

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ**

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

**Кафедра комп'ютеризованого
машинобудування**

І. О. Шуляр

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ І
ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

ЧАСТИНА 1

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

**Івано - Франківськ
2021**

І. О. Шуляр

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ
І ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

ЧАСТИНА 1

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 28.09.2021)*

Шуляр І. О.

Ш – 95 Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання . Лабораторний практикум.Ч.1. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. - 88с.

МВ 02070855 – 19135 – 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. Наведено приклади розрахунків калібрів-пробок та калібрів-скоб які можна використати при виконанні курсових та дипломних проектів, магістерських робіт.

УДК 621.71
МВ 02070855 – 19135 – 2021

© Шуляр І. О.
© ІФНТУНГ, 2021

Завідувач кафедри комп'ютеризованого
машинобудування

В. Г. Панчук

Член експертно-рецензійної комісії
університету

Нормоконтролер
Провідний бібліотекар

Г. Я. Томашівська
Мацюк

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.1. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. - 88с.

МВ 02070855 – 19135 – 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. Наведено приклади розрахунків калібрів-пробок та калібрів-скоб які можна використати при виконанні курсових та дипломних проектів, магістерських робіт.

УДК 621.71
МВ 02070855 – 19135 – 2021

© Шуляр І. О.
© ІФНТУНГ, 2021

З М І С Т

Загальні методичні вказівки.....	4
1. Лабораторна робота: "Основи технічних вимірювань" ...	5
2. Лабораторна робота №1 "Визначення типу посадки"....	18
3. Лабораторна робота №2 "Дослідження рівня точності виготовлення деталей.....	26
4. Лабораторна робота: "Допуски гладких граничних калібрів".....	42
5. Лабораторна робота №3 "Визначення придатності калібрів-пробок на вертикальному оптиметрі".....	61
6. Лабораторна робота №4 "Визначення придатності калібра-скоби на горизонтальному оптиметрі".....	71
7. Лабораторна робота №4 "Визначення придатності калібра-пробки на горизонтальному оптиметрі".....	82
Перелік рекомендованих джерел.....	88

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

"Основи технічних вимірювань"

Вимірювання деталей в машинобудуванні є практичним прикладенням науки метрології. Основними задачами метрології є встановлення одиниць вимірювання, відтворення їх у вигляді еталонів та розробка методик точних вимірювань.

При використанні вимірювальних засобів (мір, калібрів, вимірювальних інструментів та приладів) визначають придатність деталей шляхом вимірювання або контролю.

Вимірюванням називають суму операцій, виконуваних при допомозі засобів вимірювання з ціллю визначення числового значення фізичної величини (розміру). Значення фізичної величини, знайдене при вимірюванні, називають дійсним (D_0, d_0, l_0 і ін. - [2], п.3.3.2).

На виробництві частіше використовують контроль. Контролем називають визначення відповідності деталей технічним вимогам, та заданому допуску, як правило, без визначення дійсного значення розміру, наприклад, контроль калібрами.

1.1 ОДИНИЦІ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

В Україні прийнято Міжнародну систему одиниць СІ, на основі якої для обов'язкового використання розроблено стандарт ДСТУ 3651.0-97 "Одиниці фізичних величин".

В машинобудуванні для технічних креслень використовують одиниці довжини та плоского кута. Для технічних вимірювань лінійних розмірів деталей застосовується одна з основних одиниць СІ - метр (м), а також кратні (помножені на 10 в додатній степені) і частинні (помножені на 10 у від'ємній степені) приставки. Наприклад: дека (да)- 10^1 ; деци (д - 10^{-1} ; санти (с) - 10^{-2} ; мілі(м)- 10^{-3} ;

мікро (мк) – 10^{-6} і т.д. Так, у відповідності з СІ, тисячна доля метра (міліметр) $0,001\text{м} = 1\text{ мм}$, а тисячна доля міліметра (мікрометр) $0,001\text{ мм} = 1\text{мкм}$

Як одиницю вимірювання плоских кутів у СІ використовують радіан (рад) - одну з додаткових одиниць. Вимірювання кутів у радіанах на практиці зв'язане з значними труднощами, бо ні один з сучасних кутомірних приладів не має градування в радіанах.

В машинобудуванні для кутових вимірювань в основному застосовують, позасистемні одиниці: градус, хвилина, секунда. Ці одиниці зв'язані між собою такими співвідношеннями:

$$1\text{рад} = 57^{\circ} 17' 45''$$

$$1^{\circ} = \pi/180\text{ рад} = 1,745329 \cdot 10^{-2}\text{ рад};$$

$$1' = \pi/10800\text{ рад} = 2,908882 \cdot 10^{-4}\text{ рад};$$

$$1'' = \pi/648000\text{ рад} = 4,848137 \cdot 10^{-6}\text{ рад}.$$

Крім того, при вимірюванні конусів, кута при їх вершинах оцінюються конусністю (С) - відношенням різниці діаметрів у двох поперечних перетинах конуса до віддалі між ними:

$$C = (D - d) / l = 2 \cdot \text{tg}(\alpha/2) ,$$

де α - кут конуса.

Кількісно конусність дорівнює подвоєному, тангенсу половини кута при вершині конуса.

Кут нахилу площини звичайно визначається нахилом (i), який кількісно дорівнює тангенсу кута нахилу. Кут твірної конуса по відношенню до його осі дорівнює половині конусності:

$$i = C/2 = 2 \cdot \text{tg}(\alpha/2)$$

де $\alpha/2$ - кут нахилу конуса.

1.2 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ

Засобами вимірювань називають технічні засоби, які використовуються при вимірюваннях (міри, калібри, вимірювальні інструменти та прилади), яким властиві

нормовані метрологічні показники. Прилади для вимірювання лінійних і кутових розмірів деталей характеризуються такими основними метрологічними показниками: ціна поділки, діапазон показів по шкалі, діапазон вимірювання приладу, вимірювальне зусилля, похибка вимірювання.

Одним з основних конструктивних елементів інструментів та приладів є шкала. Шкалою називається сукупність ряду відміток (штрихів) і проставлених біля деяких з них чисел, які відповідають значенням або відхиленням вимірюваної величини.

Ряд сучасних приладів оснащени таблю, на якому висвітлюється результат вимірювання в цифровому вигляді.

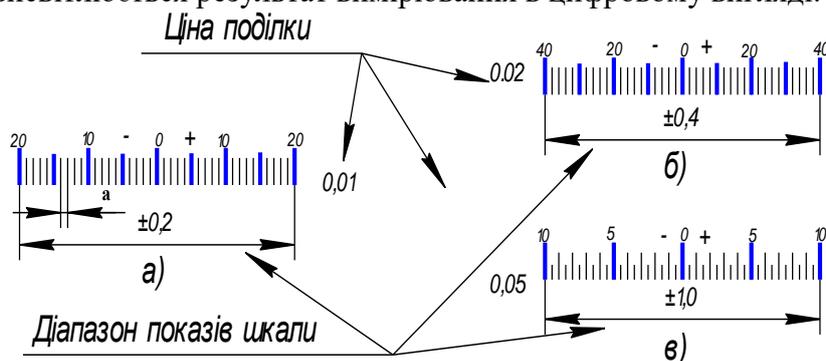


Рисунок 1.1 – Шкали вимірювальних інструментів приладів

На рис.1 показані приклади виконання шкал. Віддаль між серединами двох сусідніх відміток (штрихів) шкали називається довжиною поділки шкали (а). Для більшості приладів довжина поділки - постійна величина на всій шкалі. Такі шкали називаються рівномірними. Нерівномірні шкали властиві деяким пневматичним приладам, у яких довжини поділки на різних ділянках шкали нерівні між собою.

Ціна поділки шкали (с)- це є різниця значень величини, яка відповідає сусіднім штрихам шкали, тобто це є

значення вимірюваної величини, яке відповідає одній довжині поділки шкали, ціна поділки, як правило, не повинна бути меншою від похибки показів приладу.

Діапазон показів шкали - це є область значень шкали, обмежена початковим і кінцевим значеннями шкали (рис. 1) Наприклад, діапазон показів шкали а) складає $\pm 0,2$ мм.

Діапазон вимірювань приладу - це є область значень вимірюваної величини з нормованими допустимими похибками. Наприклад, мікрометр з границями вимірювань 25-50 мм має діапазон показів по шкалі 25 мм, а діапазон вимірювань – 25...50 мм.

Для ряду приладів (індикатори, оптиметри., оптикатори і др.) діапазон вимірювань залежить від висоти стійки, на якій кріпиться прилад. В таких випадках діапазон вимірювань приладу вказується окремо.

Вимірювальним зусиллям називається сила, створювана чутливим елементом приладу, яка діє на вимірювану поверхню в напрямі лінії вимірювання. Вимірювальне зусилля приладу обмежується механізмами різної конструкції (храповими, фрикційними, пружинами і др.) . Наприклад, мікрометри вимірюють при зусиллі не більше 9 Н, індикатори-1,4...1,8 Н, а оптиметри - 2,7 Н.

Під похибкою вимірювань приладу розуміють відхилення результату вимірювання від правдивого значення вимірюваної величини. Похибка вимірювання є результатом сумарного прояву елементарних помилок, які викликані різними причинами при виготовленні та складанні приладу. Похибку вимірювання приладу визначають експериментально при атестації і вказують в паспорті.

1.2.1 ЕТАЛОН МЕТРА І ГРАДУСА

Основою засобів вимірювання є еталони. Для технічних вимірювань - це еталон довжини метра та еталон плоского кута(градуса).

В цілому, еталон одиниці вимірювання представляє собою засіб вимірювання, який офіційно затверджений для відтворення одиниці з найвищою точністю, якої можна досягти, і її збереження. В Міжнародній системі одиниць СІ використовується хвильовий еталон метра.

Метр - це довжина, яка дорівнює 1 650 363,73 довжини хвиль у вакуумі випромінювання, що відповідає оранжевій лінії спектра атому криптому 86. Для відтворення метра використовують криптонові лампи, в яких атоми криптому збуджуються електричним струмом. Електрони газу переходять з одного енергетичного рівня на більш високий. Цей перехід супроводжується зміною енергії електронів, що викликає випромінювання, яке розповсюджується хвилями. Оранжева лінія спектра цього світла має строго визначену довжину хвилі і використовується для виразу довжини еталона метра.

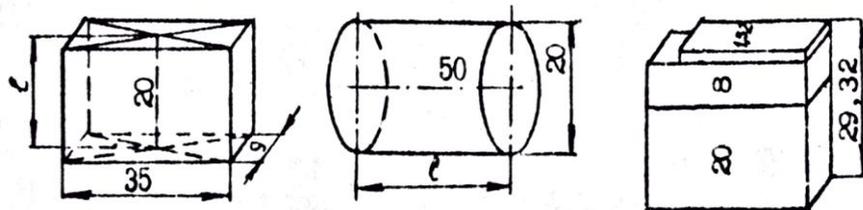
Це означає, що довжина еталона 1 м виражена в довжині світлових хвиль, тобто є натуральною величиною, яку можна повторити з похибкою $\pm 0,001$ мкм (10^{-9} м).

Еталонами при вимірюваннях плоских кутів служать багатогранні призми (6,8,12 граней) з кутами, виконаними з точністю $\pm 1,5''$. Один градус плоского кута визначається як $1/360$ частина плоского кута, який опирається на повне коло, центр якого суміщений з вершиною кута. Градус ділиться на 60 хв ($60'$) або на 3600 с ($3600''$).

1.2.2 МІРИ

Мірами називають засоби вимірювання, які служать для відтворення однієї або декількох значень даної величини (наприклад, довжини або плоского кута)

Для відтворення довжини використовують набори плоско паралельних мір довжини. Вони мають форму прямокутного паралелепіпеда або циліндра з двома плоскими взаємопаралельними поверхнями (рис. 2)



а) прямокутний паралелепіпед; б) циліндр ; в) блок
кінцевих мір $M=29,32$ мм

Рисунок 1.2- Плоско-паралельні кінцеві міри довжини

Кінцеві міри застосовують для збереження і відтворення одиниці довжини, для повірки і градуювання шкал вимірювальних приладів, для установлення приладів на нуль при відносних вимірюваннях, для безпосередніх, вимірювань розмірів деталей, а також для розмітки та наладки верстатів.

За призначенням міри ділять на зразкові (для перевірки і градуювання приладів) і робочі (для вимірювання деталей, для розмітки та для установлення приладів на нуль).

Кінцеві міри комплектують в набори, які забезпечують можливість отримання блока (з'єднання) кінцевих мір будь-якого розміру до третього десяткового знака.

Блок кінцевих мір утворюють шляхом притирання мір одної до другої по робочих вимірювальних поверхнях (блискучих, гладеньких). Притирання кінцевих мір - це є явище схоплювання робочих поверхонь мір між собою при насуванні одної на другу.

При складанні блоків мір заданого розміру спочатку визначають необхідні розміри окремих мір, які будуть складати цей блок. Потім відбирають міри з набору, витирають мастило і промивають в бензині, тоді приступають до складання блока притиранням.

Визначення необхідного розміру мір треба починати

з останньої цифри заданої величини. Вибравши з набору першу міру, необхідно відняти її розмір від заданого і, повторюючи правило, визначити розмір наступної міри. Такий спосіб вибору мір для блока дозволяє скласти заданий розмір з найменшою кількістю мір (тобто при найменшій похибці розміру блока):

Наприклад, необхідно скласти блок мір розміром 45,425 мм з набору № 1 (87-шт.):

Перша міра вибирається розміром 1,005 мм (залишок 44,42 мм);

Друга міра 1.42 мм (залишок 43 мм);

Третя міра 3 мм (залишок 40 мм);

Четверта міра 40мм.

Кутові міри (рис.1.3) виконуються в формі прямих призм і використовуються для збереження та передачі одиниці плоского кута, для перевірки і градування кутомірних приладів та шаблонів, а також для безпосереднього контролю кутів виробів.

Робочі кути кутових плиток утворюються сусідніми вимірювальними поверхнями міри. По цих поверхнях набирають блоки кутових мір.

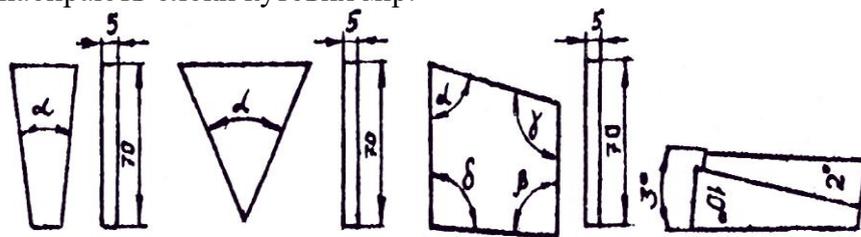


Рисунок 1.3 - Кутові міри.

1.2.3 КАЛІБРИ

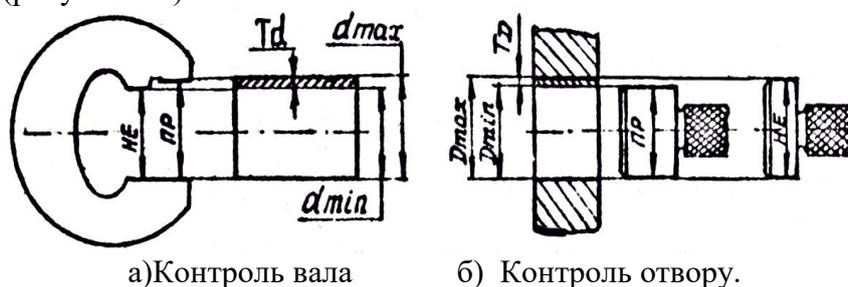
Калібрами навіваються засоби вимірювання, які служать для перевірки правильності виготовлення розмірів,

форми і взаємного розташування частин виробу або деталі. Калібри є одними з найбільш поширених без шкальних вимірювальних засобів, при допомозі яких здійснюється контроль деталей з ціллю визначення придатності.

Калібри бувають нормальні і граничні.

Нормальним називається калібр (шаблон), до якого припасовують деталі (шляхом відчуття щільності з'єднання, по фарбі або на просвіт). Таким чином забезпечується відповідність розмірів деталі та калібра. Нормальні калібри використовуються рідко, наприклад, для контролю окладних профілів, таких як евольвентні

Граничні калібри дозволяють встановити, чи знаходиться перевірний розмір в межах допуску. Граничний калібр виконують по одному з граничних розмірів деталі. При контролі калібрами користуються двома калібрами, які виготовляються по границях максимуму і мінімуму матеріалу (рисунок 1.4).



а) Контроль вала

б) Контроль отвору.

Рисунок 1.4 - Схема контролю допуску деталей граничними калібрами.

За способом оцінки придатності деталі граничні калібри діляться на прохідні (ПР), які повинні входити в придатну деталь, і непрохідні (НЕ), які не повинні входити в придатну деталь. Виріб вважається придатним, якщо прохідний калібр проходить, а непрохідний – ні.

Калібри - є спеціальними засобами вимірювання.

1.2.4 Універсальні вимірювальні засоби

Універсальні інструменти і прилади служать для визначення дійсних розмірів деталей. Вони розрізняються за конструктивними признаками, за цільовим призначенням, по степені механізації та автоматизації, ціною поділки і ін.

За конструктивними признаками універсальні інструменти та прилади діляться на:

- 1 Штрихові інструменти з ноніусом (штангенінструменти і універсальні кутоміри);
- 2 Мікрометричні інструменти, основані на застосуванні мікропар (мікрометри, нутроміри, глибиноміри і ін.);
- 3 Важільно-механічні прилади, серед яких:
 - а) важільні прилади (мініметри і ін.);
 - б) зубчасті прилади (індикатори, вимірюванні головки і ін.);
 - в) важільно-зубчасті прилади (мікроміри і ін.);
 - г) прилади з пружинною передачею (мікрокатори і пружинні вимірювальні головки);
- 4 Оптико-механічні прилади (оптиметри, оптикатори і ін.);
- 5 Оптичні прилади (мікроскопи, проектори, довжиноміри, інтерферометри і ін.);
- 6 Пневматичні прилади в манометром або ротаметром;
- 7 Електрифіковані прилади (індуктивні, ємнісні, фотоелектричні і ін.).

Детально познайомитись з конструкцією перелічених інструментів та приладів можна в літературі (3, 4), а також при виконанні лабораторних робіт з курсу ВСТВ.

1.2.5 МЕТОДИ ВИМІРЮВАНЬ

Залежно від конкретних умов, конструкції вимірювальних засобів і способів їх використання

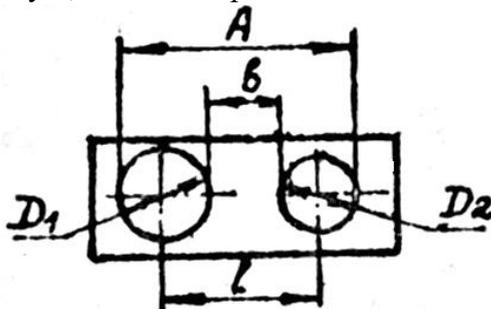
вимірювання можуть проводитись різними методами.

З точки зору загальних способів отримання дійсного розміру розрізняють прямий і непрямий методи вимірювання.

При прямих вимірюваннях значення фізичної величини знаходять безпосередньо з дослідних даних, тобто прямо з шкал приладу.

При непрямому методі вимірювання шукана величина визначається на основі відомої алгебраїчної залежності між цією величиною і тими величинами, які можна виміряти прямим методом.

На рис.1.5 величини D_1 , D_2 та A , B можна виміряти прямим методом, а величину l — непрямим, визначаючи її по формулі, одним з варіантів:



$$\text{а) } l = A - (D_1 + D_2) / 2$$

$$\text{б) } l = B + (D_1 + D_2) / 2$$

Рисунок 1.5- Планка з двома отворами

Кожне вимірювання може виконуватись абсолютним або відносним методом.

При абсолютному методі (метод безпосередньої оцінки) значення величини розміру визначається безпосередньо з відлікового пристрою вимірювального приладу. Прикладом абсолютного методу вимірювання може бути визначення штангенциркулем величин D_1 , D_2 та A , B на рис. 1.5

При відносному методі (метод порівняння з мірою)

вимірювану величину порівнюють з величиною, яку відтворює міра. Прилади, які виміряють відносним методом, мають шкалу, по якій можна прочитати відхилення розміру деталі від міри, при допомозі якої прилад настраювали на нуль.

Наприклад, при вимірюванні деталей індикатором, встановленим в стійці (рис. 1.6)

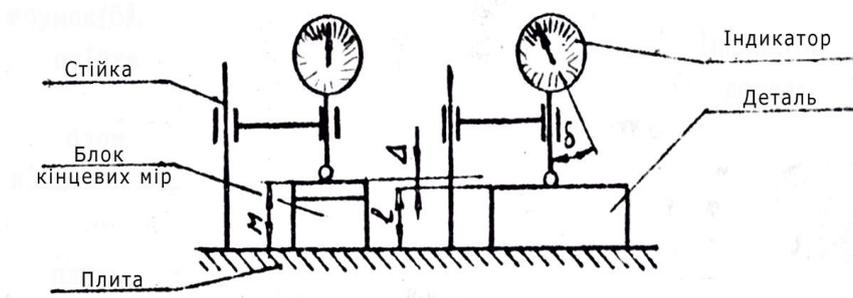


Рисунок 1.6- Відносне вимірювання

Для вимірювання розміру l деталі індикатор закріплюють на стійці плити. Стрілку індикатора встановлюють на нуль при допомозі блоку кінцевих мір висотою M , яка є рівною номінальному розміру деталі. Потім вимірюють партію деталей. Величина дійсного розміру в результаті вимірювання визначається сумуванням:

$$l = M \pm \delta$$

Для вимірювання розміру t деталі Індикатор закріплюють на стійці плити. Стрілку Індикатора встановлюють на нуль при допомозі блоку кінцевих мір висотою M , яка є рівною номінальному розміру деталі. Потім вимірюють партію деталей. Величина дійсного розміру в результаті вимірювання визначається сумуванням:

де M - розмір міри або блоку мір, $\pm\delta$ - відхилення стрілки шкали.

Такі прилади, як мікроскопи, мікрометри, штангенінструменти, вимірюють абсолютним методом, а індикатори, оптиметри, оптикатори - відносним.

Для деталей складної конфігурації розрізняють поелементний та комплексний методи вимірювань.

Поелементний метод характеризується вимірюванням кожного параметра окремо (наприклад, співвісності, овальності, огранки циліндричного вала). Комплексний метод характеризується вимірюванням сумарного показника якості, на який впливають окремі складові (наприклад, вимірювання радіального биття поверхні циліндричного вала, на яке впливає величина похибки співвісності і похибок круглості поверхні).

Кожен з перерахованих вище методів може здійснюватись контактним або безконтактним методами.

При контактному методі деталь вводиться в контакт з вимірювальними поверхнями приладу. Таким методом вимірюють мікрометри, індикатори, оптиметри і ряд інших приладів.

При вимірюванні деталі може бути відсутнім механічний контакт деталі і приладу. Можна вимірювати не деталь, а її зображення, переміщаючи його відносно координатних осей приладу. Наприклад, вимірювання деталей на мікроскопах і проекторах. Такий метод вимірювання називають безконтактним.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.

- 1 Дайте визначення операцій "вимірюваний" і "контроль".
- 2 Одиниці фізичних величин в технічних вимірюваннях.
- 3 Які ви знаєте основні метрологічні показники засобів вимірювання. Ілюструйте на прикладі.
- 4 Еталон метра і градуса.
- 5 Що таке міра? Приклади мір, їх призначення.

6 Що таке калібри? Які бувають калібри, їх призначення?

7 Як користуватись граничними калібрами для контролю вала (отвору)? Привести схему контролю допуску вала (отвору).

8 Як класифікуються універсальні вимірювальні інструменти та прилади?

9 Як класифікуються методи вимірювань?

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 "Визначення типу посадки"

2.1 Мета та завдання.

Виконання даної лабораторної роботи дає можливість практично ознайомитись з основними поняттями, термінами та визначеннями Єдиної системи допусків і посадок (ЄСДП. ГОСТ 25346-89) , а також вивчити конструкцію, набути навички роботи з мікрометричним інструментом.

2.2 Основні теоретичні положення.

Основні теоретичні положення ЄСДП викладені в літературі [2], розділі 3.

Лабораторну роботу виконують після вивчення даного матеріалу.

2.3 Опис мікрометричних інструментів.

В машинобудуванні широко застосовують мікрометричні інструменти: мікрометри, мікрометричні глибиноміри і нутроміри. Ці інструменти основані на застосуванні гвинтової пари, яка перетворює обертовий рух мікрометричного гвинта в поступальний. Метод вимірювання прямий, абсолютний та контактний. Деколи, залежно від конструкції деталі можуть, вимірювати непрямым методом. Наприклад, при визначенні радіуса сегмента, зображеного на рисунку 2.1

$$R = (b^2 + 4a^2) / 8a$$

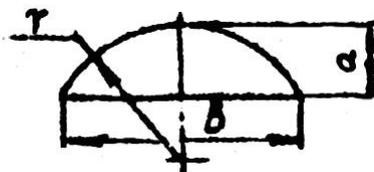


Рисунок 2.1 - Схема вимірювання радіуса сегментної шпонки

2.3.1 Гладкий мікрометр.

Типовим представником мікрометричних інструментів є гладкий мікрометр, призначений для вимірювання зовнішніх розмірів.

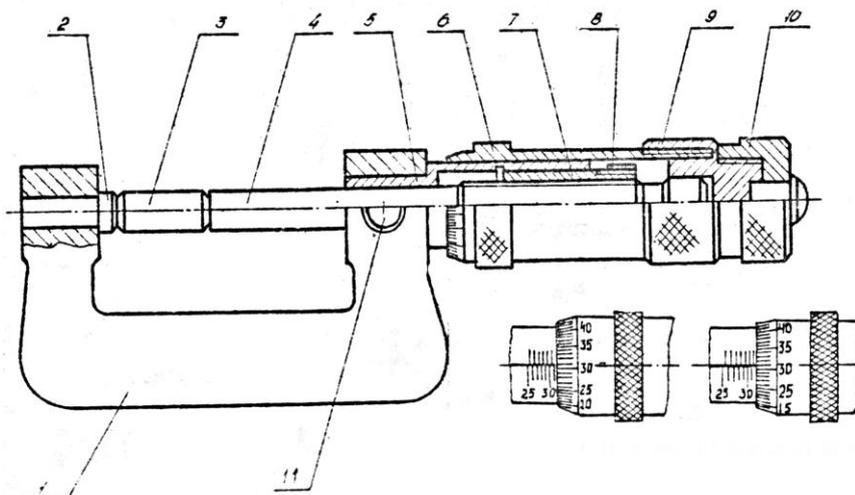


Рисунок 2.2 – Гладкий мікрометр з діапазоном вимірювання 25 -50 мм

На рис. 2.2 зображено гладкий мікрометр з діапазоном вимірювання 25-60 мм. Корпусом інструменту служить скоба 1, в яку запресована з лівої сторони п'ята 2, а з правої - стебло 5. На зовнішній поверхні стебла є горизонтальна риска (індекс) і два ряди штрихів. Ліва частина отвору в стеблі є направляючою для мікрогвинта 4, а в праву частину запресована мікрогайка 7, з якою мікрогвинт утворює кінематичну різьбову пару з кроком $P=0,5$ мм. Мікрогайка з правої сторони на зовнішній поверхні має ділянку з конічною різьбою і поздовжнім вузьким пазом. На цю ділянку нагвинчується гайка 8, при допомозі якої можна регулювати зазор в мікропарі. З мікрогвинтом жорстко з'єднаний барабан 6, на лівому конічному скосі якого нанесена шкала з числом

поділок $i=50$ (рис. 2.3). Барабан з'єднаний з мікрогвинтом при допомозі ковпачка з тріскачкою 10. Тріскачка с механізмом для обмеження вимірювального зусилля в межах 9 ± 2 Н.

Ціна поділки мікрометра є 0,01 мм. При повороті барабана на одну поділку мікрометричний гвинт, з'єднаний з барабаном, переміщається на $1/50$ кроку, ціна поділки визначається:

$$C = P : i = 0,5 : 50 = 0,01 \text{ мм}$$

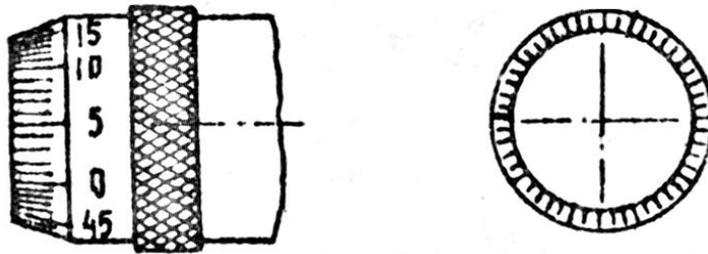


Рисунок 2.3 - Барабан.

Таким чином, поворот барабана на одну поділку викликає осьове переміщення мікрогвинта на 0,01 мм.

2.3.2 Читання показів.

Ціле число міліметрів і половину міліметра читають перед краєм скосу барабана по поздовжній шкалі стебла. До нього додають соті долі міліметра. Поздовжня шкала стебла має два ряди штрихів, розташованих по дві сторони горизонтальної риски (індекса), і зсунутих один відносно одного на 0,5 мм. Обидва ряди штрихів утворюють, таким чином, одну поздовжню шкалу а ціною поділки 0,5 мм, рівною крокові мікрогвинта.

Соті долі міліметра, визначають по порядковому номеру штриха барабана, який співпадає з індексом стебла. Скіс на барабані кругової шкали сотих долей міліметра наближає її до шкали стебла і тим самим запобігає

спотворенню при читанні показів (паралаксу).

При читанні показів по шкалах мікрометра треба слідкувати, риска якого ряду поздовжньої шкали стебла ближча до скосу барабана, нижня чи верхня. Приклади відліків по шкалах мікрометра, коли остання риска нижнього ряду шкали стебла ближча до скосу барабана показана на рис.2.2, а верхнього ряду - на рис. 2.2,б

2.3.3 Перевірка нульового положення мікрометра.

При стиканні вимірювальних поверхонь мікрометри з установчою мірою 3 (див.рис.2.2) або безпосередньо між собою (при діапазоні вимірювання 0 - 25 мм) нульовий штрих барабана повинен співпадати з індексом стебла, а скіс барабана повинен відкривати початковий (або нульовий) штрих стебла.

При неправильному показі мікрометра виконують установку на нуль. Для цього необхідно спочатку закріпити мікрогвинт стопором 11 (див. рис.2.2) і обережно відпустити ковпачок 9 на половину оберту. При цьому барабан роз'єднується з мікрогвинтом. Далі барабан треба повернути відносно нерухомого мікрогвинта до співпадіння нульового штриха з індексом , після цього закріпити барабан ковпачком. Виконати повторну перевірку нульового положення.

2.3.4 Вимірювання деталей.

При вимірюванні деталь поміщається між п'ятою і мікрогвинтом, який треба обертати за допомогою тріскачки (для обмеження вимірювального зусилля), до того часу, поки вона не стане провертатися. Після спрацювання тріскачки можна читати покази по шкалі мікрометра, попередньо зафіксувавши мікрогвинт стопором 11 (див. п. 2.3.2) .

Примітка. Мікрометри випускають з діапазоном вимірювання 0-25, 25-50, 50-75, ... , 300-400, 400-500, 500-600

мм, при цьому для розмірів понад 300 мм вони оснащені змінними або переставними п'ятами, які дозволяють збільшити діапазон вимірювання шкали до 50 мм.

2.4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

2.4.1 Отримати завдання і необхідне приладдя. Для виконання роботи кожен отримує одну втулку і два вали з номінальним розміром спряження. Номер варіанта маркується на торцях валів і втулки або на зовнішній поверхні втулки.

Для вимірювань треба підібрати мікрометр з відповідним діапазоном вимірювань, а також штатив для закріплення мікрометра.

2.4.2 Ознайомитись з кресленнями втулки і валів; виконати ескізи в звіті.

2.4.3 Заповнити табл.1.1 звіту "Метрологічні показники інструмента".

2Л.А Обчислити граничні розміри деталей, допуски, користуючись залежностями (4)...(6) , див.[2] , розділ 3.3.3. Заповнити таблицю 1.2 звіту.

2.4.5 Виміряти вали, визначаючи дійсні розміри і заповнити, табл. 1.2 звіту. При вимірюванні користуватись тріскачкою, як рекомендується п.2.3.2 та 2.3.4 даної роботи.

Зробити висновок про придатність деталей, використавши умови (1), див. [2], розділ 3.3.2.

Примітка. Дійсний розмір втулки вказаний на кресленні, під зображенням втулки.

2.4.6 Побудувати схеми розташування полів допусків деталей, (див. рис 6,[2], розділ 3.3.4).

Визначити типи посадок, які можна отримати при складанні втулки з кожним валом зокрема. Обчислити характеристики посадок, користуючись залежностями (7)...(18), див.[2], розділ 3.3.5. Заповнити табл. 1.3 звіту.

2.5 ЗВІТ

до лабораторної роботи: № 1

"Визначення типу посадок"

ЗАВДАННЯ: Визначити типи посадок, які можна отримати при складанні втулки № _____ з валами № _____ та № _____

Таблиця 1.1 - Метрологічні показники гладкого мікрометра

Ціна поділки шкали	Діапазон вимірювання мікрометра, мм	Діапазон вимірювання шкали мікрометра, мм	Метод вимірювання

Таблиця 1.2-Результати вимірювання деталей, мм

Маркування деталей		Втулка	Вали	
		№ _____	№ _____	№ _____
Позначення розміру і граничних відхилень на кресленні				
Назва розміру	Алгебраїчний вираз	Величина, мм		
Найбільший граничний розмір	Отвір:			
	Вал:			
Найменший граничний розмір	Отвір:			
	Вал:			
Допуск	Отвір:			
	Вал:			
Дійсний розмір				
Висновок про придатність				

Таблиця 1.3 – Визначення типу і характеристик посадок

Позначення з'єднання (посадки) на кресленні			
Тип посадки			
Характеристики посадок, мм			
Назва характеристики		Алгебраїчний вираз	Величина
Зазори	найбільший		
	найменший		
	дійсний		
Натяги	найбільший		
	найменший		
	дійсний		
Допуски посадок	з зазором		
	з натягом		
	перехідної		

Рисунок ____ -Ескіз втулки №____ і валів №____ і №____

Рисунок ____ - Схеми розташування полів допусків посадок

2.6 Запитання для самоконтролю.

- 1 Що таке допуск, поле допуску, посадка?
- 2 Які типи посадок можна отримати при складанні валів

з отворами?

3 Перечисліть характеристики посадок. Побудуйте схему розташування полів допусків посадки з зазором, натягом, перехідної.

4 Що таке допуск посадки? Як він визначається для посадки з зазором, натягом, перехідної?

5 Перечисліть правила нанесення граничних відхилень на кресленнях деталей і з'єднань (посадок).

6 Як визначити придатність деталі?

7 Перечисліть метрологічні показники гладкого мікрометра.

8 Якими методами вимірювання може вимірювати гладкий мікрометр?

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 **"Дослідження рівня точності виготовлення деталей"**

3.1 Мета та завдання.

В роботі вимірюють партію валів, які були виготовлені з прутка на токарно-револьверному верстаті моделі 1A136. Студенти ознайомлюються з методикою оцінки точності виготовлення деталей типу вала шляхом статистичної обробки результатів вимірювання, а також визначають рівень точності (квалітет, по ГОСТ 25346-89).

3.2 Основні теоретичні положення.

Якість і надійність машин, в значній мірі, залежить від точності обробки деталей. Точність обробки визначається ступеню відповідності дійсних геометричних параметрів заданим на кресленні. Вона забезпечується технологічним процесом та обладнанням і характеризується допуском.

Різними методами обробки забезпечується різний рівень точності (квалітет точності). Наприклад, при свердлінні економічна точність – IT10 (IT8); при точінні, розвертанні – IT6(IT5); хонінгуванні -IT4 (IT3), фрезеруванні - IT9 (IT7); шліфуванні - IT5(IT4)ц доводці -IT3 (IT01). У дужках вказано квалітет досяжної точності.

3.2.1 Похибки виготовлення і вимірювання.

При виготовленні деталей точність порушується виникають похибки обробки. Проявляється розсіяння розмірів при виготовленні однакових деталей в однакових технологічних умовах: на тому самому обладнанні, з однаковими режимами обробки. Розсіяння розмірів проявляється також при повторному вимірюванні однієї і тієї ж деталі. Похибки обробки (вимірювання) представляють собою відхилення геометричних параметрів від заданих. Кожна реальна деталь з партії має свою похибку (Δ).

Умова якості (придатності) деталі: $\Sigma\Delta \leq IT$, де $\Sigma\Delta$ - сума похибок; IT - значення стандартного допуску. Похибки бувають систематичні, випадкові і грубі. Систематичні похибки характеризуються сталою величиною і знаком, або змінюються за відомим законом. Джерелом систематичних похибок можуть бути неправильне настроювання верстатів, спрацювання різального та неточність вимірювального інструменту і др. Систематичні похибки можна виявити і вплинути на їх величину.

Випадкові похибки характеризуються тим, що мають змінну величину і знак. Передбачити заздалегідь їх значення і знак неможливо. Ці похибки викликані великою кількістю випадково змінних факторів, ні один з яких не є домінуючим, таких, як припуск на обробку, механічні властивості матеріалів, сила різання, величині вимірювального зусилля, а також, різна точність установки деталі на позицію в засобі вимірювання.

Повністю усунути випадкові похибки неможливо. Їх можна зменшити, змінивши верстат, на якому провадиться обробка, або навіть його модель, можна провести інші ґрунтовні заміни в технологічному процесі. Можна зменшити випадкові похибки шляхом забезпечення більш рівномірного припуску на обробку, стабілізації сил затиску деталі в пристроях при обробці і вимірюванні, стабілізації вимірювального зусилля.

Характер зміни випадкових похибок можна передбачити у великій партії деталей: тоді вони підпорядковуються законам теорії ймовірностей.

Вплив випадкових похибок враховується допусками на розміри деталі.

Грубі похибки (промахи) виникають, коли при обробці деталі допущені грубі помилки, а саме: потрапляє стружка під встановлену деталь, неправильний відлік по лімбах верстату або на шкалі вимірювального приладу.

Грубі похибки, як систематичні, легко виявляються і усуваються.

3.2.2 Статистичний аналіз випадкових похибок.

Внаслідок похибок обробки дійсні розміри партії деталей відрізняються між собою: спостерігається розсіяння розмірів. Дійсні розміри деталей, а також їх похибки найбільш часто є випадковими величинами, тому для їх аналізу застосовують теорію ймовірностей і математичну статистику.

Для статистичного аналізу обробляють певну кількість деталей на одному верстаті в незмінних умовах (при однаковій швидкості різання, одним інструментом без зміни його настроювання тощо).

Цю загальну кількість деталей називають генеральною сукупністю. При вивченні масових явищ назначають певну кількість дослідів N , яку називають вибіркою

Для статистичного аналізу треба, щоб кількість деталей у вибірці була від 50 до 100, але не меншою 50 шт. Вимірювання мають проводитись інструментом з ціною поділки, меншою 0,1 частини поля допуску розміру.

Вимірювання розмірів деталей вибірки виконують в одному перетині, дотримуючись умов постійності вимірювання.

В результаті отримують дійсні розміри деталей. Їх розміщують по порядку зростання значень, і отримують ряд випадкових дискретних величин. Різниця між найбільшим і найменшим розмірами визначає діапазон (розмах) розсіяння випадкових величин (або полігон);

При $N > 50$ розмах розбивають на k інтервалів. Рекомендується приймати $k=8...16$. Довжини інтервалів в межах розмаху назначають, як правило, рівними (або кратними) ціні поділки шкали інструменту.

Далі обчислюють число деталей, які мають розміри,

обмежені границями кожного інтервалу n_1, n_2, \dots, n_k .
Випадковими величинами вважають розміри x_i , які дорівнюють середньому арифметичному діаметру кожного інтервалу k .

Характеристиками сукупності випадкових величин вважаються:

- а) математичне сподівання випадкової величини $M(x)$ або середній арифметичний розмір \bar{x} ;
- б) діапазон (розмах) розсіяння R ;
- в) крива розподілу.

а) Математичне сподівання $M(x)$ випадкової величини може бути обчислене при великих вибірках N , тобто воно є характеристикою теоретичного розподілу

$$M(x) = \sum_{i=1}^k x_i \cdot p(x_i) \quad (3.1)$$

де x_1, x_2, \dots, x_k - випадкові величини розмірів деталей, мм;

$p(x_1), p(x_2), \dots, p(x_k)$ - ймовірність виготовлення розміру x_k .

Для невеликих вибірок $N \leq 100$ обчислюють середній арифметичний розмір

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^k x_i \cdot \frac{n_i}{N} \quad (3.2)$$

Для вибірок $N \leq 100$ - ймовірність події можна визначити приблизно, тобто

$$p(x_i) \cong n_i/N \quad (3.3)$$

Чим більший об'єм вибірки N , тим менша різниця величин в (3.3), а також менша різниця між $M(x)$ і \bar{x} .

Значення $M(x)$ і \bar{x} визначають центр групування похибок випадкових величин.

Різниця між випадковим розміром x_i і середнім

арифметичним розміром \bar{x} . носить назву відхилення від середнього значення (або залишкової похибки)

$$Xi = x_i - \bar{X} \quad (3.4)$$

Алгебраїчна сума відхилень від середнього $\sum x_i = 0$. Для випадкових величин x_i , величина X_i , - також є випадковою величиною.

б). Діапазон (розмах) розсіяння дійсних розмірів обчислюють по формулі

$$R = x_{max} - x_{min}, \quad (d_{max} - d_{min}), \quad (3.5)$$

Де x_{max} і x_{min} - найбільший і найменший з дійсних розмірів деталей у вибірці;

в) Крива розподілу. Характер розподілу випадкових величин . похибок зображується графічно у вигляді кривої розподілу, яка відповідає певному закону.

Закон розподілу встановлює залежність між числовим значенням випадкової величини x_i і ймовірністю її появи $p(x_i)$. Для невеликих вибірок характер розсіяння значень випадкових величин найбільш наглядно визначається гістограмою, яка складається з прямокутників, або емпіричною кривою (яку ще називають полігоном розподілу (рис.3.1), приклад вибірки $N = 100$ шт),

Характер розсіяння емпіричних значень випадкових величин в значній сукупності їх приблизно відповідає якому-небудь теоретичному закону розподілу.

Так, розсіяння значень ексцентриситетів, відхилень від співвісності, радіального і торцевого биття, які можуть мати тільки додатній знак, найчастіше підпорядковується закону Максвелла [4]. Розсіяння відмов машин найчастіше підпорядковується закону Вейбулла (експоненціальний закон).

Розсіяння значень випадкових величин, зміна яких залежить від великої кількості факторів, коли ні один з них не має переваги (як це є при виготовленні та вимірюванні

розмірів деталей) підпорядковується закону нормального розподілу ймовірностей закону Гаусса.

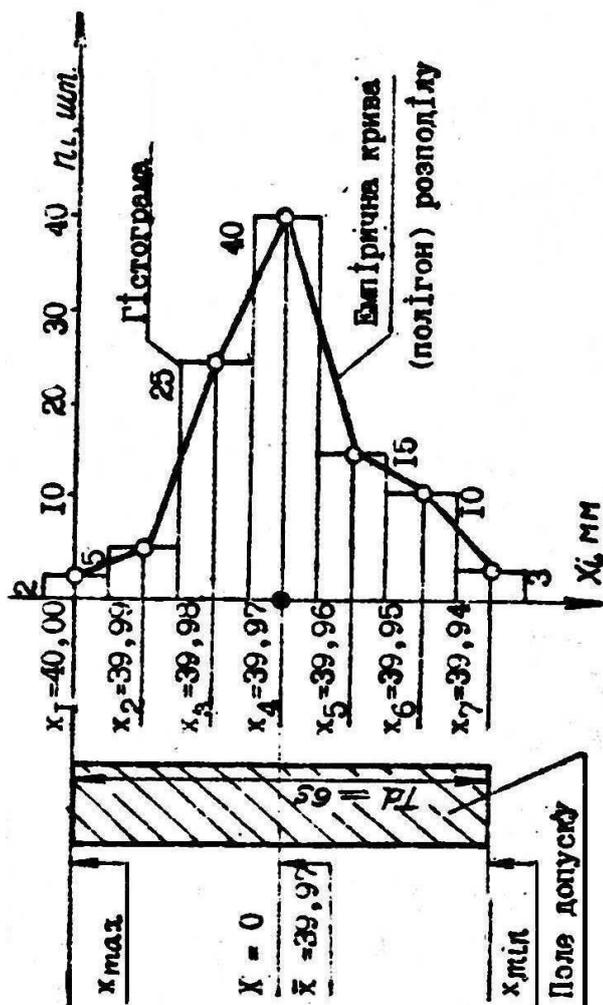


Рисунок 3.1- Гістограма та емпірична крива (полігон) розподілу значень випадкової величини.

3.2.3 Властивості нормального закону розподілу.

Широко поширений закон нормального розподілу (закон Гаусса) описується кривою, розміщеною симетрично відносно центра групування (рис.3.2). Вітки теоретичної кривої нормального розподілу спрямовані в нескінченність, асимптотично наближаючись до осі абсцис. Крива Гауса характеризується рівнянням.

$$Y = e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}} / (2\sigma\sqrt{2\pi})$$

де Y - щільність ймовірності випадкової похибки X ;

σ - середнє квадратичне відхилення випадкової величини від центра групування;

$X = x_i - \bar{X}$ - відхилення випадкової величини від центра групування;

$e = 2,71828$ - основа натурального логарифма.

Для дискретних величин середнє квадратичне відхилення обчислюється по формулі

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^k [x_i - M(x)]^2 \cdot p(x)} \quad (3.7)$$

Величина σ є характеристикою теоретичного розподілу, тобто генеральної сукупності при $N \rightarrow \infty$. При оцінці вибірових спостережень розсіяння випадкових величин відносно емпіричного центра характеризується емпіричним середнім квадратичним відхиленням

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^k [x_i - \bar{x}]^2 \cdot (n_i/N)} = \sqrt{\sum_{i=1}^k x_i^2 \cdot (n_i/N)} \quad (3.8)$$

Розмірність квадратичних відхилень σ , S співпадає з розмірністю випадкової величини, для якої вона визначається.

Таким чином, випадкова величина σ характеризує теоретичний розподіл, а величина емпіричного середнього

квадратичного відхилення S дає приблизну оцінку σ , бо обчислюється на основі вибірових вимірювань, спостережень. Чим більший об'єм вибірки, тим ближчі величини $x \rightarrow M(x)$ і $S \rightarrow \sigma$

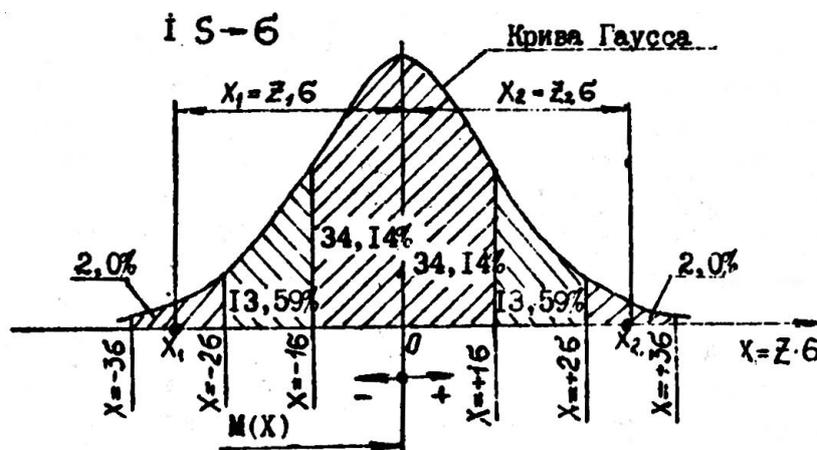


Рисунок 3.2.-Крива розподілу ймовірностей по нормальному закону

Випадкові похибки, підпорядковані закону нормального розподілу, характеризуються тим, що малі по величині похибки $X_i = x_i - \bar{X}$ зустрічаються частіше, ніж великі; додатні від'ємні похибки, рівні по абсолютній величині, зустрічаються однаково часто; найбільша ймовірність появи залишкової похибки $X=0$, яка відповідає центру групування, тобто величині $M(x), (\bar{X})$.

Площа обмежена кривою нормального розподілу та віссю абсцис (див. рис. 3.2), дорівнює ймовірності того, що випадкова величина (наприклад, похибка розміру) лежить в інтервалі

$$-\infty < x_i < +\infty$$

Ця ймовірність, як ймовірність достовірної події,

дорівнює 1 (або 100%) і визначається інтегралом

$$\left(\frac{1}{\sigma}\sqrt{2\pi}\right) \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2/2\sigma^2} \cdot dx = 1 \quad (3.9)$$

Ймовірність того, що випадкова похибка X_i знаходиться в границях $X_1 < X_i < X_2$

$$P(X_1 < X_i < X_2) = \left(\frac{1}{\sigma}\sqrt{2\pi}\right) \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2/2\sigma^2} \cdot dx \quad (3.10)$$

Так як підінтегральна функція є парна і крива Гауса є симетричною відносно максимальної ординати, інтеграл (3.10) можна замінити інтегралом з нижньою границею $X_1 = 0$, і верхньою границею, яка приймає ряд послідовних значень.

Випадкову величину X_i виражають в долях її σ , тобто $X/\sigma = Z$, $X = Z\sigma$, $dx = \sigma dz$. Тоді отримуємо інтеграл, який є функцією Z і називається функцією Лапласа:

$$\Phi_0(z) = \left(\frac{1}{2\pi}\right) \int_0^z e^{-z^2/2} dz \quad (3.11)$$

причому $\Phi_0(0) = 0$; $\Phi_0(-z) = -\Phi_0(z)$; $\Phi_0(-\infty) = -0,5$; $\Phi_0(+\infty) = 0,5$.

Аналіз функції Лапласа (2.11) і кривої на мал.3.2 показує, що площа, обмежена відрізком $Z_1 < Z < Z_2$ на осі абсцис, кривою щільності ймовірностей і двома ординатами, які відповідають границям відрізка ($Z_1 = -X/\sigma$ і $Z_2 = +X_2/\sigma$) представляє собою ймовірність попадання випадкової величини в даний інтервал.

В додатку [4] приведені значення інтеграла Φ_0 , користуючись якими можна визначити ймовірність того, що випадкова-похибка X , виражена в долях σ , знаходиться в границях потрібного інтервалу.

На рис.3.2 показана ймовірність отримання випадкових величин в різних діапазонах значень при законі нормального

розподілу. Основна маса деталей (~68%) отримується з розмірами, які лежать в діапазоні $X = \pm i\sigma$ відносно центра групування, ймовірність появи залишкових похибок з значеннями, які перевищують $X = \pm 3\sigma$, складає всього 0,0027 (0,27), що для технічних розрахунків цілком прийняти.

3.2.4 Визначення рівня точності виготовлення розмірів.

Вплив випадкових похибок при виготовленні деталей враховується допусками на розміри. Таким чином, допуск розміру мав охоплювати поле розсіяння дійсних розмірів.

Виходячи з припущення, що дійсні розміри в партії деталей є випадковими величинами, розсіяння яких підпорядковується нормальному закону, можна прийняти поле розсіяння випадкової величини рівним

$$\omega_{\text{lim}} = \pm 3\sigma = 6\sigma \quad (3.12)$$

і прирівняти його до допуску на виготовлення розміру [4]:

$$\text{для теоретичного розподілу } T = 6\sigma \quad (3.13)$$

$$\text{для вибірок } (N \leq 100) \quad T = 6S \quad (3.14)$$

де T - допуск розміру.

При цьому ймовірність виходу випадкової величини (розміру деталі) за границі $\pm 3\sigma$ ($\pm 3S$) рівна 0,0027 (або 0,27%).

З другої сторони в системі ЄСДП (ГОСТ 25346-89) допуск залежить від рівня точності (якості) і величини номінального розміру (див.[2], розділ 4).

$$T = i \cdot k, \quad (3.15)$$

де I (або i) - одиниця допуску, k - число одиниць допуску.

Якщо прирівняти вирази (3.13, 3.14) з (3.15), вибрати стандартну одиницю допуску (див. табл.4,[2]), то по результатах статистичного аналізу можна визначити число одиниць допуску k , яке характеризує рівень точності

(квалітет).

для теоретичного розподілу при $N \rightarrow \infty$ $k = 6\sigma/i$, (3.16)
для вибірок $N \leq 100$ $k = 6S/i$.

Рівень точності (квалітет) визначають по ГОСТ 25346-69 або [2], розділ 4, табл.5.

3.3 ВИМІРЮВАННЯ ВАЛІВ

Необхідно оцінити точність виготовлення партії валів з номінальним розміром $\varnothing 13,7$ мм, оброблених на токарно-револьверному автоматі мод. 1А136. Для статистичного аналізу беруть вибірку $N=100$ шт.

3.3.1 Вибір інструменту.

Вимірювання деталей мають проводитись інструментом з ціною поділки меншою 0,1 частини поля допуску розміру. Економічна точність при точінні вважається IT10. Для інтервалу розмірів понад 10 до 18 мм величина допуску $T = 0,07$ мм (див. ГОСТ 25346-89. або [2], табл.3). В зв'язку з цим можемо для вимірювань використати гладкий мікрометр з діапазоном вимірювань 0...25 мм і ціною поділки шкали $c=0,01$ мм, яка дозволяє заокруглювати дійсні розміри до 0,005 мм.

Конструкція гладкого мікрометра і способи його використання описані в лабораторній роботі №1 "Визначення типу посадки", с.12-15.»

Вали треба вимірювати приблизно в одному і тому ж перетині (приблизно посередині деталі), дотримуючись постійності умов вимірювання, тобто обмежуючи вимірювальне зусилля тріскачкою.

Отримані дійсні розміри $d_x(x_i)$ потрібно розмістити в порядку зростання дискретних величин у таблиці 2.1.

3.3.2. Визначення характеристик розсіювання.

Статистичний аналіз виконується після заповнення табл.2.1 звіту.

Спочатку обчислюється діапазон (розмах) розсіювання випадкових величин розмірів валів R (3.5). Цей діапазон розбивають на K інтервалів так, щоб довжина кожного відповідала ціні поділки ткали мікрометра $c=0,01$ мм.

Визначають абсолютні частоти появи деталей з розмірами в межах кожного інтервалу: n_1, n_2, \dots, n_k , а також відносні частоти: $n_1/N, n_2/N, \dots, n_k/N$. Заповнюють табл.2.1 звіту.

Випадковими величинами вважають розміри x_i , які дорівнюють середньому арифметичному з діаметрів кожного інтервалу.

Далі обчислюють емпіричні характеристики розсіювання: \bar{x} - середній арифметичний розмір вибірки (3.2), залишкові похибки x_i , (3 і 4) та S - емпіричне середньоквадратичне відхилення (3.8).

Величина \bar{x} визначає емпіричний центр групування, а величина S - поле розсіювання дійсних розмірів відносно центра групування.

3.3.3 Визначення рівня точності (квалітету точності) виготовлення валів роблять, обчисливши величину поля емпіричного розсіювання (3.12) і прирівнявши його до величини допуску(3.14).

Для цього спочатку визначають стандартне значення одиниці допуску $i(I)$ по[2], табл.4, далі обчислюють число одиниць допуску k в полі розсіювання (3.16). Квалітет точності визначають по ГОСТ 25346-89 або [2], розділ 4, табл.5.

3.3.4 Побудова гістограми та емпіричної кривої (полігону) розподілу.

Характер розсіювання значень випадкових величин дійсних розмірів валів вибірки $N=100$ шт визначається

гістограмою, яка складається з прямокутників, або емпіричною кривою розподілу (див. рис. 3.1).

По одній осі відкладають інтервали дійсних розмірів валів, а по другій - величини, пропорціональні абсолютним частотам n_k появи розміру в кожному інтервалі.

Виходячи з форми емпіричної кривої, значень \bar{x} і S висувається гіпотеза про відповідність тому чи іншому закону розподілу (теоретичному). Відповідність емпіричного розподілу припущеному теоретичному встановлюють при допомозі критеріїв χ^2 Колмогорова і ін. Найбільш часто при виготовленні однакових деталей проявляється закон нормального розподілу.

Біля гістограми зображають поле розсіяння $\omega_{lim} = 6S$, яке прирівнюють до поля допуску Td , наносять величини \bar{x} , x_{max} , x_{min} .

3.4 ЗВІТ
до лабораторної роботи № 2
"Визначення рівня точності виготовлення деталей"

ЗАВДАННЯ: Визначити рівень точності виготовлення партії валів, номінальний розмір $d=13,7$ мм; вибірка $N=100$ шт.

Таблиця 2.1-Дійсні розміри валів після обробки на токарно - револьверному автоматі мод.1А136

Випадкові величини, d_i , мм	Середнє значення інтервалу x_i , мм	Абсолют на частота появи x_i n_i , шт	Відносна частота появи x_i n_i/N	Відхилення від середнього значення $X_i=x_i-\bar{X}$, мм
13,595...13,605				
13,605...13,615				
13,615...13,625				
13,625...13,635				
13,635...13,645				
13,645...13,655				
13,655...13,665				
13,665...13,675				
13,675...13,685				
13,685...13,695				
13,695...13,705				
Суми:		$N = \sum_{i=1}^k n_i$	$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N}$	$\sum_{i=1}^k x_i$

Характеристики емпіричного розподілу:

- 1 Діапазон розсіяння (розмах) $R = x_{max} - x_{min} =$
- 2 Середній арифметичний розмір $\bar{x} = \sum_{i=1}^k x_i \cdot \frac{n_i}{N} =$
- 3 Емпіричне середнє квадратичне відхилення

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^k [x_i - \bar{x}]^2 \cdot (n_i/N)} = \sqrt{\sum_{i=1}^k x_i^2 \cdot (n_i/N)}$$

Оцінка рівня точності виготовлення партії валів:

- 1 Величина поля розсіяння випадкових величин $\omega_{lim} = 6S =$
- 2 Величина допуску розмірів валів $Td = 6S =$
- 3 Величина одиниці допуску в інтервалі розмірів, понад 10 до 18 мм ([2], розділ 4, табл.4) $i = \underline{\hspace{1cm}} \text{ мкм.}$
- 4 Число одиниць допуску в полі допуску (полі розсіяння) $k = 6S / i =$
- 5 Висновок:
- 6 Алгоритм програми, програма і роздруківка результатів обчислень на ЕОМ характеристик емпіричного розподілу.

Рисунок ___ - Гістограма та емпірична крива розподілу.

3.5 Запитання для самоконтролю.

- 1 Чим характеризується і забезпечується точність обробки?
- 2 Що таке розсіяння розмірів і як воно проявляється?
- 3 Що таке систематична похибка, що є джерелом систематичних, похибок?
- 4 Дайте характеристику випадковим похибкам. Як з ними боротися?
- 5 Перечисліть характеристики сукупності випадкових величин.
- 6 Яка різниця між математичним сподіванням випадкової

величини і середнім арифметичним розміром випадкової величини?

7 Як визначається відхилення від середнього значення (залишкова похибка)?

8 Що таке крива розподілу і закон розподілу?

9 Яка різниця між теоретичною і емпіричною кривою розподілу?

10 Дайте характеристику властивостей нормального закону розподілу.

11 Яка різниця між середнім квадратичним і емпіричним середньоквадратичним відхиленнями випадкових величин?

12 Як знайти центр групування випадкових величин при нормальному законі розподілу?

13 Що визначає в теорії ймовірностей площа, обмежена кривою розподілу і віссю абсцис?

14 Якою є ймовірність появи випадкової величини за межами інтервалу $X = \pm 3S$?

15 До чого прирівнюють допуск на виготовлення розмірів вибірки деталей?

16 Як визначити рівень точності виготовлення партії валів?

17 Порівняйте точність двох розмірів $30_{-0,33}$ і $300_{-0,52}$. Точність якого розміру є вищою? Як це визначити?

4 ДОПУСКИ ГЛАДКИХ ГРАНИЧНИХ КАЛІБРІВ

4.1 ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ.

На дану тему проводиться практичне заняття, яке дає можливість ознайомитись з засобами контролю - калібрами, основними термінами та визначеннями, допусками граничних калібрів (ГОСТ 24852-81 та ГОСТ 24853-81), порядком розрахунку виконавчих розмірів калібрів, технічними вимогами до якості калібрів (ГОСТ 2015-84 та ГОСТ 2216-84)

4.2 ПРИЗНАЧЕННЯ КАЛІБРІВ.

У виробництві, особливо серійному і масовому, придатність виробів визначають, користуючись калібрами. Калібр є засобом контролю, який відтворює геометричні параметра елементів деталі з заданими лінійними і кутовими розмірами, контактує з елементом деталі по поверхнях, лініях або точках.

Під елементом деталі розуміють конструктивно закінчену частину деталі, наприклад, отвір, вал, паз, виступ і др., [2], п.3.2. Під геометричними параметрами елемента деталі вважають не тільки лінійні і кутові величини, а також форму його поверхні і взаємне розташування поверхонь. Калібри в спеціальними безшкальними інструментами, призначеними для контролю, в результаті якого можна в'яснити, чи знаходиться контрольований розмір елемента деталі між допустимими межами, чи виходить за ці межі. Рекомендують використовувати контроль калібрами при точності лінійних розмірів - ІТ6 до ІТ17, а кутових величин - АТ6 до АТ8.

4.3 КЛАСИФІКАЦІЯ КАЛІБРІВ.

Калібри розділяють на нормальні і граничні.

Нормальний калібр відтворює заданий лінійний або кутовий розмір, а також форму спряженої з ним поверхні

контрольованого елемента деталі. Нормальний калібр с шаблоном, до якого припасовують (підганяють) елемент деталі шляхом відчуття щільності з'єднання, по фарбі або на просвіт. Таким чином забезпечується відповідність розмірів виробу і калібра.

Нормальні калібри використовуються рідко, наприклад, для контролю складних профілів, таких, як евольвентний. На виробництві частіше застосовуються граничні калібри.

Граничний калібр відтворює границі максимуму (або мінімуму) матеріалу геометричних параметрів елемента деталі (див.[2], п.3,3). Контроль граничними калібрами зводиться до визначення, входить, чи не входить він в елемент деталі. При контролі граничними калібрами користуються двома калібрами, один з яких виконаний з розміром границі максимуму, а другий - границі мінімуму матеріалу контрольованого елемента, забезпечуючи перевірку умови:

$$\begin{array}{l} \text{Для отворів} \quad D_{min} \leq D_{\partial} \leq D_{max}; \\ \text{Для валів} \quad d_{min} \leq d_{\partial} \leq d_{max} \quad (\text{див. [2], п. 3.3}) \end{array}$$

4.3.1 Типи калібрів за формою робочих поверхонь.

Робоча поверхня калібра - це поверхня, яка контактує з контрольованим елементом деталі.

Для контролю циліндричних поверхонь використовуються гладкі калібри. Гладкі калібри мають гладку робочу поверхню.

Крім того, використовуються конусні калібри (гладкі калібри з конічною робочою поверхнею), різьбові калібри, шпонкові, шліцьові та профільні калібри.

4.3.2 Типи калібрів за призначенням.

За способом оцінки придатності елемента деталі граничні калібри діляться на прохідні (ПР) і непрохідні (НЕ).

Прохідний калібр (ПР) має розмір робочої поверхні, який відповідає границі максимуму матеріалу контрольованого елемента деталі (для отворів - D_{\min} , для валів - d_{\max})

Непрохідний калібр (НЕ) має розмір робочої поверхні, який відповідає границі мінімуму матеріалу контрольованого елемента деталі (для отворів - D_{\max} , для валів - d_{\min}).

Деталь вважається придатною, якщо прохідний калібр входить в елемент деталі, а непрохідний - ні.

За технологічним призначенням калібри діляться на робочі калібри, які використовуються для контролю деталей при виготовленні; на приймальні — частково зношені робочі калібри, якими повинні користуватись контролери заводу-виготовлювача і заводу замовника; на контрольні калібри (К-ПР, К-НЕ, К-З) , які використовують для перевірки робочих та приймальних калібрів, що контролюють вали.

Крім того, за призначенням калібри ділять на елементні і комплексні.

Елементний - калібр (прохідний і непрохідний) використовується для контролю геометричних параметрів якогось одного елемента деталі, а комплексний калібр (обов'язково прохідний) призначений для контролю геометричних параметрів двох або більше, елементів деталі, наприклад, калібри для контролю шліців, шпонкових плазів, калібри співвісності поверхонь деталі і др.

4.3.3 Типи калібрів за конструктивними признаками.

Для контролю отворів використовуються калібри з зовнішньою циліндричною або конічною робочою поверхнею, які називаються калібрами - пробками, рисунок 4.1.

Для контролю валів використовуються калібри з робочими поверхнями, розташованими на внутрішній частині вхідної частини скоби. Їх називають калібрами – скобами.

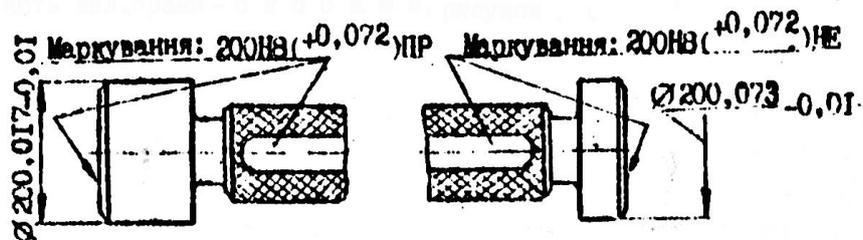


Рисунок 4.1 - Калібри-пробки для контролю отвору Ø200 Н8

Види гладких калібрів для контролю циліндричних отворів і стандартизовані ГОСТ 24851-81.

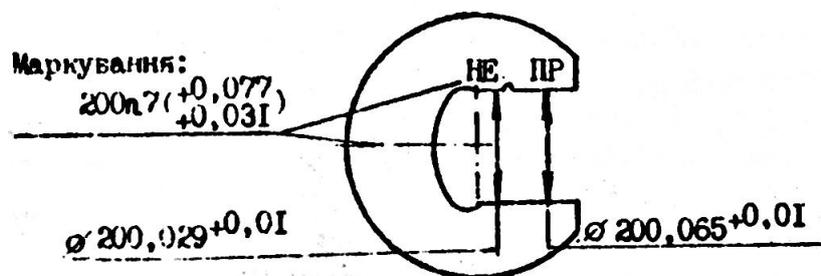


Рисунок 4.2 - Калібр-скоба для контролю вала Ø200 h7

4.4 ПРИНЦИПИ КОНСТРУЮВАННЯ КАЛІБРІВ

При конструюванні калібрів використовують принцип подібності (принцип Тейлора), згідно якому прохідний калібр повинен бути подібним до деталі, спряженої з контрольованою, а повинен контролювати розмір та форму на всій поверхні довжини спряження, а непрохідний калібр повинен перевіряти кожен параметр окремо. Тому непрохідний калібр має невелику довжину робочої поверхні і контакт з контрольованим елементом, який наближається до точкового. При цьому контролюється лише розмір.

Відповідно до принципу подібності, отвори треба контролювати пробками, а вали - кільцями. На практиці при конструюванні калібрів для контролю валів часто відступають

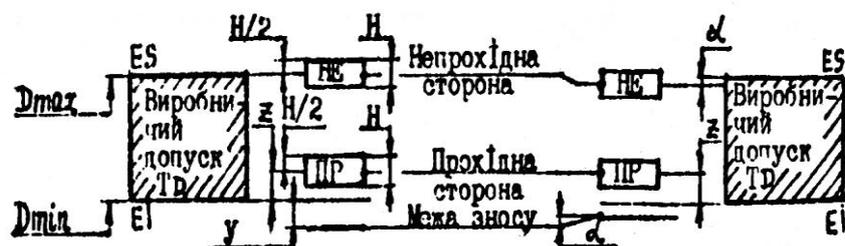
від принципу подібності. Вали контролюють скобами, щоб полегшити контроль на робочому місці, коли пал встановлено в центри верстата. Користуючись скобами, потрібно контролювати вал в кожному перетині в двох взаємно перпендикулярних напрямках.

4.5 ДОПУСКИ ГЛАДКИХ ГРАНИЧНИХ КАЛІБРІВ

Схема контролю допусків вала і отвору гладкими граничними калібрами представлена на рисунку 1.4.

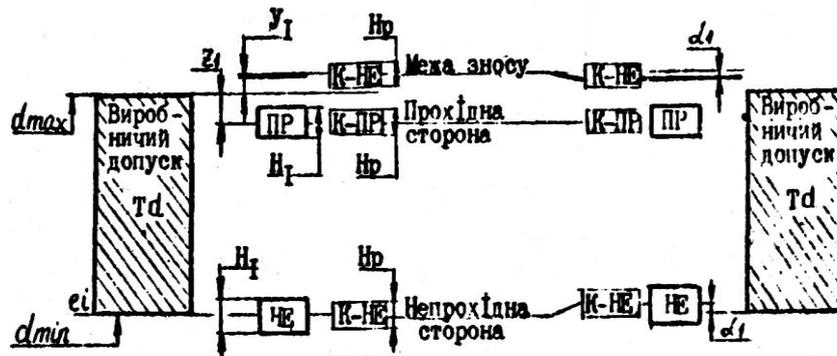
Допуски калібрів стандартизовані ГОСТ 24852-81 "Калібри гладкі для розмірів понад 500 до 3150 мм. Допуски" і ГОСТ - 24853-81 "Калібри гладкі для розмірів до 500 мм. Допуски".

Схеми розташування полів допусків калібрів показані на рис. 4.3



а) для розмірів $D \leq 180$ мм б) для розмірів $D > 180$ мм

Рисунок 4.3 - Схема полів допусків калібрів-пробок



а) для розмірів $d \leq 180$ мм; б) для розмірів $d > 180$ мм.

Рисунок 4.4- Схема полів допусків калібрів-скоб і контрольних калібрів відносно границь поля допуску вала .

Стандартами встановлені такі допуски на виготовлення (табл.4.1)

H - на виготовлення робочих калібрів-пробок ПР і НЕ для контролю отворів;

H_1 - виготовлення робочих калібрів-скоб ПР і НЕ для контролю валів;

H_p - на виготовлення контрольних калібрів (К-ПР, К-НЕ, К-З) для контролю скоб

На схемах рис.4.3 та 4.4 і табл.4.1 прийняті такі позначення:

Z - відхилення середини поля допуску прохідних калібрів-пробок ПР;

Z_1 - відхилення середини поля допуску, прохідних калібрів-скоб ПР;

$У$ - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібра-пробки ПР за границю поля допуску отвору;

$У_1$ - допустимий вихід розміру зношеного прохідного, калібра-скоби ПР за границю поля допуску вала;

α - величина компенсації похибки контролю калібрами-

пробками для отворів $D > 180$ мм;

α_1 - величина компенсації похибки контролю калібрами-скобами для валів $d > 180$ мм;

Величини допусків і відхилень калібрів залежать від номінального розміру і якості точності контрольованого виробу. Під допуском форми (див.табл.4.1 розуміється допуск на різномірність робочої поверхні калібра в будь-якому перетині на будь-якій довжині (наприклад, допуск круглості для пробок, допуск площинності робочих поверхонь - для калібрів-скоб).

Для прохідних калібрів, які при контролі зношуються, передбачено межу зносу. Для всіх розмірів (від 1 до 500 мм) знос калібрів ПР з допуском до IT8 включно може виходити за границю поля допуску деталі на величину U (для пробок) і U_1 (для скоб). Для квалітетів IT9 до IT17 $U=0$ і $U_1=0$.

У всіх прохідних калібрів (ПР) поля допусків H і H_1 зсунуті всередину поля допуску деталі на величину Z для калібрів-пробок і на Z_1 - для калібрів-скоб.

Поле допуску непрохідних калібрів (НЕ) для розмірів до 180 мм є симетричним відносно D_{\max} отворів і d_{\min} валів, тобто $\alpha=0$ і $\alpha_1=0$

При номінальних розмірах понад 180 мм поле допуску непрохідних калібрів (НЕ)зсунуте всередину поля допуску деталі на величину a для пробок і на a_1 - для скоб, для компенсації похибки контролю калібрами.

Зсув полів допусків калібрів і меж зносу їх прохідних сторін всередину поля допуску деталі усуває можливість спотворення характеру посадок і гарантує отримання розмірів придатних деталей.

Квалітет	Позначення допусків і відхилення	Інтервали розмірів, мм													Допуск на форму калібра
		до 3	понад 3 до 6	понад 6 до 10	понад 10 до 18	понад 18 до 30	понад 30 до 50	понад 50 до 80	понад 80 до 120	понад 120 до 180	понад 180 до 250	понад 250 до 315	понад 315 до 400	понад 400 до 500	
		Відхилення і допуски, мкм													
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8	IT1 IT2 IT1
	У	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7	
	α α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	
	Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	
	У ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	4	4	5	5	6	7	7	
	Н	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
	Н ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
Н _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8		
7	Z Z ₁	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11	IT2 IT1
	У У ₁	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9	
	α α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7	
	Н Н ₁	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	Н _p	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3	4,5	6	7	8	
8	Z Z ₁	2	3	3	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18	IT2 IT3 IT1
	У У ₁	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11	
	α α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	
	Н	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	Н ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
Н _p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10		
9	Z Z ₁	5	6	7	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32	IT2 IT3
	У У ₁	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	α α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9	
	Н	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	Н ₁	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	

	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	IT1
10	$Z Z_1$	5	6	7	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37	IT2 IT3 IT1
	$Y Y_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	$\alpha \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14	
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
11	$Z Z_1$	10	12	14	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55	IT4 IT1
	$Y Y_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$\alpha \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20	
	$H H_1$	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
	12	$Z Z_1$	10	12	14	16	19	22	25	28	32	45	50	65	
$Y Y_1$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$\alpha \alpha_1$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	30	35	
$H H_1$		4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27	
H_p		1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10	
13		$Z Z_1$	20	24	28	32	36	42	48	54	60	80	90	100	110
	$Y Y_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	$\alpha \alpha_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	35	45	55	
	$H H_1$	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	
	14	$Z Z_1$	20	24	28	32	36	42	48	54	60	100	110	125	145
$Y Y_1$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$\alpha \alpha_1$		0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	55	70	90	
$H H_1$		10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63	
H_p		2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15	

4.6 РОЗРАХУНОК ВИКОНАВЧИХ РОЗМІРІВ КАЛІБРІВ

Розрізняють номінальний і виконавчий розмір калібра.

Виконавчим називають розмір, проставлений на кресленні (на робочій поверхні) калібра таким чином, щоб допуск на його виготовлення був направлений в тіло калібра.

Для калібрів пробок (ПР, НЕ) та контрольних калібрів (К-ПР, К-НЕ, К-З), які є "валами", за виконавчий розмір приймають найбільший граничний розмір калібра з від'ємним відхиленням, рівним "Н" і "Нр" відповідно.

Для калібрів-скоб (ПР, НЕ), робоча поверхня яких є "отвором", за виконавчий розмір приймають найменший граничний розмір калібра з податнім граничним відхиленням, рівним "Н₁".

4.6.1 Калібри для контролю отворів.

Для контролю отворів використовують комплект калібрів-пробок: прохідну і непрохідну.

Поле допуску прохідної пробки (ПР) розташоване симетрично відносно відхилення Z, яке зсуває границю максимуму матеріалу отвору (D_{\min}) всередину виробничого допуску.

Поле допуску непрохідної пробки (НЕ) розташоване симетрично границі D_{\max} отвору (для $D \leq 180$ мм) і симетрично відносно зміщення α , заданого від D_{\max} (для $D > 180$ мм), рисунок 4.3.

Приклад розрахунку виконавчих розмірів калібрів-пробок для контролю отвору $\varnothing 200$ Н8 показаний в табл.4.2 на схемі, рисунок 4.5

4.6.2 Калібри для валів і віднесені до них контрольні калібри

Для контролю валів при виготовленні використовуються калібри-скоби.

Поле допуску прохідної скоби (ПР) розташоване симетрично відносно відхилення Z_1 , яке зсуває границю максимуму матеріалу вала d_{\max} всередину поля виробничого допуску, рисунок 4.4.

Поле допуску непрохідної скоби (НЕ) розташоване симетрично відносно границі мінімуму матеріалу вала (d_{\min}) для розмірів до 180 мм і симетрично відносно зміщення α_1 , заданого від d_{\min} , рисунок 4.4.

Для контролю розмірів калібрів-скоб використовуються контрольні калібри і (контркалібри). За конструкцією це є калібри-пробки. Виготовляють три таких калібри: К-ПР, К-НЕ та К-З.

Калібр-пробка контрольний К-ПР використовується для контролю калібра-скоби ПР. Поле допуску контркалібра К-ПР розташоване симетрично відносно відхилення Z_1 , заданого від d_{\max} контрольованого вала, рис.4.4

Калібр-пробка контрольний К-З використовують для контролю зносу калібра-скоби ПР. Поле допуску контркалібра К-З розташоване симетрично відносно межі зносу, заданої відхиленням Y_1 від d_{\max} (для розмірів до 180 мм) і симетрично відносно зміщення α_1 , заданого від Y_1 (для розмірів понад 180 мм).

Калібр пробка контрольний К-НЕ використовують для контролю непрохідної калібра-скоби НЕ. Поле допуску контркалібра К-НЕ розташовано симетрично відносно границі мінімуму матеріалу вала d_{\min} (для розмірів до 130 мм) і симетрично відносно зміщення α_1 , заданого від d_{\min} вала.

Приклад розрахунку виконавчих розмірів калібрів-скоб для контролю вал $\text{Ø}200\text{h}7$ і віднесених до них контрольних калібрів-пробок показаний в табл.4.2 і на схемі, рисунок 4.6.

4.7 Правила контролю калібрами.

При контролі отвору і вала прохідними калібрами ПР робітникам треба користуватись новими калібрами, а

контролерові заводу-виготовлювача і представникові заводу-замовника - зношеним калібром.

При контролі отвору калібром-пробкою НЕ робітникам слід користуватися калібром з розміром, близьким до найменшого граничного розміру пробки НЕ, а контролери заводу-виготовлювача і представник заводу-замовника - пробками, з розмірами, близькими до найбільшого граничного розміру пробки НЕ.

При контролі вала скобою НЕ робітникам слід користуватися калібром з розміром, близьким до найбільшого граничного розміру скоби НЕ, а контролерам заводу-виготовлювача і представникам заводу-замовника - калібром з розміром, близьким до найменшого граничного розміру скоби НЕ.

При контролі деталей робочі прохідні калібри-пробки ПР і калібри-скоби ПР повинні вільно проходити (через отвір або над валом, відповідно) під дією власної маси (або зусилля, не більшого 1Н).

Робочі непрохідні калібри пробки НЕ і калібри-скоби НЕ не повинні проходити (через отвір або над валом відповідно) під дією власної маси (або зусилля, не більшого 1Н).

Контрольні калібри-пробки К-ПР і К-НЕ (котркалібри) є прохідними.

Калібр-скоба ПР при контролі повинен ковзати (без похитувань) над контрольним калібром-пробкою К-ПР під дією власної маси (або зусилля, не більшого 1Н).

Калібр-скоба НЕ при контролі повинен ковзати (без похитувань) над контрольним калібром-пробкою К-НЕ під дією власної маси (або зусилля, не більшого 1Н).

Контрольний калібр-пробка К-З є непрохідним. Калібр-скоба ПР не повинен проходити над контрольним калібром-пробкою К-З під дією власної маси (або зусилля, не більшого 1Н).

4.8 МАРКУВАННЯ КАЛІБРІВ

На кожному калібрі повинні бути нанесені:

- а) номінальний розмір отвору (вала);
- б) позначення поля допуску отвору (вала);
- в) числові величини граничних відхилень отвору (вала);
- г) позначення призначення калібра. (наприклад, ПР, К-ПР і ін.);
- д) товарний знак заводу виготовлювача.

4.9 ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ

Обчислити виконавчі розміри калібрів-пробок для контролю отвору $\varnothing 200H8$ і калібрів-скоб для контролю вала $\varnothing 200h7$, а також віднесених до них контрольних калібрів-пробок К-ПР, К-НЕ, К-З.

Граничні відхилення розмірів знаходяться по ГОСТ 25346-89 (див. табл. 6.7, [2]) або по ГОСТ 25347-82; мм:

для отвору $\varnothing 200H8$ $ES = +0,072$; $EI = 0$;

для вала $\varnothing 200h7$ $es = +0,077$; $ei = +0,031$.

Допуски і відхилення калібрів визначаються по ГОСТ 24653-81 (або по табл.4.1); мкм :

$H = H_1 = 10$; $H_p = 4,5$; $Y = 7$; $Y_1 = 6$; $Z = 12$; $Z_1 = 4$;
 $\alpha = 4$; $\alpha_1 = 3$.

Схеми полів допусків калібрів і контркалибрів показані на рис.4.5 та 4.6; виконавчі розміри калібрів занесені в таблицю 4.2.

При розрахунку виконавчих розмірів треба користуватись правилами округлення:

- виконавчі розміри калібрів для виробів квалітетів IT6 до IT14 і контркалибрів до них слід округлювати до величин, кратних 0,5 мкм, при цьому допуск на калібри зберігається;

- розміри, які закінчуються на 0,25 в 0,75 мкм, треба округлювати до величин, кратних 0,5 в сторону зменшення виробничого допуску.

Ескізи калібрів-пробок для контролю отвору $\varnothing 200H8$ показані на рис.4.1, а калібрів-скоб для контролю вала $\varnothing 200h7$

– на рис.4.2.

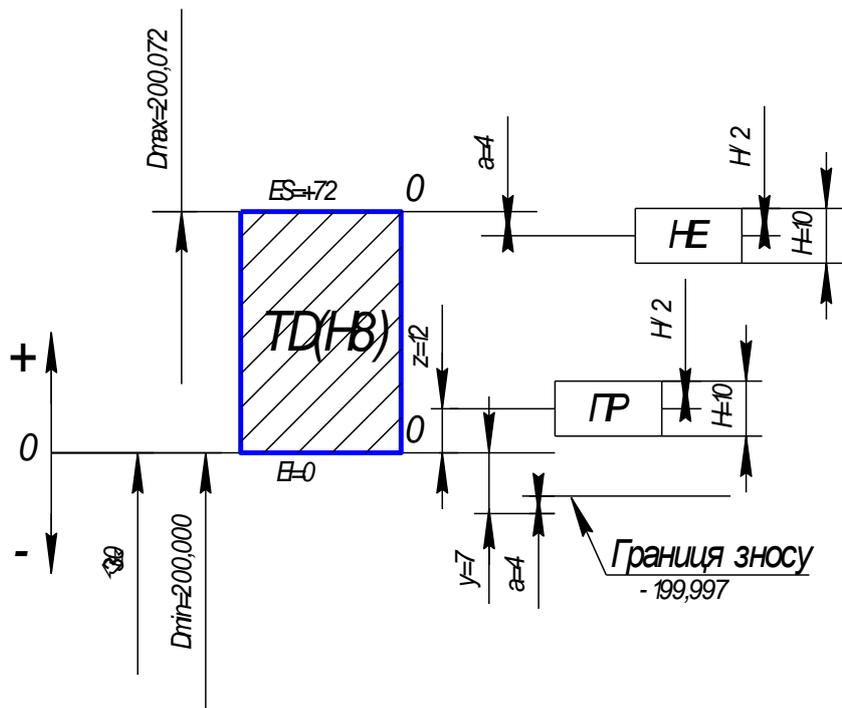


Рисунок 4.5- Схема полів допусків калібрів-пробок для контролю отвору $\varnothing 200H8$

Таблиця 4.2 - Виконавчі розміри калібрів для контролю отвору Ø200 Н8 і вала Ø200n7

Маркування калібра	Призначення калібра	Вид калібра	Граничні розміри, мм		Розміри межі зносу		Виконавчий розмір	
			<i>max</i>	<i>min</i>	формула	величина	формула	величина
200Н8 ^(+0,072) ПР	робочий	пробка	200,017	200,007	$D_{\min} - Y + \alpha$	199,997	$(D_{\min} + Z + \frac{H}{2})_{-H}$	200,017 _{-0,01}
200Н8 ^(+0,072) НЕ	робочий	пробка	200,073	200,063	-----	-----	$(D_{\max} - \alpha + \frac{H}{2})_{-H}$	200,073 _{-0,01}
200n7 ^($\begin{smallmatrix} +0,077 \\ +0,031 \end{smallmatrix}$) ПР	робочий	скоба	200,075	200,065	$d_{\max} + Y_1 + \alpha_1$	200,080	$(d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2})_{+H_1}$	200,065 ^{+0,01}

$200n7 \begin{matrix} +0,077 \\ +0,031 \end{matrix} HE$	рабочий	скоба	200,039	200,029	-----	-----	$(d_{\min} + \alpha_1 - \frac{H_1}{2})^{+H_1}$	$200,029^{+0,01}$
$200n7 \begin{matrix} +0,077 \\ +0,031 \end{matrix} K - ПР$	контрольный	скоба	200,072	200,0675	-----	-----	$(d_{\max} - Z_1 + \frac{H_p}{2})_{-H_p}$	$200,072_{-0,0045}$
$200n7 \begin{matrix} +0,077 \\ +0,031 \end{matrix} K - HE$	контрольный	скоба	200,0365	200,032	-----	-----	$(d_{\min} - \alpha_1 + \frac{H_p}{2})_{-H_p}$	$200,0365_{-0,0045}$
$200n7 \begin{matrix} +0,077 \\ +0,031 \end{matrix} K - 3$	контрольный	скоба	200,082	200,0775	-----	-----	$(d_{\max} + Y_1 - \alpha_1 + \frac{H_p}{2})_{-H_p}$	$200,082_{-0,0045}$

Задача №9

Побудувати схеми розташування полів допусків та обчислити виконавчі розміри калібрів-пробок для контролю отвору:

1. $\varnothing 15H9$, 2. $\varnothing 22H8$ 3. $\varnothing 24H9$ 4. $\varnothing 25G7$ 5. $\varnothing 29H7$
6. $\varnothing 30Js7$ 7. $\varnothing 35H9$ 8. $\varnothing 38H7$ 9. $\varnothing 40H9$ 10. $\varnothing 44H7$
11. $\varnothing 52H7$ 12. $\varnothing 54H7$ 13. $\varnothing 62H10$ 14. $\varnothing 40H10$
15. $\varnothing 15F8$ 16. $\varnothing 35D8$

Задача №10

Побудувати схеми розташування полів допусків та обчислити виконавчі розміри калібрів-скоб для контролю вала:

1. $\varnothing 22h6$ 2. $\varnothing 30m6$ 3. $\varnothing 35h9$ 4. $\varnothing 47h8$ 5. $\varnothing 79h8$
6. $\varnothing 22js6$ 7. $\varnothing 52,2h8$ 8. $\varnothing 35h8$ 9. $\varnothing 47h9$ 10. $\varnothing 70h9$
11. $\varnothing 50k6$ 12. $\varnothing 31d9$ 13. $\varnothing 52.2js7$ 14. $\varnothing 102h9$
15. $\varnothing 102h10$ 16. $\varnothing 27h7$

Задача №11

Визначити, чи можна користуватися калібром, якщо при вимірюванні його, отримано такий дійсний розмір, мм:

1. $15H9$ ПР – 15,001 2. $22H8$ НЕ – 22,035
3. $35h9$ ПР – 34,998 4. $47h8$ НЕ – 46,965
5. $29H7$ ПР – 28,998 6. $30Js7$ НЕ – 30,025
7. $52,2h8$ ПР – 52,199 8. $35h8$ НЕ – 34,997
9. $40H9$ ПР – 40,000 10. $44H7$ НЕ – 44,008
11. $52H7$ ПР – 51,997 12. $31d9$ НЕ – 31,880
13. $62H10$ ПР – 62,004 14. $40H10$ НЕ – 40,102
15. $102h10$ ПР – 102,995 16. $35D8$ НЕ – 35,120

4.10 Запитання для самоконтролю

1. Чим відрізняються операції вимірювання та контролю і коли кожен з вказаних видів застосовується?
2. Що таке калібр, коли користуються калібрами?

3. Які є калібри за способом обмеження відхилень деталі?
4. Які є типи калібрів за формою робочих поверхонь, за призначенням?
5. Поясніть принцип подібності при конструюванні калібрів.
6. Поясніть ескізом принципи контролю отворів і валів граничними калібрами.
7. Які конструктивні відмінності і для чого існують прохідні і непрохідні граничні калібри?
8. Побудувати схеми розташування полів допусків робочих та контрольних калібрів (див. задачі 9, 10).
9. Які особливості схем розташування полів допусків граничних калібрів для контролю розмірів понад 180 мм?
10. Як розташовані поля допусків калібрів-пробок (ПР.НЕ); калібрів-скоб (ПР.НЕ); контрольних калібрів-пробок (К-ПР, К-НЕ, К-З) відносно виробничого допуску?
11. Для яких допусків межа зносу прохідних граничних калібрів може вихопити за границю поля допуску деталі?
12. Сформулюйте правило призначення виконавчих розмірів калібрів-пробок; калібрів-скоб; контрольних калібрів-пробок?
13. Які основні правила користування калібрами?
14. Як маркуються калібри?

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

"Визначення придатності калібрів-пробок на вертикальному оптиметрі"

5.1 Мета та завдання.

Практичне ознайомлення з відносним методом вимірювання. Вивчення конструкції та набуття навиків вимірювання на вертикальному оптиметрі ИКВ. Визначення придатності калібрів-пробок.

5.2 Основні теоретичні положення.

Основні теоретичні положення про контроль отворів калібрами, про допуски граничних калібрів-пробок викладені в розділі 4.5 - 4.8 Лабораторну роботу №3 виконують після практичного заняття на тему "Допуски гладких граничних калібрів".

5.3 Конструктивні особливості оптиметрів.

Оптиметри відносяться до оптико-механічних засобів вимірювання, їх використовують в лабораторіях технічних вимірювань, а також цехових умовах при виготовленні виробів, які вимагають точних лінійних вимірювань. Вимірюють лінійні розміри контактним відносним методом (прямим або непрямим методом, залежно від конструкції деталі).

Основним вузлом оптиметрів є трубка оптиметра, яка може мати вертикальне або горизонтальне розташування осі (вертикальний і горизонтальний оптиметр відповідно).

5.3.1 Оптична схема трубки оптиметра.

Оптична схема трубки оптиметра представлена на рисунку 5.1.

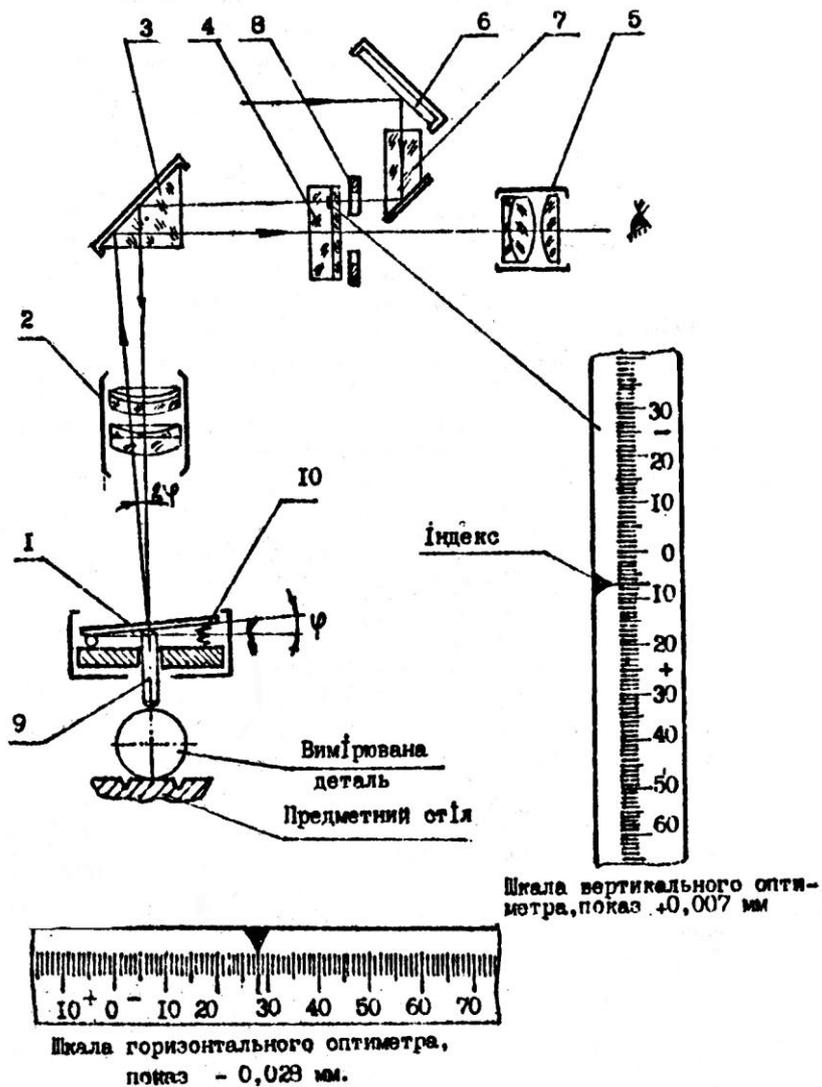


Рисунок 5.1 – Оптична схема трубки оптиметра

Освітлювальну систему трубки оптиметра складають дзеркало 6 і освітлювальна призма 7. Світло в трубку потрапляє від стороннього джерела, наприклад, вікна, і

направляється дзеркалом 6 через призму 7 на пластину з шкалою і індексом (нерухомим вказівником, що має форму конуса з стрілкою). Шкала нанесена на верхній частині пластини 4 і закрита від спостерігача шторками 8, а індекс знаходиться в фокальній площині окуляра оптиметра.

Від пластини 4 промені потрапляють на поворотну призму 3, яка змінює хід променів на 90° , направляючи в об'єктив 2. Після об'єктива промені падають паралельним пучком на дзеркало 1, яке може відхилитися на невеликі кути φ під дією вимірювального штифта 9. Нижній кінець штифта (вимірювальний накінецьник приладу) контактує з вимірювання деталлю. Вимірювальне зусилля накінецьника оптиметра створюється пружиною 10.

При осьовому переміщенні штифта 9 дзеркало і відхиляється на деякий куті φ , і промені, відбиваючись від нього під кутом φ знову потрапляють в об'єктив 2, проходять призму, пластину 4, окуляр 5, направляються в око спостерігача. При цьому видно нерухомий індекс та зсунуте зображення шкали, яке рухається узгоджено з переміщенням штифта 9 по верхні вимірюваної деталі.

Коли накінецьник штифта 9 не є в контакті з вимірюваною деталлю, дзеркало 1 (під дією пружини 10) повертається у вихідне положення, і промені, які ідуть від освітлювальної системи, відбившись від нього повертаються тим самим шляхом, не потрапляючи в окуляр 5 до спостерігача. При цьому в окулярі видно лише нерухомий індекс.

Характеристиками трубки оптиметр є ціна поділки шкали $0,001$ мм/границі вимірювання шкали $\pm 0,1$ мм та збільшення 960^x .

5.3.2 Вертикальний оптиметр ИКВ.

Вертикальний оптиметр призначений для зовнішніх вимірювань довжин в границях від 0 до 180 мм і діаметрів від

0 до 150 мм.

Зовнішній вигляд вертикального оптиметра ИКВ представлений на рисунку 5.2'

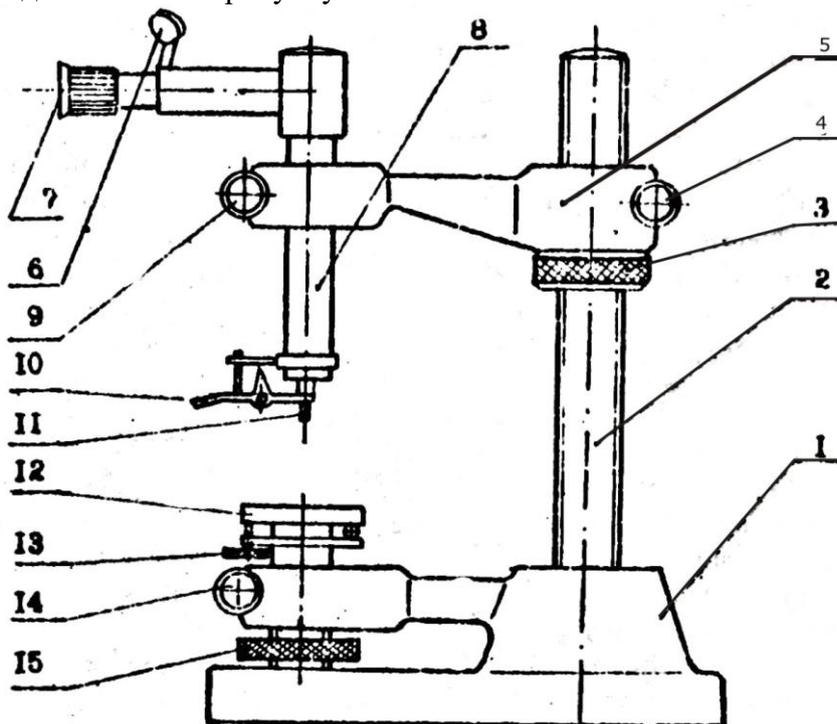


Рисунок 5.2- Вертикальний оптиметр ИКВ

На основі 1 приладу закріплена стійка 2 з кронштейн 5. На зовнішній поверхні стійки нарізана прямокутна різьба, по якій при допомозі гайки 3 можна плавно переміщати кронштейн 5 з трубкою оптиметра 8: Це переміщенні використовується при грубому настроюванні приладу на розмір (на нуль). Положення кронштейна на стійці фіксують гвинтом 4.

Трубка оптиметра встановлена в отвір кронштейна і стопориться гвинтом 9.

В нижньому кінці трубки оптиметра знаходиться кільце з аретиром 10, основним призначенням якого є підняти вимірювальний накінецьник 11 перед вимірюванням деталі.

На основі 1 в розрізаній муфті встановлена основа стола 12. Стіл можна переміщати вверх-вниз гайкою 15. Переміщення стола використовуються для точного настроювання приладу на розмір (на нуль). При цьому гвинт 14, фіксуючий положення стола, має бути відпущеним.

На основі стола 12 на трьох опорах, (кульці і двох установочних гвинтах 13) встановлений верхній рухомий предметний стіл з ребрами.

Поворотом гвинтів 13 регулюється положення вимірювальної площини стола так, щоб вона було перпендикулярною до осі трубки оптиметра.

5.3.3 Настроювання вертикального оптиметра ИКВ.

Вертикальний оптиметр вимірює відносним методом. В зв'язку з цим, перед вимірюванням треба прилад настроїти на розмір (на нуль). Настроювання на розмір виконують при допомозі плоско-паралельних кінцевих мір довжини (див. розділ 1, п.1.2.2).

Попереднє (грубе) настроювання оптиметра.

На стіл 12 встановлюють блок кінцевих мір, який відповідає номінальному розміру вимірюваної деталі. Дзеркало 6 (рис.5.2) повертають так, щоб в окулярі 7 було видно індекс (конічний вказівник).

Відпустивши гвинт 4, встановлюють кронштейн 5 на стійці 2 на розмір, який є трохи більшим від підібраного блоку кінцевих мір. Потім, шляхом обертання гайки 3, опускають кронштейн так, щоб накінецьник 11 торкнувся блоку мір. При цьому повинна появитись шкала в полі зору окуляра 6. В цей момент фіксують положення кронштейна гвинтом 4.

Точна настройка оптиметра.

Точне настроювання шкали оптиметра на розмір (на

нуль) виконується шляхом переміщення верхньої частини стола 12 в муфті . Для цього треба відпустити гвинт 14 і обертати гайку 15 переміщення стола. Настроювання вважається завершеним, якщо нульовий штрих шкали співпадає 1 індексом при фіксованому столі гвинтом 14.

Закріпивши стіл, необхідно шляхом аретування перевірити правильність точного настроювання на нуль шкали. Якщо шкала зміститься відносно індекса, потрібно повторити операцію точної установки приладу на нуль.

Операції настроювання оптиметра на розмір (на нуль) закінчується зняттям блоку кінцевих мір з стола, попередньо піднявши аретиром 10 накінецьник трубки оптиметра.

5.4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Кожен студент отримує комплект робочих калібрів-пробок (ПР, НЕ) згідно варіанта задачі 9 (див.с.41).

5.4.1 Ознайомитись з конструкцією і способом настроювання вертикального оптиметра ИКВ. Заповнити табл.3.1 звіту.

5.4.2 Побудувати схему полів допусків та обчислити виконавчі розміри калібрів-пробок, користуючись стандартами ГОСТ 25346-89 (або табл.3, 6, 2),ГОСТ 25347-82, а також ГОСТ 24853-81 (див.табл.1) Заповнити табл.3.2 звіту. .

5.4.3 Настроїти шкалу оптиметра на розмір (на нуль). Для цього треба вибрати блок кінцевих мір довжини, керуючись величиною виконавчого розміру кожного калібра-пробки і можливостями набору мір (див. розділ 1, п. 1.2.2)

Виконати грубе і точне настроювання шкали оптиметра на розмір (на нуль), див.п.5.3.3.

5.4.4 Вимірювання калібрів-пробок.

При допомозі аретира 10 (див.рис.5.2) треба підняти вимірювальний накінецьник 11, ввести під нього калібр-пробку, опустити накінецьник до стику з калібром.

При вимірюванні циліндричних поверхонь (а такою є робоча поверхня калібра-пробки) важливо не допустити перекосів. Калібр-пробку треба притиснути пальцями щільно до поверхні стола і легенько прокочувати під накінецьником, спостерігаючи за шкалою в окулярі.

Таким чином вдається виявити діаметр в кожному перетині пробки, де виконуються вимірювання. Показ оптиметра записують при найбільш високому положенні шкали (тоді, коли шкала при підніманні зупиняється і починає оплітатись). Сама цей показ відповідає діаметру калібра-пробки у вимірюваному перетині. Кожну пробку вимірюють в декількох перетинах по висоті у взаємно-перпендикулярних напрямках. Результати вимірювань заносять в табл.3.3 звіту.

Дійсний розмір калібра-пробки обчислюють по формулі

$$d_d (\text{ПР, НЕ}) = M \pm \delta, \text{ мм}$$

де M - розмір блоку кінцевих мір довжини; δ - відлік по шкалі оптиметра.

5.4.5 Визначають придатність калібрів-пробок. Порівнюють отримані дійсні розміри калібрів-пробок з граничними розмірами, обчисленими в табл.3.2. Висновок про придатність роблять, виходячи з найбільшого з усіх дійсних розмірів, отриманих для кожної пробки.

5.5 ЗВІТ
до лабораторної роботи №3
"Визначення придатності калібрів-пробок на
вертикальному оптиметри".

ЗАВДАННЯ: Визначити придатність калібрів-пробок
для контролю отвору _____

Призначення вертикального оптиметра ИКВ

Рисунок___ - Оптична схема вертикального
оптиметра

Таблиця 3.1 - Метрологічні показники вертикального
оптиметра ИКВ

Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювань шкали	Діапазон вимірювань приладу, мм	Метод вимірювання

Таблиця 3.2 - Розрахунок виконавчих розмірів пробок

Маркування калібра- пробки	Граничні розміри . калібрів-пробок, мм		Розмір зношеної пробки	Виконав- чий розмір, мм
	Найбіль- ший	Наймен- ший		

Таблиця 3.3 - Результати вимірювання калібрів-пробок _____

Маркуван- ня калібра- пробки	Вихідний розмір при настроюванн і, мм М	Відхилення по шкалі оптиметра, мм δ	Дійсний розмір, мм $d_d = M \pm \delta$	Висно- вок про Придат- ність
		1.		
		2.		
		3.		
		1.		
		2.		
		3.		

Рисунок ____ - Ескізи калібрів-пробок.

5.6. Запитання для самоконтролю .

- 1 До якого типу засобів вимірювання за конструктивною ознакою відноситься оптичний вертикальний?
- 2 Дайте обґрунтування щодо методів вимірювання, якими вимірює оптичний вертикальний?
- 3 Перечисліть метрологічні показники оптичного вертикального.
- 4 Для яких робіт призначений вертикальний оптичний?
- 5 Чим пояснити те, що в окулярі оптичного не завжди можна спостерігати шкалу? Коли вона з'являється?
- 6 Як виконують грубе налаштування оптичного на розмір? Як виконують точне налаштування оптичного?
- 7 Поясніть призначення деталей 3,4,8,9,10,13,14,15 в конструкції оптичного (див.рис.5.2).

6. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 **"Визначення придатності калібра-скоби на** **горизонтальному оптиметри"**

6.1 Мета і завдання.

Практичне ознайомлення з відносним методом вимірювання. Вивчення конструкції та набуття навиків вимірювання, на горизонтальному оптиметри ІКГ. Визначення придатності калібрів-скоб.

6.2 Основні теоретичні положення.

Основні теоретичні положення про контроль валів калібрами, про допуски граничних калібрів-скоб викладені в розділах 4.5 - 4.8. Лабораторну роботу №4 виконують після практичного заняття на тему "Допуски гладких граничних калібрів".

6.3 Опис конструкції горизонтального оптиметра ІКГ.

Загальні конструктивні особливості оптиметрів та оптична схема трубки оптиметрів описана в лабораторній роботі № 3 (див. розділ 5.3, п.5.3.1).

Основний вузол горизонтального оптиметра - трубка оптиметра, має горизонтальну вісь, шкала цього приладу також горизонтальна, а стрілка індекса (нерухомого вказівника) направлена вниз.

6.3.1 Горизонтальний оптиметр ІКГ.

Горизонтальний оптиметр ІКГ призначений для вимірювання зовнішніх поверхонь від 0 до 350 мм і внутрішніх поверхонь від 13,5 до 360 мм. Метод вимірювання контактний, відносний (прямий або непрямої, залежно від конструкції деталі).

Зовнішній вигляд горизонтального оптиметра ІКГ

представлений на рисунку 6.1

Прилад має масивну основу 1, в якій закріплено горизонтальний вал 2 з двома кронштейнами 8 установленими на направляючих шпонках. Кронштейни можуть перемітатися-вздовж горизонтальної осі під час попередньої (грубої) установки оптиметра на розмір. Гвинти 14 фіксують положення кронштейнів після настроювання і при вимірюванні.

В лівому кронштейні встановлена піноль 9 з гвинтом 10 механізму мікроподачі вимірювального штифта пінолі. Цей механізм фіксується стопором 11. В правий кронштейн встановлюється трубка оптиметра 7. Піноль і трубку оптиметра можна переміщати в кронштейнах вздовж горизонтальної осі, а їх положення фіксується гвинтами 12.

Для вимірювання розмірів внутрішніх поверхонь (отворів) на трубку оптиметра і піноль надягають тримачі 6, на осях яких закріплені вимірювальні дуги 5 з сферичними накінецьниками 4. Один з накінецьників кожної дуги вводиться в контакт з вимірюваною деталлю, а другий-з вимірювальними штифтами пінолі або трубки оптиметра відповідно. Вимірювальну дугу трубки оптиметра можна відводити при допомозі аретира 23 яри настроюванні приладу і при вимірюванні.

Вимірювальний стіл 3 оптиметра монтується в основі 1. Він може переміщатися в трьох взаємно перпендикулярних напрямках (вверх-вниз, в горизонтальній площині в двох координатах), а також коливатися навколо вертикальної та горизонтальної осей.

Вертикальне переміщення стола (вверх-вниз) здійснюється маховиком 15 при відпущеному стопорному гвинті 16. Передбачені гвинти 24 обмеження вертикального ходу.

Поперечне переміщення стола в горизонтальній площині виконується кремальєрою 20.

Поздовжнє переміщення верхньої, частини стола 3 проходить вільно, прикладенням незначних зусиль завдяки тому, що цей стіл встановлено на кулькових направляючих (стіл є плаваючим).

Коливання стола навколо горизонтальної поперечної осі виконується ексцентриком 21. Передбачена фіксація цього переміщення гвинтом 22. Коливання стола відносно вертикальної осі виконується ручкою.

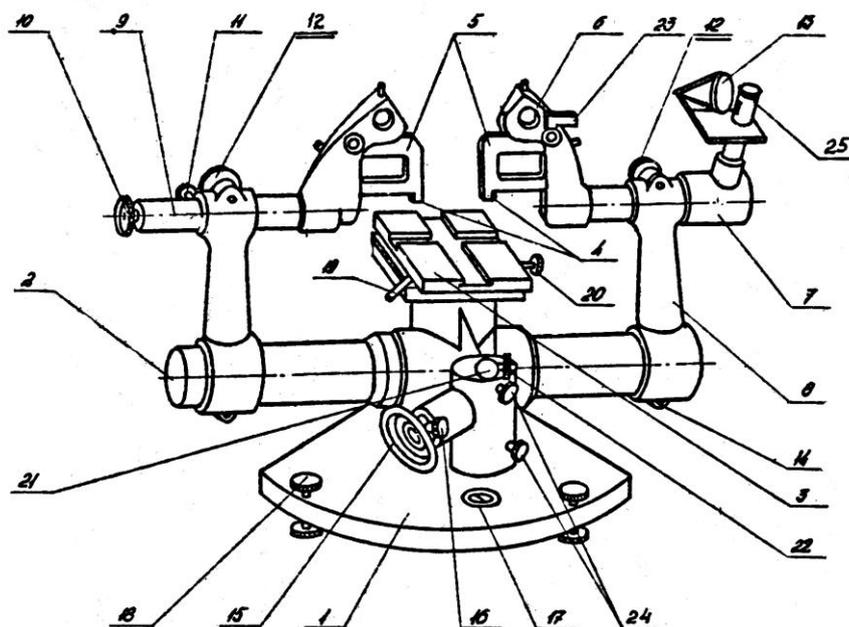


Рисунок 6.1 – Горизонтальний оптиметр ИКТ

Коливання предметного стола навколо вертикальної та горизонтальної осей використовується при настроюванні оптиметра на розмір (на нуль), зокрема, щоб виставити вимірювані поверхні перпендикулярно до лінії вимірювання, яка проходить через сферичні накінецьники дуг оптиметра.

Верхня частина предметного стола горизонтального оптиметра має Т-видні пази для спеціальних струбцин, якими кріплять вимірювану деталь при вимірюванні.

6.3.2 Настроювання горизонтального оптиметра ИКГ.

В зв'язку з тим, що оптиметри вимірюють відносним методом, перед вимірюванням шкалу приладу треба настроїти на розмір (на нуль). при допомозі кінцевих мір довжини (див. розділ 1, п.1.2.2.).

Треба скласти блок кінцевих мір необхідного розміру і закріпити його в державці, зображеній на рис.6.2. Державку використовують при настроюванні для вимірювань внутрішніх поверхонь (отворів).

Блок кінцевих мір встановлюють між двома боковиками 2 і закріплюють гвинтом 3. При цьому утворюється скоба, віддаль між боковиками якої дорівнює вихідному розміру М.

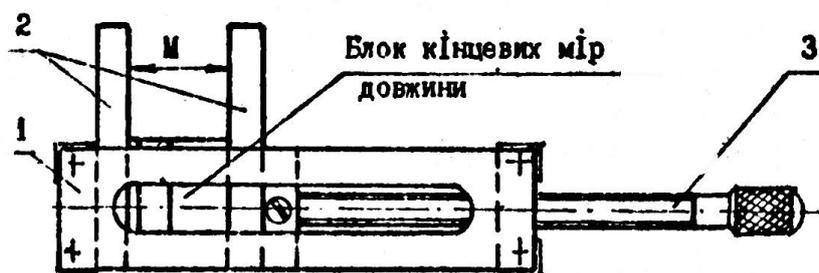


Рисунок 6.2- Державка з блоком кінцевих мір.

Державку закріплюють струбциною на столі оптиметра. Боковики державки треба розмістити, симетрично відносно Т-видного паза стола, а стіл має знаходитись в нижньому положенні.

Треба звільнити гвинт .16 (див. рис.6.1), який стопорить вертикальне переміщення стола, і маховиком 15 підняти стіл на лінію вимірювання. Після цього знову фіксувати положення стола гвинтом 16.

Грубе настроювання горизонтального оптиметра на розмір (на нуль).

Дзеркало 13.(див.рис.6.1) треба повернути так, щоб в окулярі 25 було видно індекс.

Спочатку потрібно, щоб вимірювальні накінецьники 4 торкнулися поверхонь боковиків державки. Для цього використовують переміщення кронштейнів 8 на валу 2 при відпущених гвинтах 14. Момент грубого настроювання приладу можна помітити при появі шкали в полі зору окуляра. В цей час підводять 0-вий штрих шкали до індексу, а потім фіксують гвинтами 14 положення кронштейнів 8. Фіксування викличе деяке зміщення шкали, яке треба усунути при точному настроюванні.

Точне настроювання шкали. Ціль точного настроювання - виставити 0-вий штрих шкали навпроти індекса при розташуванні поверхонь боковиків перпендикулярно до лінії вимірювання пінолі і оптиметра.

Відпускають стопорний гвинт 11 механізму мікроподачі пінолі. Поворотом гвинта 10 встановлюють зображення шкали на нуль і фіксують гвинтом 11.

Щоб знайти правильне положення, боковиків відносно лінії вимірювання (див.рис.6.3), слід повертати стіл 12 навколо вертикальної горизонтальної осей, спостерігаючи переміщення шкали в окулярі трубки оптиметра 25.

Спочатку важелем 19 повертають стіл 3 навколо вертикальної осі до моменту, коли шкала змінить напрям переміщення, досягнувши найменшого показу, враховуючи знак(+ чи -). Саме тоді боковики державки займають положення, перпендикулярне до лінії вимірювання. від цього положення приведе до збільшення віддалі між вимірювальними накінецьниками, бо всяка гіпотенуза більша від катета. Далі, відпускають гвинт 11 і мікрогвинтом 10 встановлюють шкалу на нуль.

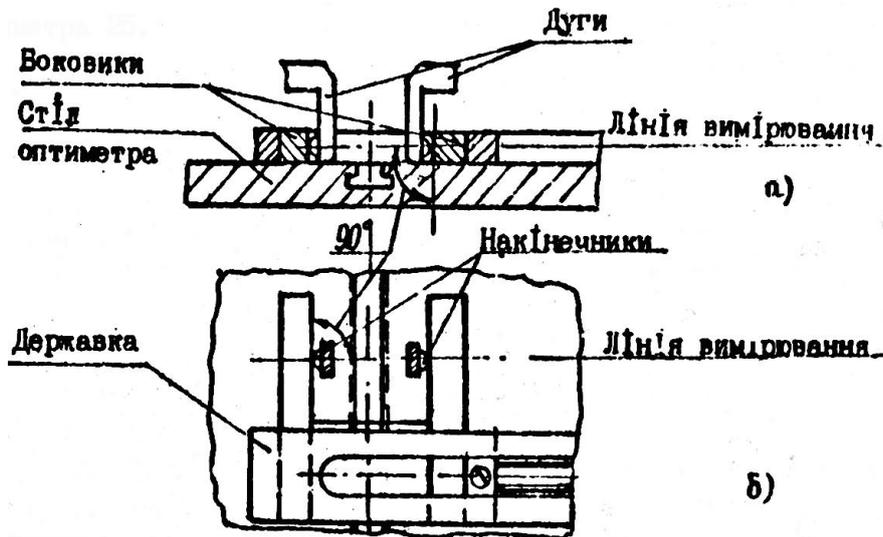


Рисунок 6.3- Правильне положення боковиків державки. відносно лінії вимірювання

Ексцентриком 21 при відпущеному гвинті 22, легенько коливають стіл навколо горизонтальної осі, шукають положення боковиків, яке відповідає ряс. 6.6. Коливаючи стіл, потрібно також спостерігати за шкалою в окулярі 25, щоб зупинити стіл тоді, коли шкала міняє напрям переміщення, досягнувши найменшого показу, враховуючи - знак показу. Таке положення боковиків відповідає перпендикуляру між ними і лінією замірювання в вертикальній площині. Після цього фіксують положення стола гвинтом 22. Відпускають стопор 11 і мікрогвинтом 10 встановлюють шкалу на нуль.

Якщо прилад правильно настроєний на розмір, то при повторних поворотах стола важелем 19 та ексцентриком 21, зображення шкалі зміститься від індексу тільки "в плюс", тобто в сторону збільшення розміру. Це означає, що прилад настроєний на вихідний розмір блоку кінцевих мір довжини, і накінецьники торкаються боковиків в місці перпендикулярів

(див. рисунок 6.3, а,б)

Операція настроювання закінчується зняттям державки з стола приладу. Для цього відводять накінецьник дуги трубки оптиметра при допомозі аретира 23 (див.рис.6.6, відпускають гвинт 16 і маховиком 15 опускають стіл.

6.4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Кожен студент отримує калібр-скобу згідно варіанта задачі 10 (див.с.41).

6.4.1 Ознайомитись з конструкцією і правилами настроювання і вимірювання горизонтального оптиметра ИКГ. Заповнити табл.4.1.звіту.

6.4.2 Побудувати схему полів допусків та обчислити виконавчі розміри калібра-скоби, користуючись стандартами ГОСТ 25346-25347-82 (див.табл.3.7[2]), а також ГОСТ 24853-61 (див.табл.1). Заповнити табл.4.2. звіту.

6.4.3 Настроїти шкалу оптиметра на розмір (на нуль). Для цього вибрати блок кінцевих мір довжини, керуючись величиною виконавчих розмірів скоб ПР та НЕ і можливостями набору мір (див. розділ 1, п.1.2.2.).

Виконати грубе і точне настроювання шкали оптиметра на вихідний розмір (на нуль), див. п 6.3.2.

6.4.4 Виміряти розміри калібра-скоби. Калібр-скобу розміщують на столі 3 (див рис.6.1)- так, щоб робочі поверхні знаходились симетрично відносно Т-видного паза, і закріплюють струбциною. Стіл піднімають поворотом маховика 15 (при відпущеному гвинті 16) на лінію вимірювання. Щоб накінецьники 4 не вдарились у робочі поверхні скоби, необхідно, піднімаючи стіл, натискати на аретир 23.

В зв'язку з тим, що робочі поверхні скоби розміщені відносно лінії вимірювання довільно, необхідно провести операцію вивірки: встановити робочі поверхні скоби перпендикулярно до лінії вимірювання в вертикальній і

горизонтальній площинах. Вивірку виконують аналогічно до настроювання (див,п.6.3.2), але гвинти 11,12,14, які фіксують установку оптиметра на вихідний розмір (на нуль), повинні бути застопорені.

Поворотом стола навколо вертикальної і горизонтальної осей знаходять правильне положення робочих поверхонь скоби відносно лінії вимірювання, яке відповідає перпендикуляру. В окулярі це положення проявляється при зміні напрямку переміщення шкали відносно індексу. Саме в таких положеннях знімають покази шкали в декількох перетинах робочої поверхні прохідної і непрохідної частин скоби і заносять в табл.4.3.звіту.

Дійсний розмір робочих зон калібра-скоби визначається:

$$D_d (\text{ПР, НЕ}) = M \pm \delta, \text{ мм}$$

це М - розмір блоку кінцевих мір довжини (вихідний розмір),

δ - відлік по шкалі оптиметра.

Прохідну і непрохідну частини калібра-скоби вимірюють а трьох перетинах, переміщаючи стіл 3 при, допомозі кремальєри 20, повторюючи вивірку.

6.4.5 Визначають придатність калібра-скоби. Порівнюють отримані дійсні розміри з граничними розмірами, обчисленими в табл.4.2. Висновок про придатність роблять, виходячи з найменшого з усіх дійсних розмірів, отриманих для кожної частини скоби.

З В І Т
до лабораторної роботи №4
"Визначення придатності калібра-скоби на
горизонтальному оптиметрі ИКГ"

ЗАВДАННЯ: Визначити придатність калібра-скоби для контролю вала _____

Призначення горизонтального оптиметра ИКГ _____

Таблиця 4.1 - Метрологічні показники горизонтального оптиметра ИКГ

Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювань шкали	Діапазон вимірювань приладу, мм	Метод вимірювання

Таблиця 4.2 - Розрахунок виконавчих розмірів калібра-скоби

Маркування калібра-скоби	Граничні розміри калібра-скоби, мм		Розмір зношеної скоби ПР, мм	Виконавчий розмір, мм
	Найбільший	Найменший		

Таблиця 4.3 - Результати вимірювання калібра-скоби

Маркування калібра-скоби	Вихідний розмір при настроюванні, мм М	Відхилення по шкалі оптиметра, мм δ	Дійсний розмір, мм $d_d = M \pm \delta$	Висновок про придатність
		1.		
		2.		
		3.		
		1.		
		2.		
		3.		

Рисунок ___ - Ескізи калібра-скоби.

6.6 ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. До якого типу засобів вимірювання за конструктивними признаками відноситься горизонтальний оптиметр?
2. Дайте обґрунтування щодо методів вимірювання, якими вимірює оптиметр горизонтальний?
3. Перечисліть метрологічні показники горизонтального оптиметра.
4. Для яких робіт використовується горизонтальний оптиметр?
5. Чим пояснити те, що в окулярі оптиметра не завжди можна спостерігати шкалу? Коли вона появляється?
6. Скільки і які переміщення може здійснювати предметний стіл горизонтального оптиметра? Обґрунтуйте їх

необхідність.

7. Як виконується грубе та точне настроювання горизонтального оптиметра на розмір (на нуль)?

8. При якому положенні поверхонь боковиків державки до лінії вимірювання виконують точне настроювання шкали оптиметра?

9. Поясніть призначення дет. 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 20 в конструкції горизонтального оптиметра.

7. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4а **"Визначення придатності калібру-пробки на** **горизонтальному оптиметрі"**

7.1 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Кожен студент отримує калібр-пробку згідно варіанта.

7.1.1 Ознайомитися з принципом роботи і механізмом оптиметра горизонтального.

Лабораторну роботу студент виконує на заздалегідь настроєному пристрої підготовка пристрою полягає у встановленні співвідносі вимірних наконечників. Для запобігання розстроєння пристрою неможна змінювати положення пінолі 7 (рис.6.1) і трубки оптиметру 12(рис.6.1) в кронштейнах 3 і 4 (рис.6.1). переміщення пінолі і трубки проводиться тільки разом із кронштейном при відпущених гвинтах 5.

7.1.2 Вимірювання пробки проводиться методом порівняння з кінцевими мірами. Тому, в першу чергу, необхідно зібрати блок кінцевих мір відповідного розміру. В даній роботі зручно використовувати блок із розміром рівним номінальному розміру, що нанесений на калібр. Міри, які входять в блок, промивають бензином і притирають одну до одної.

7.1.3 Настроювання оптиметра на блок кінцевих мір проводиться в наступному порядку (рис.3.1).

Ослабивши гвинти 5, розсувають кронштейни 3 і 4 так, щоб між наконечниками 8 і 16 можна було вільно розмістити блок кінцевих мір. Зібраний блок кінцевих мір встановлюють безпосередньо на вимірний стіл 17 або на підкладну плиту (замість спеціальної підкладної плити можна використовувати кінцеву міру розміром 20 мм, поклавши її на стіл 17 неробочою поверхнею). Блок на столі закріплюється з допомогою зажиму, який введений в Т-подібний паз столу.

Потім стіл 17 на відкритому гвинті 19 ,маховичком 18 піднімають головою 22, переміщують в горизонтальній площині так, щоб лінія вимірювань (вісь вимірних наконечників 8 і 16) проходила, приблизно, через середину вимірних поверхонь блоку кінцевих мір. Для зручності установки доцільно стіл 17 трохи нахилити за допомогою маховичка 24(при відпущеному гвинті 25) так, щоб верхня «плаваюча» плита столу змістилася в крайнє положення щодо напрямку наконечника 8.Обережно переміщуючи кронштейн 3 вправо так, щоб наконечник 8 пінолі ввійшов в контакт з поверхнею блока кінцевих мір, а верхня «плаваюча» частина столу зайняла середнє положення. Закріпивши кронштейн 3 за допомогою гвинта 5 , обережно посувають вліво кронштейн 4 так, щоб між вимірним наконечником 16 трубки оптиметру і блоком кінцевих мір залишався зазор приблизно 0,5-1 мм. В цьому положенні кронштейн 4 закріплюють гвинтом 5. Якщо кронштейни переміщуються по валу 2 туго, то для запобігання ударів наконечників по блоку кінцевих мір обережно переміщення кронштейнів можна здійснити легким постукуванням однієї руки по кронштейну, притримуючи його з протилежної сторони іншою рукою.

Після цього, відпустивши гвинт 10, обертанням гвинта 9 переміщують наконечник 8 і блок кінцевих мір до дотику його з наконечником 16 трубки оптиметра. Момент дотику буде помітний за рухом зображення шкали оптиметра, за яким спостерігають в окуляр 13. Гвинт 9 обертають до того часу, поки шкала не покаже нульову поділку напроти показника.

Тепер потрібно правильно встановити блок кінцевих мір відносно лінії вимірювання , тобто лінія вимірювання має бути перпендикулярна поверхням блоку, що вимірюються (дотримання принципу Аббе). Для цього стіл за допомогою маховичка 24 при відпущеному гвинті 25 плавно погойдують до того часу, поки в окулярі не буде спостерігатися найменший відлік по шкалі(найбільше відхилення із знаком «

- ») і в цьому положенні стіл закріплюють гвинтом 25. Потім рукояткою 23 повертають стіл навколо вертикальної осі і також знаходять найменший відлік. В цьому положенні обертанням гвинта 9 встановлюють шкалу на поділку «0» і закріплюють гвинт 10. Якщо при закріпленні гвинта 10 положення шкали змінилося більш ніж на 0,5 мкм, то, відпустивши гвинт 10, обертанням гвинта 9 знову шкалу встановлюють так, щоб після закріплення гвинта 10 неспівпадіння нульової поділки шкали і показника не перевищувало 0,5 мкм. На цьому закінчується установка оптиметра на нуль. Якщо установка виконана правильно, то при повороті столу навколо вертикальної і горизонтальної осей покази шкали менше нуля не спостерігається.

7.1.4 Після завершальної установки приладу на нуль аретиром 15 (рис.6.1) відводять наконечник 16 оптиметра і обертанням головки 22 (рис.6.1) виводять столик з блоком в крайнє переднє положення (якщо аретир відсутній, наконечник 16 обережно відводять натискаючи пальцем на буртик). Відпустивши зажим, видаляють із столика установочний блок кінцевих мір, на підкладну плиту ставлять калібр, що вимірюється у вертикальному положенні і закріплюють його зажимом. Потім обертанням головки 22 (рис.6.1) виводять калібр на лінію вимірювання і переміщуючи від себе і до себе столик, знаходять діаметральну площину калібру по найбільшому показу шкали (найбільше відхилення із знаком «+» чи найменше із знаком « - »). Так як торець калібру може бути перпендикулярним до основи, то для правильного положення калібру відносно лінії вимірювання столик похитують з допомогою маховичка 24, добиваючись найменшого значення на шкалі приладу. Це останнє значення і дає величину дійсного відхилення діаметру калібру в даному розрізі від установочного розміру. Вимірювання калібру-пробки проводять по трьох січеннях і двох взаємно перпендикулярних напрямках так як це показано на рис.6.3.

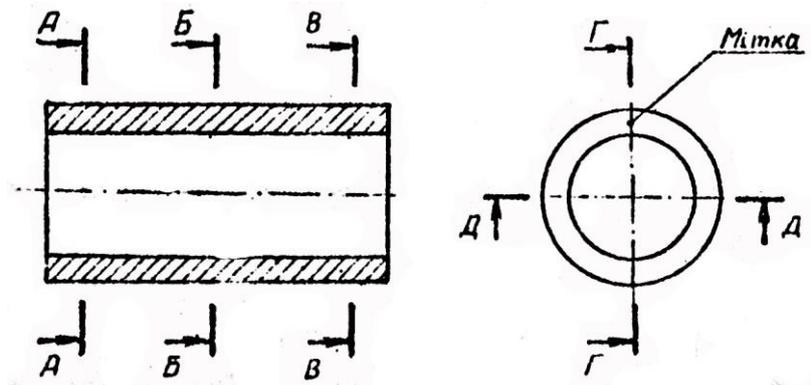


Рисунок 6.3 - Схема вимірювання деталі

7.1.5 Покази приладів записують у форму звіту, підкреслюють дійсні розміри калібра-пробки.

7.1.6. Порівнюючи результати вимірювання із граничними розмірами по стандарту, дають висновок про придатність.

Придатним рахується калібр, які ні в одному із розрізів і напрямів отримані дійсні розміри не більш найбільшого граничного і не менше гранично зношеного розміру по ГОСТ

З В І Т
до лабораторної роботи №4а
"Визначення придатності калібру-пробки на
горизонтальному оптиметрі ИКГ"

ЗАВДАННЯ: Визначити придатність калібру-пробки для контролю отвору _____

Призначення горизонтального оптиметра ИКГ _____

Таблиця 4а.1 - Метрологічні показники горизонтального оптиметра ИКГ

Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювань шкали	Діапазон вимірювань приладу, мм	Метод вимірювання

Таблиця 4а.2 - Розрахунок виконавчих розмірів пробок

Маркування калібру-пробки	Граничні розміри калібрів-пробок, мм		Розмір зношеної пробки	Виконавчий розмір, мм
	Найбільший	Найменший		

Таблиця 4а.3 - Результати вимірювання прохідної сторони калібра-пробки

Розмір кінцевих мір	Переріз	Виміряні відхилення, мкм		Дійсні розміри, мм		Відхилення форми (макс. значення, мм)	Висновок про відповідність допусків форми
		в перерізі Г-Г	в перерізі Д-Д	в перерізі Г-Г	в перерізі Д-Д		
	А-А						
	Б-Б						
	В-В						
<p>Висновок про відповідність розмірів допустимим: </p>							

Рисунок ... - Схема вимірювання калібра.

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

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