

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторного практикуму з дисципліни
"ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ І ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ"

Затверджені на засіданні кафедри
«Основи проектування машин».
Протокол № від 2010 р.

Донецьк ДонНТУ 2010

Методичні вказівки до лабораторного практикуму з дисципліни
"Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання"/І.В.Клименко,
В.О.Голдобін, Г.І.Хіценко.-Донецьк, ДонНТУ, 2010. - 55 с.

Наведено методичні вказівки щодо застосування основних методів вимірювання, які застосовуються під час контролю деталей машин і механізмів; конструкції сучасних вимірювальних засобів, а також рекомендації щодо їх настройки і використання.

Методичні вказівки призначені для закріплення основних теоретичних положень дисципліни, придбання навичок у використанні вимірювальних засобів, призначених для контролю відхилень геометричних параметрів якості деталей машин і механізмів.

Укладачі: Клименко Ігор Валентинович
Голдобін Вячеслав Олександрович
Хіценко Ганна Ігорівна

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ПЛОЩИННОПАРАЛЕЛЬНІ КІНЦЕВІ МІРИ ДОВЖИНИ. ПОВІРКА МІКРОМЕТРА

1.1. Мета роботи

Метою роботи є придбання навичок з складання блоків площиннопаралельних кінцевих мір довжини, ознайомлення з будовою мікрометра і його перевірка за допомогою кінцевих мір довжини.

1.2. Матеріальне забезпечення:

- комплект площиннопаралельних кінцевих мір довжини;
- мікрометр;
- спеціальна підставка для мікрометра.

1.3. Площиннопаралельні кінцеві міри довжини (мірні плитки)

Площиннопаралельні міри довжини є основними засобами збереження єдності вимірювань в машинобудуванні, основою системи передавання розміру від еталона довжини до виробу. Це сталі бруски призматичної форми з двома протилежними паралельними вимірювальними поверхнями (рис. 1.1).

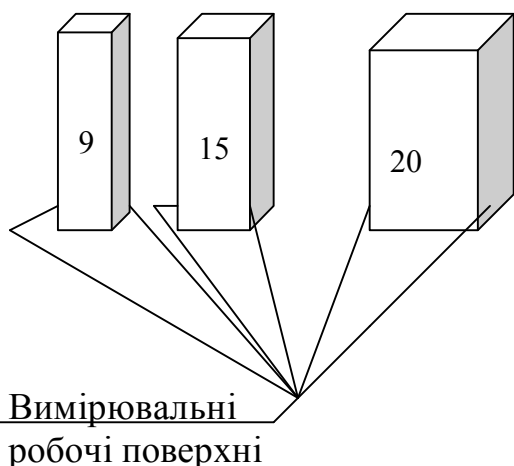


Рисунок 1.1-Площиннопаралельні кінцеві міри довжини.

Кінцеві міри довжини розподіляються на зразкові і робочі. Зразкові міри застосовують для зберігання і передачі одиниці довжини, перевірки, градування вимірювальних засобів (робочих мір, приладів). Робочі міри застосовуються при точних вимірюваннях довжин і діаметрів, при точних розмічальних роботах, при налагоджуванні прецизійних верстатів. Міри комплектуються в набори, найбільш поширені набір № 1 (87 мір) і набір № 2 (42 міри).

Набір, як правило має дві або чотири захисні міри (із закругленням з одного кінця); їх рекомендується включати в блок і розміщати на його кінцях. Робочі сторони захисних мір, на яких помічені їх розміри, повинні розташовуватись зовні.

Набори застосовуються спільно зі спеціальними приладдями: боковиками, державками, лекальними лінійками.

ГОСТ 9038-73 установлює 4 класи точності для нових кінцевих мір: 0,1,2,3. Для мір, що знаходяться в експлуатації, установлюються ще два додаткових класи 4 і 5 (ГОСТ 8166-75).

Клас точності кінцевих мір визначають граничні відхилення серединної довжини і граничні відхилення від площиннопаралельності (Найбільша різниця між довжиною міри в будь-якій точці і серединною довжиною).

Складність виготовлення мір вищих класів точності, а також порівняно швидке їх спрацювання визначили особливу систему застосування плиток з урахуванням їх дійсних розмірів - по атестату.

У цьому випадку на точність вимірювань, що проводяться за допомогою плиток, впливають вже не величини допусків на їх виготовлення, а величини похибок атестації плиток. У залежності від похибки визначення дійсного розміру серединної довжини і відхилень від площиннопаралельності після ремонту, набору привласнюється один з п'яти розрядів із занесенням дійсних значень серединних довжин плиток в атестат набору.

Кінцеві міри довжини, що знаходяться в експлуатації, періодично перевіряються, після чого їх відносять до того або іншого класу, розряду.

Якщо кінцеві міри застосовуються в залежності від класу, то за розмір міри приймається її номінальний розмір, нанесений на мірі, а у разі застосування їх в залежності від розряду - дійсний розмір, указаний в атестаті набору.

Вимірювальні поверхні кінцевих мір мають настільки малу похибку площинності, що забезпечується дуже міцне зчеплення при насуванні однієї міри на іншу. Притираність (здатність мір зчіплюватися вимірювальними поверхнями) дозволяє складати блоки з декількох плиток, щоб отримати необхідний для вимірювань розмір. Причому розміри блоків приймаються рівними сумі розмірів плиток, що в них входять.

1.4 Правила складання блоків кінцевих мір

Блок потрібно складати з можливо меншої кількості мір, для того щоб підвищити точність його розміру.

При виборі необхідних кінцевих мір, що включаються в блок, перша міра повинна містити останній або два останніх десяткових знаки розміру блоку, друга міра - останній знак залишку і т. д.

ПРИКЛАД: Потрібно скласти блок розміром 49,275 мм з набору №2.

Розміри кінцевих мір, що входять в блок: 1- й - 1,005 мм; 2- й - 1,07 мм; 3- й - 1,2 мм; 4- й - 6,0 мм; 5- й - 40,0 мм.

Кінцеві міри, вибрані для складання блоку, необхідно заздалегідь очистити клаптиком бавовняної тканини від мастила, промити авіаційним бензином і витерти досуха. Потім одну міру накласти на іншу приблизно на третину довжини робочої поверхні і, міцно притискуючи пальцями, насунути вздовж більшої осі до повного контакту робочих поверхонь по довжині. Якщо міри не розпадаються під дією власної ваги, вони - притерті. Потім притирають третю міру і т.д.

Потрібно пам'ятати:

а) кінцеві міри, розміром більше 5,5 мм, кладуться на стіл на папір неробочими поверхнями;

б) не притирати робочу поверхню кінцевої міри до неробочої;

в) роботи із кінцевими мірами проводити над столом, щоб уникнути їх падіння на підлогу;

г) після роботи з набором, міри повинні бути змащені і укладені на свої місця.

1.5 Характеристика мікрометричних приладів

До мікрометричних приладів відносяться мікрометр, мікрометричний глибиномір і мікрометричний нутромір. Ціна поділки всіх мікрометричних інструментів 0,01 мм. Гладкі мікрометри виготовляють по ГОСТ 6507-60 з межами вимірювань 0...25, 25...50, 50...75 мм і т.д. до 300, 300...400, 500...600 мм. Завод "Калібр" випускає мікрометри з верхньою межею вимірювання до 2000 мм (по замовленню).

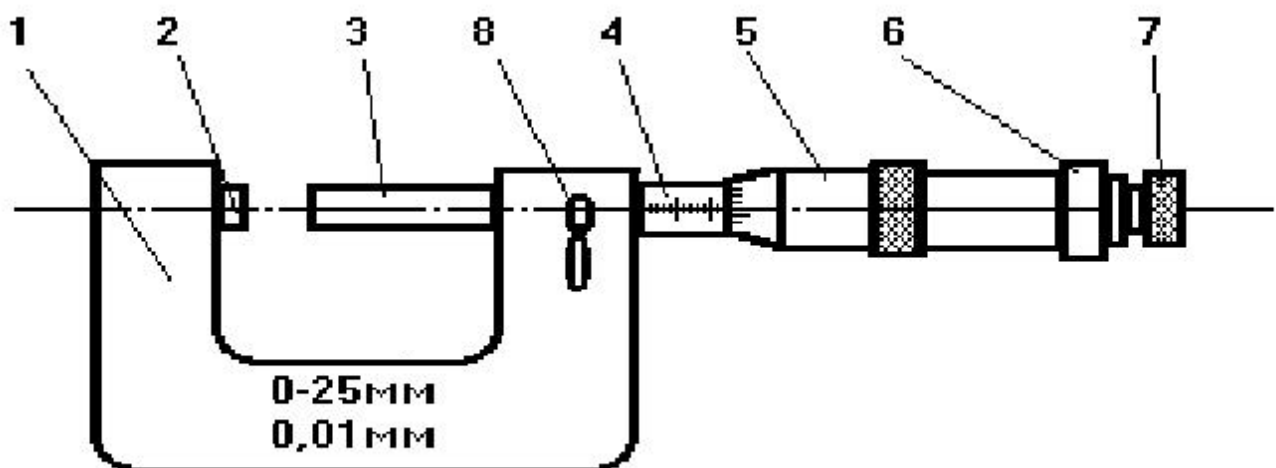


Рисунок 1.2 - Устрій мікрометра

Мікрометр (рисунок 1.2) складається з скоби 1, п'ятки 2, мікрометричного гвинта 3, стебла 4, барабана 5, гайки регулювання нуля 6, тріскачки 7 і стопора 8. На стеблі 4 є поздовжня риска, нижче за цю риску розташована шкала, по якій беруть відлік цілих міліметрів, вище - відлік половин міліметра; по шкалі барабана відлічуються соті частки міліметра. За один міліметр барабан мікрометра робить два повних оберти, так як крок мікрогвинта рівний 0,5 мм.

На рисунку 1.3 показані положення барабана відносно стебла, при яких мікрометр показує розміри: 12,05 мм; 15,74 мм; 14,865 мм.

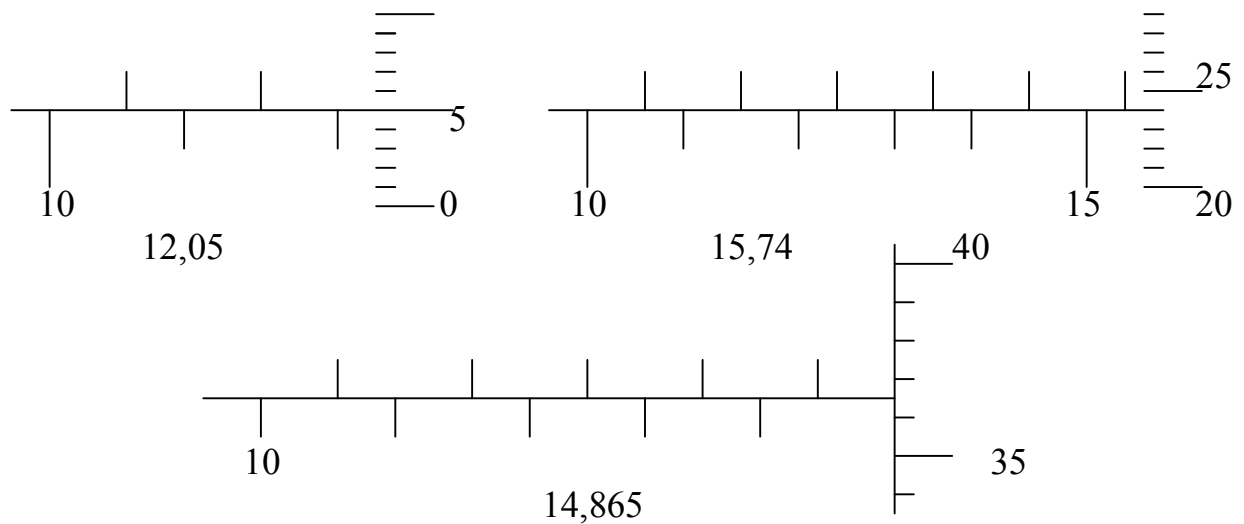


Рисунок 1.3 - Відлік розмірів по мікрометру

Мікрометр дає точні показання тільки в тому випадку, якщо деталь затискається без перекосу, плавним обертанням тріскачки 7, яка стабілізує силу закріплення деталі при вимірюванні (силу вимірювання).

У процесі експлуатації, в результаті зносу деталей, мікрометр втрачає точність вимірювання, тому його періодично перевіряє служба метролога підприємства. Для перевірки мікрометр установлюється в спеціальну підставку (рисунок 1.4). Перевірка виконується у відповідності до ГОСТ 6507-60, використовуючи блоки кінцевих мір, указані в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Розміри блоків кінцевих мір для перевірки мікрометрів

Верхня межа вимірювання мікрометра	25мм	Понад 25мм
Розміри кінцевих блоків (А - нижня межа вимірювання мікрометра)	0,00	А
	5,12	А+5,12
	10,24	А+10,24
	15,36	А+15,36
	21,50	А+21,50
	25,00	А+25,00

Мікрометр вважається придатним для подальших вимірювань, якщо жодна з його похибок не перевищує допускної похибки, приведеної в таблиці 1.2 (ГОСТ 6507-60).

Таблиця 1.2

Межі вимірювання мікрометрів, мм	Допускна похибка показів, мкм
0...25, 25...50, 50...75, 75...100, 100...125.	+/- 4 +/- 5

1.4. Порядок виконання роботи

Отримати набір площиннопаралельних кінцевих мір і мікрометр.

Познайомитися з розташуванням мір в наборі і освоїти правила складання блоків (див. п. 1.3).

Скласти послідовно три блоки мір з наступними розмірами, мм:

1 - а підгрупа студентів - 50,285; 30,445; 29,845;

2 - а --- - 37,455; 25,635; 95,985;

3 - а --- - 87,435; 96,485; 16,855;

4 - а --- - 20,275; 28,625; 57,25.

Записати в таблицю 1 бланка звіту розміри блоків і мір, з яких вони складаються.

Ознайомитися з принципом дії мікрометра і відліком розміру по його трьох шкалах (див. рисунок 1.3).

Протерти вимірювальні поверхні мікрометра клаптиком бавовняної тканини, змоченим в авіаційному бензині, оцінити зовнішній вигляд приладу, перевірити дію тріскачки.

Перевірити і, в разі необхідності, відрегулювати нуль мікрометра (відгвинтіть гайку 6 відносно барабана 5, сумістіть нуль барабана з лінією основної шкали стебла 4 і затягніть гайку 6).

Провести повірку мікрометра, використовуючи блоки кінцевих мір, розміри яких указані в таблиці 1.1. Відлік показу при перевірці повинен бути з точністю до 0,001 мм, для чого поділку барабана 0,01 мм потрібно уявно (на око) розбити на 10 частин.

Результати перевірки: покази мікрометра і похибки показів (алгебраїчна різниця між показом мікрометра і розміром блоку кінцевих мір) на кожному з блоків кінцевих мір, а також допускну похибку показів мікрометра (таблиця 1.2) занести в бланк звіту.

Зробити висновок про придатність мікрометра, що перевірявся.

Питання для контролю

1. Для чого призначені площиннопаралельні кінцеві міри довжини?
2. Чому для площиннопаралельних кінцевих мір існують не тільки класи точності, але і розряди?
3. Порядок складання блоку кінцевих мір по заданому розміру.
4. Що таке притираність кінцевих мір?
5. Перерахувати основні деталі і вузли мікрометра.
6. Правила вимірювання мікрометром.
7. Порядок повірки мікрометра.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 КОНТРОЛЬ ОТВОРІВ ІНДИКАТОРНИМ НУТРОМІРОМ

2.1. Мета роботи

Метою роботи є оволодіння прийомами вимірювання отворів індикаторним нутроміром, визначення квалітета основного отвору і визначення відхилень від правильної геометричної форми.

2.2. Матеріальне забезпечення:

- індикаторний нутромір (рисунок 2.1);
- комплект площиннопаралельних кінцевих мір довжини;
- струбцина з боковиками (рисунок 2.2, а) або зразкове кільце (рисунок 2.2, б);
- деталь, що контролюється.

2.3 Характеристика індикаторного нутроміра

Індикаторні нутроміри дуже широко застосовуються для контролю точних отворів (5...8 квалітет) при їх виготовленні і в процесі експлуатації. Важливим їх достоїнством є можливість вимірювання дійсних розмірів довгих отворів і відхилень від правильної геометричної форми (овальність, огранка, конусоподібність, бочкоподібність, сідлоподібність).

Індикаторний нутромір відноситься до важільно-зубчастих приладів, оскільки в ньому поєднується зубчаста система стандартного індикатора часового типу, що є відліковим пристроєм нутроміра, з важільною системою трубки нутроміра.

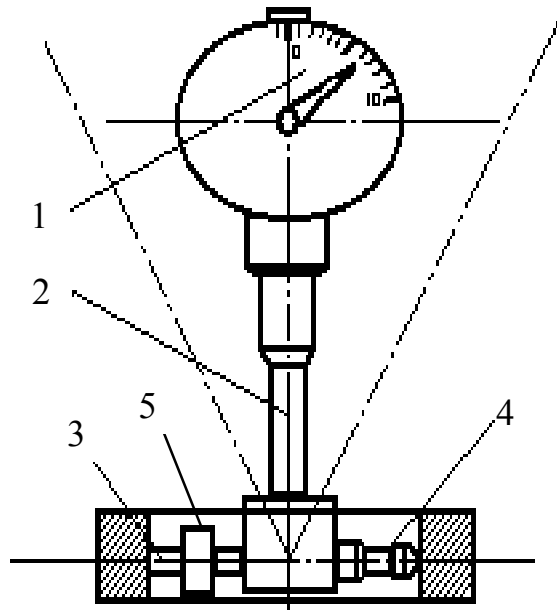


Рисунок 2.1 - Устрій індикаторного нутроміра

По числу вимірювальних наконечників нутроміри поділяються на двох-, трьох- і чотирьохконтактні. У чотирьохконтактних (ГОСТ 9244-59) є два рухомих і два нерухомих (що центрують) наконечники. Найбільш широко застосовуються в промисловості двохконтактні нутроміри (ГОСТ 868-63, рисунок 2.1) з межами вимірювань від 6 до 1000 мм.

Нутромір має набір змінних вимірювальних вставок і упор, що забезпечує правильну установку нутроміра, якщо на виробі є площина, перпендикулярна осі отвору.

На рисунку 2.1 показано індикаторний нутромір з межами вимірювань 50...100 мм. Він складається з трубчастого корпусу 2, вимірювальної головки і індикатора часового типу 1. Точність вимірювання індикаторним нутроміром залежить від точності індикатора. Конструкція вимірювальної головки у приладів з різними межами вимірювань різна.

Вимірювальна головка має, з одного боку, вимірювальний стержень 3, з іншого, розташована змінна мірна вставка 4. Центруючий місток 5 служить для поєднання лінії вимірювання з діаметральною площиною отвору, розмір якого вимірюється. При вимірюванні переміщення стержня 3 передається через важільну систему стержню індикатора. До нутроміру додаються 6 змінних мірних вставок, дві шайби, дві доточини. Цей набір дозволяє змінювати нульову установку приладу на 1 мм в межах всього діапазону вимірювання. При роботі прилад потрібно тримати за теплоізоляційну ручку.

2.4. Налаштування індикаторного нутроміра.

Метод вимірювання індикаторним нутроміром - порівняння з мірою, тому перед вимірюваннями його необхідно налаштувати по блоку кінцевих мір довжини, який встановлюється в струбцину (рисунок 2.2, а), або по атестованому (зразковому) кільцю (рисунок 2.2, б).

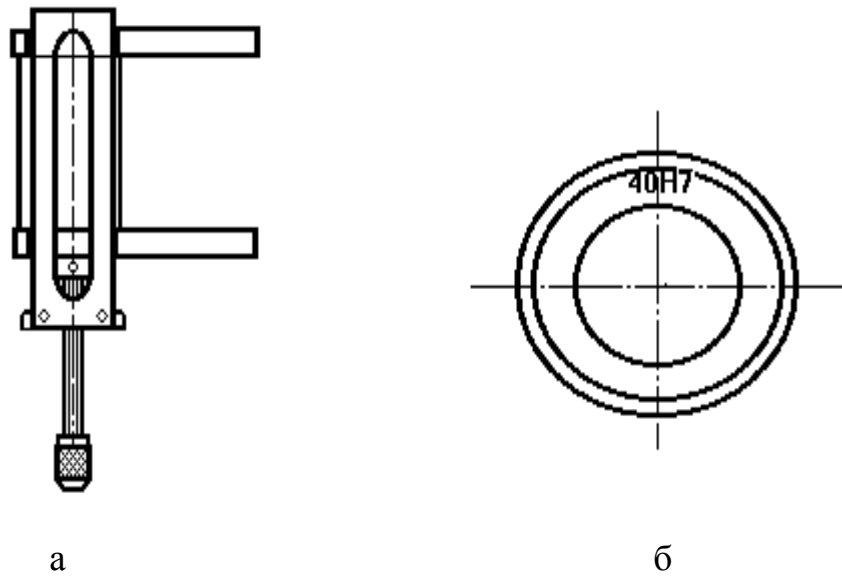


Рисунок 2.2 - Пристрій для налагодження індикаторного нутроміра:
а - струбцина з боковиками; б – атестоване зразкове кільце

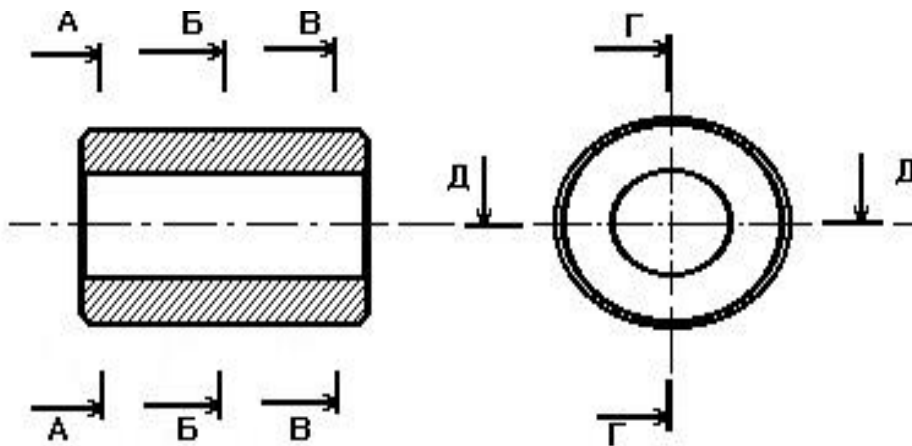


Рисунок 2.3 - Схема вимірювання деталі

Для установки індикаторного нутроміра на нуль, необхідно:

- по заздалегідь взятому з креслення деталі розміру отвору підібрати змінну мірну вставку і закріпити її в отворі головки нутроміра так, щоб розмір вимірювальної головки був на 0,5 ... 1,5 мм більше розміру отвору;

- ввести нутромір в отвір атестованого (зразкового) кільця (або в простір між боковиками струбцини);
- невеликим похитуванням приладу в площині вимірювання знаходимо точку повернення стрілки індикатора (рисунок 2.1), яка буде відповідати мінімальному розміру, цебто дійсному розміру атестованого (зразкового) кільця;
- повертаючи шкалу індикатора за ободок, сумістити точку повернення стрілки з нульовою поділкою шкали.

2.5 Порядок виконання лабораторної роботи

Ознайомившись з усроєм індикаторного нутроміра, настроїти його для вимірювання (див. п.2.4).

Знак відхилення стрілки індикаторного нутроміра визначаємо експериментально. За від'ємне відхилення приймають напрям руху стрілки індикатора від нуля при натисненні на стержень 3 рухомого наконечника, за додатне – в протилежному напрямі.

У кожному з двох взаємно перпендикулярних поздовжніх перерізів деталі (рисунок 2.3) провести по три виміра в поперечних перерізах отвору деталі (А-А, Б-Б, В-В).

Для одержання вимірів необхідно ввести вимірювальну головку індикаторного нутроміра в отвір і легким похитуванням визначити точку повернення стрілки на шкалі індикатора в кожному з 6 положень (рисунок 2.3).

Це будуть відхилення відхилення дійсного розміру від номінального – а.

Дійсний розмір отвору визначається як алгебраїчна сума номінального розміру і відхилення від нього : $D + a$,

де D – дійсний розмір блока мір або ж атестованого (зразкового) кільця (як правило номінальний), мм;

a - відхилення від номінального діаметра, мм.

Вибрати з таблиць ГОСТ 25347-82 для даного номінального діаметра граничні відхилення розмірів основних отворів 7 -11 квалітетів і записати їх в звіт. Визначити граничні розміри отвору для кожного квалітета. Порівнюючи дійсні розміри з граничними значеннями, визначаємо квалітет виконання отвору.

За результатами вимірювань в середньому поперечному перерізі деталі Б-Б визначити овальність отвору: $\Delta_1 = (D_{\max} - D_{\min})/2$.

За результатами вимірювань в поздовжніх перерізах Г-Г, Д-Д визначити похибку форми отвору в поздовжньому перерізі: $\Delta_2 = (D_{\max} - D_{\min})/2$ і установити її вид (конусоподібність, бочкоподібність чи сідлоподібність).

2.6 Контрольні питання

1. Які існують похибки форми в поздовжньому і поперечному перерізах циліндричних поверхонь деталей ?

2. Як визначається овальність, конусоподібність отвору ?
3. Устрій індикаторного нутроміра.
4. Який метод вимірювання застосовується при контролі деталей індикаторним нутроміром?
5. Порядок виконання лабораторної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

КОНТРОЛЬ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРТИКАЛЬНОМУ ОПТИМЕТРІ

3.1. Мета роботи

Метою роботи є освоєння методики контролю дійсних розмірів граничних калібрів; вивчення будови вертикального оптиметра і практична робота на ньому.

3.2. Матеріальне забезпечення:

- вертикальний оптиметр;
- комплект плоскопаралельних кінцевих мір довжини;
- калібр-пробка, що контролюється

3.3. Метрологічні характеристики вертикального оптиметра:

- ціна поділки шкали - 0,001 мм.
- межі вимірювання по шкалі +/- 0,1 мм.
- межі вимірювання від 0 до 180 мм.
- гранична погрішність свідчення оптиметра +/- 0,3 мкм.
- величина вимірювальної сили 2 +/- 0,2 Н

3.4 Устрій вертикального оптиметра

Вертикальний оптиметр відноситься до групи приладів з важільно-оптичною передачею і призначений для вимірювання точних зовнішніх розмірів деталей (калібрів, площиннопаралельних кінцевих мір, дротиків для контролю деталей з зовнішньою нарізкою і інш.).

Метод вимірювання - контактний, порівняння з мірою. Прилад як правило “установлюється на нуль” за допомогою блоку кінцевих мір.

Зовнішній вигляд приладу показано на рисунку 3.1.

Трубка оптиметра 1, в якій змонтована вся оптична система приладу, вставляється в кронштейн 6 і закріплюється гвинтом 5. Кронштейн може переміщатися разом з трубкою по вертикальній колонці 17 за допомогою рифленої гайки 15 і закріплюється в певному положенні гвинтом 16. Колонка приладу закріплена на великій, масивній основі, що додає приладу достатню

стійкість. На колонці внизу укріплена розрізна стійка 12 з конічним отвором, в який входить своїм конічним хвостовиком нижній стіл 10.

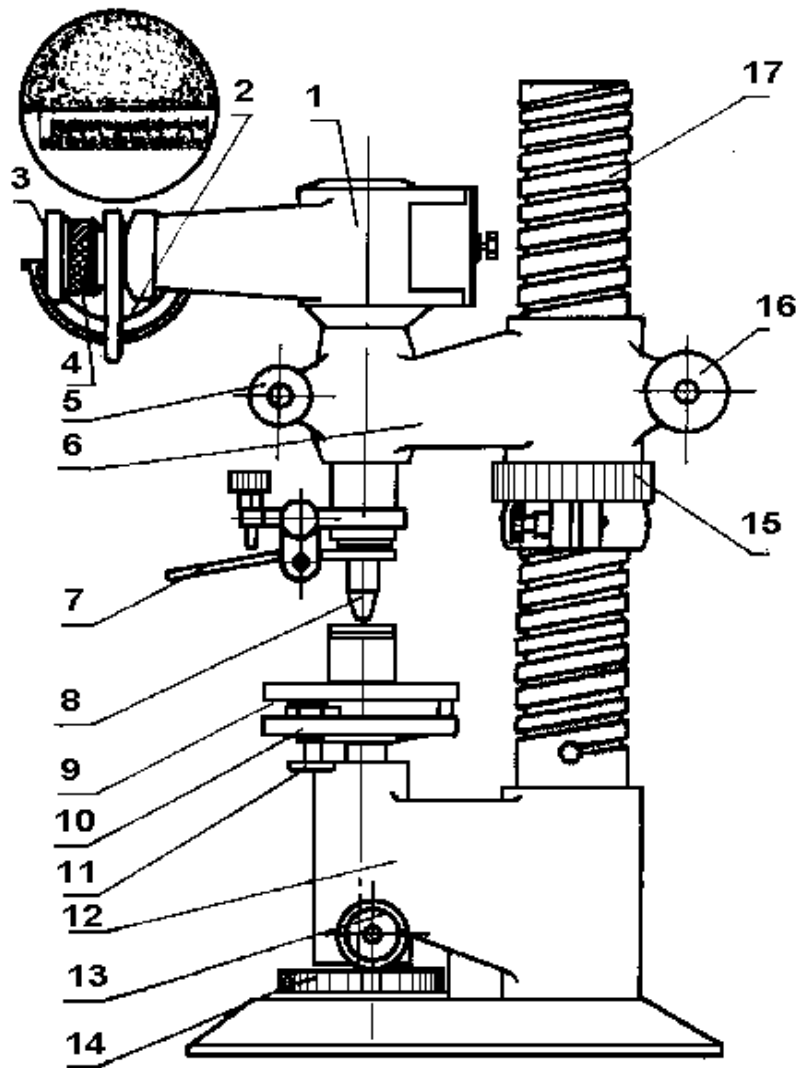


Рисунок 3.1 - Устрій вертикального оптиметра

Цей стіл можна підіймати і опускати в невеликих межах (± 2 мм) за допомогою рифленої гайки 14 і закріплити нерухомо гвинтом 13. На нижньому столі 10 розташований столик 9 на трьох опорах, з яких одна нерухома, а дві інші являють собою мікрометричні гвинти 11. За допомогою цих гвинтів верхній столик встановлюється так, щоб його поверхня була строго перпендикулярна осі вимірювального стержня.

ПРИМІТКА - ОБЕРТАТИ ГВИНТИ 11 ПРИ ВИКОНАННІ РОБОТИ ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ!

На нижній кінець трубки оптиметра надіте кільце з важелем-аретиром 7, що служить для підйому вимірювального стержня при установці кінцевих мір

або деталей, що вимірюються (щоб не пошкодити робочі поверхні як кінцевих мір, так і самих наконечників).

Вертикальний оптиметр забезпечується декількома типами вимірювальних наконечників 8. Всі типи наконечників закріплюються на вимірювальному стержні трубки оптиметра за допомогою гвинта. При вимірюванні циліндричних і сферичних деталей застосовуються плоскі і ножеподібні наконечники, плоских деталей - сферичні наконечники.

Область застосування вертикального оптиметра може бути розширена шляхом застосування додаткових пристроїв:

- для вимірювання внутрішніх діаметрів (від 5 до 100 мм);
- для вимірювання площиннопаралельних кінцевих мір;
- для вимірювання діаметрів вимірювальних дротиків, що використовуються під час контролю точних зовнішніх різьб;
- для вимірювання діаметрів кульок.

3.4.1 Принцип роботи трубки оптиметра

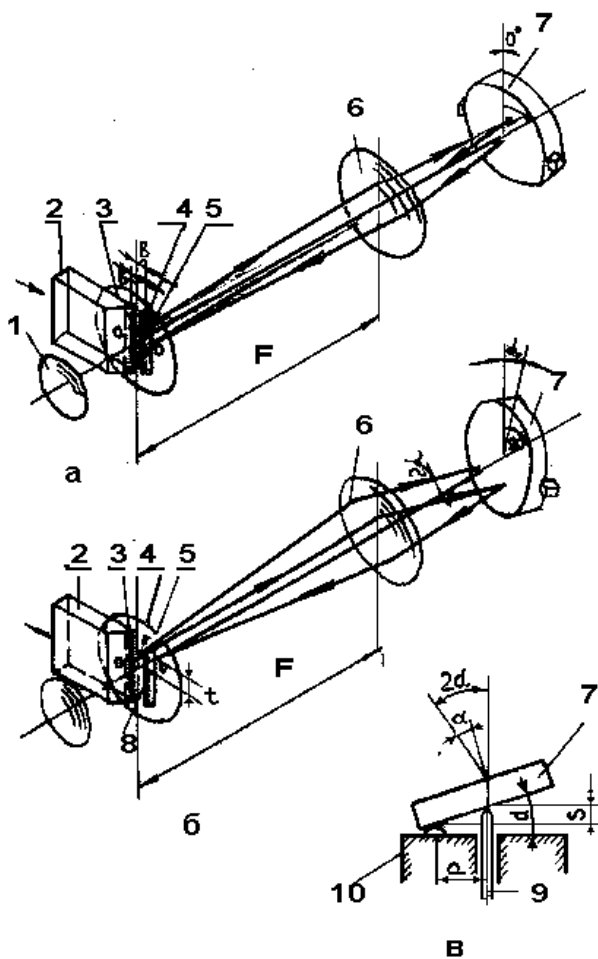


Рисунок 3.2 – Оптична схема трубки оптиметра

У трубці оптиметра світло від джерела прямує в призму 2 (рисунок 3.2, а). Призма 2, змінюючи хід променів на 90 град., направляє світло на скляну пластинку 4, розташовану в фокальній площині об'єктиву 6. На пластинці 4 нанесена шкала оптиметра 3. Пройшовши через об'єктив 6 і відбившись від дзеркала 7, пучок паралельних променів дає на правій частині пластинки 4 зображення шкали 5. Перенос зображення шкали з лівої частини пластинки 4 на праву виконано за рахунок використання відомого явища автоколімації.

Якщо в цій же оптичній схемі площина дзеркала 7 відхилиться від перпендикулярного положення на кут α (рисунок 3.2, б), то зображення шкали 5 переміститься у вертикальному напрямі вздовж щілини пластинки 4 на величину t (напрямок відображених променів зміниться). Відлік переміщення

проводиться відносно нерухомого індексу 8 через окуляр 1. Поворот дзеркала 7 відносно опори 10 зумовлений переміщенням стержня 9 (рисунок 3.2, в), що

знаходиться в контактi з деталлю. Змiна розмiру деталi на величину s викликає таку ж змiну положення вимiрювального стержня 9, що викликає поворот дзеркала 7 на кут α i змiщення зображення шкали 5 вiдносно iндексу 8 на величину t . Таким чином лiнiйне перемiщення зображення шкали -функцiя кута повороту дзеркала i фокусної вiдстанi об'єктиву.

3.4.2 Конструкцiя трубки оптиметра (рисунок 3.3).

Вiд джерела свiтла (переважно застосовується природне освiтлення) променi освiтлювальним дзеркалом направляють в призму 8. В нею променi змiнюють свiй напрям на 90 град. i проходять через прозору частину скляної пластинки 9, на якiй нанесена шкала. Потiм променi попадають в призму повного внутрiшнього вiдображення. Призма 3 слугить для придання трубцi оптиметра зручної для вимiрювань форми. Наявнiсть призми принципово не змiнює схем, наведених на рисунку 3.2 (тому призма 8 на рисунку 3.2 не показана). Заломившись в призми 8 i пройшовши через об'єктив 4, променi падають на дзеркальце 5 (поз. 7 на рисунку 3.2)

За допомогою двох пружин дзеркальце 5 постiйно притискається до верхнього кiнця вимiрювального стержня 6. Змiна положення стержня 6 викликає в свою чергу поворот дзеркальця вiдносно опори.

Вiдбившись вiд дзеркальця 5 i пройшовши знов через об'єктив 4 i призму 8, пучок променiв дає зображення шкали на правiй частинi пластинки 9. Зображення шкали спостерiгається в окуляр 1 при умовi, що величина t менше 0,2 мм. Якщо дзеркальце 5 перпендикулярно оптичнiй вiсi, нульовий штрих зображення шкали (надалi iменується "шкала") спiвпадає з iндексом 8 (рисунок 3.2).

3.5 Порядок виконання роботи

Контроль гладкої граничної пробки необхідно проводити таким чином:

- отримати вертикальний оптиметр, набiр площиннопаралельних кiнцевих мiр, граничний калiбр-пробку;
- ретельно протерти калiбр бавовняним клаптиком;
- вiдрегулювати положення освiтлювального дзеркальця 2 так, щоб при спостереженнi в окуляр 4 шкала оптиметра була добре освiтлена. Для введення вiдображення шкали в поле зору окуляра приладу потрiбно користуватися гвинтом аретира 7 (див. рисунок 3.1);
- навести окуляр на рiзкiсть зображення подiлок шкали шляхом обертання дiоптрiйного кiльця 3;
- перевiрити хiд шкали оптиметра шляхом легкого натискання на аретир 7. Граничний хiд шкали повинен бути $\pm 0,10$ мм;
- набрати блок площиннопаралельних кiнцевих мiр (плиток) вiдповiдно до маркiровки номiнального розмiру калiбра;

- підняти кронштейн 6 так, щоб відстань від вимірювальної поверхні наконечника 8 до площини столика 9 була на 15...20 мм більше розміру блоку;
- Після цього довернути гайку 15 до упора в кронштейн 6;
- установити блок плиток на середину вимірювального столика 9;

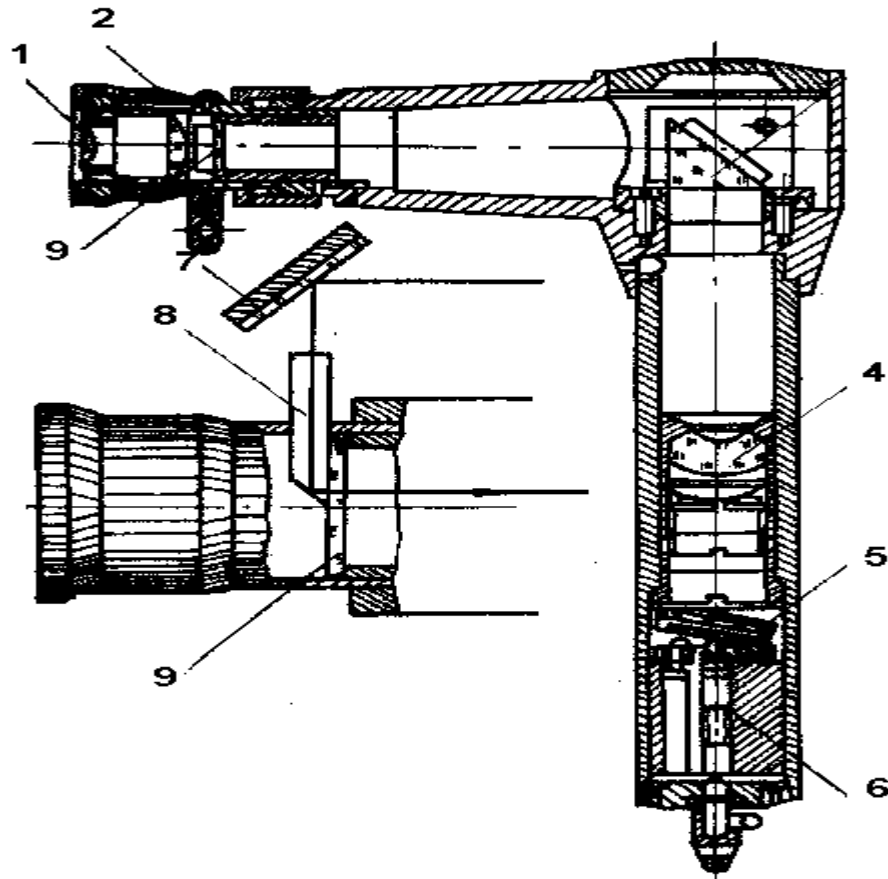


Рисунок 3.3 - Конструкція трубки оптиметра

- опустити трубку оптиметра 1 за допомогою 15, притримуючи рукою кронштейн так, щоб відстань між вимірювальною поверхнею 8 і верхньою площиною блоку плиток залишилася 0,3...0,5 мм (макронастроювання);
- затягнути гвинт 16;
- відпустити гвинт кріплення столика 13;
- підняти столик, обертаючи гайку 14 (мікронастроювання). Підйом проводити доки нульова поділка шкали не співпадає з нерухомим індексом 8 (рисунок 3.2). Затягнути гвинт 13. Якщо немає достатнього запасу ходу столика, треба перевести його в крайнє нижнє положення і повторити макронастроювання;
- зняти блок плиток зі столика, переміщуючи його паралельно вимірювальній поверхні столика, заздалегідь натиснувши на аретир;

- покласти вимірювальний калібр-пробку на столик, натиснути на аретир і підвести пробку під вимірювальний наконечник;
- визначити по шкалі оптиметра відхилення дійсних розмірів пробок Р-ПР і Р-НЕ від розміру блоку, перекочуючи пробку по столику. На кожній з пробок одержати по шість вимірів у двох взаємно перпендикулярних площинах в кожному з трьох поперечних перерізів (див. рисунок 3.4).

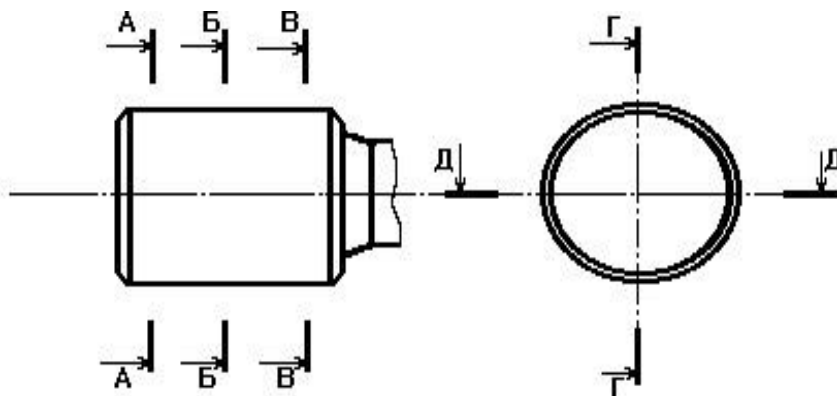


Рисунок 3.4 - Схема вимірювання калібру

Для отримання надійних даних кожний із вимірів проводити чотири рази. Значення виміру прочитується при найвищому положенні шкали, що відповідає дійсному діаметру (найбільш висока точка деталі). Середнє арифметичне з чотирьох вимірів занести в звіт (табл.1).

Дійсний розмір калібру в даному перерізі буде рівний розміру блока кінцевих мір, по якому встановили шкалу оптиметра на нуль, плюс відхилення по шкалі приладу з урахуванням знаку відхилення. Підраховані таким чином дійсні розміри пробки занести в звіт (табл..2).

Побудувати схему розташування полів допусків граничних калібрів пробок Р-ПР і Р-НЕ, користуючись таблицями ГОСТ 24853-81.

По схемі розташування полів допусків визначити і занести в звіт граничні розміри калібрів Р-ПР і Р-НЕ.

Дати висновок про придатність калібрів Р-ПР і Р-НЕ, проаналізувавши відповідність дійсних розмірів пробок граничним розмірам по ГОСТ 24853-81.

Розрахувати овальність пробок по вимірах в середніх перерізах.

Розрахувати циліндричність пробки Р-ПР, використовуючи дійсні розміри в її повздовжньому і поперечному перерізах.

Порівняти відхилення форми з допусками форми калібру по ГОСТ 24853-81 і дати висновок про придатність.

3.6 Питання для контролю

1. Суть методу порівняння з мірою.
2. Оптична схема трубки оптиметра.

3. Порядок настроювання оптиметра для вимірювань.
4. Схема розташування полів допусків граничних калібрів.
5. Визначення розмірів граничних калібрів для нанесення їх на креслення.
6. Що таке циліндричність, круглість, овальність, конусоподібність, бочкоподібність, сідлоподібність?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА N 4

ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ, ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЬ ЇЇ ПАРАМЕТРІВ

4.1 Мета роботи

Метою роботи є ознайомлення з параметрами шорсткості деталі, комплектами зразків шорсткості, вивчення будови подвійного мікроскопа МИС-11 і профілометра моделі 252, практична робота з цими приладами.

4.2 Матеріальне забезпечення:

- комплекти зразків шорсткості;
- подвійний мікроскоп;
- профілометр;
- деталь, шорсткість поверхонь якої належить визначити;
- креслення деталі.

4.3 Засоби вимірювання шорсткості поверхні

Методи вимірювання шорсткості поверхні умовно розділено на якісні і кількісні. Для якісної оцінки шорсткості застосовуються зразки шорсткості і мікроскопи порівняння. Якісна оцінка шорсткості шляхом візуального порівняння деталей із зразками (еталонами) шорсткості дає надійні результати тільки для поверхонь з шорсткістю $R_a = 1,6 \dots 20$ мкм.

Кількісна оцінка шорсткості поверхні проводиться бесконтактним методом на оптичних приладах (мікроінтерферометри, подвійні мікроскопи і інш.), або контактним методом за допомогою щупових приладів (профілографів і профілометрів).

Мікроінтерферометри МИИ-4, МИИ-9, мікропрофилемер МИИ-12 призначені для вимірювання висоти микронеровностей R_z в межах $0,8 \dots 0,1$ мкм, метод вимірювання заснований на явищі інтерференції світла.

Подвійний мікроскоп МИС-11 призначений для контролю шорсткості зовнішніх поверхонь деталей шляхом вимірювання висоти нерівностей профіля R_z в межах $0,8 \dots 80$ мкм.

Контроль шорсткості поверхні подвійним мікроскопом проводиться по методу світлового перетину, який полягає в наступному: пучок променів спрямовують під деяким кутом через вузьку щілину в об'єктив на поверхню, що контролюється. При цьому світлова смуга буде викривлятися за формою самої поверхні. Зображення розглядається в окуляр іншого мікроскопа, розташованого під таким же кутом до виробу (рисунок 4.1).

У приладі МИС-11 осі мікроскопів - під кутом 90 град., причому бісектриса цього кута співпадає з нормаллю до поверхні, що вимірюється. Принципова оптична схема подвійного мікроскопа - на рисунку. 4.2, де A_1 - проектуєчий мікроскоп; A_2 - мікроскоп спостереження; P_1 - поверхня, що контролюється O_1 і O_2 - об'єктиви мікроскопа; K - окулярний мікроскоп; M - сітка окуляра, розміщена в площині зображення мікрооб'єктива O_2 ; S_1 - вузька щілина, розташована перпендикулярно до площини креслення на осі мікроскопа A_1 . Об'єктив O_1 створює зображення щілини S_1 на поверхні P_1 у вигляді вузької світлової смуги, перпендикулярної площині осей мікроскопів. У окуляр K одночасно спостережується зображення ділянки поверхні P_1 і розташоване на ньому зображення щілини.

Якщо на поверхні, що контролюється, є сходинка висотою h , буде здаватися, що частина пучка світла, відображена від поверхні сходинки P_2 виходить з лінії S_2' . На сітці M окулярного мікрометра зображення S_1'' і S_2'' в площині рисунка зміщені на величину B .

Величина B зміщення зображення S_2'' відносно S_1'' , як видно з рисунка 4.2, може служити мірою висоти сходинки h .

4.4 Порядок визначення висоти нерівностей профілю (R_z)

В тубуси мікроскопа загвинчують два однакових об'єктиви, заздалегідь вибраних з таблиці 4.1 в залежності від очікуваної шорсткості поверхні, що перевіряється.

Таблиця 4.1

Шифр об'єктиву	Фокусна відстань, мм	Орієнтовна ціна поділки барабана 33, мкм	Поле зору, мм	Висота нерівностей профілю (R_z), яку рекомендують вимірювати даним об'єктивом, мкм.	
ОС-39	25,02	0,85	1,8	ВІД 6	ДО 63
ОС-60	13,89	0,46	1,0	3	19
ОС-41	8,16	0,27	0,6	1,5	7
ОС-42	4,25	4,15	0,3	0,8	3

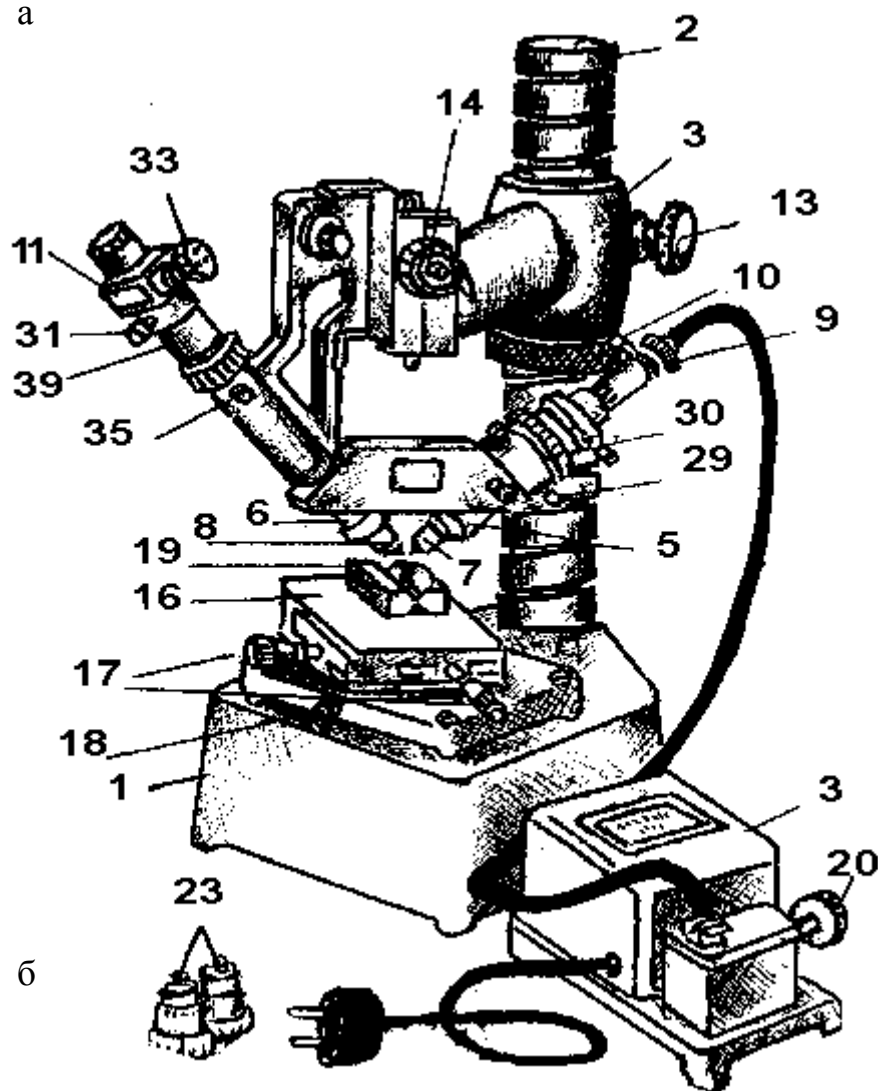
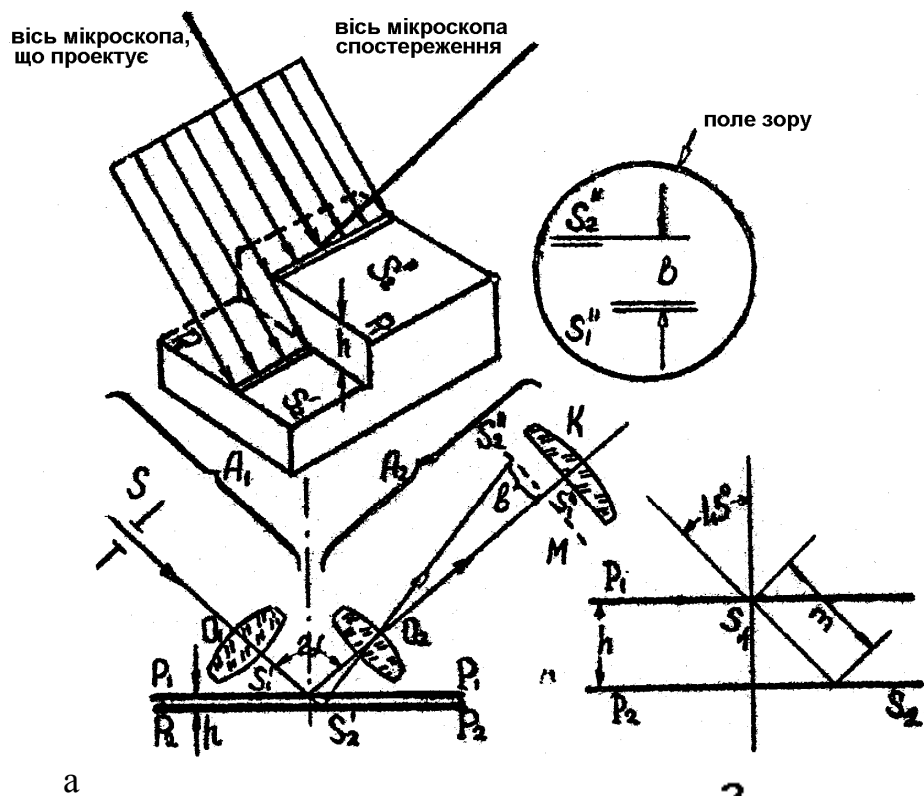


Рисунок 4.1 - Подвійний мікроскоп МІС 11

Деталь кладуть на столик приладу так, щоб зображення щілини розташовувалося паралельно заданому напрямку вимірювання і провадять фокусування зображення щілини на виробі.

Кронштейн з корпусом мікроскопа встановлюють на необхідній висоті обертанням гайки 10 при звільненому гвинті 13. Після цього гвинт 13 стопорят (рисунок 4.1).

Проводячи мікропідйом або опускання мікроскопа за допомогою гвинта 14, отримують сфокусоване зображення світлової щілини на деталі.

Гвинтом 30 отримують найменшу ширину щілини. Якщо щілина виявиться розташованою не в центрі поля зору, потрібно її відцентрувати обертанням гвинта 29.

Перевіряють правильність установки окулярного мікрометра 11.

Горизонтальна лінія перехрестя окулярного мікрометра повинна бути паралельна лінії світлової щілини. Якщо установка окулярного мікрометра неправильна, необхідно відстопорити його гвинтом 31 і, повертаючи навколо вісі, добитися вищезгаданого розташування лінії перехрестя і світлової щілини. Застопорити мікрометр 11 гвинтом 31.

У межах базової довжини вимірювання вибрати п'ять найбільших виступів і п'ять найбільших западин на зображенні поверхні. Якщо поле зору менше базової довжини вимірювання, необхідно перемістити предметний стіл 16 за допомогою мікрометричний гвинтів 17. Для отримання відліку по окулярному мікрометру горизонтальну лінію перехрестя обертанням барабана 33 підвести до вершини першого виступу щілини, а з барабана 33 зняти перший відлік $h_{1\max}$.

Вимірювання рекомендується проводити по найбільш різкій стороні щілини! Потім горизонтальну лінію перехрестя підвести до западини, прилеглої до вершини по тій же (більш різкій стороні щілини). З барабана зняти другий відлік $h_{2\min}$.

Аналогічно знімають і всі інші відліки від h_3 до h_{10} . Оскільки отримані відліки h_i виражені в поділках барабана 33, ціна поділки якого E (таблиця 4.1), то висота нерівностей визначається по формулі:

$$R_z = \frac{\sum h_{i\max} - \sum h_{i\min}}{5} \cdot E$$

По висоті нерівностей R_z і ГОСТу 2789-73 визначити допустиму шорсткість.

Результати вимірювань занести в звіт і проставити допускну висоту мікронерівностей (R_z) на ескізі деталі.

4.5 Вимірювання шорсткості контактним методом

Дія профілометра ґрунтується на принципі обшупування алмазною голкою

поверхні, що контролюється і перетворення коливань голки в зміну напруги індуктивним методом.

Використовуються профілометри (П-7, П-10, П-16), які безпосередньо показують середньоарифметичне відхилення профілю поверхні R_a , профілографи (ПГ-5, ПГ-10), що записують профіль поверхні і профілографи-профілометри моделей 201, 202, 252, і інш., що призначені як для вимірювання середньоарифметичного відхилення профілю R_a , висоти нерівностей – R_z , кроків S і S_m , а також відносної опорної довжини профілю t_p , так і для запису профілограм.

Прилад складається з стойки 1 (рисунок 4.3,а) з приводом 2, універсального, предметного столика 6, блоку управління 3, рахунково-обчислювального блоку 4, перетворювача 5, пристрою 7, що записує профілограми.

Принцип дії приладу (рисунок 4.3, б) заснований на обшупуванні поверхні, що досліджується алмазною голкою з радіусом закруглення 10мкм і перетворенні коливань голки у відповідні зміни напруги. Алмазна голка 1 закріплена на якорі 5 вимірювального перетворювача. При переміщенні перетворювача відносно поверхні, що досліджується, голка і якорі коливаються на опорі 6 відносно здвоєного Ш- образного осердя 3, на якому закріплені дві котушки 2 перетворювача. Котушки включені в мостову схему, яка живиться від генератора 4. При коливаннях якоря змінюються повітряні зазори між якорем і осердям, індуктивності котушок і відповідно вихідна напруга мостової схеми, амплітуда яких пропорційна висоті мікронервностей, а частота відповідає кроку мікронервностей, поступають в блок управління 7 і рахунково-обчислювальний блок 8, а потім на записуючий пристрій 9. Числові

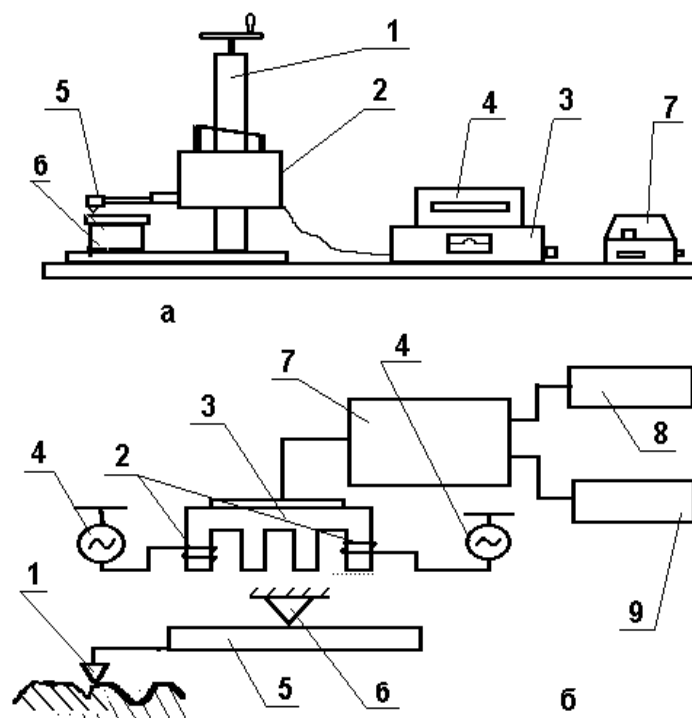


Рисунок 4.2 - Профілограф - профілометр моделі 252:
а) блок-схема, б) електрична схема

значення параметрів шорсткості поверхні визначаються за допомогою п'ятирозрядного цифрового відлікового пристрою, розташованого на передній панелі блоку 8. Записуючий пристрій використовують для запису профілограми профілю поверхні.

4.6. Порядок виконання роботи

Використовуючи комплект зразків шорсткості перевірити виконання технічних вимог до шорсткості поверхонь деталі, що контролюється. Для однієї з відповідальних поверхонь деталі перевірити правильність висновків за зразками, використовуючи подвійний мікроскоп і профілометр. Привести і розшифрувати формули для R_a і R_z .

4.7 Контрольні питання

1. Визначення шорсткості по ГОСТу 2789-73.
2. Які існують критерії оцінки шорсткості?
3. Правила позначення технічних вимог до шорсткості на кресленнях.
4. Засоби вимірювання шорсткості поверхні.
5. У чому суть методу світлового перерізу при контролі шорсткості?
6. Устрій мікроскопа МИС-11.
7. Який порядок визначення висоти нерівностей?
8. Устрій профілометра- профілографа мод. 252.
9. Принцип дії профілометра-профілографа мод. 252.
10. Пояснити методику визначення середньоарифметичного відхилення профілю – R_a .

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

КОНТРОЛЬ РАДІАЛЬНОГО І ТОРЦЕВОГО БИТТЯ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ

5.1. Мета роботи

Метою даної роботи є ознайомлення з устроєм індикатора годинникового типу, биттеміром і придбання навичок в їх застосуванні для контролю радіального і торцевого биття деталей.

5.2. Матеріальне забезпечення:

- індикатор годинникового типу;
- биттемір;
- штангенциркуль;
- деталь, що перевіряється;

- креслення деталі.

5.3. Метрологічні характеристики індикатора годинникового типу

Індикатори годинникового типу застосовуються для вимірювання розмірів і відхилень форми і взаємного розташування поверхонь, а також у вимірювальних приладах і контрольно-вимірювальному обладнанні.

Індикатори виготовляються наступних типів: ИЧ - з переміщенням вимірювального стержня паралельно шкалі, з діапазонами вимірювання 0...2, 0...5 і 0...10 мм; ИТ - з переміщенням вимірювального стержня перпендикулярно шкалі з діапазоном вимірювання 0...2 мм (ГОСТ 577-68). Крім того, випускаються індикатори з діапазоном вимірювання 0...25 і 0...50 мм і спеціальні, із збільшеною шкалою.

Ціна поділки шкали індикаторів - 0,01 мм. Індикатори випускаються двох класів: нульового і першого. Вітчизняна промисловість також випускає індикатори з рычажно-зубчастою передачею з ціною поділки 0,002 мм і 0,001 мм.

Поступальному переміщенню вимірювального стержня індикаторів типу ИЧ і ИТ на 0,01 мм відповідає переміщення великої стрілки на одну поділку шкали. Повний оборот великої стрілки відповідає переміщенню стержня на 1 мм, а мала стрілка на шкалі покажчика повернеться на одну поділку, отже, ціна поділки шкали покажчика обертів рівна 1 мм.

Шкала індикатора годинникового типу разом з ободом може повертатися відносно корпусу так, що проти великої стрілки приладу можна встановити будь-який штрих шкали. Це використовується при настройці приладу.

У таблиці 5.1 приведена технічна характеристика індикаторів годинникового типу.

Таблиця 5.1. Допускні похибки показу індикаторів згідно з ГОСТ 577 – 78

Межі допускних похибок, мкм	Діапазон виміру, мм					
	0...2		0...5		0...10	
	кл.0	кл.1	кл.0	кл.1	кл.0	кл.1
0,1 мм на будь-якій ділянці шкали	4	6	4	6	4	6
1 мм на будь-якій ділянці шкали	8	10	8	10	8	10
Всього інтервалу виміру	10	12	10	12	10	12
Варіація показань	3	3	3	3	3	3

Примітки.

1. За похибки показу індикатора в межах даної ділянки приймається алгебраїчна різниця крайніх по своєму значенню похибок, накопичених при прямому і зворотньому ході вимірювального стержня.

2. Під варіацією показу індикатора розуміють найбільшу різницю між окремим повторним показом при багаторазовій перевірці однієї і тієї ж величини при незмінних зовнішніх умовах.

5.4 Устрій биттеміра

Загальний вигляд биттеміра приведено на рисунку 5.1. Він складається з підвалини 1, на якій по тих, що направляють можуть пересуватися бабки з жорстким центром 2 і рухомим центром 6. Рухомий центр 4 можна пересувати і фіксувати в необхідному положенні за допомогою рукоятки 5. Для вимірювання радіального і торцевого биття використовується індикатор 8, закріплений в рухомому штативі 7, який також може фіксуватися в будь-якому положенні.

5.5. Порядок виконання лабораторної роботи

Закріпити деталь в центрах биттеміра.

Для цього необхідно змістити ліву бабку 2 з жорстким центром так, щоб відстань між центрами виявилася меншою довжини деталі 9. Віджати рухомий центр 4 правої бабки 6 за допомогою рукоятки 5, ввести деталь між центрами і відпустити рухомий центр.

Вістря центрів повинні при цьому увійти в центрові отвори деталі. Після цього рухомий центр закріплюється рукояткою 5.

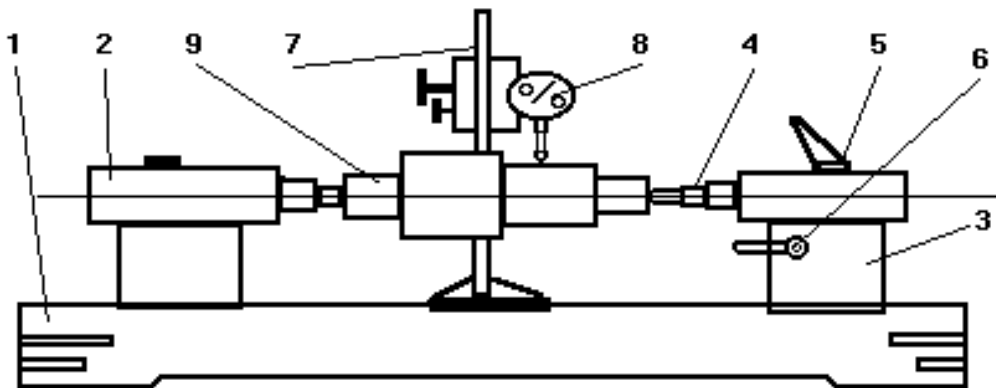


Рисунок 5.1 - Загальний вигляд биттеміра

Виміряти шийки виробу штангенциркулем.

Оглянути індикатор і ознайомитися з його роботою. Пересування стержнів повинно бути плавним без стрибків, заїдання, стрілка і покажчик числа обертів вільно пересуватися, не зачіпаючи за шкалу.

Закріпити індикатор годинникового типу в держателі штатива 7.

Встановити і закріпити штатив з індикатором проти першої поверхні вала. Привести наконечник індикатора в зіткнення з поверхнею шийки вала. Індикатор при цьому повинен мати натяг 0,5...1 обертів.

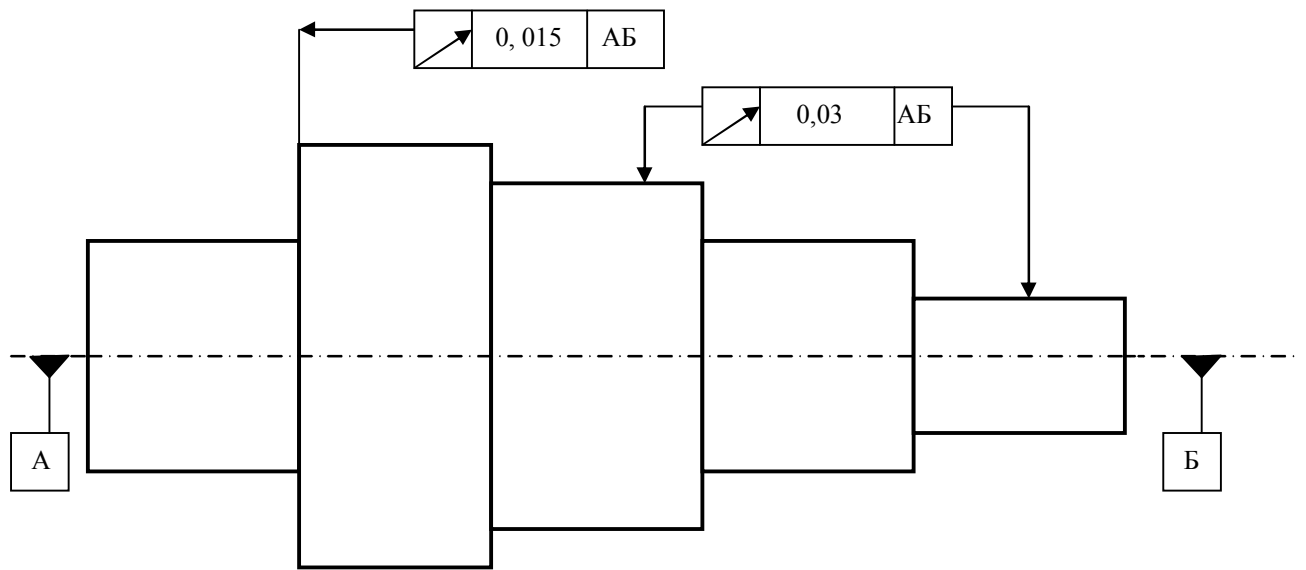


Рисунок 5.2 - Схема поверхонь виробу, що контролюються

Вісь вимірювального стержня індикаторів повинна бути розташована нормально до поверхні, що вимірюється.

Установити шкалу індикатора на нуль.

Повернути вал на повний оберт і визначити радіальне биття (як суму позитивного і від'ємного показів індикатора).

Аналогічним образом перевірити радіальне биття інших поверхонь вала і биття одного з торців.

Результати вимірювань занести в звіт про лабораторну роботу. Схема поверхонь деталі, що контролюються показана на рисунку 5.2. Зробити висновок про придатність деталі, порівнюючи результати вимірювань з технічними вимогами креслення деталі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИНИ ЗМІЩЕННЯ ВИХІДНОГО КОНТУРУ ЗУБОМІРОМ ЗМІЩЕННЯ ПРИ КОНТРОЛІ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

6.1. Мета роботи

Метою роботи є знайомство з методикою контролю вида спряження, устроєм зубоміра зміщення вихідного контура і придбання навичок практичної роботи з цим приладом.

6.2. Матеріальне забезпечення:

- зубомір зміщення;

- зубчасте колесо, що перевіряється;
- штангенциркуль.

6.3. Контроль зміщення вихідного контура зубчастого колеса

Для нормальної роботи зубчастої передачі між неробочими профілями зуб'ів спряжених коліс повинен бути боковий зазор. ГОСТ 1643-81 передбачає декілька видів спряження зубчастих коліс: А, В, С, D, Е, Н. Утворення бокового зазора здійснюється зменшенням товщини зуба по сталій хорді.

Зменшення товщини зуба здійснюється за рахунок додаткового зміщення E_H вихідного контура рейки (зубонарізного інструмента) від його номінального положення в "тіло" колеса (див. рисунок 6.1).

Номінальним положенням вихідного контура умовно вважається його теоретичне положення з урахуванням коефіцієнта зміщення кожного із зубчатих коліс.

У ГОСТі 1643-81 величина додаткового зміщення вихідного контура нормується двома величинами: найменшим додатковим зміщенням вихідного контура і допуском на зміщення вихідного контура. Для зубчастих коліс із зовнішнім зачепленням "-" E_{Hs} , з внутрішнім зачепленням "+" E_{Hi} . E_{Hs} – найменше додаткове обов'язкове зміщення (западин) і вихідного контура,

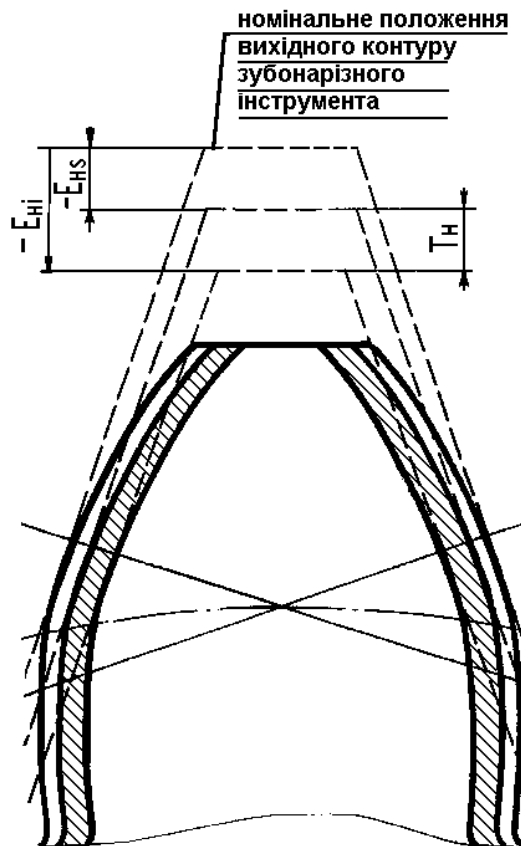


Рисунок 6.1 – Схема зміщення вихідного контура від номінального положення для забезпечення бокового зазору в зубчастій передачі відповідно до виду спряження

умовно накладене на профіль зуба).

Допуск на зміщення вихідного контура T_H - це різниця між граничними додатковими зміщеннями вихідного контура (верхнім і нижнім).

Найменше додаткове зміщення вихідного контура E_{Hs} вибирається в залежності від ступеня точності норм плавності і виду спряження зубчастих коліс. Допуск T_H на зміщення вихідного контура вибирається з таблиць ГОСТа в залежності від допуску на радіальне биття F_r , виду спряження, причому $T_H > F_r$.

Радіальне биття зубчастого вінця залежить від заданого ступеня норм кінематичної точності. Найбільше додаткове зміщення вихідного контура визначається по формулі:

$$-E_{Hi} = -(|E_{Hs}| + T_H), \quad (6.1)$$

При вимірюванні вихідного контура на базі діаметра виступів колеса враховуються похибки, що вносяться базою вимірювання.

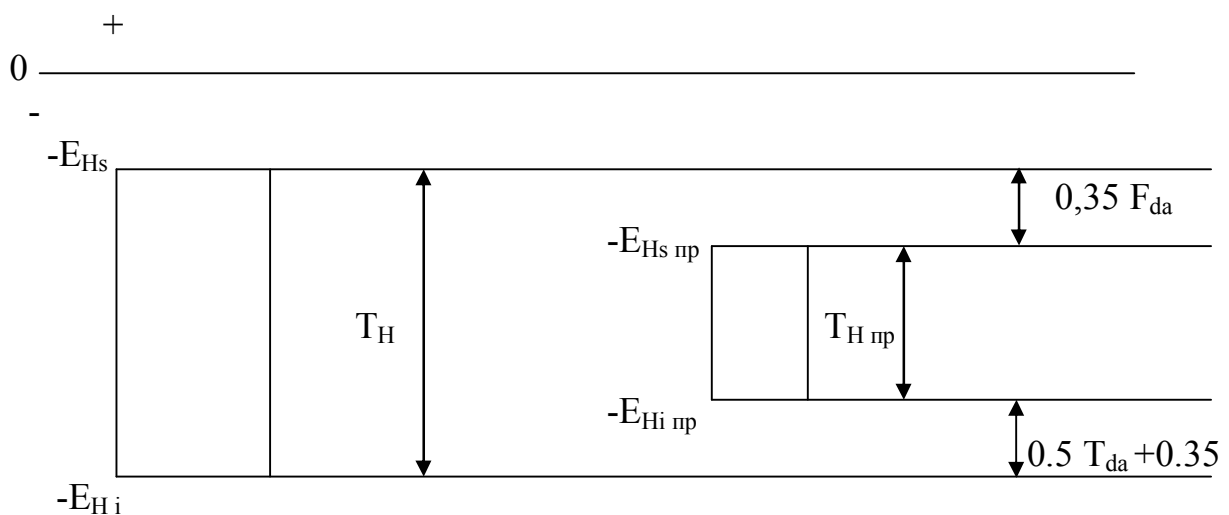


Рисунок 6.2 - Схема розташування поля допуску на зміщення вихідного контура під час базування приладу на діаметр виступів колеса

Як видно з рисунка 6.2. виробничий допуск і виробниче найменше додаткове зміщення вихідного контура відповідно:

$$T_{H пр} = T_H - 0,5 \cdot T_{da} - 0,7 \cdot F_{da} \quad (6.2)$$

$$-E_{Hs пр} = -(|E_{Hs}| + 0,35 \cdot F_{da}) \quad (6.3)$$

де T_{da} -допуск на діаметр виступів зуб'їв, вибирається з ГОСТ 25347-83 в залежності від діаметра виступів і квалітета;

F_{da} -допуск на биття діаметра вершин, що проставляється на кресленні зубчастого колеса (приймається рівним $1/3 F_r$).

Виробниче найбільше зміщення вихідного контура:

$$-E_{Hi\text{ пр}} = -(E_{Hs} + T_{H\text{ пр}}) \quad (6.4)$$

Вимірне зміщення вихідного контура для придатного колеса за нормами виду спряження зубчастих коліс повинно знаходитись в межах:

$$-(E_{Hs\text{ пр}} + T_{H\text{ пр}}) < E_{Hr} < -E_{Hs\text{ пр}} \quad (6.5)$$

6.4 Визначення зміщення вихідного контура зубоміром зміщення

Контроль зміщення вихідного контура здійснюють за допомогою зубоміра, зміщення, що показаний на рисунку 6.3.

Площини двох вимірювальних губок 1 і 2, кожна з яких нахилена під кутом $\alpha = 20^\circ$, відтворюють спільно з дотичною bb до діаметра виступів номінальний вихідний контур зубонарізного інструмента (рисунок 6.3).

Відстань між вимірювальними губками 1 і 2 може змінюватись гвинтом 4, який має на одному кінці праву, а на іншому ліву нарізь.

Заздалегідь зубомір встановлюють в номінальному положенні вихідного контура по ролику 7, діаметр якого визначається модулем колеса, що контролюється (див. маркування ролика – d, m).

У необхідному положенні губки закріплюють гвинтами 5, а нуль шкали суміщують зі стрілкою. Якщо дійсне положення вихідного контура (штрихова лінія на рис. 6.3) не співпадає з номінальним, то по положенню наконечника 3 індикатора 6 можна судити про величину зміщення вихідного контура.

Зубомір зміщення служить для контролю зміщення вихідного контура відносно діаметра виступів у циліндричних зубчастих коліс всіх ступенів точності.

Зубоміри зміщення випускаються з межами вимірювання по модулю: 2,5 ... 10 мм; 8 ... 36 мм. Зубомір для коліс з модулем від 8 до 36 мм має два змінних вимірювальних стержня: $m = 8 \dots 25$ мм; $m = 24 \dots 36$ мм.

6.4.1. Порядок вимірювання

Вибраний в залежності від модуля зубчастого колеса ролик закладається в призми спеціального пристрою. Потім потрібно відпустити гвинти 5 і перемістити за допомогою гвинта 4 губки приладу таким чином, щоб торкання з роликом було приблизно по середині губок (див. рисунок 6.3).

У цьому положенні губки потрібно закріпити гвинтами 5 і підвести вимірювальний наконечник індикатора до ролика таким чином, щоб дати йому натяг не менше половини оберта.

Потім індикатор потрібно закріпити і поворотом шкали індикатора сумістити її нуль з стрілкою. Налагоджений зубомір переносимо на зуб, що контролюється і, похитуючи його, визначаємо напрям і найбільшу величину

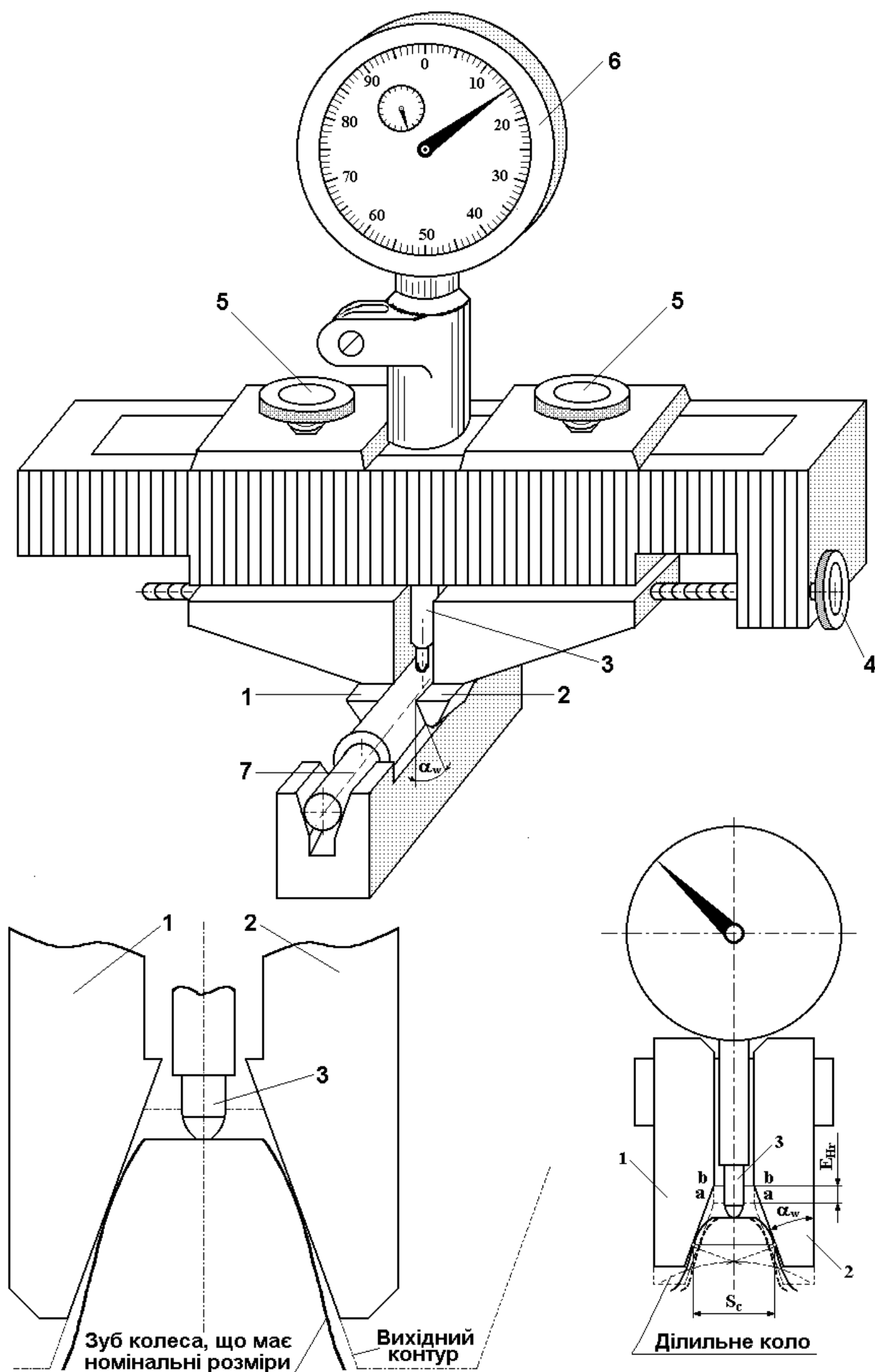


Рисунок 6.3 - Зубомір зміщення

відхилення стрілки від нульової поділки. Якщо стрілка встановиться на нуль і натяг буде рівний 0,5 оберта, то зуб буде мати номінальні розміри; якщо стрілка індикатора відхилиться за годинниковою стрілкою, то зуб має товщину сталого хорди менше номінального значення (це від'ємне зміщення вихідного контура). Якщо стрілка не дійшла до нуля, а натяг менше половини оберта, то зуб колеса товстий. Таким чином, вимірюємо 3 зуба рівновіддалених один від одного.

Отримані зміщення записати в бланк звіту.

Після чого по ГОСТ 1643-91 знаходимо значення E_{Hs} і T_H .

E_{Hs} - вибирається по нормі плавності і виду спряження зубчастого колеса;

T_H - вибирається в залежності від допуску на радіальне биття F_r і вигляду допуску бокового зазора;

F_r - див. " Норми кінематичної точності".

Значення F_{da} береться рівним $1/3 F_r$.

T_{da} - вибирається по ГОСТ 25347-83; (див. "Гладкі циліндричні з'єднання").

Потім підраховуємо значення:

$$- E_{Hs пр} = -(|E_{Hs}| + 0,35 \cdot F_{da})$$

$$T_{H пр} = T_H - 0,5 \cdot T_{da} - 0,7 \cdot F_{da}$$

Робимо висновок про придатність колеса з виду спряження. Якщо дійсне відхилення вихідного контура E_{Hr} для колеса відповідного даному виду спряження лежить в межах $-(|E_{Hs пр}| + T_{H пр} < E_{Hr} < -E_{Hs пр}$, то зуб придатний.

Якщо $E_r > -E_{Hs пр}$, то зуб необхідно додатково оброблювати.

Якщо $E_{Hr} < -(|E_{Hs пр}| + T_{H пр})$, то зуб прослаблено.

6.5. Порядок виконання роботи

Вивчити і викреслити схему зміщення вихідного контура (рис. 6.1).

Вивчити теоретичні положення (п.6.3).

Вивчити будову зубоміра зміщення (п.6.4).

Отримати прилад і обладнання (зубомір зміщення; зубчасте колесо, штангенциркуль).

Настроїти прилад і провести вимірювання (див. п.6.4).

Зробити висновок про придатність колеса з виду спряження.

6.6. Контрольні питання

1. Як визначити модуль зубчастого колеса?
2. Будова зубоміра зміщення.
3. Порядок настройки зубоміра зміщення на нуль.
4. Хід виконання роботи.
5. Скільки по ГОСТу 1643-81 є видів спряження зубчастих коліс і видів допусків на боковий зазор.
6. За рахунок чого створюють боковий зазор в зубчастій передачі?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

КОНТРОЛЬ ТОВЩИНИ ЗУБА ЗУБЧАСТОГО КОЛЕСА ШТАНГЕНЗУБОМІРОМ

7.1. Мета роботи

Метою роботи є оволодіння методикою вимірювання товщини зуба зубчастого колеса по сталій хорді, порядком настроювання штангензубоміра і дати висновок про придатність зубчастого колеса з виду спряження.

7.2. Матеріальне забезпечення:

- штангензубомір;
- штангенциркуль;
- зубчасте колесо, що вимірюється.

7.3. Контроль товщини зуба по сталій хорді

Сталою хордою називають хорду зуба, яка не залежить від числа зуб'їв колеса.

Зміщаючи вихідний контур зубонарізного інструмента від його номінального положення до центра колеса, проводимо зменшення товщини зуба зубчастого колеса (рисунок 7.1). Зв'язок між найменшим додатковим зміщенням вихідного контура (E_{Hs}) і найменшим відхиленням товщини зуба (найменше обов'язкове зменшення сталої хорди, що здійснюється з метою забезпечення в передачі гарантованого бокового зазора) (E_{Cs}):

$$E_{Cs} = 0,73 \cdot E_{Hs} \quad (7.1)$$

Допуск на товщину зуба T_C (різниця граничних відхилень товщини зуба) залежить від допуску на зміщення вихідного контура T_H :

$$T_C = 0,73 \cdot T_H \quad (7.2)$$

При контролі товщини зуба штангензубоміром як база вимірювання використовується діаметр виступів зубчастого колеса, яке приводить до додаткових похибок вимірювання внаслідок відхилень діаметра T_{da} і биття діаметра виступів F_{da} (приймати рівним $0,33 \cdot F_r$, F_r - допуск на радіальне биття зубчастого вінця, вибирається з таблиці – “Норми кінематичної точності”). T_{da} вибирається як допуск на гладкі циліндричні з'єднання ГОСТ 25347-83.

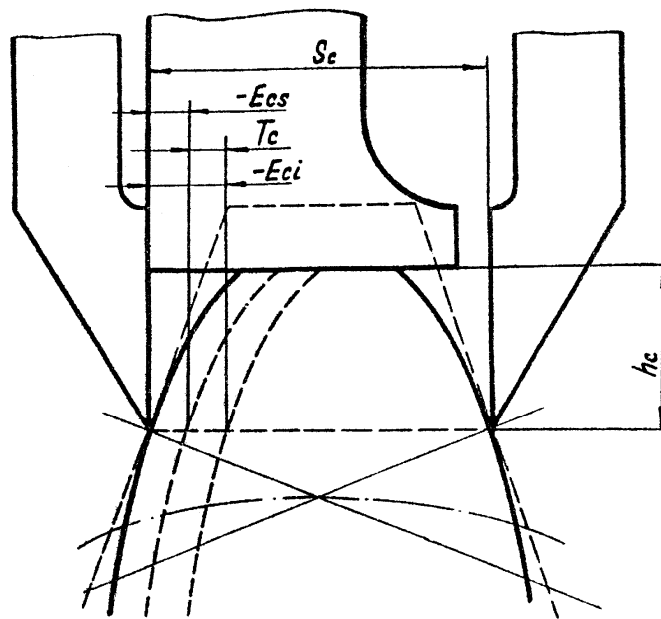


Рисунок 7.1 - Схема взаємозв'язку товщини зуба по сталій хорді з положенням вихідного контура

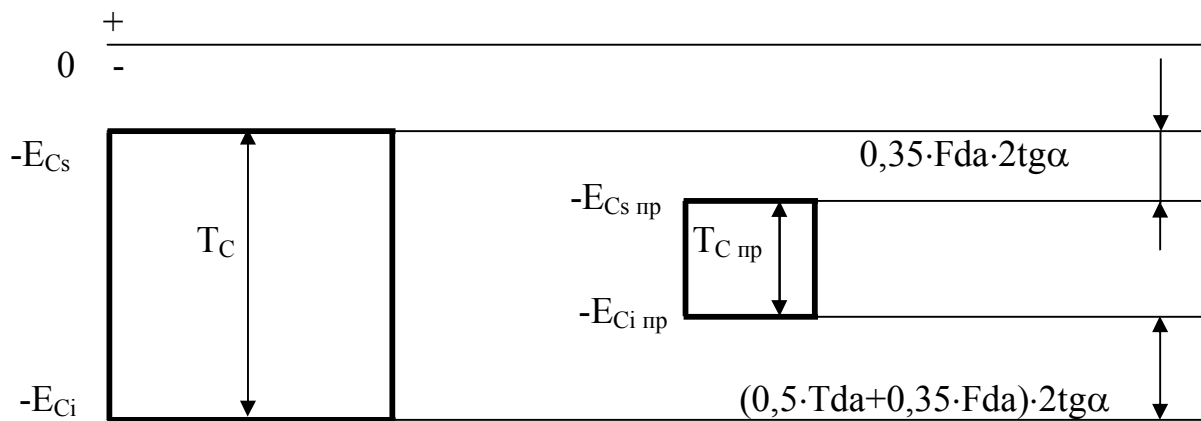


Рисунок 7.2 - Схема розташування поля допуску на товщину зуба по сталій хорді

З урахуванням похибок діаметра виступів зменшений виробничий допуск і зменшене найменше відхилення товщини зуба підраховуються за формулами:

$$-E_{Cs пр} = -0,73 \cdot (|E_{Hs}| + 0,35 \cdot F_{da}) \quad (7.3)$$

$$T_{C пр} = 0,73 \cdot (T_H - 0,5 \cdot T_{da} - 0,7 \cdot F_{da}) \quad (7.4)$$

Виміряна товщина зуба по сталій хорді при відповідному виді спряження, повинна знаходитись в межах:

$$\text{від } S_C - |E_{Cs пр}| \quad \text{до } S_C - (|E_{Cs пр}| + T_{C пр}),$$

де S_C - номінальна товщина зуба по сталій хорді (рисунок 7.1).

7.4. Порядок вимірювання товщини зуба по сталій хорді за допомогою штангензубоміра

Штангензубомір призначено для вимірювання товщини зуб'їв зубчастих коліс по сталій хорді S_{Cr} на висоті h_C від окружності виступів. Штангензубоміри випускають двох типорозмірів для вимірювання зубчастих коліс з модулями від 1 до 18 мм і від 5 до 36 мм з відліком ноніуса 0,02 мм. Він має дві взаємно перпендикулярні шкали 1 і 7 (див. рисунок 7.3) - одну для висоти h_C , а іншу для вимірювання зуба по сталій хорді S_{Cr} .

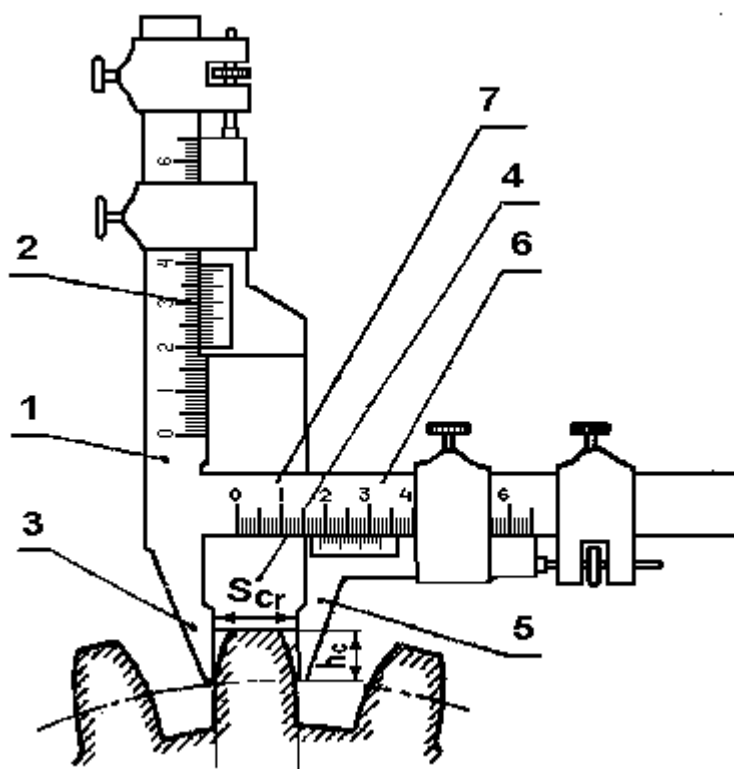


Рисунок 7.3 Схема вимірювання товщини зуба по сталій хорді штангензубоміром

Для точної установки розміру h_C на лінійці 1 є ноніус 2, для точного відліку розміру S_{Cr} є ноніус 6, упор 4, вимірювальні губки 3 і 5.

Перш ніж приступити до вимірювання необхідно підрахувати номінальну товщину зуба по сталій хорді:

$$S_C = m_n \cdot (\pi/2 \cdot \cos^2 \alpha + X \sin 2\alpha), \quad (7.5)$$

а також найбільший граничний розмір

$$S_{C \max} = S_C - |E_{Cs \text{ пр}}| \quad (7.6)$$

і найменший

$$S_{C \min} = S_C - (|E_{Cs \text{ пр}}| + T_{C \text{ пр}}), \quad (7.7)$$

де X - коефіцієнт зміщення (для нормальних коліс $X = 0$);
 m_n - модуль; при $\alpha = 20^\circ$; $X = 0$;

$$S_C = 1,387 \cdot m_n \quad (7.8)$$

і висоту від окружності виступів до сталої хорди

$$h_C = h' - (\pi/8 \sin 2\alpha + X \sin^2 \alpha) m_n, \quad (7.9)$$

де h' - висота головки зуба;

(для нормальних коліс $h_C = 0,746 \cdot m_n$ при куті вихідного контура $\alpha = 20^\circ$).

Значення S_C і h_C записати в звіт. Перед вимірюванням упор 4 естановлюють по вертикальній лінійці ноніуса 2 на розмір h_C , підрахований по формулі 7.9, і закріплюють в цьому положенні. Вимірювальні губки 3 і 5 після установки штангензубоміра упором 4 на діаметр виступів колеса, переміщують до зіткнення з профілями зуба, що контролюється.

Товщину зуба по сталій хорді відлічують по горизонтальній лінійці і ноніусу 6 штангензубоміра. Таким чином, вимірюють три зуба, рівновіддалених один від одного по колу (S_{Cr1} , S_{Cr2} , S_{Cr3}).

Потім підраховують величини $-E_{Cs \text{ пр}}$ і $T_{C \text{ пр}}$ і знаходять значення $S_{C \min}$ і $S_{C \max}$ з формул 7.3, 7.4, 7.6, 7.7.

Дійсні значення товщини зуба по сталій хорді правильно виготовленого колеса S_{Cr} повинні знаходитись в межах від $S_{C \min}$ до $S_{C \max}$, тобто необхідно дотримуватись нерівності $S_{C \min} < S_{Cr} < S_{C \max}$.

Штангензубомір застосовується рідше зубоміра зміщення, оскільки поступається йому зносостійкістю вимірювальних губок і більшими похибками вимірювання, пов'язаними з конструкцією приладу.

7.5 Контрольні питання

1. Для чого призначений штангензубомір?
2. Типорозміри штангензубомірів.
3. Будова штангензубоміра і його настроювання.
4. Порядок відліку по ноніусу з ціною поділки 0,02 мм.
5. Який зв'язок між товщиною зуба по сталій хорді і положенням вихідного контура?
6. Що таке E_{Cs} і T_C ?
7. Порядок виконання роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

КОМПЛЕКСНИЙ КОНТРОЛЬ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС В ДВОХПРОФІЛЬНОМУ ЗАЧЕПЛЕННІ

8.1. Мета роботи

Ознайомитися з методами контролю зубчастих коліс. Оволодіти комплексним методом контролю зубчастого колеса.

8.2. Матеріальне забезпечення

- міжосемір КДП-300;
- штангенциркуль;
- колесо, що контролюється.

8.3. Методи контролю зубчастих коліс

Контроль якості геометрії зубчастих коліс здійснюється двома методами: диференціальною перевіркою ряду елементів кожного зубчастого колеса; комплексною (спільною) перевіркою зубчастої пари в зачепленні. Похибки окремих елементів колеса (кроку, профілю зуба, напрямку зуба і інш.), визначені незалежно одна від одної, не можуть повністю характеризувати експлуатаційні якості коліс, оскільки вони можуть частково компенсувати або, навпаки, посилювати одна одну.

Комплексний контроль зубчастих коліс в зачепленні наближає умови контролю до дійсних умов роботи в складальній одиниці і є високопродуктивним, тому що легко піддається автоматизації.

Однак спільна перевірка двох робочих коліс з тими або іншими похибками окремих елементів може привести до складних комбінацій цих похибок, що призведе до помилки контролера. Тому комплексний контроль повинен проводитися при зачепленні робочого колеса, що контролюється зі спеціальною вимірювальною (зразковою) шестернею підвищеної точності. (Допуски на її виготовлення нормовані ГОСТом 6512-78).

Найбільш точним методом перевірки кінематичної точності і плавності роботи є комплексний метод контролю зубчастого колеса в однопрофільному зачепленні з вимірювальним(зразковим) колесом при нормальній міжосьовій відстані (із зазором між неробочим профілями зуб'їв).

Порівняно висока вартість приладів обумовлює застосування комплексного методу контролю в однопрофільному зачепленні тільки для зубчастих коліс точніше шостого ступеня точності.

У масовому і серійному виробництвах зубчасті колеса 6-го і більш грубих ступенів точності діаметром до 300...400 мм часто підлягають комплексному контролю в щільному (беззазорному) двохпрофільному зачепленні з вимірювальним (зразковим) колесом на приладах, що називаються

міжосемірами. При цьому перевіряється кінематична точність, плавність і вид спряження по боковому зазору. Внаслідок двохпрофільного зачеплення зуб'їв цей метод перевірки не дає можливості виділення похибок лівого і правого профілів і не виявляє повністю кінематичну похибку колеса $F_{i r}'$. При цьому контролюється тільки радіальна складова кінематичної похибки - найбільше коливання вимірювальної міжосьової відстані при повороті колеса, що перевіряється, на один оберт $F_{i r}''$. Тому комплексний двохпрофільний контроль повинен доповнюватись профілактичною перевіркою похибки зубооброблюючих верстатів (похибка обката F_{Cr} або коливання довжини загальної нормалі F_{VWr}).

8.4 Будова міжосеміра КДП-300

На рисунку 8.1. наведено загальний вигляд приладу КДП-300. На станині приладу 10 пересувається по спрямівницях основна каретка 7 за допомогою ходового гвинта з маховичком 11. Каретка застопорюється в потрібному положенні затискною ручкою 9. Друга каретка 3 (вимірювальна) також може переміщатися по спрямівницях станини і притиснута пружиною до каретки 7. В зворотньому напрямі каретка 3 відтискається кулачком при допомозі маховичка. На станині 10 закріплюється індикатор часового типу 1, вимірювальний штифт якого упирається в головку регульованого упора 2, закріпленого на вимірювальній каретці 3.

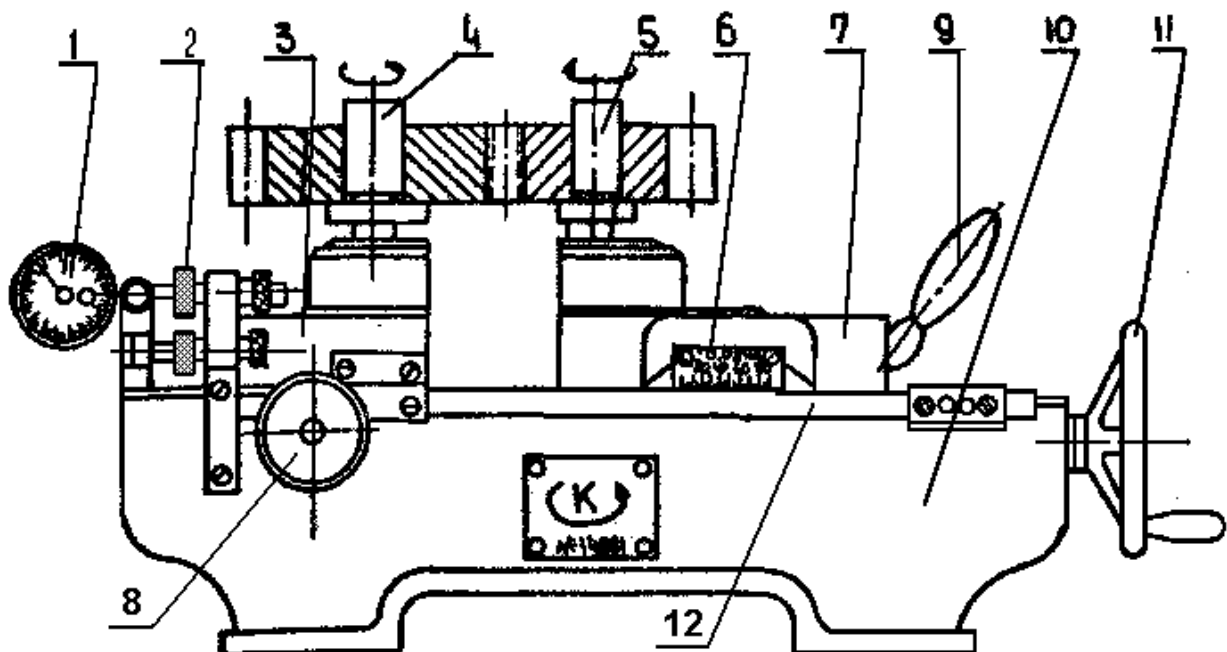


Рисунок 8.1 - Будова КДП – 300

Отже, переміщення вимірювальної каретки 3 по відношенню до станини 10 (а також по відношенню до застопореної на ній основної каретки 7 визначається показом індикатора 1).

У конічному отворі вимірювальної каретки 3 встановлена оправка 4 для вимірювальної (зразкової) шестерні.

На основній каретці 7 встановлюється нижній центр і кронштейн з верхнім центром (для перевірки валів шестерень) або ж оправка 5, аналогічна оправці 4.

8.5 Настроювання міжосеміра КДП-300 (проводиться при знятих шестернях)

Вимірювальна каретка 3 встановлюється в середньому положенні за допомогою повороту маховичка 8. Червона мітка на маховичку повинна зайняти нижнє положення. Індикатор 1 закріплюється так, щоб вимірювальний штифт пройшов біля половини свого ходу (тобто приблизно 5 обертів великої стрілки).

Пересуванням основної каретки 7 (відстопорити ручкою 9, пересувати маховичком 11) осі оправок 4 і 5 встановлюються з точністю до 0,5 мм по шкалі 12 на розмір, рівний номінальній вимірювальній міжосьовій відстані, яка для перевірки прямозубих зубчастих коліс 8...10 ступенів точності із зовнішніми зуб'ями може бути підраховане по формулі, запропонованій А.Т. Драудіним:

$$a'' = m (Z_0 + Z) / 2 + (E_{Hs} + E_{Ho}) \cdot [1 - C (1 - C_1)], \quad (8.1)$$

де m - модуль коліс;

Z_0 - число зуб'їв вимірювального (зразкового) колеса;

Z - число зуб'їв колеса, що перевіряється;

E_{Hs} - найменше додаткове зміщення вихідного контура колеса, що перевіряється (береться з робочого креслення, колеса що перевіряється або ж безпосередньо з таблиць ГОСТа 1643-91);

E_{Ho} - зміщення вихідного контура при виготовленні вимірювального (зразкового) колеса (маркірується на вимірювальному колесі).

$$C = 7,55 (E_{Ho} - E_{Hs}) / (m (Z_0 + Z));$$

$$C_1 = 22 (E_{Ho} - E_{Hs}) / (m (Z_0 + Z)).$$

Основна каретка 7 закріплюється на станині за допомогою рукоятки 9. Маховичком 8 коректується відстань між осями оправок 4 і 5 з можливою точністю (до 0,02 мм) по нониусу 6. Встановлена між осями оправок номінальна вимірювальна міжосьова відстань a'' фіксується суміщенням нуля шкали індикатора 1 з його основною стрілкою. Таким чином, при

вимірюванні індикатор буде показувати відхилення Δa від номінальної вимірювальної міжосьової відстані a'' .

Додатні відхилення відлічуються по чорній шкалі, від'ємні - по червоній шкалі індикатора, в чому легко пересвідчитись, змінюючи міжосьову відстань передачі маховиком 8.

8.6 Контроль зубчастого колеса на міжосемірі КДП-300

Для установки колеса, що перевіряється, і зразкового вимірювальна каретка 3 відводиться від основної поворотом маховичка 8 проти годинникової стрілки до упора. Після установки зубчастих коліс на відповідні оправки 5 і 4 маховичок 8 необхідно повернути до упора за годинниковою стрілкою. При цьому вимірювальна каретка 3 під дією пружини наближається до основної 7 і колеса входять в беззазорне зачеплення один з одним.

Повертаючи вимірювальне колесо, знімають відліки по індикатору 1 на кожному зубі колеса, що перевіряється Δa . Відхилення вимірювальної міжосьової відстані Δa може бути зафіксоване самописцем.

Про величину бокового зазора зубчастої передачі, в яку входить колесо, що перевіряється, можна судити по величинах найбільшого і найменшого відхилень стрілки індикатора 1 від нуля ($E_{a''sr}$, $E_{a''ir}$).

Чим менше виміряна міжосьова відстань в беззазорному зачепленні, тим менше товщина зуб'їв колеса, що перевіряється, тим більше боковий зазор j_n в зубчастій передачі, що виготовляється і навпаки.

Боковий зазор в зубчастій передачі, що виготовляється буде відповідати ГОСТу 1643-91 тільки при умові, що при контролі кожного з коліс будуть дотримуватися нерівності:

$$E_{a''sr} \leq E_{a''s}; \quad E_{a''ir} \geq E_{a''i}, \quad (8.2)$$

де $E_{a''s}$ і $E_{a''i}$ - відповідно верхнє і нижнє граничні відхилення вимірювальної міжосьової відстані від номінального (беруться з таблиць ГОСТ 1643-91).

Радіальне биття зубчастого вінця F_{ir} приблизно дорівнює різниці між найбільшим і найменшим показаннями індикатора, тобто коливанню вимірювальної міжосьової відстані за оберт колеса:

$$F_{ir}'' = E_{a''sr} - E_{a''ir} \quad (8.3)$$

Кінематична точність колеса, що перевіряється витримана, якщо

$$F_{ir}'' \leq F_i'',$$

де F_i'' - допуск на коливання вимірювальної міжосьової відстані (береться з таблиць ГОСТа 1643-91).

Плавність роботи колеса, що перевіряється, визначається найбільшим коливанням вимірювальної міжосьової відстані при повороті на один зуб – f''_{ir} .

Ступінь точності з норм плавності зубчастого колеса витримана, якщо дотримується нерівність

$$f''_{ir} \leq f''_i,$$

де f''_i - допуск на найбільше коливання вимірювальної міжосьової відстані при повороті на один зуб (з таблиць ГОСТа 1643-91)

8.7 Порядок виконання роботи

Познайомитись з інструкцією і будовою приладу.

Провести настройку приладу для контролю конкретного зубчастого колеса (див. п. 8.4). Потрібно врахувати, що згідно з ГОСТ 6512-78 для коліс 7,8,9-го ступенів точності повинні застосовуватись вимірювальні (зразкові) колеса відповідно 4,5-го ступенів точності.

Провести вимірювання, плавно обертаючи рукою колесо, що перевіряється.

Показання індикатора 1 ($\Delta a_1, \Delta a_2, \Delta a_3$ і т.д.) при кожному повороті колеса, що перевіряється на один зуб занести в звіт.

Підрахувати і занести в звіт коливання вимірювальної міжосьової відстані при повороті на один зуб:

$$f''_{ir1} = (\Delta a_2 - \Delta a_1); f''_{ir2} = (\Delta a_3 - \Delta a_2) \text{ і т.д.}$$

За даними вимірювання побудувати діаграму комплексних похибок зубчастого колеса:

$$\Delta a = f(Z).$$

Визначити найбільше і найменше відхилення вимірювальної міжосьової відстані за оборот колеса, що перевіряється:

$$E''_{a\ sr} \text{ і } E''_{a\ ir}.$$

Визначити коливання вимірювальної міжосьової відстані за оборот колеса, що перевіряється

$$F''_{ir} = E''_{a\ sr} - E''_{a\ ir}.$$

Визначити найбільше коливання вимірювальної міжосьової відстані при повороті на один зуб f''_{ir} .

По таблицях ГОСТа 1643-91 визначити граничні відхилення:

$$E''_{a\ s}, E''_{a\ i}, \text{ а також допуски } F''_i, f''_i.$$

Порівнявши підраховані за результатами вимірювання параметри колеса, що перевіряється з відповідними допусками з ГОСТу 1643-91, дати диференційований висновок про придатність колеса, що перевіряється, по кінематичній точності, плавності і виду спряження по боковому зазору (див. п. 8.5).

ПРИМІТКА

Якщо відхилення вимірювальної міжосьової відстані

($\Delta a_1, \Delta a_2, \Delta a_3$ і т.д.) фіксуються самописцем, то величини $E''_{a_{sr}}, E''_{a_{ir}}, F''_{ir}, f''_{ir}$ визначаються при розшифровці діаграми самописця, знаючи масштаб її викреслювання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

ВИКОНАННЯ РОБОЧОГО КРЕСЛЕННЯ ДЕТАЛІ

9.1 Мета роботи

Придбання навичок по виконанню ескіза робочого креслення деталі, розробці і контролю технічних вимог, необхідних для виготовлення даної деталі.

9.2. Матеріальне забезпечення

- вимірвальна лінійка;
- гладкі мікрометри;
- штангенциркулі;
- биттемір;
- профілометр;
- подвійний мікроскоп;
- індикаторний нормалемір;
- деталь, що контролюється;
- креслення складальної одиниці.

9.3 Порядок виконання роботи

Перш ніж приступити до роботи студенти повинні ознайомитися з конструкцією виданої деталі, призначенням її окремих елементів.

Потім виконати ескіз деталі, передбачивши необхідні перетини, і таблицю параметрів зубчатого вінця. На ескіз деталі нанести розмірні лінії всіх необхідних для виготовлення деталі розмірів. Лінійні розміри проставляти від конструкторських баз, які визначаються при аналізі складального креслення. Для діаметральних і лінійних спряжуваних розмірів на ескізі деталі проставити граничні відхилення відповідно до типів основних відхилень і квалітетів, вказаних на складальному кресленні. Вважати, що неспряжувані діаметральні і лінійні розміри деталі виконуються для валів по h14, для отворів - по H14, для інших +/- IT14/2.

Згідно з рекомендаціями /2, с.86/ призначити бази для контролю відхилень форми і розташування поверхонь деталі і проставити їх на ескізі. Для спряжуваних поверхонь деталі нанести на ескіз умовні знаки допусків відхилень форми і розташування, а також знаки шорсткості поверхні.

По /3, ч.1, с.393-425/ призначити числові значення допусків форми і розташування поверхонь деталі і проставити їх на ескізі. Допуски на розташування шпоночного паза призначити по /3, ч.2,с.235/; допуск циліндричності шийки вала під підшипник - по /4, с.75/.

Числові значення шорсткості поверхонь деталі призначити згідно з рекомендаціями /3, ч.1,с.525...534/, при необхідності округлити до найближчого більшого числового значення по /3, ч.1,табл.2.59/ у відповідності з ГОСТ 2789-73 і проставити на ескізі. При цьому врахувати, що для поверхонь деталі необхідно проставляти параметр шорсткості Ra.

Для зубчатого вінця підрахувати число зуб'їв Z , виміряти штангенциркулем зовнішній діаметр зубчатого вінця d_a і визначити величину модуля m по формулі

$$m = d_a / (z + 2).$$

При необхідності округлити підраховане значення модуля до найближчого стандартного значення у відповідності з ГОСТ 9563-60. Для здійснення контролю вида спряження зубчастого вінця згідно з довідником /3, ч.2,табл.5.30/ визначається теоретичне значення довжини загальної нормалі W і округляється до сотих частин міліметра.

По /1, табл. 12,13/ вибрати значення найменшого відхилення середньої довжини загальної нормалі E_{wms} , по /1, табл. 14/- значення допуску на середню довжину загальної нормалі T_{wm} у відповідності з ГОСТ 1643-91.

Підрахувати значення найбільшого відхилення середньої довжини загальної нормалі:

$$E_{wmi} = - (|E_{wms}| + T_{wm})$$

У таблицю параметрів зубчастого вінця проставити довжину загальної нормалі з граничними відхиленнями:

$$W \begin{matrix} -E_{wms} \\ -E_{wmi} \end{matrix}$$

При виборі вимірювального засобу необхідно враховувати похибку вимірювання, що допускається Δ_{izm} , яка залежить від допуску на розмір і визначається по ГОСТ 8.051-81 /1, табл. 4, с.244,245/.

Встановлені стандартом похибки вимірювання є найбільшими. Тому при виборі конкретного вимірювального засобу необхідно дотримуватись умови:

$$\Delta_{izm} \leq \Delta_{lim},$$

де Δ_{lim} - гранична похибка вимірювального засобу, визначається по довіднику /6, с.483...500/.

Технічні вимірювання і обробка їх даних є складовою частиною практично всіх видів дослідницьких робіт. Необхідна кількість вимірювань, що забезпечує задану точність, способи обробки отриманих результатів визначаються методами математичної статистики стосовно до конкретних випадків /7/.

Для відповідальних геометричних параметрів треба одержати в різних перерізах деталі не менш шести вимірів, для невідповідальних - не менше трьох, внести результати в звіт. Вимірювання проводити з точністю до половини ціни поділки вимірювального засобу. Дати висновок про придатність деталі по кожному геометричному параметру.

Деталь вважається придатною, якщо всі її геометричні параметри знаходяться в межах відповідних полів допусків.

До числа геометричних параметрів відносяться лінійні і діаметральні розміри, значення відхилень форми і розташування, хвилястості і шорсткості поверхонь.

Для зубчастого вінця проконтролювати відхилення довжини загальної нормалі $E_{Wг}$ по всіх групах зуб'їв, внести результати вимірювань в звіт. Зубчастий вінець відповідає заданому виду спряження зубчастого колеса, якщо:

$$\begin{aligned} E_{Wг \min} &\leq E_{Wms} \\ E_{Wг \max} &\geq E_{Wmi} \end{aligned}$$

Відповідно до рекомендацій /3, ч.2,с.356/ заповнити таблицю параметрів зубчастого вінця.

Приклад 1. Для з'єднання зубчастого колеса з валом на складальному кресленні проставлена посадка 40 Н7/к6.

Отже шийка вала під зубчасте колесо виконується по розміру 40к6. Згідно /1, с.63/ по ГОСТ 25347-82 граничні відхилення для заданого розміру шийки вала складуть:

верхнє відхилення $es = + 18$ мкм

нижнє відхилення $ei = + 2$ мкм.

Визначаємо граничні розміри шийки вала:

найбільший граничний розмір

$$d_{\max} = d + es = 40 + 0,018 = 40,018 \text{ мм};$$

найменший граничний розмір

$$d_{\min} = d + ei = 40 + 0,002 = 40,002 \text{ мм},$$

де d - номінальний розмір шийки вала, мм.

Проводимо вибір вимірювального засобу для контролю шийки вала.

Необхідно визначити похибку вимірювання, що допускається для заданого розміру $\Delta_{\text{изм}}$ і граничну похибку вимірювального засобу Δ_{lim} . Згідно /1, табл. 4, с.244/ $\Delta_{\text{изм}} = 5$ мкм. У відповідності з /3/ Δ_{lim} не повинна перевищувати $\Delta_{\text{изм}}$.

Цій умові задовольняє мікрометр типу МК, ГОСТ 6507-60 з межами вимірювання від 25 до 50 мм і граничною похибкою вимірювання +/- 4 мкм /6, табл. 4.9, с.491/.

На шийці вала, що контролюється виробляємо шість вимірів в двох взаємно перпендикулярних площинах, в кожному з трьох поперечних перерізів з точністю до 0,005 мм. Допустимо при вимірюванні шийки вала отримані дійсні розміри, в мм:

40,015	40,010	40,010
40,005	40,010	40,005;

Тоді розмір шийки вала під зубчасте колесо вважається придатним, оскільки всі дійсні розміри шийки вала знаходяться між граничними розмірами, тобто

$$d_{\min} > d_r > d_{\max},$$

де d_r - виміряні значення розміру шийки вала, мм.

Приклад 2. Для довжини ступені вала проставлений лінійний розмір $50 h_{12}$.

Згідно /3, ч.1,табл.1.28,с.87/ граничні відхилення для заданого розміру складуть:

верхнє відхилення $e_s = 0$ мкм;

нижнє відхилення $e_i = -250$ мкм.

Визначаємо граничні розміри довжини ступені вала:

найбільший граничний розмір

$$l_{\max} = l + e_s = 50 + 0 = 50 \text{ мм}$$

найменший граничний розмір

$$l_{\min} = l + e_i = 50 + (-0,25) = 49,75 \text{ мм}$$

Проводимо вибір вимірювального засобу для контролю довжини ступені вала. Згідно /1, табл. 4, с.244/ $\Delta_{\text{изм}} = 50$ мкм. У відповідності з /6, табл. 4.7, с.487/ вибираємо штангенциркуль ШЦ - 1, ГОСТ 166-73 з ціною поділки ноніуса 0,05 мм, у якого $\Delta_{\text{lim}} = \pm 50$ мкм, тобто умова вибору виконується.

Виконуємо шість вимірів довжини ступені вала в різних площинах з точністю до 0,05 міліметра. Допустимо при вимірюванні отримані наступні дійсні розміри довжини ступені вала, мм:

49,95 50,00 49,90

49,90 49,95 49,95.

Розмір довжини ступені вала вважається придатним, так як всі його дійсні розміри знаходяться між граничними розмірами, тобто

$$l_{\min} < l_r < l_{\max},$$

де l_r - виміряні значення довжини ступені вала, мм.

П Е Р Е Л І К П О С И Л А Н Ь

1. Справочник контролера машиностроительного завода. Допуски, посадки, линейные измерения / Под ред. А.И.Якушева.- М.: Машиностроение, 1980. - 528 с.

2. Дунаев П.Ф., Леликов О.П., Варламова Л.П. Допуски и посадки. Обоснование выбора.- М.: Высш. шк., 1984. - 111 с.

3. Мягков В.Д. Допуски и посадки: Справочник. - М.: Машиностроение, 1982. - Ч.1. - 540 с. - Ч.2. - 444 с.

4. Справочник техника-конструктора / Под ред. Я.А.Самохвалова.- Киев: Техника, 1978.- 590 с.

5. Справочник по производственному контролю в машиностроении / Под ред. А.К.Кутая.- М.: Машиностроение, 1974. - 974 с.

6. Адлер Ю.П., Марков Е.В., Грановский Ю.В. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. -283 с.

З М І С Т

Лабораторна робота №1. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини. перевірка мікрометра.....	3
Лабораторна робота №2. Контроль отворів індикаторним нутроміром.....	8
Лабораторна робота №3. Контроль розмірів деталей на вертикальному оптиметрі.....	12
Лабораторна робота №4. Шорсткість поверхонь деталі, вимірювання і контроль її параметрів.....	18
Лабораторна робота №5. Контроль радіального і торцевого биття поверхонь деталей.....	23
Лабораторна робота №6. Вимірювання величини зміщення вихідного контура зубоміром зміщення при контролі зубчастих коліс.....	26
Лабораторна робота №7. Контроль товщини зуба зубчастого колеса штангензубоміром	32
Лабораторна робота №8. Комплексний контроль циліндричних зубчастих коліс в двохпрофільному зачепленні.....	36
Лабораторна робота №9. Виконання робочого креслення деталі.....	41
Додаток. Правила оформлення звітів з лабораторних робіт	

ДОДАТОК

Правила оформлення звітів по лабораторних роботах

Прізвище, ім'я та по-батькові

група

факультет

Лабораторна робота № 1

Площиннопаралельні кінцеві міри довжини . Перевірка мікрометра.

Матеріальне забезпечення

1. Набір кінцевих мір довжини в кількості _____ од.
2. Мікрометр гладкий з діапазоном вимірювання _____ мм., ціною поділки _____ мм.

Завдання.

1. Скласти блоки з мінімально можливого числа кінцевих мір.(табл.1)
2. Навести ескіз перевірки мікрометра.
3. Визначити похибку показання мікрометра і дати висновок про його придатність відповідно с ГОСТ6507- 60. Висновки в табл. 2.

Таблиця 1- Склад блоків кінцевих мір.

Заданий розмір блоку, мм.		1-й блок	2-й блок	3-й блок
Номінальні розміри кінцевих мір, з яких повинен складатися блок, в мм.	А Б В Г Д			

Таблиця 2- Перевірка погрішності показання мікрометра .

№ п/п	Розмір блоку, мм	Показання мікрометра	Погрішність показання

Рисунок 1- Ескіз перевірки мікрометра:

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Допустима похибка показання мікрометра по ГОСТ-6507-60		Висновок про придатність мікрометра	
Дата	Підпис студента:	Оцінка і підпис викладача:	

Лабораторна робота № 2

Контроль отворів індикаторним нутроміром




Завдання.

Виміряти дійсні розміри і визначити квалітет отвору $D =$ _____ мм в системі _____ за допомогою індикаторного нутроміру годинникового типу з ціною поділки _____ мм.

Дійсні розміри отвору			
	А-А	Б-Б	В-В
Г-Г			
Д-Д			

Граничні розміри отвору		
Познач.	найбільший	найменший
6		
7		
8		
9		
10		
11		

1. Перевіряємий отвір треба віднести до _____ квалітету.

Конусоподібність  Бочкоподібність  Сідлоподібність 	у перерізі Д-Д _____ мм
Овальність у перерізі Б-Б _____ мм	

Стандартизована схема контролю поверхні

Схема вимірювання індикаторним нутроміром

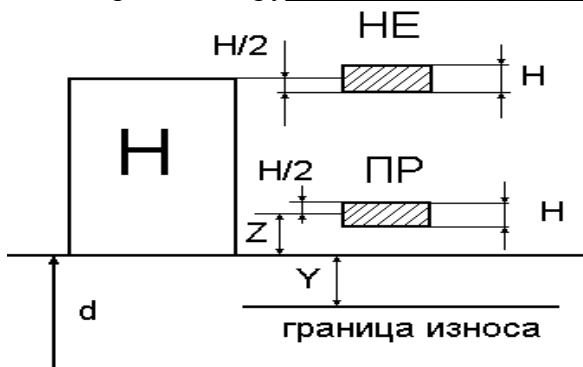
Дата	Підпис студента:	Оцінка і підпис викладача:
------	------------------	----------------------------

Лабораторна робота №3

Контроль гладкого граничного калібру**Завдання**

Виміряти розміри гладкого граничного калібру на _____ оптиметрі з ціною поділки _____ з границями виміру по шкалі _____ за допомогою плоскопаралельних кінцевих мір (набір _____ од., клас _____). Дати висновок про придатність калібру.

1. Схема полей допусків калібрів Р-ПР й Р-НЕ для контролю отвору _____



2. Схема вимірювання калібру для контролю отвору _____

Граничні розміри калібру по ГОСТ 24853-81

$$P-PR \quad \max D_{\min} + Z + H/2 =$$

$$P-PR \quad \min D_{\min} + Z - H/2 =$$

$$P-PR \quad \text{спрац. } D_{\min} - Y =$$

$$P-NE \quad \max D_{\max} + H/2 =$$

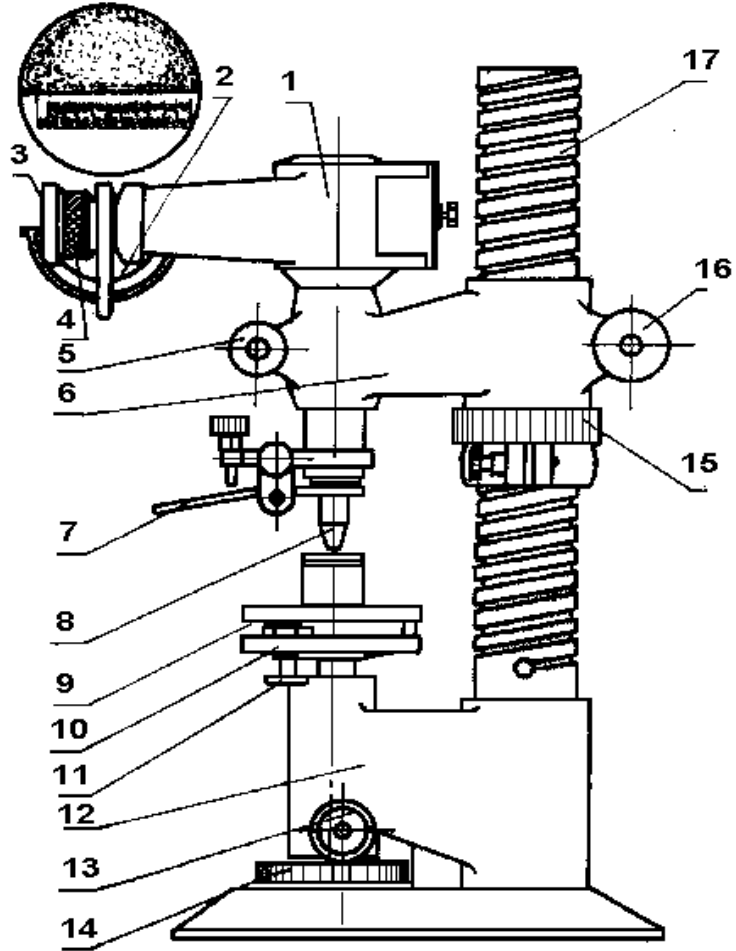
$$P-NE \quad \min D_{\min} - H/2 =$$

Результати вимірювань

Сторона калібру	Розмір блоку кінцевих мір при установці, мм	Направлення вимірювань	Дійсні відхилення розміра калібру, мм		
			Перпендикулярні до осі калібру перерізи		
			А-А	Б-Б	В-В
Прохідна		Г - Г			
		Д - Д			
Непрохідна		Г - Г			
		Д - Д			

Сторона калібру	Перпендикулярні осі калібру перерізи	Дійсні розміри калібру d_c			Граничні розміри калібру в мм (по ГОСТ)			Висновок про придатність
		А-А	Б-Б	В-В	Найбільший max	Найменший Min	Спрацьований	
Прохідна ПР	Г-Г							
	Д-Д							
Непрохідна НЕ	Г-Г							
	Д-Д							

3. Схема опгіметру (вказати найменування частин)



Дата	Підпис студента:	Оцінка і підпис викладача:
------	------------------	----------------------------

Лабораторна робота № 4**Шорсткість поверхонь деталі, вимірювання і контроль її параметрів****Матеріальне забезпечення**

1. Зразки шорсткості _____ од.
2. Подвійний мікроскоп МІС-11 з діапазоном вимірювань $Rz=6,3-80\mu\text{м}$, з ціною поділки окуляр- мікрометра $0,85\mu\text{м}$ (при фокусній відстані об'єктивів $F=25,02\text{мм}$).
3. Профілометр моделі 252 з діапазоном вимірювань $Ra= 0,1\dots 10\mu\text{м}$.

Завдання.

1. Дати оцінку шорсткості поверхонь 3-4 - х деталей за допомогою:
 - зразків шорсткості (візуальний метод);
 - подвійного мікроскопа МІС-11 по Rz (безконтактний метод);
 - профілометра моделі 252 (по Ra) (контактний метод).

Результати занести в таблицю 1.

Таблиця 1-Результати контролю.

Метод	Вимірювальні засоби	Результати вимірювань				Позначення шорсткості на кресленні	Висновок про придатність
		№ деталей					
		1	2	3	4		
Візуальний	Зразки						
Контактний	МІС 11						
Безконтактний	ПФ-252						

4. На зразку профілограми показати величини, за допомогою яких розраховують Ra , Rz , R_{max} , S_m , S , tr .



Примітка.

1. На зворотній стороні звіту навести: визначення шорсткості; визначення Ra , Rz , R_{max} , S_m , S , tr ; позначення допустимої шорсткості на кресленнях, за допомогою яких задаються технічні вимоги до шорсткості поверхонь деталей, з необхідними поясненнями

Оцінити об'єктивність контролю _____

Дата	Підпис студента:	Оцінка і підпис викладача:
------	------------------	----------------------------

Лабораторна робота № 5

Контроль радіального і торцевого биття поверхонь деталей Матеріальне забезпечення

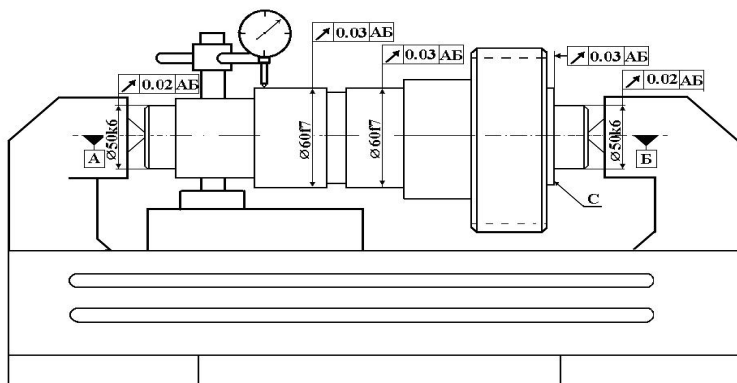
1. Биттемір.
2. Деталь.
3. Індикатор годинникового типу с ціною поділки шкали _____ мм.

Завдання.

1. Виміряти на биттемірі радіальне биття поверхонь ступінчастого валу й торцеве биття торця С

Діаметр	<u>50k6()</u> мм.	биття	_____ мм.
Діаметр	<u>60f7 ()</u> мм.	биття	_____ мм.
Діаметр	<u>60f7 ()</u> мм.	биття	_____ мм.
Діаметр	<u>50k6()</u> мм.	биття	_____ мм.
Торцеве биття торця		С	_____ мм.

2. Зробити висновок щодо придатності деталі: _____



Торцеве биття:
(визначення)

Радіальне биття:
(визначення)

Рисунок 1 – Схема вимірювання радіального биття поверхні $\varnothing 60f7$, відносно загальної осі центрових отворів.

Позначення допусків на відхилення форми й розташування поверхней			
розташування			
	паралельності		симетричності
	перпендикулярності		перетин осей
	нахилу		позиційне відхилення від номінального розташування (позиційний допуск)
	соосності		
сумарні форми і розташування поверхні		форми	
	форма заданої поверхні		прямолінійності
	повне торцеве і радіальне биття		площинності
	форми заданого профілю		круглості
	радіальне, торцеве биття й биття в заданному напрямку		профілю повздожнього перерізу
			циліндричності

Дата	Підпис студента:	Оцінка і підпис викладача:
------	------------------	----------------------------

Прізвище, ім'я та по-батькові

Група

факультет

Лабораторна робота № 6
Вимірювання величини зміщення вихідного контуру
зубоміром зміщення при контролі зубчастих коліс

Виміряти величину зміщення вихідного контуру приладом типу _____ з індикатором годинникового типу з ціною поділки _____ мм для модулів від _____ до _____ мм.

Схема налагодження прибору	Схема вимірювання

Данні перевіряемого зубчастого колеса

Модуль, m_n	мм.		Схема розташування поля допуску на зміщення вихідного контуру
Число зуб'їв, z	--		
Ділильний діаметр, d	мм.		
Ступінь точності згідно з ГОСТ 1643-91	--		

Номера зуб'їв	Відлік по індикатору величини E_{hr} в мкм (ураховати знак)	Данні ГОСТу 1643-91		
		$-E_{Hs}$	T_H	$-E_{Hf}$

Висновок про придатність

Дата	Підпис студента:	Оцінка і підпис викладача:
------	------------------	----------------------------

Лабораторна робота №7**Контроль товщини зуба зубчастого колеса штангензубоміром****Завдання**

Виміряти товщину зуба по сталій хорді штангензубоміром заводу _____ для модулів від _____ до _____ і ціною поділки _____ мм.

Дані перевіряемого колеса

Модуль нормальний $m_n =$
 Кут зачеплення $\alpha =$
 Коефіцієнт корекції $X =$
 Коефіцієнт висоти головки зуба $h_a^* =$
 Кут нахилу зуба $\beta =$
 Число зуб'їв $z =$
 Позначення точності зубчастого колеса -

Розрахункові розміри й вимоги ГОСТу 1643-91

Товщина зуба по сталій хорді при номінальному положенні вихідного контуру, мм	$S_c = m_n * (0,5\pi \cos^2 \alpha + x^* \sin 2\alpha) = 1,387 * m_n$
	$S_c =$
Висота зуба до сталій хорді, мм (при $x=0$)	$h_c = h' - (0,125\pi * \sin 2\alpha + x^* \sin^2 \alpha) m_n = 0,746 m_n$
	$h_c =$

Вимоги ГОСТу 1643-91

Мінімальне додаткове зменшення товщини зуба по сталій хорді, мкм:

$E_{sc} =$

Допуск, мкм.

$T_c =$

Граничні розміри товщини зуба по сталій хорді згідно з ГОСТ 1643-91:

Найбільший граничний розмір:	$S_{c \max} = S_c - E_{cs} =$
Найменший граничний розмір:	$S_{c \min} = S_c - (E_{cs} + T_c) =$

Схема вимірювання штангензубоміром	Розміри зуба у нормальному перерізі для простановки технічних вимог на робочому кресленні

Результати вимірювання товщини зуба по сталій хорді, S_c

Номер зуба	Товщина зуба по сталій хорді, S_{cr} , мм

Висновок про придатність

Дата	Підпис студента:	Підпис викладача:
------	------------------	-------------------

Лабораторна робота № 8**Комплексний контроль зубчасті шестірни****Матеріальне забезпечення**

1. Міжосемір КПД-300
2. Шестірна, що контролюється (див. табл 1).
3. Зразкове (вимірювальне) колесо (див. табл 1).
4. Індикатор годинникового типу з ціною поділки 0,01мм.

Таблиця 1 Вихідні дані.

Параметри зубчастих коліс	Що перевіряється	Зразкове (вимірювальне) колесо
Число зуб'ів	$Z_{ш} =$	$Z_3 =$
Модуль, мм	$m =$	$m =$
Кут зачеплення	$\alpha_w =$	$\alpha_w =$
Коефіцієнт зміщення	$X =$	$X =$
Додаткове зміщення вихідного контуру мм	$E_{Hs} =$	$E_{Hs} =$
Ступень точності по ГОСТ-1643-91		5

Завдання

1. Вимірити відхилення і коливання вимірювальної міжосьової відстані, обертаючи зразкове зубчасте колесо і шестірню, що перевіряється. Виміри виконувати за допомогою прибора для комплексної двухпрофільної перевірки зубчастих коліс.
2. Відшукати по ГОСТ 1643-91 допуски і граничні відхилення параметрів що перевіряються.
3. Зробити висновки про придатність шестірни, відповідаючи на запитання.

Зміст роботи

1. Провести настройку прибора: розрахувати номінальну міжосьову відстань a_n установити її по штангеншкالی прибора і зафіксувати поворотом шкали індикатора на "нуль".

Примітка. Номінальна вимірювальна міжосьова відстань визначається за формулою:

$$a_H = \frac{m(Z_{ш} + Z_3)}{2} + (E_{hs} + E_{hs}) [1 - C(1 - C_1)] =$$

C=

C₁=E_{Hs}=E_{Hi}=Z_ш=Z₃=

m=

2. Виміряти відхилення вимірювальної міжосьової відстані на кожному зубі шестірни, що перевіряється, обертаючи зразкове колесо на один кутовий шаг ("на один зуб") - Δ_a .
3. Результати вимірів і їх обробку занести в таблицю 2.
4. Побудувати діаграму відхилень вимірювальної міжосьової відстані на кожному зубі.

Рисунок 1 - Принципова схема прибора (указати назви окремих частин).

Розрахована номінально вимірювальна міжосьова відстань $a_n =$ мм.

5. Таблиця 2 - Відхиленням- Δ_a і коливання вимірювальної міжосьової відстані на кожному зубі шестірни, що контролюється

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Δ_a																										
f_{ir}''																										

Рисунок 2 - Діаграма комплексних похибок зубчастого колеса (будується як залежність $\Delta_a=f(z_{ш})$). На діаграмі показати $f_{ir max}''$ и F'' .

Примітка.

Замість будови діаграми $\Delta_a=f(z_{ш})$ можна навести розшифровку запису самописця прибора.

Результати вимірів:

а) найбільше відхилення вимірювальної міжосьової відстані

$E_{asr}'' =$ МКМ

$E_{air}'' =$ МКМ

б) коливання вимірювальної міжосьової відстані за оберт шестерні.

$F_{ir}'' =$ МКМ

в) найбільше коливання вимірювальної міжосьової відстані при оберті на один зуб шестірни

$f_{ir max}'' =$ МКМ

Технічні вимоги (ГОСТ 1643- 91)

1. Ступінь точності з норм кинематичної точності

Допуск на коливання вимірювальні міжосьової відстані за оберт шестірни.

$F_i'' =$ МКМ

2. Ступінь точності з норм плавності роботи

Допуск на коливання вимірювальні міжосьової відстані при обертанні колеса на один зуб.

$f_i'' =$ МКМ

3. Вид спряження Допустимі верхнє і нижнє відхилення міжосьової відстані

$E_{as}'' = + f_i'' =$ МКМ

$E_{ai}'' = -T_H =$ МКМ

Відповіді на запитання:

1. Чи відповідає шестірня виду спряження?_____
2. Чи відповідає шестірня заданій нормі кинематичної точності?_____
3. Чи відповідає шестірня заданій нормі плавності?_____

Дата	Підпис студента:	Оцінка і підпис викладача:
------	------------------	----------------------------