (5.4) у вирази (5.3), отримаємо:

$$\sigma_X = \sqrt{N \left[\left(\frac{1}{N}\right)^2 \cdot \sigma_x^2 \right]} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}$$

$$\sigma_Y = \sqrt{N \left[\left(\frac{1}{N} \right)^2 \cdot \sigma_y^2 \right]} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{N}}$$

Із формул (5.5) видно, що із збільшенням числа повторних вимірювань середньоквадратичні похибки, які характеризують точність середньоарифметичних X, Y, \dots , будуть зменшуватися, тобто $\sigma_X \rightarrow 0, \sigma_Y \rightarrow 0, \dots$ при $N \rightarrow \infty$

Середньоквадратичні відхилення σ_x (σ_y, \dots) вимірюваних випадкових величин x (y, \dots), визначаються в теорії ймовірності при законі нормального розподілу за формулою:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2 \cdot n}{N}}$$

де n_1 – число випадків появи величини x_i .

У розглядуваному випадку, коли величини x_1, x_2, \dots, x_i з результатами повторних вимірювань, число $n_1=1$. Тому можна записати:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X)^2}{N}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y)^2}{N}}$$

Обчислена по формулі (5.1) середньоквадратична похибка середньоарифметичного ряду результатів вимірювання дає оцінку точності непрямого методу вимірювання шуканої величини на даному вимірювальному приладі.

5.3 Опис конструкції великого проектора

Пректорами називають оптичні прилади, які дають на екранах збільшену тінь вимірюваного виробу. Залежно від способу освітлення виробу розрізняють проектори, які працюють у прохідних променях і у відбитих променях. На машинобудівних підприємствах найчастіше використовують проектори першого типу, до яких відноситься великий проектор БП.

Великий проектор БП використовують для вимірювання та контролю лінійних і кутових розмірів невеликих виробів із складним контуром кулачків, пуансонів, матриць, інструментів із фасонними лезами, дрібно модульних зубчатих коліс.

Вимірювання на великому проекторі виконується безконтактним методом, прямим або непрямим методами залежно від конструкції вимірюваної деталі, поелементно або комплексно залежно від складності контуру деталі.

Контроль виробів виконується шляхом порівняння тіні деталі з кресленням контуру деталі, виконаним у масштабі, який дорівнює збільшенню поля зору проектора.

Великий проектор БП, який зображено на рисунку 5.1, складається з таких основних частин: стояка 1, вимірювального стола 4, освітлювача 3, екрана 11.

Стояк 1, вилитий із чавуну, є основною несучою частиною проектора. Тіло стояка є порожистим. Посередині висоти стояка передбачено масивний кронштейн із отвором великого діаметра, в якому є різьба з прямокутним профілем. По цій різьбі монтується і переміщається вгору або вниз вимірювальний стіл 4. Частина оптичної системи приладу розміщена над предметним столом всередині порожнини стояка, зокрема, головне дзеркало і поворотна призма.

Вимірювальний стіл 4 приладу має поздовжню і поперечну каретки, на напрямних яких при допомозі мікрогвинтів 7 і 8 можна переміщати предметний стіл 5 у

двох взаємно перпендикулярних напрямках з метою вимірювання лінійних розмірів.

Мікрогвинти 7 і 8 мають шкали з ціною поділки 0,005 мм (границі вимірювання 0 - 25 мм). Шляхом встановлення міри довжини відповідного розміру між кінцем мікрогвинта 7 і вимірювальним упором на (столі границі вимірювання у поздовжньому напрямі можуть бути збільшенні до 150 мм. Границі вимірювання у поперечному напрямі мікрогвинтом 8 можна збільшити до 50 мм аналогічно.

Вимірювальний стіл має круглу поворотну частину із скляною пластиною - так званий предметний столик 5. На цей столик виставляють вимірювану деталь при тіньовому способі вимірювання в прохідних-променях від освітлювача. Столик 5 можна крутити маховиком 6. Цей поворот використовується для вимірювання кутів в межах від 0 до 360°. Кут повороту визначається по шкалі 9, яка має шкалу-ноніус із величиною відліку 3 .

Перед вимірюванням проводять фокусування проектора (установлення на різкість зображення). Фокусування виконується штурвалом 10 зміною віддалі між виробом і об'єктивом приладу при допомозі переміщень колони стола 4 відносно різьбового отвору стояка 1. Положення стола фіксується гальмом 12.

Освітлювач 3 винесений за межі стояка і стола проектора, що покращує умови охолодження. Він складається із труби, в яку монтується оптична система освітлення і оправа з лампою Труба освітлювача монтується в отвір вимірювального стола 4, і спрямовує 1 промені на поворотну призму і головне дзеркало стояка .

Екран 11 проектора розташований на рівні стола 4 і кріпиться на кронштейні стояка 1 в горизонтальному положенні. На поверхні екрана, яка покрита білою емаллю, нанесені штрихами координатні осі. Осі координат екрана 11 служать базами при виконанні вимірювань безконтактним

методом. Переміщення предметного стола з об'єктом вимірювання мікрогвинтами 7 і 8, має викликати ковзання тінні деталі паралельно до відповідних осей.

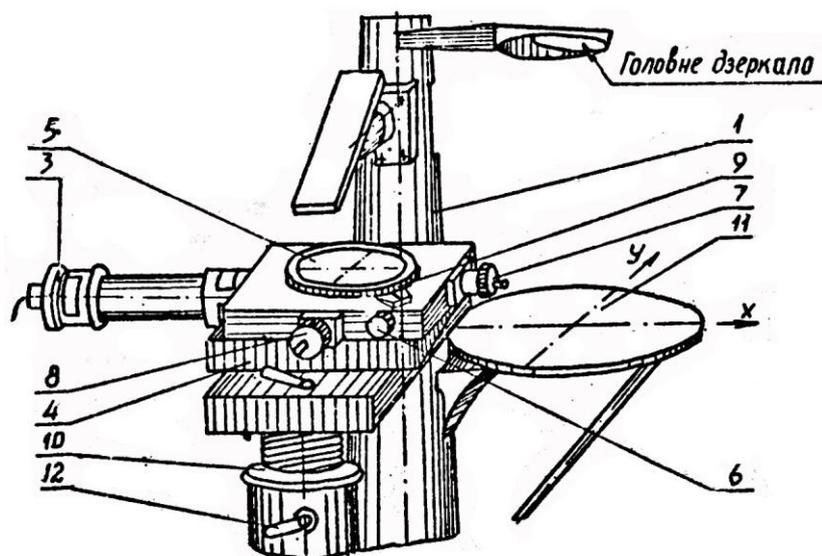


Рисунок 5.1 - Великий проектор БП

Оптична схема проектора складається з двох частин (освітлювальної і проекційної) і представлена на рисунку 5.2)

Світло від лампи 1 проходить через лінзи постійного конденсора 2, через теплоізолююче скло і, через лінзи змінного конденсора 4, в систему якого входить регулююча діафрагма. Промені від змінного конденсора, спрямовані паралельним пучком, відбиваються дзеркалом 5 і потрапляють знизу на скло предметного стола, на яке встановлюється вимірювана деталь. Далі промені, відбившись від дзеркала 7, направляються в проекційну частину оптичної схеми, в склад якої входить об'єктив проектора 8, призма 9 і головне дзеркало 10. Головне дзеркало спрямовує промені на екран 11. Об'єктив 9 є змінним: можна встановлювати

об'єктиви із збільшенням 10х,20х або 50 Кожному об'єктиву відповідає свій змінний конденсор 4, який забезпечує рівномірне освітлення поля зору об'єктива.

Основні технічні характеристики проектора БП: збільшення в полі зору екрана - 10х,20х,50х; ціна поділки мікрометричних - границі вимірювання шкал мікрометричних, гвинтів - 25 мм; границі вимірювань приладу; вздовж осі X- 150 мм, вздовж осі Y- 50 мм; граничні переміщення стола приладу вздовж осі Z—100 мм; ціна поділки шкали предметного стола - ; границі вимірювання кутів на шкалі предметною стола - 0...360°; гранична похибка мікрометричних гвинтів при прямому методі вимірювання $\pm 0,003$ мм

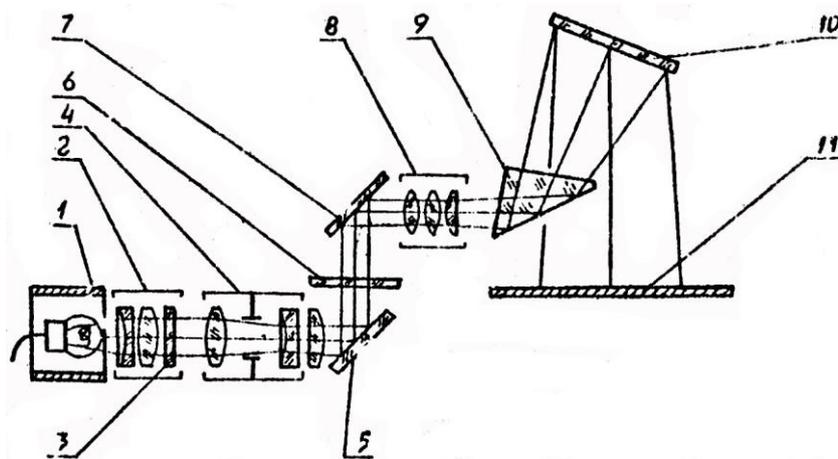


Рисунок 5.2 - Оптична схема великою проектора БП

5.1 Порядок виконання лабораторної роботи N8

5.4.1 Ознайомитись з конструкцією великого проектора БП.

5.4.2 Провести контроль деталі із складним контуром.

Деталь покласти на. скло предметного стола 5 (див.

рисунок 5.1) і, повертаючи штурвал 10, змінювати віддаль між деталлю і об'єктивом проєктора, добитися різко окресленого зображення тіні деталі на екрані 11

Для контролю деталі використовується об'єктив із збільшенням 10х і креслення деталі і подвійним контуром, виконане на білому папері в масштабі 10:1. Два контури на кресленні відповідають найбільшим і найменшим допустимим розмірам, заданим на робочому кресленні контрольованої деталі; тому представляють графічне зображення поля допуску контуру деталі.

Спочатку необхідно сумістити контури базового отвору тіні деталі і отвору креслення, а потім робити висновок про придатність. Деталь вважається придатною, якщо тінь контуру деталі вкладається між граничними контурами креслення.

Виконують ескіз деталі в таблиці 8.1 звіту і роблять висновок про придатність (придатна, брак виправний або невиправний)

5.4.3 Виміряти радіус сегментної шпонки.

На рисунку 5.3 представлена схема вимірювання радіуса сегментної шпонки. З рисунку видно, що радіус r не можна виміряти прямим методом, бо точка перетину осей D є уявною точкою

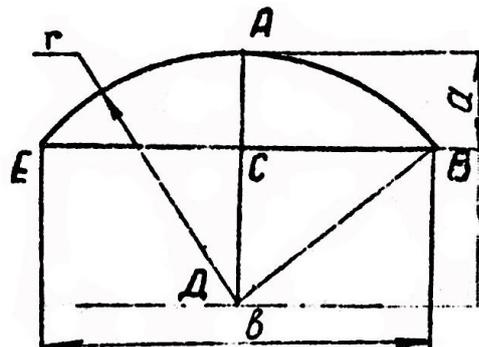


Рисунок 5.3 - Схема вимірювання радіуса сегментної шпонки

Якщо розглянути трикутники $\triangle ABC$ і $\triangle CBD$, то можна записати формулу залежності радіуса від величин розмірів a, b

$$r = \frac{a^2 + 4b^2}{8a}$$

Перед вимірюванням необхідно виставити шкали мікрогвинтів 7 і 8 приблизно посередині. Встановити шпонку на предметному столі 5 так, щоб тінь деталі розміщувалась симетрично відносно одної з координатних осей на екрані 11. При цьому основу сегментної шпонки треба виставити паралельно до іншої координатної осі. Правильність розміщення деталі на екрані відносно осей координат можна перевірити обертаючи мікрометричні гвинти 7 або 8. При цьому тінь основи шпонки має переміщатися паралельно до однієї з координатних осей.

Далі, обертаючи мікрометричні гвинти, сумістити вершину тіні шпонки А з перехрестям осей і записати перший відлік на шкалі тою мікрогвинта, яким здійснюється переміщення паралельно до висоти $a = AC$ (на рисунку 5.3). Перемістити стіл 5 і тим самим мікрогвинтом так, щоб тінь основи шпонки доторкнулась до перпендикулярної осі і записати другий відлік. За різницею відліків можна обчислити a_1 .

Довжину хорди $b_1 = BE$ виміряти, використовуючи другий мікрогвинт і суміщаючи спочатку точку В, а потім точку Е тіні основи шпонки з перехрестям координатних осей екрана. За різницею відліків обчислити b_1 . Результати вимірювання занести в таблицю 8.2 звіту.

Повторити вимірювання величин a, b декілька раз дотримуючись наступної умови: кожного разу змінювати розміщення шпонки на предметному столі і використовувати різні ділянки шкал мікрометричних гвинтів; кожного разу перевіряти правильність встановлення тіні шпонки відносно

координатних осей, як описано вище. Рекомендується виконати 10 повторних вимірювань величин a і b .

5.4.4 Дати оцінку похибки вимірювання радіуса сегментної шпонки непрямим методом. Скласти алгоритм і програму для обчислення середньоквадратичної похибки середньоарифметичного значення радіуса сегментної шпонки r за результатами ряду повторних вимірювань розмірів a і b :

- обчислити середньоарифметичні розміри A і B по формулах (5.2);

- обчислити середньоквадратичні відхилення σ_a і σ_b по формулах (5.7);

- обчислити середньоквадратичні відхилення середньоарифметичних значень σ_A і σ_B по формулах (5.5);

- записати алгебраїчні вирази для визначення частинних похідних функції $r = f(a, b)$, по якій обчислюється радіус (5.8)

- обчислити величини частинних похідних середньоарифметичні значення висоти A і хорди B ;

- обчислити середньоарифметичне значення радіуса, сегментної шпонки R по формулі (5.8);

- обчислити середньоквадратичну похибку середньоарифметичного значення радіуса сегментної шпонки σ_R по формулі (5.1).

Заповнити таблицю 8.2 звіту

Порівняти похибку σ_R як похибку непрямого методу вимірювання з допустимою похибкою вимірювань мікрометричних гвинтів проектора БП при виконанні прямих вимірювань. Висновок записати в табл. 8.2.

4.5 ЗВІТ
з лабораторної роботи №8
"Вимірювання деталей на великому проекторі.
Дослідження похибки вимірювання непрямым методом"

ЗАВДАННЯ: Виконати контроль деталі з складним контуром. Визначити радіус сегментної шпонки і дослідити похибку непрямого методу вимірювання.

Призначення великого проектора БП.....
.....
.....

Методи вимірювання, використані при визначенні радіуса сегментної шпонки: .
.....
.....
.....

Таблиця 8 1 - Результати контролю деталі з складним контуром

Ескіз деталі	Висновок про придатність	Вид браку

Таблиця 8.2 - Результати вимірювання радіуса сегментної шпонки і визначення похибки непрямого методу

Схема вимірювання	Результати вимірювань, мм			Результати обчислень, мм	
	i	висота a_i	хорда b_i	$A = \frac{\sum a_i}{N}$	$B = \frac{\sum b_i}{N}$
	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
Суми: $\sum a_i =$ $\sum b_i =$					

Продовження таблиці 8.2

Результати обчислень, мм				
i	$a_i - A$	$(a_i - A)^2$	$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum (a_i - A)^2}{N}}$	$\sigma_A = \frac{\sigma_a}{\sqrt{N}}$

1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Сума: $\sum(a_i - A)^2 =$				

Продовження таблиці 8.2

Результати обчислень, мм				
i	$b_i - B$	$(b_i - B)^2$	$\sigma_b = \sqrt{\frac{\sum(b_i - B)^2}{N}}$	$\sigma_B = \frac{\sigma_b}{\sqrt{N}}$

1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Сума: $\sum(a_i - A)^2 =$				

Продовження таблиці 8.2

Результати обчислень, мм			
Частинні похідні функції $r = f(a, b)$	Радіус шпонки $r = \frac{a^2 + 4b^2}{8a}$	Похибка методу вимірювання $\sigma_r = \sqrt{\left(\frac{\partial r}{\partial A}\right)^2 \cdot \sigma_A^2 + \left(\frac{\partial r}{\partial B}\right)^2 \cdot \sigma_B^2}$	
$\frac{\partial r}{\partial A} =$	$\frac{\partial r}{\partial B} =$		
<p>Висновок: порівняння похибок вимірювання приладу при прямому методі (по шкалах мікрометричних гвинтів приладу) і похибки вимірювання непрямого методу вимірювання сегментної шпонки.....</p>			

5.6 Запитання для самоконтролю

Дайте визначення операцій вимірювання і контролю

2 Дайте визначення методів вимірювання, прямого і непрямого), контактного і безконтактного, абсолютного і відносною, поелементного і комплексного.

3 Якими методи вимірювання характерні великому проекторові.

4 Опишіть призначення проектора БП і особливості його оптичної системи

5 Опишіть призначення вузлів і деталей проектора БП поз. 3, 6, 7, 8, 10, 11, 12 (див рисунок 5 1).

6 З якою метою столик 5 виконаний поворотним?

7 Яким чином проводиться фокусування проектора при вимірюванні та контролі деталей?

8 Що служить базою при виконанні вимірювань на проекторі?

9 Запишіть формулу для визначення похибки непрямого методу вимірювання.

10 Запишіть алгебраїчні вирази частинних похідних $\frac{\partial \Gamma}{\partial a}$ і $\frac{\partial \Gamma}{\partial b}$ функції $\Gamma = \frac{a^2 + 4b^2}{8a}$

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9
"Вимірювання деталей штангенінструментами.
Оцінка точності форми циліндричної поверхні"

6.1 Мета і завдання

Практичне ознайомлення з різними видами штангенінструментів і набуття навиків вимірювань деталей класу втулок. Практичне ознайомлення з системою нормування відхилень, форми циліндричних поверхонь. Оцінка точності форми циліндричної поверхні.

6.2 Основні теоретичні положення

Точність форми і розміщення поверхонь і осей в цілому розглянуті в конспекті лекцій дисципліни ВСТВ [4] у розділі 6.

Основні норми взаємозамінності, допуски форми та розташування поверхонь, терміни та визначення регламентовані стандартом ДСТУ 2498-94. Одною з найбільш часто використовуваних геометричних поверхонь при конструюванні різних деталей є циліндрична поверхня. По цих поверхнях, в основному, здійснюються посадки в складальних одиницях більшості механізмів.

6.2.1 Відхилення, і допуски форми циліндричних поверхонь

Відповідно до ДСТУ 2498-94 відлік відхилень форми будь-якої геометричної поверхні проводиться від прилягаючої прямої, поверхні або прилягаючого профілю.

Числові значення допусків форми в 16-ти ступенях точності регламентовані стандартом ГОСТ 24643-81. В загальному випадку допуск на розмір циліндричної поверхні T_d (TD) обмежує одночасно, і відхилення форми, тобто, будь-які відхилення форми циліндричної придатної деталі не можуть перевищити допуск па розмір. Допуски форми вказують на кресленнях тільки в тих випадках, коли з умов

експлуатації вони повинні бути менші; ніж допуск на розмір.

Точність форми циліндричної поверхні може бути регламентована такими комплексними допусками: допуском циліндричності, допуском круглості та допуском профілю поздовжнього перерізу.

Відхиленням від циліндричності EFZ називається найбільша відстань від точок реальної поверхні до прилягаючого циліндра в межах нормованої ділянки L (рисунок 6.1).

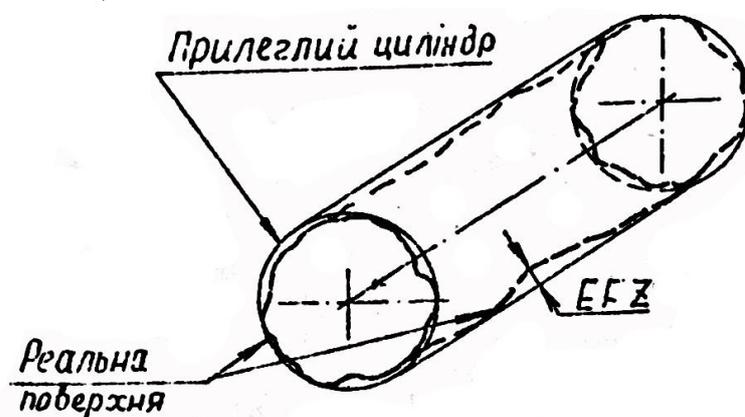


Рисунок 6.1 - Відхилення від циліндричності

Відхилення від циліндричності EFZ обмежуються допуском циліндричності TFZ.

Допуском циліндричності TFZ називається найбільше допустиме значення відхилення від циліндричності:

$$TFZ \geq EFZ \geq 0$$

Відхиленням від круглості EFK називається найбільша відстань точок реального профілю до прилягаючого кола (рисунок 6.2).

Відхилення від круглості EFK обмежуються допуском круглості TFK

Допуском круглості TFK називається найбільше

допустиме відхилення від круглості:

$$TFK \geq EFK \geq 0$$

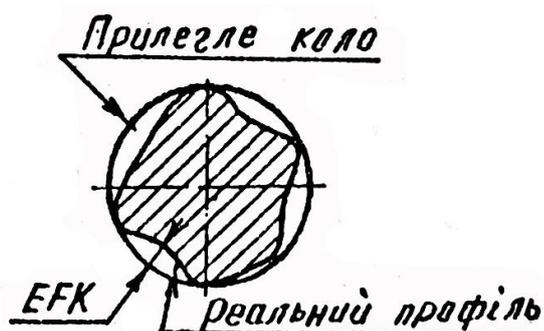


Рисунок 6.2 - Відхилення від круглості

Окремими видами відхилень від круглості є овальність і огранювання. Овальність - відхилення від круглості, за якого реальний профіль являє собою овалоподібну фігуру, найбільший і найменший діаметри якої мають взаємоперпендикулярні напрями (рисунок 6.3, а). Овальність обчислюється за формулою:

$$EFK = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

Огранювання - відхилення від круглості, за якого реальний профіль являє собою багатогранну фігуру. Огранювання поділяється за кількістю граней. Зокрема, огранювання з непарною кількістю граней характеризується тим, що діаметри профілю поперечного перерізу у всіх напрямках є однаковими (рисунок 6.3, б).

Кількісно овальність і огранювання оцінюються так, як і відхилення від круглості, тобто оцінюється допуском круглості TFK відповідно до ступені точності ГОСТ 24643-81



Рисунок 6.3 - Окремі види відхилень від круглості

Відхилення профілю поздовжнього перерізу EFP називається найбільша відстань від точок твірних реальної поверхні, що лежать у площині, яка проходить через її вісь, до відповідної сторони прилеглого профілю в межах нормованої ділянки L (рисунок 6.4).

Відхилення профілю поздовжнього перерізу EFP обмежуються допуском профілю поздовжнього перерізу TFP.

Допуск профілю поздовжнього перерізу TFP - найбільше допустиме значення відхилення профілю поздовжнього перерізу:

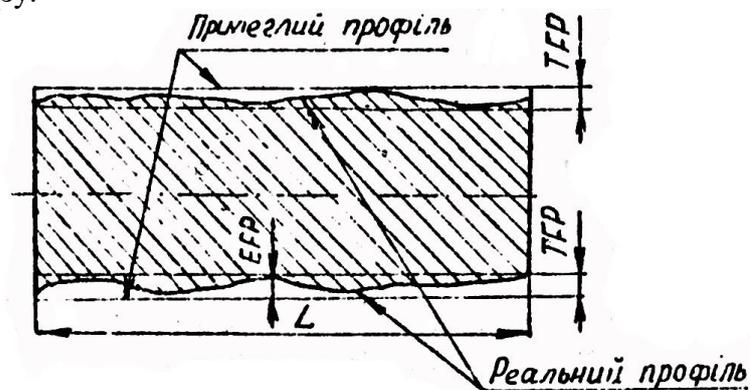


Рисунок 6.3 - Відхилення профілю поздовжнього перерізу

Окремими видами відхилень профілю поздовжнього перерізу є конусоподібність, бочкоподібність і

сідлоподібність.

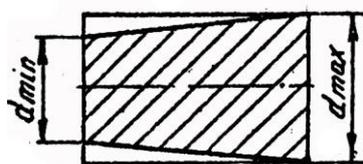
Конусоподібність — відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні є прямолінійними, але не паралельними (рисунок-6.4, а). Бочкоподібність - відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні не є прямолінійними і діаметри збільшуються до середини перерізу (рисунок 6.4, б). Сідлоподібність - відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні не є прямолінійними і діаметри зменшуються від країв до середини перерізу (рисунок 6.4, в).

Кількісно конусоподібність, бочкоподібність та сідлоподібність можна обчислити за формулою:

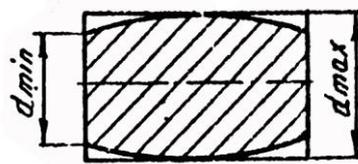
$$EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

і оцінити так, як і відхилення профілю поздовжнього перерізу, тобто оцінити допуском профілю поздовжнього перерізу TFP відповідно до ступені точності ГОСТ 24643-81

Для визначення відхилень форми циліндричних деталей найкраще використовувати кругломіри. При відсутності кругломіра для визначення відхилень від циліндричності, овальності, профілю поздовжнього перерізу (конусоподібності, бочкоподібності та сідлоподібності) у випадку відсутності огранювання з непарною кількістю граней можна користуватись універсальними двоконтактними приладами, наприклад, штангенциркулями, мікрометрами, оптичними мікрометрами і ін.

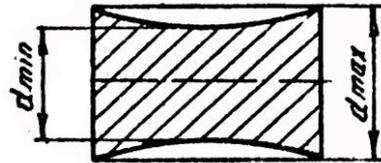


а) Конусоподібність



б) Бочкоподібність

$$EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2} \qquad EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$



в) Сідлоподібність

$$EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

Рисунок 6.4 - Окремі види відхилень профілю
поздовжнього перерізу

6.2 2 Позначення допусків форми циліндричних поверхонь

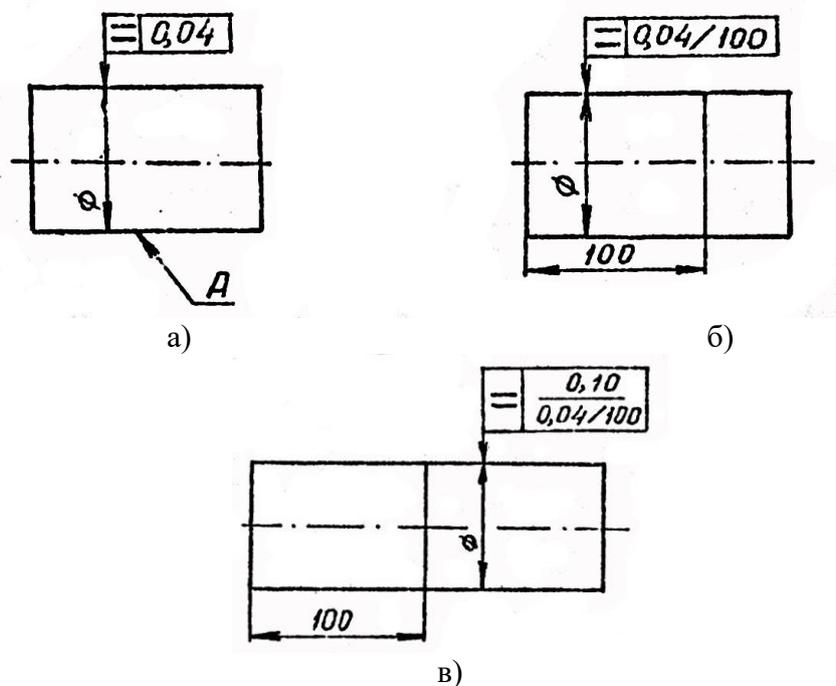
Допуск форми циліндричної поверхні слід регламентувати у випадку, коли його величина є меншою від допуску на розмір цієї поверхні. В протилежному випадку, відхилення форми EF обмежується допуском розміруTd або TD таким чином:

для валів $\frac{Td}{2} \geq EF \geq 0,$

для отворів..... $\frac{TD}{2} \geq EF \geq 0$

Вид допуску форми відповідно до ГОСТ 2 308-76 слід позначати на кресленні знаками (графічними символами). Знак і числове значення, допуску форми вписують у рамку, вказуючи на першому місці знак, на другому - числове значення допуску в міліметрах. Рамку з'єднують з поверхнею, до якої відноситься допуск, суцільною лінією, яка закінчується стрілкою (рисунок 6.5. а) Якщо допуск відноситься до ділянки поверхні заданої довжини, то її значення вказують поряд із допуском, відділяючи від нього рисою з нахилом (рисунок 6.5, б). Якщо необхідно назначити

допуск на усій довжині поверхні і на заданій довжині, то допуск на заданій довжині вказують під допуском на усій довжині (рисунок 6.5, в). Надписи, які доповнюють дані, приведені в рамці, наносять, як показано на рисунку 6.5, в. При необхідності, допуски окремих видів відхилень форми (овальності, огранювання, конусоподібності і ін) вказують текстом в технічних вимогах креслення. Наприклад, овальність поверхні А не більше 0,01 мм (рисунок 6 5, а).



- а) Відхилення профілю поздовжнього не більше 0,04 мм;
 б) Відхилення профілю поздовжнього перерізу перерізу на довжині 100 мм не більше 0,04 мм;
 в) Відхилення профілю поздовжнього перерізу на довжині 100 мм не більше 0,04 мм, а всій довжині - не більше 0,10 мм

Рисунок 6.5 – Позначення допусків форми на кресленні

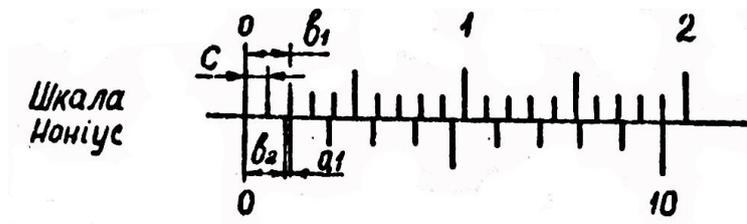
6.3 Опис штангенінструментів

Штангенінструменти є універсальними вимірювальними засобами, які застосовуються для вимірювань лінійних розмірів і відтворення розмірів при розмітці деталей. Вимірювання виконується контактним, абсолютним, прямим або непрямим методом.

В основному будови штангенінструментів покладена лінійка з поділками (штанга) і допоміжна шкала - ноніус, яка переміщається по основній шкалі - штанзі. Допоміжна шкала - ноніус дозволяє робити відлік долей поділки основної шкали.

Ноніусний пристрій оснований на різниці довжин поділок основної шкали і шкали ноніуса. Ця різниця довжин поділок дорівнює величині відліку ноніуса.

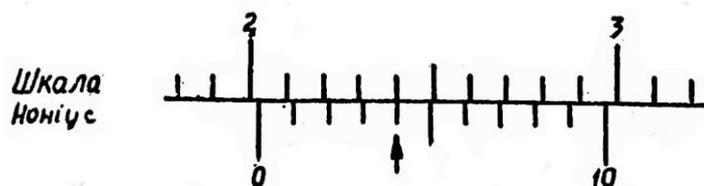
Ноніус із величиною відліку $i=0,1$ мм. Найпростіший ноніус, зображений на рисунку 6.6, має десять поділок. В нульовому положенні шкал нульовий штрих ноніуса співпадає з нульовим штрихом основної шкали, а останній десятий штрих ноніуса - з дев'ятнадцятим штрихом основної шкали



Основна шкала: ціна поділки $c=1$ мм,
розрахункова довжина поділки $b_1=2c=2$ мм.

Ноніус: число поділок $n = 10$, довжина поділки $b_2-1,9$
мм

а) Нульове положення шкал



б) відлік 20,4 мм

Рисунок 6.6 - Ноніус із відліком $i=0,1$ мм

Таким чином, загальна довжина ноніуса дорівнює 19 мм, а віддаль між двома штрихами ноніуса (довжина поділки ноніуса) $b_2 = 19/10 = 1,9$ мм, тобто на 0,1 мм менша від $b_1=2$ мм - розрахункової довжини поділки основної шкали.

Віддаль між першим штрихом ноніуса і другим штрихом основної шкали дорівнює $(b_1-b_2) = 2 - 1,9 = 0,1$ мм, між другим штрихом ноніуса і четвертим штрихом основної шкали - $2(b_1-b_2) = 0,2$ мм, між третім штрихом ноніуса і шостим штрихом, основної шкали - $3((b_1-b_2)) = 0,3$ мм і т.д. Якщо сумістити ноніус вправо так, щоб перший штрих ноніуса співпав із другим штрихом основної шкали, то віддаль між нульовими штрихами обох шкал буде дорівнювати 0,1 мм. Якщо співпадає другий штрих ноніуса з четвертим штрихом основної шкали, то відстань між нульовими штрихами буде 0,2 мм. При співпаданні третього штриха ноніуса з шостим штрихом основної шкали, то ця відстань буде 0,3 мм і т.д.

Таким чином, при допомозі показаного ноніуса можна визначити з точністю до 0,1 мм, на яку частину міліметра зміщено нульовий штрих ноніуса відносно нульового штриха основної шкали. Для визначення величини зміщення достатньо встановити, який штрих ноніуса співпадає з одним із штрихів основної шкали, і помножити порядковий номер цього штриха ноніуса на 0,1 мм. На рисунку 6.6.б нульовий штрих ноніуса знаходиться між двадцятим і двадцять першим штрихами основної шкали, а з штрихом основної шкали

співпадає четвертий штрих ноніуса, отже відлік дорівнює $20 \text{ мм} + (0,1 \text{ мм} \times 4) = 20,4 \text{ мм}$.

Найменший розмір, який може бути відлічений при допомозі ноніуса називається величиною відліку ноніуса і є основною характеристикою штангенінструментів. Величина відліку ноніуса може бути визначена за формулою:

$$i = \frac{c}{n},$$

де i - величина відліку, мм,

c - ціна поділки основної шкали ($c = 1 \text{ мм}$), мм,

n - число поділок на ноніусі.

Звичайно величина відліку маркується на рамці з ноніусом.

В даний час штангенінструменти випускаються з величинами відліку на ноніусі $0,1$ і $0,05 \text{ мм}$.

Ноніус з величиною відліку $i = 0,05 \text{ мм}$ і приклад відліку показані на рисунку 6.7.

Ноніус в даному випадку має довжину 39 мм розділену на 20 частин. Одна поділка ноніуса складає $39/20 = 1,95 \text{ мм}$ і на $0,05 \text{ мм}$ менша від цілого . числа міліметрів.

При читанні показів на штангенінструментах із величиною відліку $0,05 \text{ мм}$ ціле число міліметрів читають зліва від нульового штриха ноніуса. Потім знаходять штрих ноніуса, який співпадає із штрихом основної шкали. Після цього до найближчої зліва цифри ноніуса (25 , 50 чи 75), що позначає соті долі міліметра, додають результат множення величини відліку на порядковий номер короткої штриха ноніуса, який співпав із штрихом основної шкали, відлічуючи його від знайденого довгого штриха із цифрою.

Наприклад, (рисунок 6.7,б): $0,75 \text{ мм} + (0,05 \text{ мм} \times 2) = 0,85 \text{ мм}$. Якщо з штрихом основної шкали співпадає довгий штрих ноніуса з цифрою, то обмежуються додаванням його величини до цілого числа міліметрів.



Рисунок 6.7 – Ноніус з відліком $i = 0,05$ мм

Таким чином, на шкалах штангенінструментів вказівником для відліку цілих міліметрів на основній шкалі служать нульовий штрих ноніуса, а вказівником для відліку долей міліметра на ноніусі є штрих основної шкали, який співпадає з одним із штрихів ноніуса.

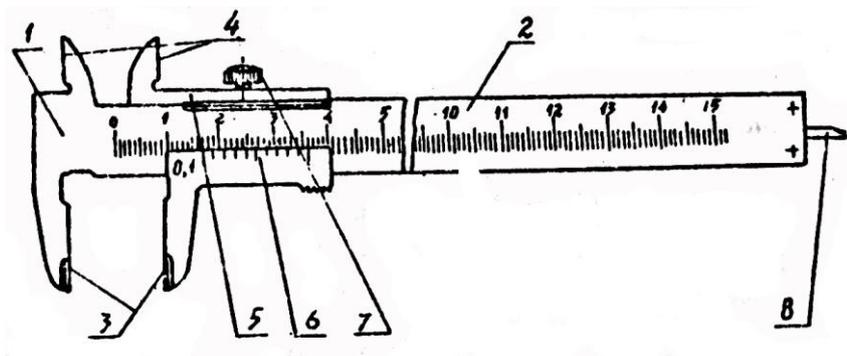
6.3.1 Штангенциркулі

Штангенциркулі використовуються для вимірювання лінійних розмірів охоплюючих і охоплюваних поверхонь. За ГОСТ 163 - штангенциркулі випускаються трьох типів. Штангенциркуль ШЦ-I має двохстороннє розташування губок для зовнішніх і внутрішніх вимірювань, а також висувну лінійку для вимірювання глибин (рис. 6.8).

Штангенциркулі ШЦ-I мають величину відліку 0,1 мм, допустиму похибку показів при відліку на ноніусі $\pm 0,1$ мм, діапазон вимірювання від 0 до 125 мм або 140 мм.

Штангенциркуль ШЦ-II, зображений на рисунку 6.9, має двостороннє розміщення губок для зовнішніх та внутрішніх вимірювань і для розмітки. Випускаються з величиною відліку 0,1 або 0,05 мм (допустима похибка показів при

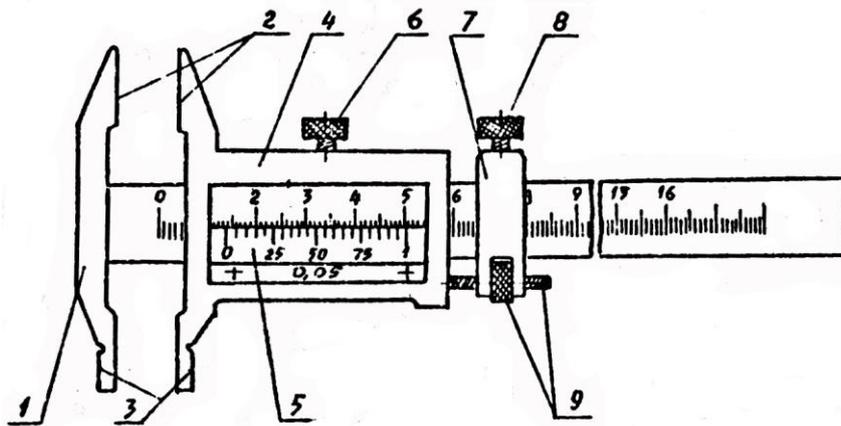
відліку на ноніусі відповідно $\pm 0,1$ або $\pm 0,05$ мм).



1- штанга, 2 - шкала штанги (ціна поділки $s=1$ мм), 3- губки для вимірювання зовнішніх поверхонь, 4 - губки для вимірювання внутрішніх поверхонь, 5 - рамка, 6 - ноніус з величиною відліку i а $0,1$ мм, 7- затиск рамки, 8 - лінійка глибиноміра

Рисунок 6.8 - Штангенциркуль ШЦ-I

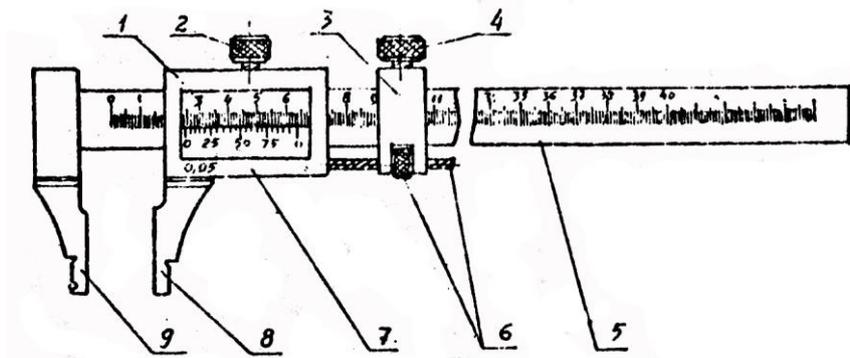
Особливістю конструкції штангенциркуля ШЦ-II є наявність механізму мікрометричної подачі для точної установки рамки 4 відносно штанги 1. Вимірювання охоплюваних поверхонь виконують при допомозі губок 2, а охоплюючих - при допомозі губок 3.



1 - штанга, 2 - губки для зовнішніх вимірювань, 3 - губки для внутрішніх вимірювань. 4- рамка, 5 - ноніус з величиною відліку $i=0,05$;мм, 6- затиск рамки. 7 - рамка мікрометричної подачі, 8- затиск рамки мікрометричної подачі, 9 - гайка і гвинт мікрометричної подачі рамки

Рисунок 6.9 - Штангенциркуль ШЦ-II

Штангенциркуль ШЦ-III, зображений на рисунку 6.10, оснащений односторонніми губками для зовнішніх і внутрішніх вимірювань з величиною відліку по ноніусу 0,05 мм або 0,1 мм. Ці штангенциркулі також оснащені механізмом мікрометричної подачі.



1- рамка, 2- гвинт затиску рамки, 3 - рамка мікрометричної подачі, 4- гвинт фіксації рамки мікрометричної подачі, 5- штанга, 6- гайка і гвинт мікрометричної подачі, 7- ноніус, 8- губка рамки, 9- губка штанги

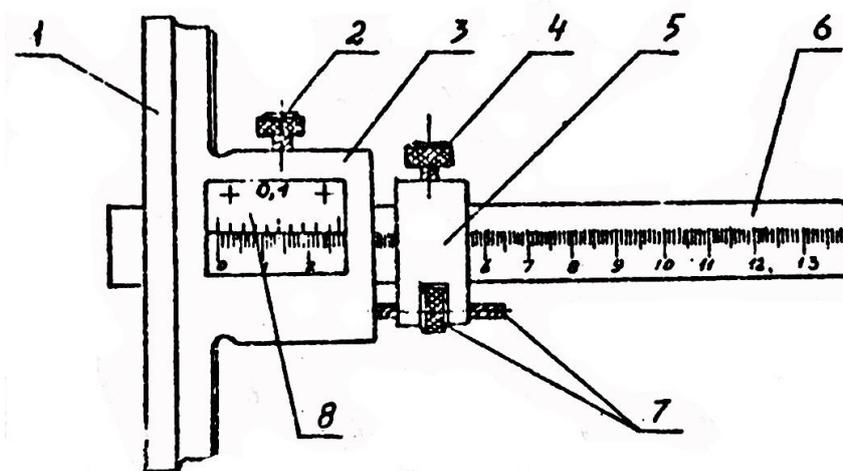
Рисунок 6.10 - Штангенциркуль ШЦ-III

Штангенциркулі ШЦ-II і ШЦ-III випускають з діапазонами вимірювань від 0 до 200 мм, від 0 до 250 мм або від 0 до 320 мм. Губки для внутрішніх вимірювань штангенциркулів цих типів мають циліндричну вимірювальну поверхню з радіусом не більше половини сумарної товщини губок. Розмір зсунутих до взаємного контакту губок для внутрішніх вимірювань (звичайно 10 мм) маркується на їх бічній поверхні і визначає найменший внутрішній розмір, який може бути виміряний цими штангенциркулями. При всіх внутрішніх вимірюваннях до відліку по шкалі треба додавати розмір губок.

6.3.2 Штангенглибиноміри

Штангенглибиноміри призначені для вимірювання глибин отворів до 500 мм (рис. 6.11). Рамка 3 має доведену вимірювальну поверхню основи 1, яку використовують як опору при вимірюванні глибини. Вимірювальна поверхня основи має значно більшу площу, чим вимірювальна Площа

штанги 6, що забезпечує стійкість штангенглибиноміра при вимірюваннях і можливість його застосування при вимірюванні глибин в отворах і пазах невеликих розмірів. При розміщенні вимірювальних поверхонь основи 1 і торця штанги 6 в одній площині відлік по ноніусу 8 дорівнює нулю. Штангенглибиноміри випускають з величиною відліку 0,05 мм і 0,1 мм, і діапазоном вимірювань від 0 до 200 мм, 320 мм, 500 мм. .

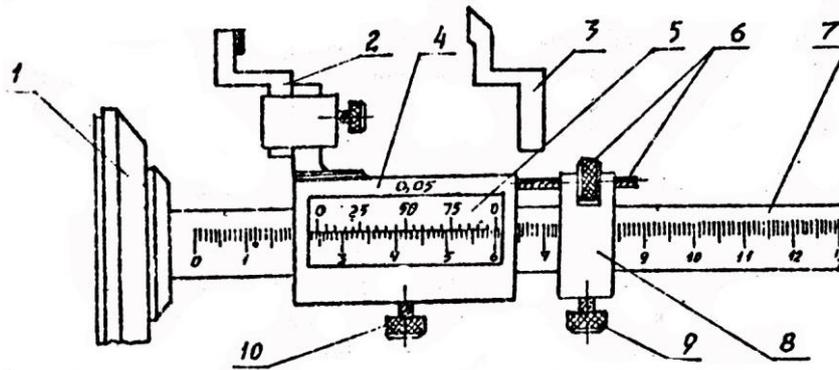


1 - основа, 2 - гвинт затиску рамки, 3 - рамка, 4 - гвинт фіксації рамки мікрометричної подачі, 5 - рамка мікрометричної подачі, 6- штанга, 7 - гайка і гвинт мікрометричної подачі, 8 – ноніус

Рисунок 6.11- Штангенглибиномір

6.3.3 Штангенрейсмус

Штангенрейсмуси призначені для вимірювання висоти і розмітки від плоскої поверхні, на якій розмінюються як штангенрейсмус, так і розмічувана або вимірювана деталь.



1 - основа, 2 - вимірювальна ніжка, 3 - ніжка для розмітки, 4 - рамка, 5 - ноніус, 6 - гвинт і гайка мікрометричної подачі 7 - штанга, 8 - рамка мікрометричної подачі, 9 - гвинт рамки мікрометричної подачі, 10 - гвинт затиску рамки з ноніусом

Рисунок 6.12 – Штангенрейсмус

В конструкції штангенрейсмуса штанга 7 (рис. 6.12) кріпиться до масивної основи 1, з допомогою якої прилад встановлюють на плиті: Рамка 4 з ноніусом має спеціальний держак для кріплення змінних пристроїв: вимірювальної ніжки 2, ніжки для розмітки 3.

При розмітці штангенрейсмус встановлюють на потрібний розмір і, переміщаючи по плиті вздовж розмічуваної заготовки, наносять вістрям ніжки для розмітки 1 горизонтальну лінію. Для вимірювання висотних розмірів в держак встановлюють вимірювальну ніжку 2, яка має нижню плоску і верхню з гострим ребром вимірювальні поверхні. При використанні верхньої вимірювальної поверхні до величини відліку потрібно додавати розмір ніжки.

Типорозміри штангенрейсмусів охоплюють діапазон до

2500 мм, але найбільш розповсюджені для розмірів до 250 і 400 мм при величині відліку 0,05 мм.

6.4 Порядок виконання лабораторної роботи №9

6.4.1 Ознайомитись із конструкцією штангенциркуля ШЦ-ІІ, заповнити таблицю 9.1 звіту

6.4.2 Прочитати контрольний розмір на шкалах штангенциркуля, виставлений викладачем або учбовим майстром. Заповнити таблицю 9.1 звіту

6.4.3 Ознайомитись із робочим кресленням вимірюваного виробу і вимогами до точності розмірів і точності форми. У звіті виконані ескіз деталі, на якому проставити усі розміри, і вимоги до точності. Заповниш таблицю 9.2 звіту.

6.4.4 Виміряти зовнішній діаметр деталі штангенциркулем відповідно до схеми вимірювання, зображеної на рисунку 6.13 біля лівого торця, посередині і біля правого торця, попарно взаємоперпендикулярних напрямках орієнтуючись на мітку яка нанесена на поверхні деталі.

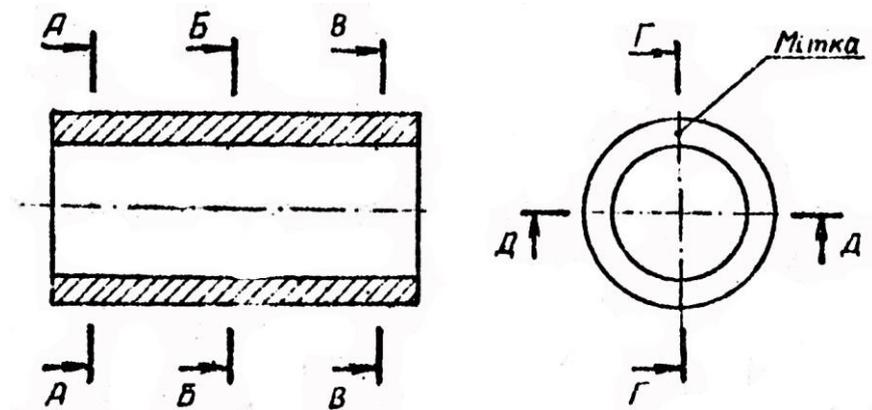


Рисунок 6.13 - Схема вимірювання деталі

Вимірювання виконувати, користуючись механізмом мікрометричної подачі (див рисунок 6.9). Приблизно-

встановити вимірюваний розмір (трохи більший) на шкалі штанги 1, фіксувати рамку мікрометричної подачі 7 гвинтом 8, а потім при допомозі мікрометричної пари 9 довести губки приладу ,то стику з поверхнею деталі і закріпити рамку 4 гвинтом 6.

Результати вимірювання занести в таблицю 9.3 звіту.

6.4.5 Зробити висновок по відповідність розмірів зовнішньої поверхні заданому допуску Висновок про придатність виконати, виходячи з того, що кожен із вимірних дійсних розмірів має бути в межах:

$$d_{\min} \leq d_d \leq d_{\max}$$

Висновок занести в таблицю 9.3 звіту.

6.4.6 Зробити висновок про відповідність форми зовнішньої поверхні допускам форми.

За результатами вимірювань дійсних розмірів в перерізах А-А, Б-Б, В-В (див. рисунок 6.13) обчислити по (6.3) овальність ЕФКа, ЕФКб, ЕФКв, вибрати з неї максимальне відхилення і порівняти його з допуском форми, вказаним на кресленні деталі Висновок відповідно до умови (6.2) записати в таблиці 9.3 звіту.

За результатами вимірювань дійсних розмірів в перерізах Г-Г,- Д-Д (див рисунок 6.13) визначити окремі види відхилення профілю поздовжнього перерізу і обчислити по (6.5) їх величини. Максимальне значення конусоподібності, бочкоподібності чи сідлоподібності порівняти з допуском профілю поздовжнього перерізу, вказаним на кресленні деталі. Висновок відповідно до умови (6.4) записати в таблиці 9.3

У звіті виконати ескізи, які ілюструють окремі види відхилень профілю поздовжнього перерізу.

6.4.7 Виміряти внутрішній діаметр деталі штангенциркулем, відповідно до схеми вимірювання на рисунку 6.13: біля лівого і правою торців попарно у двох взаємноперпендикулярних напрямках, орієнтуючись на мітку на торці деталі.

При внутрішніх вимірюваннях слід використовувати губки штангенциркуля, які мають із зовнішньої сторони циліндричну поверхню і до показів шкал додавати товщину губок (10 мм). Вимірювання виконувати при допомозі механізму мікрометричної подачі, як описано в п. 6.4.1. Результати вимірювань занести в таблицю 9.4 звіту

6.4.8 Зробити висновок про відповідність розмірів внутрішньої поверхні заданому допуску. Висновок про придатність виконати, виходячи з того, що кожен із виміряних дійсних розмірів має відповідати вимозі.

$$D_{\min} \leq D_d \leq D_{\max}$$

Висновок занести в таблицю 9.4 звіту.

6.4.9 Зробити висновок про відповідність форми внутрішньої поверхні допуску форми.

За результатами вимірювань дійсних розмірів у перерізах А-А, В-В (див. рисунок 6.13) обчислити по (6.3) овальність ЕФК і ЕФКв вибрати максимальне відхилення і порівняти його з допуском форми, вказаним на креслені деталі. Висновок відповідно до умови (6.2) записати в таблиці 9 4 звіту.

6.4.10 Виміряти довжину деталі дотримуючись схеми: охопити губками штангенциркуля правий і лівий торці біля мітки (див. рисунок 6 13). Зняти показ, користуючись механізмом мікрометричної подачі. Повторити виміри приблизно через 120° і 240°. Результати вимірювань занести в таблицю 9.4 звіту.

6.4.11 Зробити висновок про відповідність розміру довжини деталі заданому допуску Висновок про придатність виконати, виходячи з того, що кожне із дійсних значень довжини має відповідати вимозі.

$$b_{\min} \leq b_d \leq b_{\max}$$

Висновок занести в таблицю 9.4 звіту.

6.5 ЗВІТ
з лабораторної роботи № 9
"Вимірювання деталей штангенінструментами
Оцінка точності форми циліндричної поверхні"

ЗАВДАННЯ: Виміряти штангенциркулем зовнішній, внутрішній діаметри та довжину втулки, зробити висновок про відповідність розмірів допускам. Визначити відхилення форми і дати оцінку точності форми циліндричних поверхонь.

Таблиця 9.1 - Метрологічні показники вимірювального приладу

Назва приладу	Метрологічні показники, мм		
	Відлік по ноніусу.	Діапазон вимірювання	Допустима похибка
Методи, якими може вимірювати штангенцикуль:.....			

Рисунок..... - Ескіз вимірюваної деталі

Таблиця 9.2 – Точність розмірів і точність форми поверхонь

<i>Поверхня</i>	Точність розміру, мм		Точність форми, мм	
<i>Зовнішній діаметр d</i>	Позначення на кресленні	Граничні розміри		Допуск профілю позовжнього перерізу TFR=
		d_{\min}	d_{\max}	
				Овальність, не більше TFK=
<i>Внутрішній діаметр D</i>	Позначення на кресленні	Граничні розміри		Овальність, не більше TFK=
		D_{\min}	D_{\max}	
<i>Довжина b</i>	Позначення на кресленні	Граничні розміри		Відхилення форми в межах допуску розміру Tb=
		b_{\min}	b_{\max}	

Рисунок ... - Схема вимірювання деталі.

Таблиця 9.3 - Результати вимірювання зовнішнього діаметра

Переріз	Дійсні розміри d_d , мм		Відхилення форми (макс. значення), мм	Висновок про відповідність допускам форми
	в перерізі Г-Г	в перерізі Д-Д		
А-А				
Б-Б				
В-В				
Висновок про відповідність розмірів d_d допустимим:				

Таблиця 9.4 – Результати вимірювання внутрішнього діаметра і висоти

Переріз	Дійсні розміри D_d , мм		Відхилення форми (макс. овальність), мм	Висновок про відповідність допускам форми
	в перерізі Г-Г	в перерізі Д-Д		
А-А				
Б-Б				
Висновок про відповідність розмірів D_d допустимим:				
Дійсні розміри довжини b_d , мм			Висновок про відповідність розмірів b_d допустимим	
1				
2				
3				

Рисунок....- Ескіз дійсного контуру деталі в перерізах Г-Г і Д-Д

6.6 Запитання для самоконтролю

- 1 Лийте оцінку можливостей, штангенінструментів з точки зору методів вимірювання.
- 2 Що таке ноніус і як ним користуються ?
- 3 Як визначити величину відліку на ноніусі ?
- 4 Що служить вказівником для чигання показу на основній шкалі штангенінструментів ?
- 5 Що служить вказівником для чиїання показу на ноніусі ?
- 6 Описати конструкцію і призначення штангенциркуля, штангенглибиноміра та штангенрейсмуса.
- 7 Перечислити і дати визначення основних комплексних допусків форми циліндричної поверхні.
- 8 Перечислити і дати визначення окремих вплив відхилень від круглості.
- 9 Перечислити і дати визначення окремих видів відхилень профілю поздовжньою перерізу.

ДОДАТОК А

Різьба метрична. Основні розміри (витяг із ГОСТ 24705-81)

Таблиця А1

Розміри в міліметрах

Номіналь ний діаметр різьби, d	Крок P	Діаметри різьби			
		d = D	d ₂ = D ₂	d ₁ = D ₁	d ₃
5	0,8	5,000	4,480	4,134	4,019
	0,5	5,000	4,675	4,459	4,387
6	1	6,000	5,350	4,917	4,773
	0,75	6,000	5,513	5,188	5,080
	0,5	6,000	5,675	5,459	5,387
8	1,25	8,000	7,188	6,647	6,466
	1	8,000	7,350	6,917	6,773
	0,75	8,000	7,513	7,188	7,080
	0,5	8,000	7,675	7,459	7,387
10	1,5	10,000	9,026	8,376	8,160
	1,25	10,000	9,188	8,647	8,466
	1	10,000	9,350	8,917	8,773
	0,75	10,000	9,513	9,188	9,080
	0,5	10,000	9,675	9,459	9,387
12	1,75	12,000	10,863	10,106	9,853
	1,5	12,000	11,026	10,376	10,160
	1,25	12,000	11,188	10,647	10,466
	1	12,000	11,350	10,917	10,773
	0,75	12,000	11,513	11,188	11,080
	0,5	12,000	11,675	11,459	11,387

Номіналь ний діаметр різьби, d	Крок P	Діаметри різьби			
		d = D	d ₂ = D ₂	d ₁ = D ₁	d ₃
14	2	14,000	12,701	11,835	11,546
	1,5	14,000	13,026	12,376	12,160
	1,25	14,000,	13,188	12,647	12,466
	1	14,000	13,350	12,917	12,773
	0,75	14,000	13,513	13,188	13,080
	0,5	14,000	13,675	13,459	13,387
16	2	16,000	14,701	13,835	13,546
	1,5	16,000	15,026	14,376	14,160
	1	16,000	15,350	14,917	14,773
	0,75	16,000	15,513	15,188,	15,080
	0,5	16,000	15,675	15,459	15,387
18	2,5	18,000	16,376	15,294	14,933
	2	18,000	16,701	16,835	15,546
	1,5	18,000	17,026	16,376	16,160
	1	18,000	17,350	16,917	16,773
	0,75	18,000	17,518	17,188	17,080
20	2,5	20,000	18,376	17,294	16,933
	2	20,000	19,701	17,835	17,546
	1,5	20,000	19,026	18,376	18,160
	1	20,000	19,350	18,917	18,773
	0,75	20,000	19,513	19,188	19,080
22	2,5	22,000	20,376	19,294	18,933
	2	22,000	20,701	19,835	19,546
	1,5	22,000	21,026	20,376	20,160
	1	22,000	21,350	20,917	20,773
	0,75	22,000	21,513	21,188	21,080

Номіналь ний діаметр різьби, d	Крок P	Діаметри різьби			
		d = D	d ₂ = D ₂	d ₁ = D ₁	d ₃
30	3,5	30,000	27,727	26,211	25,706
	3	30,000	28,051	26,752	26,319
	2	30,000	28,701	27,835	27,546
	1,5	30,000	29,026	28,376	28,160
	1	30,000	29,350	28,917	28,773
	0,75	30,000	29,513	29,188	29,080
42	4,5	42,000	39,077	37,129	36,479
	4	42,000	39,402	37,670	37,093
	3	42,000	40,051	38,752	38,319
	2	42,000	40,701	39,835	39,546
	1,5	42,000	41,026	40,376	40,160
	1	42,000	41,350	40,917	40,773

ДОДАТОК Б

Різьба метрична
Поля допусків зовнішньої різьби (витяг із ГОСТ 16093-81)

Таблиця Б1

Номінальний діаметр різьби d, мм	Крок P, мм	Поле допуску зовнішньої різьби										
		6g					6h					
		Діаметр різьби										
		d		d ₂		d ₂		d		d ₂		d ₁
		Граничні відхилення, мм										
		es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es	
Понад 2,8 до 5,6	0,5	-20	-126	-20	-95	-20	0	-106	0	-75	0	
	0,8	-24	-174	-24	-119	-24	0	-150	0	-95	0	
Понад 5,6 до 11,2	0,5	-20	-126	-20	-105	-20	0	-106	0	-85	0	
	0,75	-22	-162	-22	-122	-22	0	-140	0	-100	0	
	1	-26	-206	-26	-138	-26	0	-180	0	-112	0	
	1,25	-28	-240	-28	-146	-28	0	-212	0	-118	0	
	1,5	-32	-268	-32	-164	-32	0	-236	0	-132	0	

Понад 11,2 до 22,4	0,75	-22	-162	-22	-128	-22	0	-140	0	-106	0
	1	-26	-206	-26	-144	-26	0	-180	0	-118	0
	1,25	-28	-240	-28	-160	-28	0	-212	0	-132	0
	1,5	-32	-268	-32	-172	-32	0	-236	0	-140	0
	1,75	-34	-299	-34	-184	-34	0	-265	0	-150	0
	2	-38	-318	-38	-198	-38	0	-280	0	-160	0
	2,5	-42	-377	-42	-212	-42	0	-335	0	-170	0
Понад 22,4 до 45	0,75	-22	-162	-22	-134	-22	0	-140	0	-112	0
	1	-26	-206	-26	-151	-26	0	-180	0	-125	0
	1,5	-32	-268	-32	-182	-32	0	-236	0	-150	0
	2	-38	-318	-38	-208	-38	0	-280	0	-170	0
	3	-48	-423	-48	-248	-48	0	-375	0	-200	0
	3,5	-53	-478	-53	-265	-53	0	-425	0	-212	0
	4	-60	-535	-60	-284	-60	0	-475	0	-224	0
	4,5	-63	-563	-63	-299	-63	0	-500	0	-236	0

Номинальний діаметр різьби d, мм	Крок P, мм	Поле допуску зовнішньої різьби										
		7h6h					8g					
		Діаметр різьби										
		d		d ₂		d ₂		d		d ₂		d ₁
		Граничні відхилення, мм										
		es	ei	es	ei	es	es	ei	es	ei	es	
Понад 2,8 до 5,6	0,5	0	-106	0	-95	0	-	-	-	-	-	
	0,8	0	-150	0	-118	0	24	-260	24	-174	24	
Понад 5,6 до 11,2	0,5	0	-106	0	-106	0	-	-	-	-	-	
	0,75	0	-140	0	-125	0	-	-	-	-	-	
	1	0	-180	0	-140	0	-26	-306	-26	-206	-26	
	1,25	0	-212	0	-150	0	-28	-363	-28	-218	-28	
	1,5	0	-236	0	-170	0	-32	-407	-32	-244	-32	

Понад 11,2 до 22,4	0	-140	0	-132	0	-	-	-	-	-	0
	0	-180	0	-150	0	-26	-306	-26	-216	-26	0
	0	-212	0	-170	0	-28	-363	-28	-240	-28	0
	0	-236	0	-180	0	-32	-407	-32	-256	-32	0
	0	-265	0	-190	0	-34	-459	-34	-270	-34	0
	0	-280	0	-200	0	-38	-488	-38	-288	-38	0
	0	-335	0	-212	0	-42	-572	-42	-307	-42	0
Понад 22,4 до 45	0	-140	0	-140	0	-	-	-	-	-	0
	0	-180	0	-160	0	-26	-306	-26	-226	-26	0
	0	-236	0	-190	0	-32	-407	-32	-268	-32	0
	0	-280	0	-212	0	-38	-488	-38	-303	-38	0
	0	-375	0	-250	0	-48	-648	-48	-363	-48	0
	0	-425	0	-263	0	-53	-723	-53	-388	-53	0
	0	-475	0	-280	0	-60	-810	-60	-415	-60	0
	0	-500	0	-300	0	-63	-863	-63	-438	-63	0

ДОДАТОК В

Різьба метрична.
Довжини згвинчування (витяг із ГОСТ 16093)

Таблиця В 1
Розміри в міліметрах

Номіналь ний діаметр різьби d, мм	Крок P, мм	Довжина згвинчування		
		S	N	L
Понад 2,8 до 5,6	0,5 0,8	До 1,5 » 2,5	Понад 1,5 до 4,5 » 2,5 » 7,5	Понад 4,5 » 7,5
Понад 5,6 до 11,2	0,5	До 1,6	Понад 1,6 до 4,7	Понад 4,7
	0,75	» 2,4	» 2,4 » 7,1	» 7,1
	1	» 3	» 3 » 9	» 9
	1,25	» 4	» 4 » 12	» 12
	1,5	» 5	» 5 » 15	» 15
Понад 11,2 до 22,4	0,75	До 2,8	Понад 2,8 до 8,3	Понад 8,3
	1	» 3,8	» 3,8 » 11	» 11
	1,25	» 4,5	» 4,5 » 13	» 13.
	1,5	» 5,6	» 5,6 » 16	» 16
	1,75	» 6	» 6 » 18	» 18
	2	» 8	» 8 » 24	» 24
	2,5	» 10	» 10 » 30	» 30

	0,75	До 3,1	Понад 3,1 до 9,5	Понад 9.5
	1	» 4	»4 » 12	» 12
	1.5	» 6,3	» 6,3 » 19	» 19
	2	» 8,5	» 8,5 » 25	» 25
	3	» 12	»1 2 » 36	» 36
	3,5	» 15	» 15 » 45	» 45
	4	» 18	» 18 » 53	» 53
	4,5	» 21	»21 »63	» 63
Понад 22,4 до 45				

ДОДАТОК Г

Основні розміри прямобічних шліцьових з'єднань (витяг із ГОСТ 1139-80)

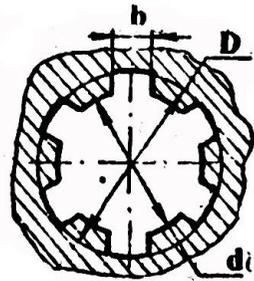


Рисунок Г1 - Шліцьова втулка

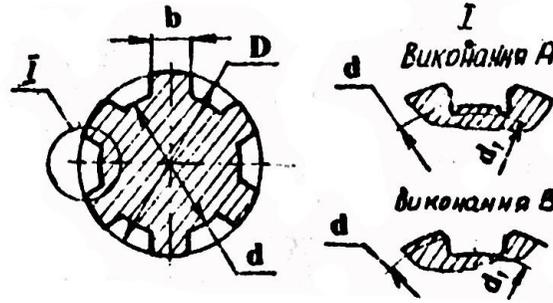


Рисунок Г2 - Шліцьовий вал

Таблиця Г1

Розміри в міліметрах

$z \times d \times D$ (z-число шліців)	b	d_1 не менше	$z \times d \times D$	b (z – число шліців)	d_1 не менше
Легка серія			Середня серія		
6x23x26	6	22,1	6x11x14	3	9,9
6x26x30	6	24,6	6x13x16	3,5	12,0
6x28x32	7	26,7	6x16x20	4	14,5
8x32x36	6	30,4	6x18x22	5	16,7

8x36x40.	7	34,5	6x21x25'	5	19,5
8x42x46	8	40,4	6x23x28	6	21,3
8x46x50	9	44,6	6x26x32	6	23,4
8x52x58	10	49,7	6x28x34	7	25,9
8x56x62	10	53,6	8x32x38	6	29,4
8x62x68	12	59,2	8x36x42	7	33,5
10x72x78	12	69,6	8x42x48	8	39,5
10x82x88	12	79,3	8x46x54	9	42,7
10x92x98	14	89,4	8x52x60	10	48,7
10x102x108	16	99,9	8x56x65	10	52,5
10x112x120	18	108,8	8x62x72	12	57,8
			10x72x82	12	67,4
			10x82x92	12	77,1
			10x92x102	14	87,3
			10x102x112	16	97,7
			10x112x125	18	106,3

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шуляр І.О. Конспект лекцій з курсу «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання». Взаємозамінність типових з'єднань. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. - 49 с.
2. Шуляр І.О. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання». Єдина система допусків і посадок. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2015. - 57 с.
3. Конспект лекцій з курсу «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання». Основи взаємозамінності в машинобудуванні. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. - 84 с