

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра „Механіка і проектування машин”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

**“ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
І МЕТРОЛОГІЯ”**

Харків - 2009

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Механіка і проектування машин»

24 грудня 2007 р., протокол № 5.

Укладачі:

доценти О.С. Клімаш,
О.В. Надтока,
старш. викл. О.С. Шуліка

Рецензент

доц. О.В. Братченко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт з дисципліни

“ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
І МЕТРОЛОГІЯ”

Відповідальний за випуск Клімаш О.С.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 11.03..08 р.
Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.
Умовн.-друк.арк. 2,0. Обл.-вид.арк. 2,25.
Замовлення № Тираж 300 Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.

Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, пл. Фейербаха, 7

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра «Механіка і проектування машин»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
“ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ
І МЕТРОЛОГІЯ”

Харків 2009

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Механіка і проектування машин» 24 грудня 2007 р., протокол № 5.

Укладачі:

доценти О.С. Клімаш,
 О.В. Надтока,
старш. викл. О.С. Шуліка

Рецензент

доц. О.В. Братченко

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота 1 Плоскопаралельні кінцеві міри довжини. Повірка мікрометра	5
Лабораторна робота 2 Універсальні вимірювальні засоби	10
Лабораторна робота 3 Контроль розмірів інструментами з лінійним ноніусом та мікрометричними інструментами	15
Лабораторна робота 4 Контроль розмірів деталей за допомогою оптико-механічних та важільно-механічних приладів	19
Лабораторна робота 5 Багатократне вимірювання фізичної величини постійного розміру	23
Лабораторна робота 6 Встановлення рівня точності деталі за результатами вимірювань	27
Лабораторна робота 7 Перевірочний розрахунок і контроль розмірного ланцюга	30
Список літератури	33

ВСТУП

Сучасне машинобудівне та ремонтне виробництво може бути високопродуктивним і може забезпечити необхідну якість тільки на основі взаємозамінності деталей та їх стандартизації. Виготовлення деталей при цьому повинно контролюватися з високою точністю, що досягається застосуванням різноманітних засобів вимірювань.

Лабораторні роботи з дисципліни „Взаємозамінність, стандартизація, метрологія” мають за мету ознайомити студентів з експлуатаційними та метрологічними характеристиками найбільш широко розповсюджених вимірювальних засобів, прищепити їм навички роботи з цими засобами, і крім того, закріпити отримані на лекціях теоретичні знання з дисципліни.

У процесі виконання робіт студенти вивчають основні метрологічні правила, вимоги та норми, нормативно-технічні документи, які в подальшому використовуються при вивченні спеціальних дисциплін.

Лабораторна робота 1

ПЛОСКОПАРАЛЕЛЬНІ КІНЦЕВІ МІРИ ДОВЖИНИ. ПОВІРКА МІКРОМЕТРА

Мета роботи: ознайомлення з мірами довжини, мікрометричними інструментами, порядком складання блоків мір і правилами виконання повірки мікрометричних інструментів.

Завдання

- 1 Скласти блоки кінцевих мір заданих розмірів.
- 2 Визначити похибки показань мікрометра за допомогою кінцевих мір.
- 3 Надати висновки про придатність мікрометра до роботи.

Об'єкт перевірки: мікрометр із заданими границями вимірювань.

Засоби вимірювання: плоскопаралельні кінцеві міри довжини.

Міри довжини

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини мають форму плиток з двома взаємно паралельними вимірювальними плоскими поверхнями, які мають шорсткість $R_z = 0,65 \dots 0,05$ мкм.

Кінцеві міри застосовуються для безпосередніх вимірювань розмірів деталей і калібрів, настроювання приладів на нульову позначку при відносних вимірюваннях, градуюванні й таруванні шкал приладів, встановлення регульованих калібрів на розмір.

Розмір міри визначається відстанню між вільною вимірювальною поверхнею і плоскою поверхнею допоміжної пластини, до якої міра притерта протилежною вимірювальною поверхнею. Обмірюваний таким чином розмір плитки називають її *серединною довжиною*. Номінальну серединну довжину плитки гравіюють на ній. Точність плоскопаралельних кінцевих мір довжини оцінюють величиною відхилення її серединної довжини та

відхиленням її паралельності.

Інструментальними заводами плитки випускають комплектами чи наборами (112, 87, 42, 20 шт. тощо). Найбільше розповсюдження отримав набір з 87 плиток. Крім цього набору, широко застосовується ще мікронний набір з 9 плиток з 1,0001 до 1,009 мм чи з 0,9991 до 0,999 мм.

Вимірювальні (робочі) поверхні кінцевих мір довжини мають здатність міцно зчіплюватись одна з одною при насуванні однієї міри на іншу. При насуванні необхідно покласти знизу плитку більшого розміру, на неї накласти третину довжини іншої плитки і повільно переміщати їх вздовж, стискаючи невеликим зусиллям.

Складати необхідний розмір (блок) з плиток потрібно таким чином, щоб до нього входила якнайменша кількість плиток (як правило, 2–4). Чим менша кількість плиток, тим точніший розмір.

Перед складанням блока роблять попередній розрахунок, вибирають в першу чергу кінцеві міри, в яких розмір має тисячні частка міліметра, потім соті, десяті та цілі міліметри. Наприклад, для складання блока на розмір 44,867 мм потрібні 4 плитки:

$$44,867 = 1,007 + 1,36 + 2,5 + 40 .$$

Будова мікрометра

Основним конструктивним елементом мікрометричних інструментів є гвинтова пара, яка перетворює обертальний рух у поступальний.

Мікрометр складається зі скоби 1 (рисунок 1.1), з якою рухомо з'єднані п'ятка 2 і стебло 3. На правому кінці стебла нарізана внутрішня циліндрична і зовнішня конічна різьби. Усередині стебла по різьбі переміщається мікрометричний гвинт 4, а на зовнішню конічну різьбу накручується гайка 5, яка призначена для усунення коливання гвинта. На стебло надівається барабан 6, жорстко з'єднаний з мікрометричним гвинтом за допомогою встановлювального ковпачка 7. Гвинтом 12 мікрометричний гвинт кріпиться в потрібному положенні.

На стебло нанесені один повздовжній і два поперечних штрихи

з інтервалом в 1 мм. Верхні поперечні штрихи зміщені відносно нижніх на 0,5 мм, таким чином, ціна поділки шкали стебла дорівнює 0,5 мм. На скошеному кінці барабана нанесена кругла шкала, яка має 50 поділок. Крок мікрометричного гвинта, як правило, дорівнює 0,5 мм. При повороті барабана на один повний оборот мікрогвинт переміщається вздовж своєї осі на величину кроку різьби. При повороті на одну поділку шкали барабана мікрогвинт переміститься на $\frac{1}{50}$ величини кроку різьби $0,5 \cdot \frac{1}{50} = 0,01$ мм. Таким чином, ціна однієї поділки барабана мікрогвинта дорівнює 0,01 мм.

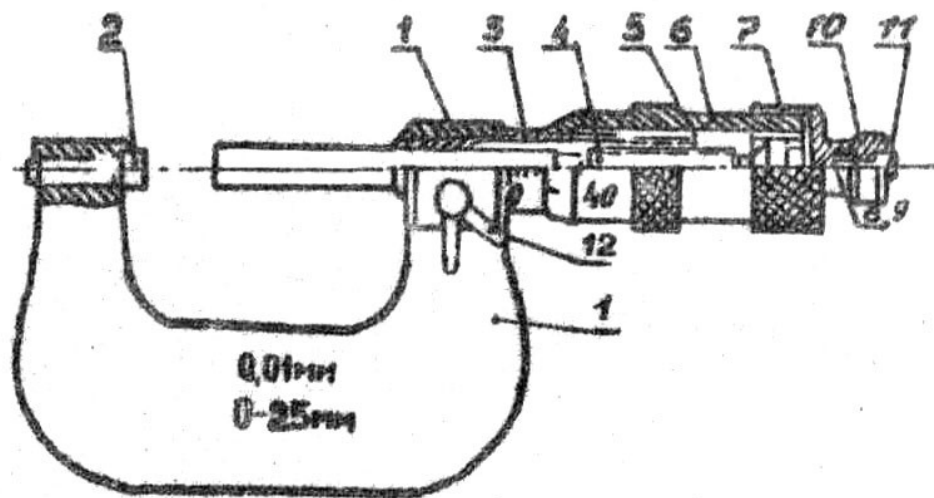


Рисунок 1.1

Для забезпечення сталості вимірювального зусилля (7 ± 2 Н) мікрометр має спеціальний пристрій – так звану тріскачку.

Будова тріскачки така: в торці встановлювального ковпачка 7 просвердлений отвір, куди вставляється пружина 8 і штифт 9. До встановлювального ковпачка за допомогою гвинта 11 кріпиться храповик 10, в проміжки між зубцями якого входить штифт 9.

При вимірюванні скошений край барабана переміщається відносно міліметрової шкали, яка нанесена на стебло. По нижніх відкритих штрихах відраховуються цілі міліметри. Десяті та соті частки міліметра відраховують по верхніх штрихах стебла і збіжних штрихах барабана (рисунок 1.2, а). Якщо ні один зі штрихів барабана не збігається з повздовжньою рисою стебла, частину поділки шкали барабану потрібно відраховувати «на око», отримавши таким чином

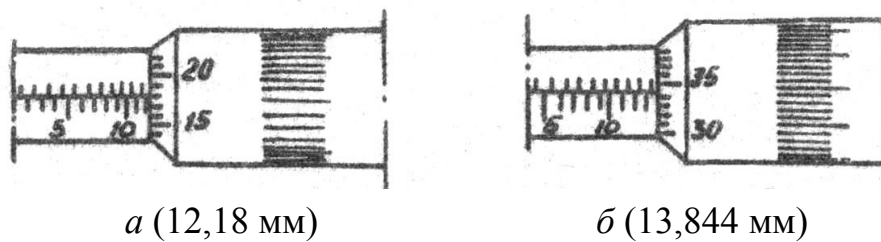


Рисунок 1.2

тисячні частки міліметра (рисунок 1.2, б).

Перед початком вимірювань перевіряється нульова установка мікрометра. Для цього потрібно обертанням за тріскачку сполучити рухому і нерухому п'ятки до повного контакту. При цьому нульова відмітка на барабані повинна збігатися з повздовжнім штрихом та стеблі. Якщо сполучення не сталося, потрібно провести настроювання мікрометра. Для цього при повному контакті поверхонь п'яток стопорним гвинтом 12 (рисунок 1.1) проводиться закріплення мікрометричного гвинта, гайка 7 відкручується і при прокручуванні барабана нульова відмітка сполучається з повздовжнім штрихом, після чого гайка закріплюється і знову перевіряється нульова установка. Якщо мікрометр має границі вимірювання, які відрізняються від 0–25 мм, то в комплекті з мікрометром постачається встановлювальна міра величиною, яка дорівнює нижній границі вимірювань. Настроювання мікрометра на нижній граничний розмір проводиться за допомогою встановлювальної міри (чи плоскопаралельної кінцевої міри) аналогічно настроюванню інструмента з границями 0–25 мм.

Повірка і настроювання мікрометра

Повірка показань мікрометра проводиться за допомогою кінцевих мір (плиток) у шести точках шкали стебла з інтервалом в 5 мм. Затискаючи за допомогою тріскачки між вимірювальними поверхнями мікрометра блок із плиток розміром, який відповідає штриху шкали, що перевіряється, визначають показання мікрометра і відхилення від розміру заносять у звіт лабораторної роботи.

Для визначення похибки розміру, який перевіряється, при розбіжності штрихів на стеблі і барабані одну поділку подумки

необхідно поділити на 10 частин (кожна частина дорівнює 1 мкм) і розбіжну частину у відповідності до знака прийняти «на око» за похибку розміру.

Кожний розмір, який перевіряється, контролюється три рази і визначається середньоарифметична похибка. Результати повірки мікрометра заносяться у таблицю і визначається придатність його до роботи. За ГОСТ 6507–78 для мікрометрів з границями вимірювань від 0 до 100 мм максимальна похибка не повинна перевищувати ± 4 мкм.

Якщо при повірці мікрометра максимальне значення середньоарифметичних похибок більше, ніж ± 4 мкм, то мікрометр без перенастроювання до роботи не придатний.

Щоб визначити можливість застосування мікрометра після перенастроювання, необхідно скористатися результатами його повірки. Для того, щоб визначити, на скільки мікрометрів і в яку сторону потрібно змістити шкалу барабана при перенастроюванні мікрометра, треба знайти алгебраїчну півсуму максимального і мінімального значень середньоарифметичних похибок:

$$\Delta_{cp} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2}.$$

Порядок виконання роботи

1 Скласти блоки кінцевих мір заданих розмірів із мінімально можливого числа кінцевих мір.

2 Вивчити конструкцію мікрометра, правила настроювання і вимірювання. Настроїти мікрометр на початковий розмір.

3 Виконати ескіз мікрометра, який перевіряється, на одному з розмірів. Вказати його метрологічні дані.

4 За допомогою кінцевих мір довжини визначити похибки (в мікрометрах) розмірів мікрометра у шести точках. Вимірювання виконувати тричі по кожному розміру та обчислити середньоарифметичне. Результати занести у таблицю.

5 Зробити висновок про придатність мікрометра.

6 Визначити середнє відхилення і виконати перенастроювання мікрометра (в разі необхідності).

7 Оформити звіт про лабораторну роботу, в якому повинні

бути відображені мета і завдання, ескіз та всі розрахунки й результати у вигляді таблиць, а також висновок про придатність мікрометра.

Лабораторна робота 2 **УНІВЕРСАЛЬНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ ЗАСОБИ**

Мета роботи: набування первинних навичок роботи із засобами вимірювань.

Завдання:

1 Ознайомитися з будовою, типами засобів вимірювання і методами вимірювання.

2 Виміряти задані параметри і зафіксувати результати.

Штангенінструменти

До цієї групи засобів вимірювання належать штангенциркулі, штангенглибиноміри, штангенрейсмуси, штангензубоміри, кутоміри та інші інструменти.

Відмінною особливістю штангенінструментів у порівнянні з штриховими мірами довжини є наявність у них двох штрихових шкал рухомої і нерухомої (основної). Рухома шкала називається **ноніусом** і служить для підвищення точності відліку по нерухомій шкалі.

Використання лінійного ноніуса полягає в сполученні відповідних штрихів рухомої і нерухомої шкал з різною довжиною поділок (рисунок 2.1). Число часток міліметра при відліку по ноніусу визначається за збігом одного із штрихів ноніуса зі штрихом основної шкали і дорівнює номеру цього штриха ноніуса, помноженому на ціну поділки ноніуса.

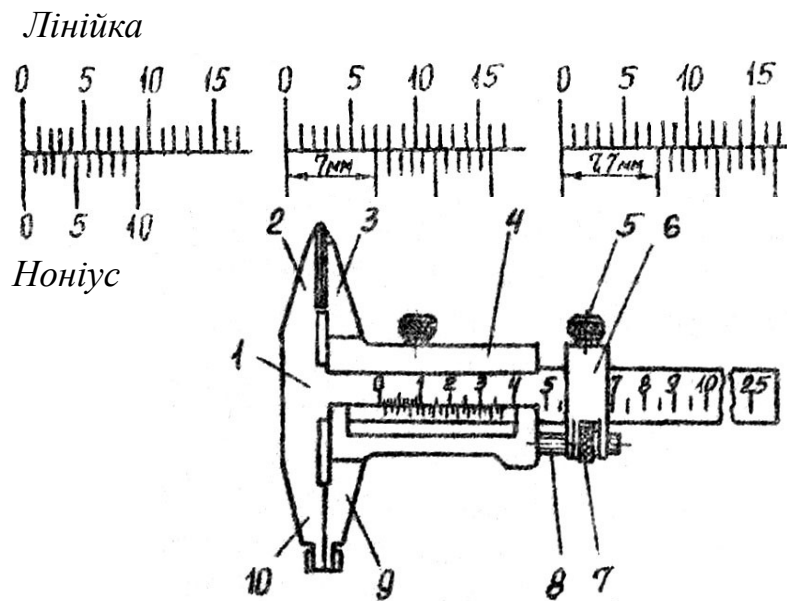


Рисунок 2.2

Штангенциркуль (рисунок 2.2) складається із штанги 1 з губками 2 і 10. По штанзі переміщається рамка 4 з губками 3 і 9. На основній лінійці-штанзі нанесені міліметрові поділки, а на рухомій рамці знаходиться допоміжна шкала – ноніус.

Розмір, який вимірюється, визначається по відстані вимірювальними губками, які мають плоскі та циліндричні вимірювальні поверхні. Для точної установки рухомої рамки 4 є пристрій для її мікрометричної подачі. Він складається з допоміжної рамки 6 та гвинта 8 з гайкою мікрометричної подачі 7. Гвинт 5 служить для затискання допоміжної рамки при установленні на штангенциркулі розміру для розмітки.

Штангенциркулі випускаються чотирьох типів: ШЦ – I, ШЦТ – I, ШЦ – II, ШЦ – III. Вони відрізняються формою губок і рухомої рамки, точністю. Сучасні штангенциркулі є цифровими з електронним табло.

Штангенглибиноміри (рисунок 2.3) призначені для вимірювання глибини і висоти виробів, відстаней до буртиків та уступів. На відміну від штангенциркуля в конструкції глибиноміра замість рухомої губки на рамці 2, яка має ноніус 1, зроблена траверса 3, яка є базою (основою) для вимірювання глибини.

Штангенрейсмуси призначені для розмітки виробів, іноді

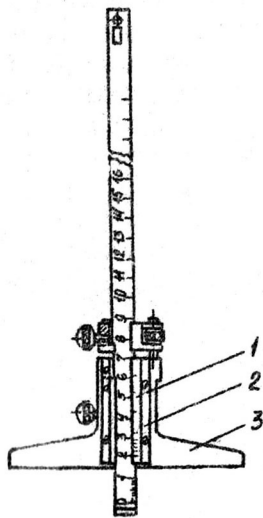


Рисунок 2.3

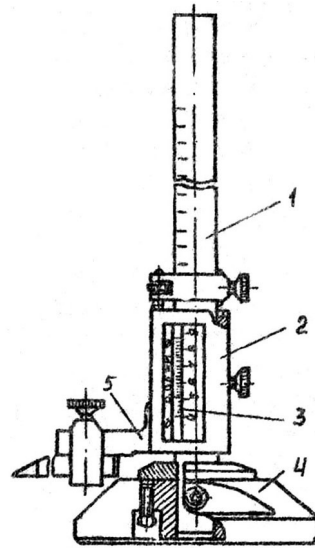


Рисунок 2.4

можуть використовуватись для вимірювання висот. У конструкції штангенрейсмуса (рисунок 2.4) замість нерухомої губки штангенциркуля є основа 4, за допомогою якої штангенрейсмус встановлюється на плиті. Рамка 2 з ноніусом 3 має державку 5 для закріплення змінних пристроїв.

При розмітці за допомогою рейсмуса по шкалі 1 і ноніусу 3 встановлюють необхідний розмір. Потім весь штангенрейсмус переміщують по плити, водночас притискаючи основою до плити, а розмічальною ніжкою до деталі.

Мікрометричні інструменти

До мікрометричних інструментів належать мікрометри, мікрометричні глибиноміри і мікрометричні нутроміри.

Ці вимірювальні інструменти мають гвинтову пару, яка виготовлена з високою точністю та перетворює обертальний рух у поступальний. У лабораторній роботі 1 наведено опис побудови мікрометра.

Для вимірювання розмірів отворів застосовують мікрометричні нутроміри. Збільшення границь вимірювання нутромірів здійснюється за допомогою набору подовжувальних стрижнів різної

ДОВЖИНИ.

Індикатори

Ця група приладів застосовується або у сполученні зі стійками, або як складова частина більш складних вимірювальних пристроїв: важільних скоб, нутромірів, глибиномірів тощо. Найбільш поширеними є індикатори, які мають зубчасту чи важільно-зубчасту підвищувальну передачі (рисунок 2.5).

Вимірювальний стрижень 1, який має в середній частині нарізану рейку, переміщається вгору та вниз усередині гільзи 6. При своєму переміщенні він обертає подвійне зубчасте колесо 3, яке у свою чергу приводить до обертання трубку 2 разом зі стрілкою, яка закріплена на одній з нею осі. Додаткове зубчасте колесо 8 з пружинним волоском 7 усуває похибку від бокового зазора в зубчастих зачепленнях і зазорів в опорах. Колесо 8 постійно утримує в зачепленні зубчасті колеса, при цьому під час ходу вимірювального стрижня вгору чи вниз зачеплення відбувається по одній стороні зубців.

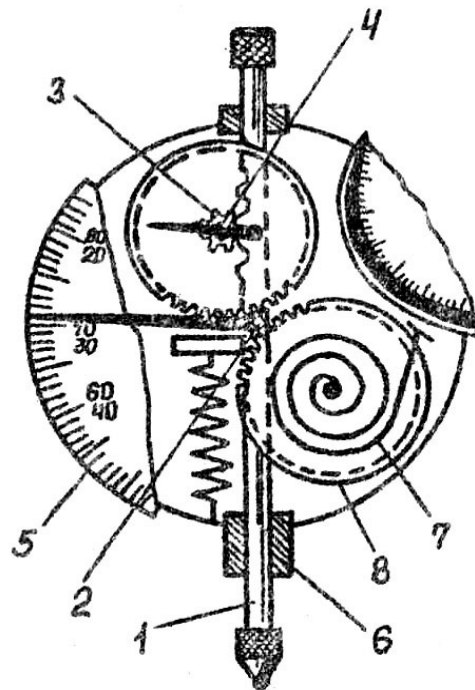


Рисунок 2.5

Передаточне відношення та індикатори підібрані таким чином, що переміщенню стрижня індикатора на 1 мм відповідає один оборот стрілки. Так як шкала має 100 поділок, ціна поділки шкали індикатора дорівнює 0,01 мм. Для встановлення на нуль шкалу індикатора повертають за торований ободок 5. Число оборотів великої стрілки індикатора чи число цілих міліметрів ходу вимірювального стрижня індикатора визначають по переміщенню

малої стрілки 4. Ціна поділки шкали малої стрілки дорівнює 1 мм.

В індикатора лише одна вимірювальна поверхня – кінець вимірювального стрижня, тому вимірювати індикаторами можна тільки в сполученні з іншими приладами і пристроями.

Індикатори встановлюють за кінцевими мірами. Для цього підбирають блок, розмір якого дорівнює номінальному розміру вимірювальної поверхні. Вимірювальний стрижень індикатора приводять в зіткнення з блоком плиток і закріплюють в положенні, коли мала стрілка індикатора вказує на цифру 1 чи 2. Таким чином, запас ходу стрижня індикатора на випадок, коли розмір деталі буде меншим за номінальний. Після цього шкалу індикатора повертають за ободок, щоб нульовий штрих збігся з кінцем великої стрілки. Відхилення стрілки від нуля при вимірюванні будуть дорівнювати відхиленням розміру деталі від номінального розміру.

Випускають індикатори годинникового типу з ціною поділки 10 мкм та границями вимірювань від 0...2 до 0...10 мм, вимірювальним зусиллям від 0,8 до 2,5 Н та похибкою вимірювання від 4 до 20 мкм. Для дистанційного відліку величини, яка контролюється, розроблені експериментальні зразки індикаторів з цифровим електронним табло. Важільно-зубчасті індикатори типу ІГ (ГОСТ 18833-73), І МИГ (ГОСТ 9696-82) та ІРБ (ГОСТ 5584-75) випускають з ціною поділки 1,2 та 10 мкм, діапазоном вимірювань 0,1; 0,2; 1,2 мм, вимірювальним зусиллям до 2,0 Н.

Порядок виконання роботи

- 1 Ознайомитися з будовою, типами і методами вимірювань штангенінструментами.
- 2 Ознайомитися з типами засобів вимірювання і методами вимірювань мікрометричними інструментами.
- 3 Виміряти задані параметри і зафіксувати результати.
- 4 Оформити звіт про лабораторну роботу, в якому вказати мету та завдання роботи, результати вимірювань надати у відповідності до рисунків 1.2, 2.1, 2.5.

Лабораторна робота 3

КОНТРОЛЬ РОЗМІРІВ ІНСТРУМЕНТАМИ З ЛІНІЙНИМ НОНІУСОМ ТА МІКРОМЕТРИЧНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ

Мета роботи: вивчення методики виконання вимірювань.

Завдання

- 1 Проаналізувати вимоги до точності розмірів деталі, вибрати засоби її приймального контролю.
- 2 Виміряти задані розміри і зафіксувати результати з урахуванням похибки вимірювання.
- 3 Надати висновок про придатність деталі по розмірах, які контролюються.

Об'єкт контролю: ступінчастий вал, втулка.

Вибір вимірювальних засобів

При виборі вимірювальних засобів для контролю виробів ураховують сукупність метрологічних, експлуатаційних та економічних показників. Вибір вимірювального засобу проводиться в залежності від величини допуску на обробку.

Чим точніше здійснюється вимірювання, тим краще, але застосування занадто точних вимірювальних засобів іноді не вигідно через велику вартість і трудомісткість вимірювань.

Правильний вибір вимірювальних засобів з урахуванням допустимих похибок вимірювань розмірів до 500 мм регламентує ГОСТ 8.051–81. Стандарт передбачає значення допустимих похибок вимірювання в залежності від допусків на обробку деталей (20–40%). Значення допустимих похибок вимірювань та величин допусків розмірів наведені у таблиці 3.1.

Похибки найбільш часто застосовуваних інструментів для

вимірювання розмірів від 1 до 250 мм наведені у таблиці 3.2.

Метод вимірювань

Застосування методу безпосередньої оцінки при вимірюванні розміру штангенциркулем і мікрометром.

Виконання вимірювань

Проводиться вибраними інструментами декілька разів у різних перерізах і за дійсний розмір приймається середньоарифметичне значення.

Порядок виконання роботи

1 Виконати креслення заданої викладачем деталі, яка контролюється, проставити усі розміри, поля допусків і у відповідності до позначень за таблицями ЄСДП виписати граничні відхилення і розрахувати граничні розміри.

2 Розрахувати допуски всіх розмірів, які контролюються, і визначити допустимі похибки вимірювання за таблицею 3.1.

3 У відповідності до допустимих похибок вимірювання обрати по кожному розміру контролюючий інструмент (таблиця 3.2). Результати занести в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Вибір інструментів для контролю

Розмір, який контролюється	<i>ES,</i> <i>мк</i> <i>м</i>	<i>EI,</i> <i>мк</i> <i>м</i>	<i>T,</i> <i>мк</i> <i>м</i>	Похибка вимірювань, <i>мкм</i>	Інструмент

4 Виконати вимірювання розмірів обраними інструментами.

Вимірювання необхідно проводити декілька разів у різних перерізах і за дійсний розмір прийняти середньоарифметичне значення. Результати занести в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4

Розмір, який контролюється	Граничні розміри		Дійсний розмір, d , мм	Висновок про придатність
	<i>max</i>	<i>min</i>		

5 Порівняти дійсні розміри з граничними і надати висновок про придатність кожного розміру.

6 Встановити квалітети точності, для яких можуть бути застосовані інструменти.

7 Оформити звіт про лабораторну роботу, в якому вказати мету і завдання роботи, накреслити задану деталь, оформити таблиці, зробити висновок про придатність деталі.

Лабораторна робота 4 КОНТРОЛЬ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИХ ТА ВАЖІЛЬНО-МЕХАНІЧНИХ ПРИЛАДІВ

Мета роботи: вивчення будови вертикального оптиметра, мікрокатра, мініметра, набуття навичок настроювання приладів і вимірювання на них.

Завдання

1 Провести аналіз вимог до точності деталі, яка контролюється.

2 Вивчити конструкцію приладів і перевірити взаємну перпендикулярність площини стола та осі вимірювального стрижня.

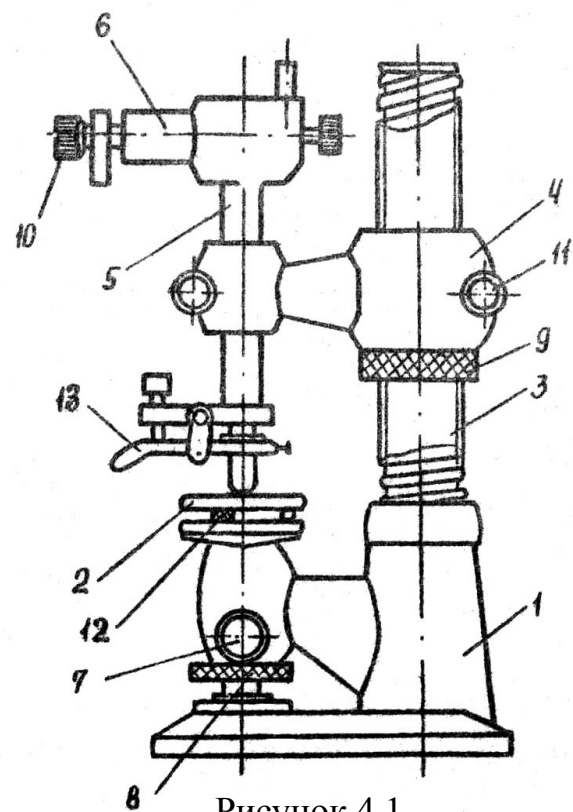
3 Виміряти розміри деталей, які контролюються, і надати висновок про їх придатність.

Засоби вимірювання і допоміжні пристрої: вертикальний оптиметр, мікрокатор, мініметр, штангенциркуль, мікрометр, кінцеві міри довжини.

Загальні відомості і конструкція приладів

Велика кількість вимірювальних приладів належить до вимірювальних засобів, вимірювання якими основане на порівнянні вимірювальної величини з відомим значенням міри. До них належать оптиметри (вертикальний і горизонтальний), мікрокатори (мініметри), вимірювальні головки з зубчастою передачею (індикатори годинникового типу), індикаторні скоби, важільні скоби, індикаторні нутрометри.

У даній лабораторній роботі розглядаються найбільш поширені з названих – вертикальні оптиметри і мікрокатори. В загальному випадку прилад для вимірювання методом порівняння з мірою складається з вимірювальної головки і стійки. У конструкції вертикального оптиметра (рисунок 4.1) стійка приладу має основу 1, вимірювальний стіл 2 для встановлення деталей чи кінцевих мір довжини, колону 3 та кронштейн 4. У кронштейні закріплюється вимірювальна головка 5 з трубкою 6. В оптиметра вимірювальна головка має важільно-оптичну передачу. Ціна поділки шкали трубки 0,001 мм. Границя вимірювання по шкалі $\pm 0,1$ мм, похибка показань оптиметра не повинна перевищувати $\pm 0,0002$ мм на ділянці шкали від 0 до 0,06 мм і 0,0003 на ділянці шкали вище 0,06 мм.



У мікрокатора вимірювальна головка має важільно-механічну

передачу із зазначенням відхилення розміру стрілкою, границя вимірювання шкали $\pm 0,6$ мм, гранична похибка вимірювання приймається рівною половині ціни поділки.

Виконання вимірювань

При вимірюванні циліндричних деталей з номінальними розмірами, які дорівнюють чи більше 3...5 мм, доцільно застосовувати сферичні наконечники радіусом 10...14 мм, а з номінальними розмірами, які дорівнюють чи менше 3...5 мм – плоскі вимірювальні наконечники.

Для перевірки взаємної перпендикулярності площини столу 2 та осі переміщення вимірювального стрижня на останньому закріплюють плоский наконечник. Потім до столу приладу злегка притирають кінцеву міру довжини невеликого розміру (10...20 мм). Відпустивши гвинт 11, обертанням гайки 9 опускають кронштейн 4 до торкання вимірювального наконечника з мірою. Стіл повинен бути застопорений гвинтом 7. Момент торкання буде помічений по руху зображення шкали в окулярі 10, після чого кронштейн стопориться гвинтом 11.

Обертанням установлювальних гвинтів 12 домагаються такого положення столу, щоб при просуванні кінцевої міри по столу під вимірювальним наконечником в будь-якому положенні показання приладу залишались незмінними. При цьому край кінцевої міри повинен доходити тільки до середини вимірювальної поверхні наконечника. В подальшому установлювальні гвинти 12 торкати не можна.

Встановлення приладу на нуль перед вимірюванням деталі проводиться у такому порядку. Опустивши гвинт 7, звільняють стіл 2 і обертанням гайки 8 опускають його майже до нижнього положення і знову стопорять. Кронштейн 4 піднімають за допомогою гайки 9 таким чином, щоб залишити достатньо вільного місця для встановлення вимірювальної деталі. За кресленням чи заміром (штангенциркулем, мікрометром) встановлюють розмір, який потрібно заміряти. По ньому збирають блок кінцевих мір і встановлюють на вимірювальний стіл під вимірювальний

наконечник. Опустивши кронштейн, переміщують вимірювальну головку 5 обертанням гайки 9, доки наконечник на торкнеться поверхні вимірювальних плиток, що можна помітити в окулярі 10 по руху освітленої шкали приладу. Після цього кронштейн закріплюють гвинтом 11. Звільнивши вимірювальний стіл, гайкою 8 домагаються на шкалі показання, яке дорівнює нулю, після чого стіл стопорять. Піднявши наконечник за допомогою аретира 13, обережно зсувають блок зі стола.

При вимірюванні деталь на стіл кладуть таким чином, щоб вимірюваний розмір потрапив під середину вимірювального наконечника; 2–3 рази аретиром піднімають і опускають наконечник у пошуках найбільшого відхилення по шкалі. Отримане відхилення від нуля додають з урахуванням знака до розміру блока кінцевих мір. Потім за допомогою того ж самого блока перевіряють вихідне нульове положення, яке не повинно змінюватись більше ніж на 1 мкм. Результати вимірювань необхідно оформити у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Розмір, який контролюється	Граничні розміри		Розмір блоку	Дійсний розмір
	d_{max}	d_{min}		

Порядок виконання роботи

1 Ознайомитись з будовою, регулюванням і настроюванням оптиметра чи мікрокатора.

2 Накреслити ескіз заданої деталі і згідно з допусками знайти граничні відхилення усіх розмірів та розрахувати граничні розміри.

3 Виконати вимірювання розмірів, які контролюються, у трьох перерізах у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Дійсний розмір визначити як середньоарифметичне декількох вимірювань.

4 Зробити висновок про придатність деталі по кожному розміру, що контролюється.

5 Оформити звіт про лабораторну роботу, який повинен містити її мету і завдання, короткий опис методу вимірювань, ескіз деталі, яка контролюється, результати вимірювань у вигляді таблиці і висновок про придатність деталі по кожному розміру, який контролювався.

Лабораторна робота 5

БАГАТОКРАТНЕ ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНОЇ ВЕЛИЧИНИ ПОСТІЙНОГО РОЗМІРУ

Мета роботи: багатократне вимірювання проводиться для визначення похибки вимірювань з заданою ймовірністю.

Завдання

1 Проаналізувати у відповідності до креслення вимоги до точності деталі, яка контролюється, вибрати методи і засоби її вимірювання.

2 Виміряти заданий розмір деталі багатократно ($n \geq 15$).

3 Провести математичну обробку результатів багатократних вимірювань на основі теорії ймовірності і математичної статистики.

4 Визначити похибку вимірювань з заданою ймовірністю.

Об'єкти контролю: ступінчастий вал, гільза паливного насоса, валик.

Засоби вимірювання і допоміжні пристрої: мікрометр гладкий, мікрометр важільний, скоба індикаторна, скоба важільна, мікрокатор, оптиметр, набір плоскопаралельних кінцевих мір.

Методи вимірювань

Можливе застосування методу безпосереднього оцінювання при вимірюванні гладким мікрометром, а також методу порівняння при використанні інших перерахованих вище засобів вимірювань.

Виконання роботи

В основу ймовірнісного оцінювання похибки вимірювання покладено допущення про випадковий характер цієї похибки, що правомірно у випадку виключення систематичної складової похибки вимірювання, яке обов'язково присутнє в будь-якому результаті вимірювання. Оскільки повне виключення систематичної похибки вимірювання неможливе, задовільною слід вважати таку ситуацію, коли остаточна систематична складова достатньо мала у порівнянні з випадковою складовою похибки вимірювання.

Математична обробка результатів багатократних вимірювань проводиться на основі теорії ймовірності і математичної статистики, причому обробці підлягають виправлені результати (отримані після виключення систематичних похибок). В результаті обробки, як правило, отримують результат вимірювання в першій стандартній формі

$$A \pm \Delta, P,$$

де A – результат вимірювання;

Δ – верхня і нижня границі похибки вимірювання;

P – встановлена ймовірність, з якою похибка вимірювання знаходиться в указаних межах.

Порядок математичної обробки результатів прямих багатократних вимірювань можна подати таким чином:

1 Знайти середнє арифметичне результатів вимірювань:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i.$$

2 Розрахувати n відхилень від середнього:

$$V_i = X_i - \bar{X}.$$

3 Перевірити рівність нулю суми відхилень (недотримання рівності свідчить про помилку у розрахунках V_i і \bar{X}):

$$\sum_{i=1}^n V_i \approx 0.$$

4 Розрахувати оцінку середнього квадратичного відхилення результатів вимірювання:

$$\tilde{\sigma}_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n V_i^2}.$$

5 Перевірити узгодженість дослідного розподілення випадкової величини з теоретичною. При числі результатів вимірювань $n < 50$ нормальність їх розподілення перевіряють за допомогою складового критерію (ГОСТ 8.207–76).

Розраховують відношення

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{nS^*} = \frac{\sum_{i=1}^n |V_i|}{nS^*},$$

де S^* – зміщена оцінка середнього квадратичного відхилення, яка розраховується за формулою

$$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n}}.$$

Результати групи вимірювань можна вважати розподіленими нормально, якщо

$$d_{1-\frac{q_1}{2}} < \tilde{d} \leq d_{\frac{q_1}{2}},$$

де $d_{1-\frac{q_1}{2}}$ і $d_{\frac{q_1}{2}}$ – квантиль розподілення, отриманий з таблиці 5.1 по n ,

$\frac{q_1}{2}$ і $\frac{1-q_1}{2}$, при цьому q_1 – вибраний рівень значимості критерію, як правило, рівний 2%.

Таблиця 5.1

n	$\frac{q_1}{2}, 100\%$	$\frac{1-q_1}{2}, 100\%$
16	0,9137	0,6829

21	0,9001	0,6950
26	0,8901	0,7400
31	0,8826	0,7110
36	0,8769	0,7167

6 Перевірити, чи немає грубих похибок. У разі нормального розподілення перевірка проводиться у відповідності до ГОСТ 11.002–73. Можливо використання спрощеного підходу з обробкою деяких результатів вимірювань по критерію перевищення відхилення середнього подвійного чи потрійного значення оцінки середнього квадратичного відхилення, $|V_i| > 3\tilde{\sigma}_x$.

У випадку виявлення грубих похибок результати вимірювань, які їх містять, виключаються і математична обробка повторюється з пункту 1.

7 Розрахувати оцінку середнього квадратичного відхилення виправлених результатів вимірювань:

$$\tilde{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\tilde{\sigma}_x}{\sqrt{n}}.$$

8 Розрахувати ймовірні границі похибки результатів вимірювань:

$$\Delta = t\tilde{\sigma}_{\bar{x}},$$

де t – коефіцієнт Стюдента (визначається за ГОСТ 8.207–76 «ГСИ. Прямі вимірювання з багатократними спостереженнями. Методи обробки результатів спостережень»).

Як правило, ймовірність $P = 0,95$, для неї значення коефіцієнта t наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

$n = 1$	14	16	18	20	22	24	26	28	30	30
$P = 0,95$	2,145	2,120	2,101	2,086	2,074	2,064	2,056	2,048	2,043	1,96

9 Записати результат вимірювання в стандартній формі $\bar{X} \pm \Delta, P$ і зробити відповідні висновки.

10 Оформити звіт про лабораторну роботу, в якому повинен бути наведений ескіз деталі, засоби вимірювання, які застосовувались, результати багатократних вимірювань, математична обробка результатів (краще складати таблицю, яка містить результати вимірювань і математичної обробки).

Лабораторна робота 6 **ВСТАНОВЛЕННЯ РІВНЯ ТОЧНОСТІ ДЕТАЛІ ЗА** **РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИМІРЮВАНЬ**

Мета роботи: визначити точність розмірів деталі за результатами вимірювань.

Завдання

- 1 Виконати креслення деталі.
- 2 Проаналізувати вимоги до точності усіх розмірів деталі, вибрати методи і засоби вимірювання.
- 3 Встановити номінальні розміри і поля допусків.

Об'єкти контролю: ступінчастий вал, втулка .

Засоби вимірювання: штангенциркуль, мікрометр, оптиметр, мікрокатор, набір плоскопаралельних кінцевих мір.

Методи вимірювань

Застосування методу безпосередньої оцінки при вимірюванні розміру штангенциркулем, мікрометром, а також методу порівняння при вимірюванні мікрокатором, оптиметром.

Виконання вимірювань

У процесі експлуатації різних машин і механізмів іноді виникає необхідність заміни деталей, які вийшли з ладу, при відсутності запасних частин і заводських робочих креслень на них. Тому для виготовлення цих деталей у майстернях власними силами необхідно виконати ці робочі креслення, для чого потрібно провести обмір

деталі, встановити номінальні розміри, квалітети, поля допусків тощо. Дана лабораторна робота призначена для практичного знаходження перелічених параметрів конкретної деталі із забезпеченням її взаємозамінності. Для цього насамперед необхідно провести вимірювання розмірів. Не знаючи, з якою точністю виготовлялись сполучені розміри на заводі-виготівнику, обмір необхідно проводити на найбільш точних приладах. Маючи дійсні розміри, можна приступати до знаходження параметрів, що цікавлять.

Кожен розмір, отриманий вимірюванням, може бути округлений до числа номінального розміру за рядом Р 80 у найближчу сторону.

Після визначення номінальних розмірів можна знаходити поля допусків.

Попередньо квалітет деталі можна встановити за точністю машини чи механізму. Якщо цього зробити не можна, то точність необхідно вибирати. Враховуючи постійно зростаючі вимоги до машин, точність сполучених розмірів складових частин машин рекомендується приймати по 6, 7 чи 8 квалітету.

Дійсні розміри при виготовлені деталі у відповідності до заданого полем допуску підпорядковуються закону нормального розподілу, за яким найбільшу ймовірність мають розміри коло середини поля допуску. Тому поле допуску необхідно вибирати таким, середина якого найбільш близько відповідає дійсному відхиленню, яке дорівнює різниці дійсного і номінального розмірів. Для цього наносяться схеми полів допусків із загальною нульовою лінією з таблиць у системі отвору чи вала.

Порядок виконання роботи

- 1 Накреслити ескіз заданої викладачем деталі.
- 2 Вибрати прилад для вимірювання заданої деталі (узгодити з викладачем).
- 3 Виконати вимірювання заданих розмірів.
- 4 Знайти номінальні розміри.
- 5 Визначити дійсні відхилення.
- 6 Вибрати за ЄСДП відхилення, які відповідають дійсним, в

системі отвору чи вала.

7 Вибрати на кожний розмір по одному полю допуску.

8 На ескізі деталі проставити знайдений номінальний розмір, поле допуску.

9 Всі вимірювання і розрахунки по роботі занести в таблиці 6.1 і 6.2.

Таблиця 6.1

Прилад чи інструмент	Розмір для настроювання приладу на нуль	Відхилення приладу	Дійсний розмір, мм	Номінальний розмір, мм

Таблиця 6.2

Номінальний розмір, мм	Дійсне відхилення	Поля допусків							
		<i>es ei</i>		<i>es ei</i>		<i>es ei</i>		<i>es ei</i>	
		<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>	<i>es</i>	<i>ei</i>

10 Оформити звіт про лабораторну роботу, в якому вказати мету і завдання роботи, накреслити задану деталь, оформити таблиці, навести схеми полів допусків. У висновках вказати знайдені номінальні розміри, поля допусків для усіх розмірів.

Лабораторна робота 7 ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК І КОНТРОЛЬ РОЗМІРНОГО ЛАНЦЮГА

Мета роботи: вивчення сукупності розмірів, які утворюють розмірні ланцюги, складання розрахункових схем, розрахунок точності і контроль замикаючого розміру.

Завдання

- 1 Накреслити вал у зборі і скласти схему розмірного ланцюга.
- 2 Розрахувати номінальний розмір, допуск та граничні відхилення замикаючого розміру методом максимуму-мінімуму.
- 3 Заміряти дійсний замикаючий розмір, зіставити його з розрахунковим і зробити висновок про його придатність.

Об'єкти контролю: вихідний вал двоступінчастого циліндричного редуктора.

Засоби вимірювання: штангенциркуль, індикатор.

Короткі теоретичні відомості

Розмірним ланцюгом називається сукупність розмірів, які безпосередньо беруть участь у вирішенні поставленого завдання з визначення взаємного положення осей чи поверхонь деталей механізмів чи машини в цілому та утворюють замкнений контур.

Починати розрахунок

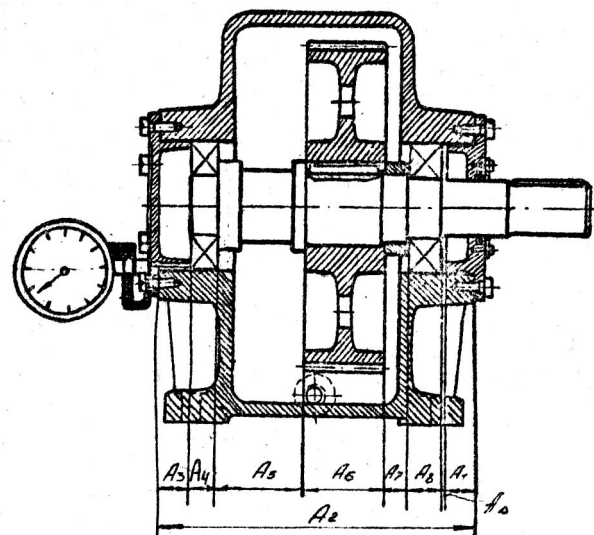


Рисунок 7.1

потрібно зі складання схеми розмірного ланцюга із зазначенням збільшуючих і зменшуючих розмірів (ланок) (рисунки 7.1).

Номинальний розмір замикаючої ланки A_{Δ} дорівнює

$$A_{\Delta} = \sum_1^m \vec{A}_i - \sum_1^n \overset{\leftarrow}{A}_i, \quad (7.1)$$

де A_i, \vec{A}_i – номінальні збільшуючі і зменшуючі розміри;
 m, n – кількість збільшуючих і зменшуючих розмірів.

Допуск замикаючої ланки у розрахунках за методом максимуму-мінімуму дорівнює сумі допусків усіх складових ланок

$$TA_{\Delta} = \sum_1^{m+n} TA_i. \quad (7.2)$$

Граничні відхилення усіх розмірів ланцюга пов'язані наступними розрахунковими залежностями:

$$ESA_{\Delta} = \sum_1^m \overset{\rightarrow}{ESA}_i - \sum_1^n \overset{\leftarrow}{EIA}_i, \quad (7.3)$$

$$EIA_{\Delta} = \sum_1^m \overset{\leftarrow}{EIA}_i - \sum_1^n \overset{\rightarrow}{ESA}_i, \quad (7.4)$$

де $ESA_{\Delta}, EIA_{\Delta}$ – верхнє і нижнє граничні відхилення замикаючого розміру;
 $ESA_i, \overset{\rightarrow}{EIA}_i$ – верхнє і нижнє відхилення збільшуючих розмірів;
 $\overset{\leftarrow}{ESA}_i, EIA_i$ – верхнє і нижнє відхилення зменшуючих розмірів.

Описання лабораторної установки

Як лабораторна установка застосовується двоступінчастий циліндричний редуктор (рисунки 7.1). Для контролю розмірного ланцюга призначений вихідний вал у зборі з деталями редуктора.

Замикаючим розміром при цьому є зазор між зовнішнім кільцем підшипника і підшипниковою кришкою. Цей зазор повинен бути витриманий при складанні деталей, які виготовлені із заданою точністю і входять до розмірного ланцюга, який розглядається.

Вимірювання замикаючого розміру (ланки) виконується за допомогою індикатора годинникового типу, який закріплений у спеціально виготовленому утримувачі. Ніжка індикатора через отвір у підшипниковій кришці приводиться до зіткнення із зовнішнім кільцем підшипника. Позначають показання індикатора при переміщеннях вала разом із закріпленими на ньому деталями у сторону одного підшипника, а потім другого. Різниця показань індикатора виражає дійсний замикаючий розмір.

Порядок виконання роботи

1 Для вихідного вала накреслити ескіз вала з усіма сполученими з ним деталями і скласти розмірний ланцюг з позначенням збільшуючих і зменшуючих розмірів.

2 Провести заміри штангенциркулем усіх складових розмірів ланцюга та узгодити їх з ГОСТ 6636–69 «Нормальні лінійні розміри». Ці розміри прийняти за номінальні. При номінальному розмірі замикаючої ланки, який дорівнює 1 мм, узгодити всі розміри ланцюга за рівнянням (7.1).

3 За номінальними розмірами і заданим (викладачем) квалітетом точності, використовуючи ГОСТ 25346-82, виписати граничні відхилення усіх складових розмірів. Основні відхилення назначити як для основних деталей з'єднання: отвору – H , вал – h , інші – j_s . Граничні відхилення на розміри підшипників по ширині кільця прийняти за ГОСТ 520–83.

4 За рівняннями (7.2) – (7.4) визначити допуск і граничні відхилення замикаючого розміру.

5 Розрахувати граничні розміри замикаючої ланки

$$A_{\Delta \max} = A_{\Delta} + ESA_{\Delta};$$

$$A_{\Delta \min} = A_{\Delta} + EIA.$$

Результати розрахунку за пунктами 3-5 занести в таблицю.

6 На установці за допомогою індикатора виміряти дійсне значення замикаючого розміру. Для цього вихідний розмір разом з підшипниками і зубчастим колесом змістити вздовж осі на максимально можливу величину. Встановити індикатор в отвір у підшипниковій кришці й уперти його ніжку у зовнішнє кільце підшипника. Закріпити індикатор таким чином, щоб стрілка здійснила 1 ... 2 оберти, і встановити її на нульове значення. Змістити вал уздовж у протилежному напрямку на можливу величину і позначити показання індикатора. Різниця показань індикатора, помножена на ціну однієї поділки, є дійсним значенням зазора A'_{Ad} . Таких вимірювань виконати три, результати їх занести в таблицю звіту і визначити середнє значення A_{Ad} .

7 Зробити висновок про лабораторну роботу, у якому повинні бути надані мета і завдання, схема розмірного ланцюга, розрахунки розмірів, таблиці, висновок про придатність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – 5-е изд. - М.: Машиностроение, 1979.
- 2 Мороз В.І., Єгоров В.Г., Смагін В.К., Теслік А.Г. Метрологія, стандартизація і сертифікація. – Харків: ХарДАЗТ, 2000.
- 3 Клімаш О.С., Надтонка О.В., Шуліка О.С. Комплексне методичне забезпечення для виконання контрольної роботи з дисципліни „Метрологія, стандартизація і управління якістю”. – Харків: УкрДАЗТ, 2006.
- 4 Смагин В.К., Егоров В.П., Климаш О.С. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Метрология, стандартизация и управление качеством». – Харьков: ХИИТ, 1992.

Таблиця 3.1 - Допустимі похибки вимірювання в залежності від допуску на виготовлення (за ГОСТ 8.051–81)

Інтервали розмірів, мм																			
від 1 до 3		від 3 до 6		від 6 до 10		від 10 до 18		від 18 до 30		від 30 до 50		від 50 до 80		від 80 до 120		від 120 до 180		від 180 до 250	
Допуски на обробку виробів IT і похибки вимірювань $\Delta_{вим}$, мкм																			
IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$	IT	$\Delta_{вим}$
1,2	0,4	1,5	0,6	1,5	0,6	2	0,8	2,5	0,6	2,5	1,0	3	1,2	4	1,6	5	2,0	7	2,8
2,0	0,8	2,5	1,0	2,5	1,0	3	1,2	4,0	1,4	4	1,4	5	1,8	6	2,0	8	2,8	10	4,0
3,0	1,0	4,0	1,4	4	1,4	5	1,6	6	2,0	7	2,4	8	2,8	10	3,0	12	4,0	14	5,0
4	1,4	5	1,6	6	2,0	8	2,8	9	3,0	11	4,0	13	4,0	15	5,0	18	6,0	20	6,0
6	1,8	8	2,0	9	2,0	11	3,0	13	4,0	16	5,0	19	5,0	22	6,0	25	7,0	29	8,0
10	3,0	12	3,0	15	4,0	18	5,0	21	6,0	25	7,0	30	9,0	35	10	40	12	46	12
14	3,0	18	4,0	22	5,0	27	7,0	33	8,0	39	10	46	12	54	12	63	16	72	18
25	6,0	30	8,0	36	9	43	10	52	12	62	16	74	18	87	20	100	30	115	30
40	8,0	48	10	58	12	70	14	84	18	100	20	100	30	140	30	160	40	185	40
60	12	75	16	90	18	110	30	130	30	160	40	190	40	290	50	250	50	290	60
100	20	120	30	150	30	180	40	210	50	250	50	300	60	350	70	400	80	460	100
140	30	180	40	220	50	270	60	330	70	390	80	460	100	540	120	630	140	720	160
250	50	300	60	360	80	430	90	520	120	620	140	740	160	870	180	1000	200	1150	240
400	80	480	100	580	120	700	140	840	180	1000	200	1200	240	1400	280	1600	320	1850	380
600	120	750	160	900	200	1100	240	1300	280	1600	320	1900	400	2200	440	2500	500	2900	600
1000	200	1250	240	1500	300	1800	380	2100	440	2500	500	3000	600	3500	700	4000	800	4600	1000

