

Міністерство освіти і науки України
Мукачівський державний університет
Кафедра інженерії, технологій та професійної освіти



Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання

Методичні рекомендації до виконання
лабораторних робіт



для здобувачів
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
освітній ступінь бакалавр

Мукачево

МДУ 2025

*Розглянуто та рекомендовано до друку науково-методичною
радою Мукачівського державного університету
протокол №4 від 28 жовтня 2025 р.*

*Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інженерії, технологій та професійної освіти
протокол №3 від 23 вересня 2025 р.*

Укладач

Р. В. Росул - к.т.н. доцент кафедри інженерії, технологій та професійної освіти МДУ.

Рецензент

Ю.Ю. Жигуц – Завідувач кафедри технології машинобудування ДВНЗ «Ужгородський національний університет», док.тех.наук. проф., заслужений винахідник України, академік АІН України, дійсний член зовн.колегії АН Угорщини, член.-наук.техн.ради МОН України «Енергетика і енергоефективність» та «Машинобудування»

О75

Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни для здобувачів спеціальності 131, «Прикладна механіка» освітній ступінь бакалавр / укладач Р.В. Росул - Мукачево : МДУ, 2025. – 46 с.

В умовах ринкової економіки для забезпечення конкурентоздатності продукції підприємства необхідно при виготовленні виробів забезпечувати якість продукції, під якою згідно з міжнародним стандартом ISO 8402:1994 і державним стандартам України ДСТУ 3230-95 розуміють сукупність характеристик об'єкта, які стосуються його здатності задовольнити установлені і передбачені потреби. В покращенні якості продукції важлива роль відведена взаємозамінності, стандартизації, уніфікації, нормалізації. Оцінити і гарантувати якість виробів можна тільки в тому випадку, коли їх якісні характеристики чітко виділені і певним чином узаконені. Роль стандартів в підвищенні ефективності виробництва, якості продукції зростає з кожним днем.

© МДУ, 2025
© Росул Р. В., 2025

ВСТУП

Методичні рекомендації призначені для вивчення студентами усіх форм навчання дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання» та виконання лабораторних робіт.

В умовах ринкової економіки для забезпечення конкурентоздатності продукції підприємства необхідно при виготовленні виробів забезпечувати якість продукції, під якою згідно з міжнародним стандартом ISO 8402:1994 і державним стандартам України ДСТУ 3230-95 розуміють сукупність характеристик об'єкта, які стосуються його здатності задовольнити установлені і передбачені потреби. В покращенні якості продукції важлива роль відведена взаємозамінності, стандартизації, уніфікації, нормалізації. Оцінити і гарантувати якість виробів можна тільки в тому випадку, коли їх якісні характеристики чітко виділені і певним чином узаконені. Тому стандарти є тими документами, які вимагають необхідні якісні характеристики і показники будь-якої продукції. Роль стандартів в підвищенні ефективності виробництва, якості продукції зростає з кожним днем.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен знати: основні поняття, визначення та терміни метрології, стандартизації та взаємозамінності; основи технічних вимірювань, стандартизації та управління якістю продукції; діючі стандарти, специфіку вибору допусків та посадок типових з'єднань, допусків форми та розташування поверхонь, параметрів шорсткості; вміння: оцінювати вплив призначених допусків на якісні показники виробів та їх частин; правильно визначати норми точності при обробці деталей; добре уявляючи собі метод обробки та зборки деталей виробу; правильно вибирати характер поєднання деталей; використовувати стандарти, які мають відношення до розв'язуваної задачі; визначати норми точності на робочих кресленнях деталей та оформлювати їх; розв'язувати задачі, пов'язані з методологічним забезпеченням взаємозамінного виробництва і управлінням якістю продукції; мати навички: теоретичного узагальнення одержаних знань; використання сучасного математичного апарату для аналізу явищ, що вивчаються; працювати з бібліографічними джерелами; -вірного виконання та оформлення розрахунково-графічних робіт відповідно з нормативними документами.

Лабораторна робота №1

Контроль розмірів виробів із застосуванням плоскопаралельних кінцевих мір

Мета : ознайомлення з методикою контролю розмірів виробів із застосуванням плоскопаралельних мір довжини, набуття навиків роботи шляхом:

Хід роботи

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

В процесі підготовки до виконання роботи студент повинен вивчити основні поняття: плоскопаралельні кінцеві міри довжини, граничні калібри (скоба, пробка).

Основні теоретичні відомості про міри.

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини призначені для передачі розміру одиниці довжини, перевірки і градування засобів вимірювання, для точних вимірювань виробів і точного розмічування. Вони є основними засобами збереження єдності міри у машинобудуванні. Поява кінцевих мір відноситься до 1900 р., коли на всесвітній виставці у Парижі фірма «Йогансон» (Швеція) продемонструвала кінцеві міри, з яких можна було складати блоки, використовуючи їх

властивість притиратися між собою. Тому іноді кінцеві міри такого типу називають плитками Йогансона.

Виробництво кінцевих мір налагоджено на Тульському та Сестрорецькому заводах, а також на провідних інструментальних підприємствах ЄС, США та Японії. Ці плитки випускаються серійно.

Кінцеві міри мають форму прямокутного паралелепіпеда або круглого циліндра. За довжину l кінцевої міри приймають довжину перпендикуляра опущеного з даної точки вимірювальної поверхні на її протилежну поверхню (рис 1.1.).

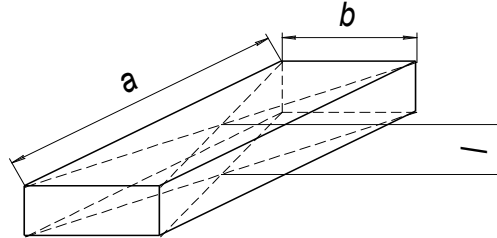


Рис. 1. 1. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини (l – довжина кінцевої міри)

Кінцеві міри комплектуються в набори (від 4 до 112шт), які забезпечують одержання блоку (з'єднання) кінцевих мір будь-якого (в розмірах певного діапазону) розміру до десятитисячного знаку. Існує 21 набір кінцевих мір.

Кінцеві міри мають властивість притиратися (зчіплятися), при їх насовуванні одна на одну. Завдяки цьому їх можна складати у блоки різних розмірів. Здатність притиратися пояснюється їх молекулярним притягуванням, коли вони покриті тонкою плівкою змащувальної рідини (товщиною шару до 0,02мкм). На практиці необхідно блок складати з якомога меншої кількості мір (не більше 4-5). Міри за точністю виготовлення поділяють на чотири класи (0; 1; 2 і 3) (ГОСТ 9038-83). Для мір, що знаходяться у експлуатації, передбачені додатково 4-й та 5-й класи (ГОСТ 8.166-75).

В залежності від точності розмірів (граничним похибкам середнього розміру) і граничним відхиленням від плоскопаралельності кінцеві міри (по ступені зниження точності) ділять на п'ять розрядів : 1, 2, 3, 4 і 5. Якщо набору кінцевих мір присвоєний розряд, то до нього додається атестат, де вказуються дійсні розміри мір або дійсні відхилення від номінальних розмірів мір.

Міри випускаються за ГОСТ 9038-83 зі сталі марок X, ШХ15, ХГ, 12ХГ з температурним коефіцієнтом лінійного розширення $(11,5 \pm 1) \cdot 10^{-6}$ на 1°C за температури від 10°C до 30°C і за ГОСТ 13581-81 з твердого сплаву ВК6М а також з кварцу (японські фірми випускають з кераміки).

Для забезпечення здатності притиратися кінцеві міри повинні мати шорсткість робочих поверхонь 13-14 класу, а твердість матеріалу не нижче HRC 62. Найбільш широко використовуються набори №1 і №2, які складаються відповідно з 87 та 42 плиток кінцевих мір (кожний набір містить чотири захисні плитки). Для закріплення блоку кінцевих мір (рис.1.2.) і зручності у користуванні при зовнішніх та внутрішніх вимірюваннях, для проведення точних розмічувальних робіт випускаються набори приладь до плоско паралельних кінцевих мір типу ПК-1, ПК-0-1, ПК-2, ПК-3 (рис.3.). Притертий блок кінцевих мір 5 з боковинками 7 вставляється у державку 1. Між блоком 5 і планкою державка встановлений стабілізатор 4. Затискний вузол гайкою 2 підводять до боковинок 7, фіксують його, а потім затискають гвинтом 1. При цьому в нижній боковині 7 повинен упиратись вкладиш 6 державки 1, а зусилля затиску повинно складати не менше 350Н. Для розмічувальних робіт у комплект приладдя входить основа, на якій кріпиться державка 1 і креслярські боковини.

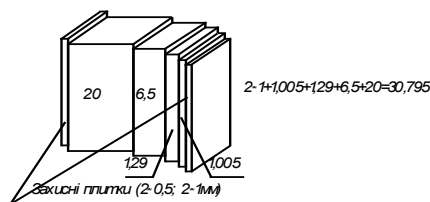


Рис. 1.2 . Блок кінцевих мір для відтворення розміру 30,795 мм

Розрахунок блоку кінцевих мір.

Задача 1. Необхідно скласти блок для відтворення розміру 98,795 з набору кінцевих мір №1.

Потрібний розмір – 98,795мм.

1-а міра		<u>1,005</u>
Залишок	97,79	
2-а міра		<u>1,29</u>
Залишок	96,50	
3-я міра		<u>6,5</u>
Залишок	90,0	
4-а міра		90,0
Перевірка суми: $1,005 + 1,29 + 6,5 + 90 = 98,795$		

Задача 2.

Визначити найбільшу та найбільш ймовірну похибку розміру блока кінцевих мір довжини. Дано блок розміром 75,415мм, складений з кінцевих мір 1,005; 1,41; 3; 70. Клас точності мір – 3-й.

Розв'язок.

В залежності від номінальної довжини мір (1,005; 1,41; 3 і 70мм) для 3-го класу точності за [1], с.132, табл.. 5.1. знаходимо допустимі відхилення мір Δ , які відповідно рівні $\Delta_1 = \pm 0,8 \text{ мкм}$; $\Delta_2 = \pm 0,8 \text{ мкм}$; $\Delta_3 = 0,8 \text{ мкм}$; $\Delta_4 = \pm 2 \text{ мкм}$.

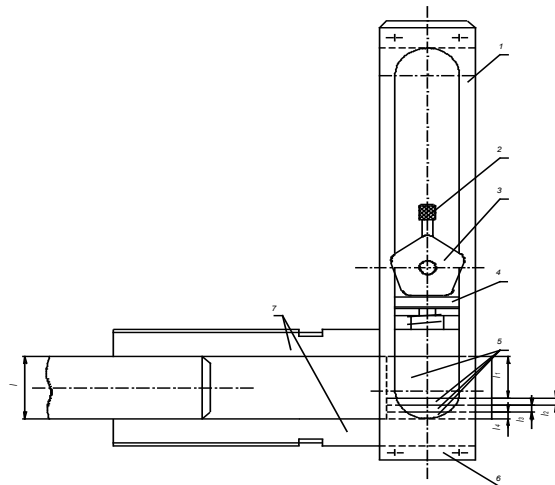


Рис. 1.3. Прилад для контролювання розмірів з допомогою блоку кінцевих мір

Найбільша похибка розміру блока $\Delta_{\text{найб}}$ дорівнює:

$$\Delta_{\text{найб}} = \pm(0,8 + 0,8 + 0,8 + 2) = \pm 4,4 \text{ мкм}$$

Найбільш ймовірна похибка розміру блоку:

$$\Delta_{\text{lim } \Sigma} = \pm \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2} = \pm \sqrt{0,8^2 + 0,8^2 + 0,8^2 + 2^2} \approx \pm 2,4 \text{ мкм}.$$

Задача 3. Скласти блок з кінцевих мір довжини 4-го розряду для настроювання вимірювального засобу і визначити дійсний розмір блоку за допомогою атестату.

Дані: вимірюється відносним методом гладкий калібр-пробка $\varnothing 20,005 \text{ мм}$.

Розв'язок.

Проводимо розрахунок блоку кінцевих мір довжини. Сума вибраних мір буде:

$$1,005 + 9 + 10 = 20,005 \text{ мм}.$$

За [1], с.135, табл.. 5.3. (атестаційним листом на даний набір кінцевих мір) знаходимо відхилення мір від номінального розміру і сумуємо їх алгебраїчно:

$-0,7-1,2+0,3=-1,6\text{мм}$.

Ця величина є відхиленням від номінального розміру блоку.

Визначаємо дійсний розмір блоку:

$20,005-0,0016=20,0034\text{мм}$.

Література.

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник/ І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.: Урожай, 1995. – 264с.

Лабораторна робота №2

Вибір методів і засобів вимірювання кутових розмірів

Мета: вивчити технічні вимоги і систему допусків кутових розмірів; навчитися раціонально вибирати методи і засоби вимірювань і контролю, виходячи з вимог робочого креслення деталі, а також набути практичних навичок використання засобів технічних вимірювань.

Хід роботи

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

В процесі підготовки до виконання роботи студент повинен вивчити основи геометричних параметрів конічного з'єднання, знати будову кутоміру.

Основні теоретичні відомості про міри.

Основні геометричні параметри конусів та їх з'єднань приведені на рис.2.1.

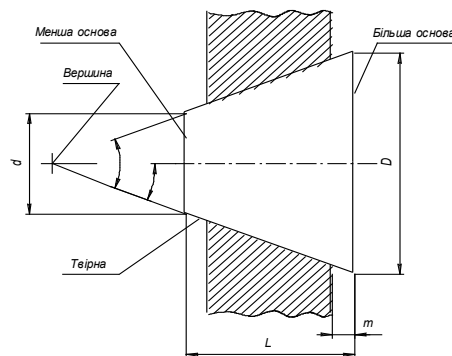


Рис. 2.1. Основні геометричні параметри конічного з'єднання.

Кут нахилу $\alpha/2$ – кут між твірною і віссю конуса. Кут конуса α – кут між твірними конуса у площині, що проходить через вісь. Базовіддаллю конусного з'єднання m називається осьова віддаль між базовими площинами спряжених зовнішнього і внутрішнього конусів.

Кут нахилу $\alpha/2$ і конусність C визначаються відношеннями:

$$\frac{0,5D - 0,5d}{L} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad \frac{D - d}{L} = 2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = C.$$
$$\frac{C}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = i;$$

і – ухил.

На кресленнях конусність C позначається у вигляді відношення $1:L$. Наприклад, $C=1:50$ означає, що на довжині конуса $L=50\text{мм}$ різниця діаметрів $D-d$ рівна 1мм .

Допуски кутів конусів і призматичних елементів деталей довжиною меншої сторони кута до 2500мм і ряди нормальних кутів встановлені ГОСТом 8908-81 (СТ СЭВ 178-75 і СТ СЭВ 513-77).

Для полегшення взаємозамінності встановлені ряди нормальних конусностей за ГОСТом 8593-81 (СТ СЭВ 512-77).

ГОСТ 8908-81 встановлює 17 ступенів точності допусків кутів: 1, 2, 3, ..., 17 (у порядку зменшення точності). При позначенні допуску кута заданої точності до позначення кута AT (від англ. Angle Tolerance – допуск кута) додають номер відповідної ступені точності: $AT1$; $AT2$; ...; $AT17$.

Допуск кута (це різниця між найбільшим $\alpha_{\max}$ і найменшим $\alpha_{\min}$ граничними кутами) при переході від однієї ступені точності до другої змінюється за геометричною прогресією зі знаменником $\gamma=1,6$.

Для кожної ступені точності встановлені:

1) Допуск кута AT_α , що виражається в кутових одиницях (рис.2. 2а). На кресленнях рекомендується вказувати округлені значення допуску кута AT'_α в градусах, мінутах, секундах, які приведені в ГОСТ 8908-81.

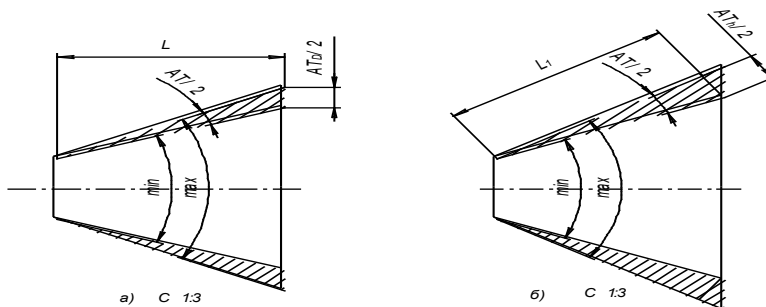


Рис.2.2. Допуски кута.

2) Допуск кута AT_h , що виражається відрізком ab , який перпендикулярний до сторони кута $\alpha_{\max}$ і розташований навпроти вершини кута $AT_\alpha/2$ на заданій відстані L_1 (рис. 2.2.б.). Допуск AT_h призначають на конуси, які мають конусність більшу $1:3$ в залежності від довжини L_1 .

3) Допуск кута конуса AT_D , що виражається допуском на різницю діаметрів у двох нормальних до осі конуса перерізах на заданій віддалі L (рис.2.1.).

Для конусів з конусністю не більше $1:3$ приймають $L_1=L$ і призначають допуски AT_D ; значення $AT_D \approx AT_h$ (різниця не перевищує 2%). Допуски кутів можуть бути розташовані відносно номінальних кутів в плюс, мінус та симетрично.

Ступені точності орієнтовно мають наступне призначення: 1-6 – для кутових мір, кутових розмірів калібрів, особливо точних герметичних з'єднань; 7 – для деталей високої точності, які вимагають точного центрування (інструментальних конусів...); 8-9 – для деталей високої точності, що передають конусними з'єднання великі крутні моменти (конічні фрикційні муфти...); 10-12 – для деталей нормальної точності (центрів і центрових отворів...).

Для конічних з'єднань встановлені посадки із зазором, натягом і перехідні.

Класифікація методів і засобів вимірювання кутових розмірів.

Широку номенклатуру методів і засобів вимірювання кутових розмірів, що застосовуються на практиці, можна поділити на три основні групи [1]:

1. Методи і засоби вимірювання кутів, що базуються на порівнянні кутів деталей зі зразком. Методом порівняння визначають відхилення кута деталі від кута зразка (кутові міри, кутові шаблони, кутники...).

2. Методи і засоби вимірювання координат точок, що утворюють кут деталі або розрахунок кута з використанням тригонометричних залежностей. Кут виробу визначають непрямим методом – вимірюванням лінійних величин, а потім виконують розрахунок за відомими тригонометричними залежностями ($\sin$, tg). До цієї групи належать координатні методи визначення на універсальному

мікроскопі та важільних приладах, методи з використанням синусної лінійки та каліброваних кульок, роликів і кінцевих мір довжини.

3. Методи і засоби вимірювання кутів, що базується на порівнянні вимірюваного кута деталі з кутовою шкалою певного приладу. Кут виробу відраховують безпосередньо в кутових одиницях за шкалою приладу. До основних методів цієї групи належать методи із застосуванням автоколімаційних труб, оптичних ділильних головок, оптичного ділильного столу, інструментального мікроскопу, гоніометра, різних рівнів, кутомірів.

Зміст роботи.

1. Виміряти кутові розміри деталі за допомогою універсального кутоміру. Для вимірювання кутів заданої деталі застосовуємо кутомір з ноніусом типу УН та УМ.

Універсальний кутомір типа УН (рис. 3.) дозволяє виміряти зовнішні і внутрішні кути від 0° до 320° . Основа 1 має зовнішню циліндричну і внутрішню конічну поверхні. До нижнього краю основи кріпиться лінійка 5, яка є однією з вимірювальних поверхонь. До сектора 4 за допомогою державки 8 можна кріпити кутник 7, а до нього аналогічною державкою кріпиться лінійка 6, що може зніматися. Сторони кутника 7 або лінійки 6 є другою вимірювальною поверхнею. Закріплюючи за допомогою державки 8 кутник 7 або лінійку 6 у різних комбінаціях, можна забезпечити вимірювання кутів у діапазонах 0° - 50° ; 50° - 140° ; 140° - 230° ; 230° - 320° . Ціна поділки ноніуса – $2'$, основної шкали – 1° .

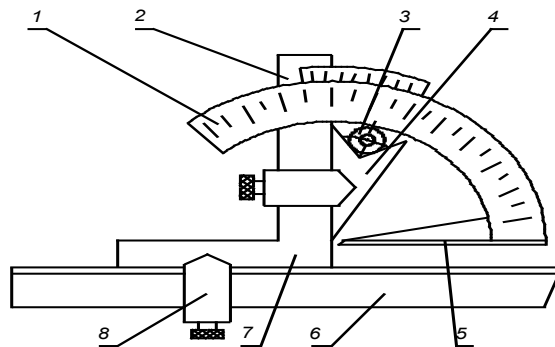


Рис. 2.3. Будова кутоміра типу УН.

Кутоміри типу 2УМ або 5УМ (рис.2.4.), які ще називаються транспортними, складаються з нерухомої лінійки 5, що є продовженням основи 1, рухомої лінійки 6, до якої з допомогою державки 8 кріпиться кутник 7 і яка зв'язана з сектором, що має можливість обертатися на осі 9. Кутомір обладнаний механізмом мікроподачі 10. Ціна поділок ноніуса - $2'$. Кутомір призначений для вимірювання зовнішніх кутів у межах 0° - 180° . Кутоміри з ноніусними шкалами випускаються серійно за ГОСТом 5378-88. Виміряні кути для заданої деталі представлені на (рис.2. 5.),

2. Дослідження точності інструментальних конусів.

Завдання: визначити придатність конуса Морзе №3 за результатами вимірювання кута на синусній лінійці.

Застосовувані прилади:

а) синусна лінійка ЛС – 100х60 кл.1 ГОСТ 4046-80;

б) штатив Ш – ПН – 8 ГОСТ 10197-70;

в) індикатор годинникового типу ИЧ – 10 – 0,01 ГОСТ 577-68.

Схема для вимірювання показана на (рис. 2.6.). Синусна лінійка виконана у вигляді платформи, до якої нерухомо приєднані два циліндричні ролики однакового діаметру, осі яких паралельні. Основний розмір синусної лінійки – це відстань між осями роликів L ($L=100\text{мм}$).

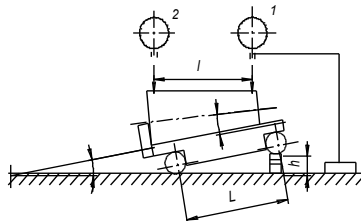
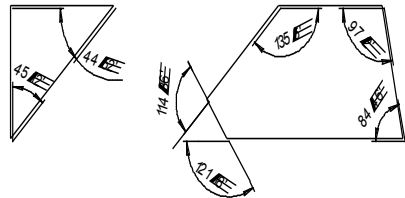
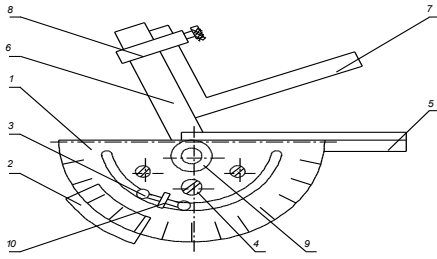


Рис. 2.4. Будова кутоміра типу 2УМ. Рис.2. 5. Результати вимірювання. Рис. 2.6. Схема вимірювання кутових розмірів деталі. Рис. 2.6. Схема вимірювання кутових розмірів з допомогою синусної лінійки.

Для вимірювання кута конуса на синусній лінійці треба мати параметри конуса Морзе №3. За ГОСТ 8908-81 ГОСТ 8593-81 [2], с.92,табл. 4.4: $S=1:19,922$; $\alpha=2^{\circ}52'32''$; допуск кута для 7-ої ступені точності вибираємо за [2], с.96,табл. 4.5: $AT_{\alpha}'=50''$ (для інтервалу довжин 63-100мм).

Розмір блоку кінцевих мір довжин h для установлення синусної лінійки на заданий кут розраховуємо за формулою:

$$h=L \cdot \sin \alpha = 100 \cdot \sin 2^{\circ}52'32'' = 100 \cdot 0,05018 = 5,02 \text{ мм.}$$

Вимірювання проводиться у двох положеннях 1 і 2 на відстані 65мм.

Різниця показів індикатору у вказаних положеннях становила $\Delta H=15 \text{ мкм}$. Тоді відхилення кута конуса від його номінального розміру визначається за формулою:

$$\Delta \alpha = \Delta H / l \cdot 2 \cdot 10^5 = 0,015 / 65 \cdot 2 \cdot 10^5 \approx 46''.$$

Література.

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник/ І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.:Урожай, 1995. –264с.

Лабораторна робота № 3.

Контроль деталей калібрами.

Мета: Вивчення конструкції та призначення калібрів, призначення кінцевих мір довжини. Отримання практичних навичок із розрахунку і добору плиток у блоки заданого розміру; контролю і визначення придатності розмірів циліндричних валів і отворів граничними калібрами – пробкою і скобою.

Хід роботи.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

В процесі підготовки до виконання роботи студент повинен вивчити основні поняття: плоскопаралельні кінцеві міри довжини, граничні калібри (скоба, пробка).

Основні теоретичні відомості.

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини є вихідними вимірювальними засобами в

машинобудуванні і ремонтному виробництві. Плитки застосовують для перевірки і настроювання вимірювальних приладів та інструментів, для розмічування точних виробів, налагодження верстатів і приладів, а також для.

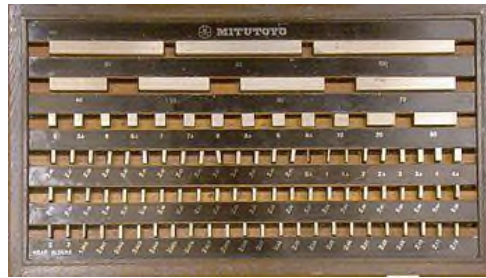


Рис. 3.1 Набір керамічних кінцевих мір довжини від 0,5 до 100 мм

Кінцеві міри виготовляють у вигляді прямокутних паралелепіпедів з двома старанно доведеними площинами, що обмежують розмір плитки. **Дійсним розміром кінцевої міри довжини** є максимальна довжина, перпендикулярно, опущеного з робочої поверхні мірної плитки на поверхню, до якої притерта плитка.

За точністю виготовлення кінцеві міри довжини випускаються шістьох основних класів: 00; 01; 0; 1; 2 і 3. **Клас точності кінцевих мір** – це ступень наближення максимального розміру плитки до номінального розміру кінцевої міри. Клас набору мір визначається нижчим класом окремої міри, що входить до набору. Для кінцевих мір, що знаходяться в експлуатації, встановлені додаткові класи 4 і 5. На спеціальне замовлення можуть бути виготовлені більш точні кінцеві міри довжини класу 00, які використовуються центрами метрології в якості зразкових. Залежно від похибки, допущеної при атестації мір (за точністю визначення відхилів довжини і відхилів від плоскопаралельності), встановлені **розряди мір**: 1; 2; 3; 4 і 5. Для кожного із розрядів визначені методи і засоби вимірювання. Міри 1-го розряду мають найменшу похибку. При використанні кінцевих мір по класах за дійсний приймається номінальний розмір. При цьому допускається похибка, що дорівнює сумі відхилів довжини плиток, які використані у блоці мір. У такому випадку суттєво спрощуються розрахунки. При використанні кінцевих мір по розрядах за розмір приймається його дійсне значення, вказане в атестаті. У цьому випадку до похибки вимірювань входять не похибки виготовлення, а похибки вимірювання довжини мір. Застосування мір по розрядах дозволяє підвищити точність вимірювань у 2-4 рази, але ускладнює розрахунки в зв'язку з необхідністю врахування дійсних розмірів усіх мір. Промисловість випускає різні набори кінцевих мір довжини від 4 до 112 шт.

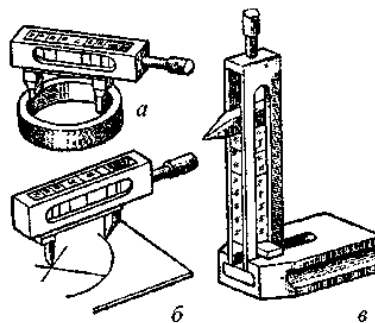


Рис. 3.2. Пристрої до плоскопаралельних кінцевих мір довжини

а – струбцина з боковинами для контролю діаметру отвору; **б** – центр та рисувалка для точної розмітки; **в** – рисувалка з плитками встановлені на основі для просторової розмітки на плиті

Набори кінцевих мір комплектуються таким чином, щоб можна було складати блоки з необхідним розміром до третього десяткового знаку. З метою зменшення спрацювання до набору додаються захисні міри, що встановлюються по кінцях блоків. Захисні міри притираються до основних тільки одним боком. Для розпізнавання вони мають з одного краю зрізані чи закруглені кути і особливе

маркування. Для більш широкого використання кінцевих мір до них випускаються набори пристосувань, до яких входять державки для кріплення кінцевих мір і блоків мір для контролю та розмічування (рис.3.2.).

Розрахунок кінцевих мір. Приступаючи до роботи з кінцевими мірами довжини, слід попередньо визначити, які міри необхідні для даного блоку. Кількість мір в блоці повинна бути мінімальною, тому що похибка блока складається із похибок окремих мір. Скласти блок більше як із п'яти мір не рекомендується.

Послідовність складання блоку мір така:

1. Міри, призначені для складання блоку попередньо очищують від мастила ватою, промивають чистим безводним та безкислотним авіаційним бензином, обтирають насухо полотняним рушником.
2. Накладають одну з мір на іншу приблизно на третину робочої поверхні та щільно притискаючи пальцями рухують вздовж великої осі до повного контакту робочих поверхонь (рисунок 2.2), таким чином притирають плитки одна до одної.

Слід дотримуватись таких правил при роботі з мірами:

- не торкатись руками робочих поверхонь промитих мір;
- кінцеві міри розміром понад 5,5 мм слід класти на стіл тільки неробочими поверхнями;
- ні в якому разі не притирати робочу поверхню міри до неробочої;
- слід використовувати захисні міри для попередження швидкого зношування та пошкодження мір. Захисна міра завжди притирається тільки з одного боку до крайньої міри блоку. При підрахунку розміру блоку враховують розмір захисних мір.

Якщо після цього складений блок не вдається роз'єднати за допомогою легкого зусилля, міри вважаються такими, що притерлись. Після притирання двох кінцевих мір до них притирають третю і т.і. Спочатку притирають кінцеві міри малих розмірів, далі отриманий блок притирають до міри середнього розміру а надалі – до плитки більшого розміру.

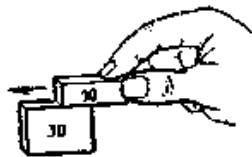


Рис. 3.3. Притирання міри

3. Після роботи блок розібрати, міри промити авіаційним бензином, протерти, змастити та вкласти у відповідні комірки футляру набору.

Визначаючи розміри кінцевих плоскопаралельних мір довжини для складання їх в блоки, необхідно враховувати наявні в наборі розміри кінцевих мір. Першою береться та міра, яка збігається однією чи кількома останніми цифрами з розміром, що складається. Потім із розміру блоку відраховують розмір обраної міри і береться наступна міра, яка збігається з кількома чи однією останньою цифрою із залишком.

При цьому треба звертати увагу на такі обставини: краще міру взяти такою, щоб в десяти частках міліметра залишалась цифра 5 чи 0. Це дозволяє скласти блок з меншою кількістю. Блок мір для розміру 39,98 мм. можна скласти двома варіантами:

Варіант 1: 39,98

Варіант 2: 39,98

	-1,08	(1)
Залишок	38,9	
	-1,9	(2)
Залишок	37	
	-7	(3)
Залишок	30	
	-30	(4)

	-1,48	(1)
Залишок	38,5	
	-8,5	(2)
Залишок	30	
	-30	(3)

Всього 4 плитки: 1,08; 1,9; 7; 30

Всього 3 плитки: 1,48; 8,5; 30

Таким чином, переважним є варіант 2, де кількість плиток менша.

Нормальні калібри

При контролі нормальним калібром придатність розміру визначають за щільністю входження. При цьому від кваліфікації контролера цілком залежить, чи вірно визначено придатність розміру. Найбільш розповсюдженими представниками нормальних калібрів є щупи.

Щупи – це сталеві калібровані пластини – різновид кінцевих мір. Призначені для перевірки зазорів між деталями (поршень і циліндр, клапан і коромисло тощо). Крім того, щупи застосовують разом з різними приладами для контролю правильності взаємного розміщення поверхонь деталей. Широко застосовують щупи при контролі плоских з'єднань (шпонкових і шліцьових з'єднань, з'єднань кілець з канавками поршня тощо).

Щупи випускають наборами від №1 до №4, довжиною 50, 100 і 200 мм і товщиною від 0,02 до 1 мм. Для одержання необхідного розміру підбирають кілька щупів так, щоб їх загальна товщина дорівнювала необхідному розміру. Точність щупів значно нижча за точність мірних плиток. У поєднанні з лінійкою щупами можна визначити прямолінійність, а з косинцем – перпендикулярність.

Граничні калібри

Калібри — це безшкальні інструменти, що слугують для контролю відхилів розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталей. На відміну від штангенциркулів, мікрометрів та інших універсальних вимірювальних засобів калібрами не можна вимірювати дійсний розмір деталі. Калібри слугують тільки для перевірки граничних розмірів деталі, відповідаючи, таким чином, на питання – чи знаходяться ці розміри в полі допусків. Тому калібри називають граничним контрольним інструментом (граничні калібри) (Рис. 3.4.–3.8).

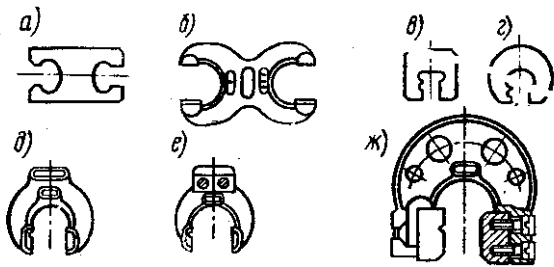


Рис. 3.4. Граничні калібри для контролю валів а – односторонні двохграничні скоби; б – листові скоби; в, г – штамповані скоби; д – литі скоби

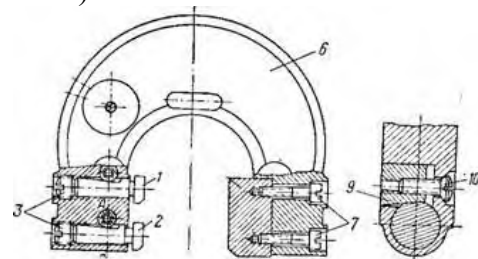


Рис. 3.5. Регульована скоба 1 – скоба;

2 – вимірювальна голівка;
3 – блок кінцевих мір;
4 – гвинти регулювання; 5 – втулка;
6 – стопорний гвинт



Рис. 3.6. Двобічна повна пробка

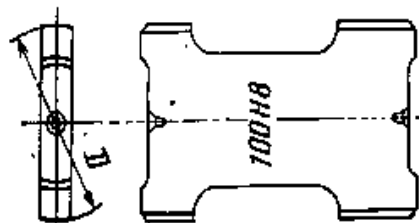


Рис. 3.7. Листова пробка

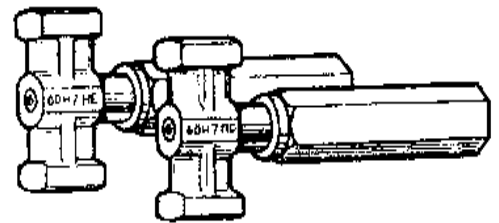


Рис. 3.8. Неповні пробки.

Калібри мають два боки: прохідний і непрохідний. Непрохідним боком при контролі зовнішніх поверхонь перевіряють найменший граничний розмір деталі, а при контролі внутрішніх поверхонь – найбільший розмір деталі. Прокідним боком при контролі зовнішніх поверхонь перевіряють найбільший граничний розмір деталі, а при контролі внутрішніх поверхонь – найменший граничний розмір деталі.

Інакше кажучи, прохідні калібри – початок поля допуску, а непрохідні – кінець поля допуску.

Калібри широко застосовують на заводах автотракторного і сільськогосподарського машинобудування. У ремонтному виробництві найчастіше застосовують жорсткі вибракувальні калібри, а також прохідні односторонні калібри для перевірки отворів малих діаметрів і великої довжини (наприклад, для перевірки після розгортання співвісності передньої втулки і втулки сальника водяного насосу). Застосування у цих випадках універсальних засобів вимірювальних не дає змоги виявити якість виконання отвору одночасно за двома показниками – точністю діаметру і співвісністю.

Класифікація калібрів.

За формою контрольованої поверхні:

- калібри для валів, або **скоби**. При діаметрах до 325 мм застосовують жорсткі скоби, при діаметрах понад 325 мм – скоби з вбудованим мікрометром, індикатором або мініметром;
- калібри для отворів, або **пробки**. Пробки бувають повні і неповні (Рисунки 2.5–2.7), повні пробки застосовують для контролю отворів діаметрів до 50 мм, а неповні від 50 до 250 мм. При діаметрах понад 250 мм застосовують особливі пробки, що називаються сферичними нутромірами;
- калібри для перевірки лінійних розмірів (глибин, висот, уступів, шпонкових пазів, довжини деталей), для контролю відстані між осями і правильності розміщення різних поверхонь деталей (Рис. 3.9, 3.10).

- калібри для перевірки криволінійних поверхонь – профільні калібри, або калібри форми. Ці калібри часто називають шаблонами.

За конструкцією калібри бувають жорсткі і регульовані (рисунок 2.3, 2.5). Регульовані калібри дають змогу контролювати деталі різних розмірів, що дуже зручно в ремонтному виробництві.

За взаємним розміщенням вимірювальних поверхонь розрізняють одно- і двобічні калібри. З метою зменшення кількості застосовуваних калібрів на ремонтних підприємствах використовують три- і шестирозмірні вибракувальні калібри.

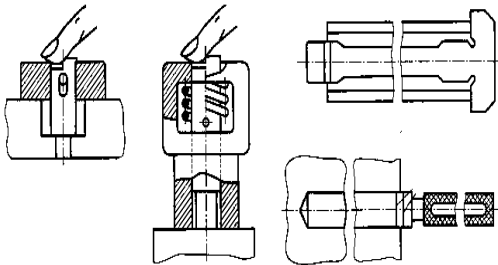


Рис. 3.9. Калібри для контролю розташування поверхонь

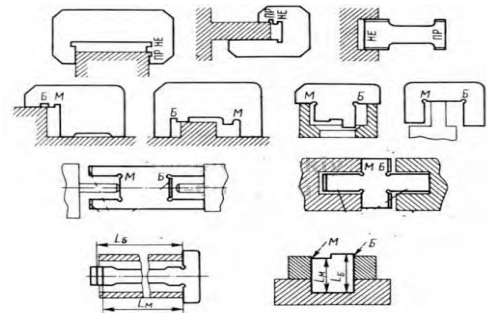


Рис. 3.10. Калібри для перевірки лінійних розмірів (глибин, висот, уступів)

За числом перевірюваних розмірів розрізняють комплексні і елементні калібри. Комплексними калібрами перевіряють водночасно всі основні елементи, що впливають на взаємозамінність з'єднання; вони являють собою прототип спряжуваної деталі і бувають тому тільки прохідними. Прикладом комплексних калібрів є різьбові і шліцьові прохідні кільця. При відновленні деталей роль комплексних калібрів звичайно виконують нові (або зразкові) спряжані деталі (болт, гайка, шліцьовий вал тощо). Метод контролю за допомогою спряжуваних деталей не забезпечує взаємозамінності з'єднання: для досягнення повної взаємозамінності треба перевіряти обидві межі поля допуску, для чого застосовують прохідні і непрохідні калібри. Елементні калібри перевіряють тільки один елемент – наприклад, середній діаметр різьби, зовнішній діаметр шліцьового вала, ширину шліців та ін. Вони бувають прохідні і непрохідні.

За призначенням калібри поділяють на:

робочі, призначені для контролю деталей робітниками, контролерами цехів і відділу технічного контролю заводу; **Р-ПР** – прохідний робочий калібр; **Р-НЕ** – непрохідний робочий калібр.

приймальні – для контролю деталей приймальниками замовника; **П-ПР** – прохідний приймальний калібр; **П-НЕ** – непрохідний приймальний калібр. Приймальними калібрами слугують спрацьовані до певного ступеня робочі калібри;

контрольні - для контролю робочих і приймальних калібрів при їх виготовленні та експлуатації; **К-ПР** і **К-С** – контркалибри для контролю прохідних нових калібрів – **К-ПР** – прохідний, **К-С** – спрацьований непрохідний; **К-НЕ** – контркалібр для контролю непрохідних робочих і приймальних калібрів; **К-П** – контркалібр для контролю прохідних приймальних калібрів; ці контркалибри прохідні.

Бланк для виконання лабораторної роботи.

«КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ КАЛІБРАМИ»

Завдання 1. Проконтролювати вали калібром – скобою, для чого настроїти її по кінцевих мірах довжини. Визначити придатність розмірів валів.

Таблиця 1 – Розміри вала і сторін скоби по заданому варіанту, мм

Варіант	Розмір валу з відхилами	$d_{\max}$		Розмір сторін скоби	Р-ПР	
		$d_{\min}$			Р-НЕ	

Таблиця 2 – Результати добору кінцевих мір у блоки

Кількість плиток у блоках, шт	Р-ПР		Перелік плиток у блоках	Р-ПР	
	Р-НЕ			Р-НЕ	

Таблиця 3 – Результати контролю деталей калібром-скобою

Номер деталі	Прохідна сторона		Непрохідна сторона		Висновок про придатність		
	проходить	не проходить	проходить	не проходить	придатна	брак поправний	брак непоправний
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Таблиця 4 – Метрологічні показники засобів вимірювань

Кінцеві міри довжини		Калібр-скоба	
Клас		Конструкція скоби	
Розряд		Межі регулювання, мм	
Кількість плиток, штук		Діапазон регулювання, мм	

Завдання 2. Проконтролювати отвори калібром-пробкою. Визначити придатність розмірів отворів.

Таблиця 5 – Розмір контролюваного отвору з відхилами

Варіант	Розмір контролюваного отвору з відхилами, мм

Таблиця 6 – Результати контролю деталей калібром-пробкою

Номер деталі	Прохідна сторона		Непрохідна сторона		Висновок про придатність		
	проходить	не проходить	проходить	не проходить	придатна	брак поправний	брак непоправний
1							
2							
3							
4							
5							
6							

1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник/ І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.: Урожай, 1995. – 264с.
3. Сірий І.С. Інженерна механіка (ВСТВ). Методичні вказівки до роботи на тему: «КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ КАЛІБРАМИ» для здобувачів вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» (на основі повної загальної середньої освіти)/І.С. Сірий, В.В. Паніна, О.В. Вюник. – Таврійський державний агротехнологічний університет, 2019. – 20 с.

Лабораторна робота № 4.

Вимірювання штангенінструментами

Мета: Вивчення будови і призначення штангенінструментів. Отримання практичних навичок вимірювання розмірів деталей основними видами штангенінструментів і визначення придатності розмірів.

Хід роботи.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

- 1.1.1 Вивчити призначення, будову і застосування штангенінструментів.
- 1.1.2 Вивчити принцип розрахунку основних параметрів шкали ноніусу.

Основні теоретичні відомості.

Вимірювання – це знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Технічний засіб, який використовується при вимірюванні та має нормовані метрологічні властивості, називають засобом вимірювання (ЗВ).

В залежності від прийомів використання ЗВ та принципів вимірювання розрізняють наступні методи вимірювань: абсолютний та відносний; прямий та непрямий; комплексний та диференціальний.

Метод оцінки, який використовується в роботі, це метод, при якому значення величини визначають безпосередньо по відліковому пристрою ЗВ.

Технічний контроль – це перевірка відповідності об'єкту встановленим технічним вимогам.

При вимірювальним контролі розміру перевіряється відповідність дійсного розміру виробу гранично допустимим, встановленим кресленням.

Штангенінструмент є універсальним вимірювальним засобом, що застосовують на машинобудівних і ремонтних підприємствах. Його використовують для вимірювань розмірів невисокої точності, для розмічування деталей та інших робіт. До штангенінструменту належать штангенциркуль, штангенглибиномір і штангенрейсмус. У штангенінструменті відліковий пристрій – лінійний ноніус чи додаткова шкала, яка дозволяє відрхувати дрібні частки поділок основної шкали (рис. 4.1).

Число n поділок на ноніусі береться на одне більше, ніж на основній шкалі, тобто:

$$c(n - 1) = bn, \quad i = c - b,$$

де c – ціна поділки основної шкали;

b – інтервал ділення шкали ноніуса;

i – точність відліку.

Підставляючи значення b з другого рівняння одержимо:

$$c(n - 1) = (c - i) \cdot n$$

Ноніуси виготовляють з ціною поділки (величиною відліку за ноніусом) 0,1 та 0,05 мм. Принцип побудови ноніуса такий: на допоміжній шкалі відкладається відрізок, що дорівнює цілому числу поділок основної шкали.

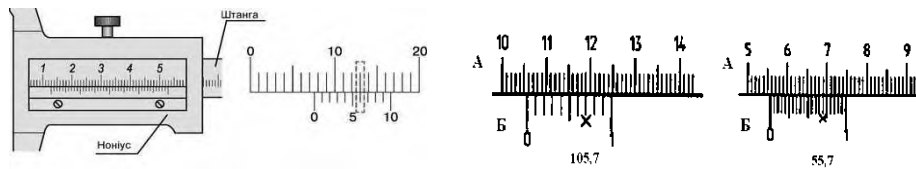


Рис. 4.1. Приклади відліків по ноніусу.

Для зручності відліку шкалу ноніуса, як правило, виготовляють розтягнутою (модульною), тобто ділення шкали ноніуса приймають не приблизно рівним діленню основної шкали, а в n разів більше. Величина n називається модулем шкали. Точність відліку i не залежить від модуля, а в будь-якому випадку залежить від ціни поділки основної шкали s і числа поділок n ноніуса.

Штангенциркуль. Конструктивно штангенциркуль розрізняють за межами вимірювання, формою вимірювальних губок і рамки ноніуса, а також точністю вимірювання. Губки для вимірювання внутрішніх розмірів можуть бути двох варіантів. У штангенциркулях ШЦ-1 вони мають ножову форму, внаслідок чого зразу одержуємо вимірювальний розмір, у ШЦ-ІІ і ШЦ-ІІІ губки ступінчасті і мають відповідний сумарний розмір, який треба додавати до відрахованого розміру при вимірюванні отворів. Для розмітки кінці вимірювальних губок штангенциркуль ШЦ-ІІ загострені.

Діапазон вимірювань штангенциркуля визначається його штангою, на якій нанесено основну шкалу з ціною поділки 1 мм. Промисловість виготовляє штангенциркулі з діапазонами вимірювання від 0 – 125, 0 – 150, 0 – 250, 0 – 160, 0 – 400, 250 – 630.

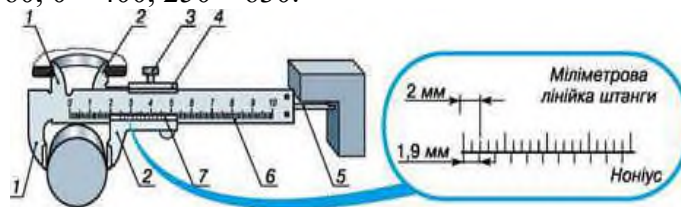


Рис. 4.2. Будова штангенциркуля ШЦ-І

1–нерухомі губки для вимірювань; 2–рухомі губки для вимірювань з рамкою; 3–стопорний гвинт; 4–рамка з допоміжною шкалою (ноніус); 5 – глибономір; 6–штанга

Перед вимірюванням слід перевірити нульове положення. Для цього зсовують вимірювальні губки штангенциркуля до їх зіткнення і переконуються у відсутності зазору та збіганні нульових штрихів основної шкали і шкали ноніусу. Принцип користування ноніусом зрозумілий з рис. 4.1, на якому показані приклади відліку. Десять поділок ноніусу відповідають дев'яти поділкам основної шкали. Отже, інтервал поділок складає 0,9 мм. При щільно зімкнених губках штангенциркуля нульовий штрих ноніуса співпадає з нульовим штрихом основної шкали. Якщо рамку зсунути вправо на 0,1 мм, то з рискою основної шкали співпадає перший штрих ноніуса, на 0,2 мм – друга риска ноніуса, на 0,3 мм – третій і т.і. Цілу кількість міліметрів знаходять по основній шкалі, а долі міліметра – по ноніусу. Якщо, зберігши кількість поділок ноніуса, збільшити інтервал його поділок до 1,9 мм, принцип визначення розміру не зміниться, а користуватися ноніусом буде зручніше. Такі розтягнуті (модульні) ноніуси широко застосовують у штангенінструментах, зокрема в простішому штангенциркулі з точністю відліку 0,1 мм.

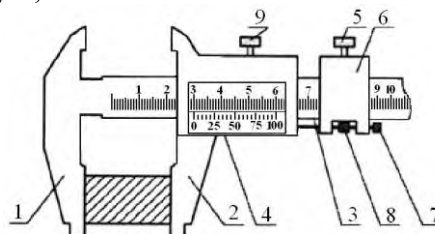


Рис. 4.3. Штангенциркуль ШЦ-ІІ

1 – нерухомі губки; 2 – рухомі губки; 3 – штанга; 4 – рамка з ноніусом; 5 – стопорний гвинт рамки мікропадачі; 6 – рамка мікропадачі; 7 – гвинт мікропадачі; 8 – гайка мікропадачі; 9 – стопорний гвинт

Більш досконалий і точний штангенциркуль (рис.4.3) з пристосуванням для мікрометричної

подачі рамки з рухомими губками, яке складається з движка 4 зі стопорним гвинтом 5, гайки 8, гвинта 7 мікрометричної подачі, який з'єднаний з рамкою ноніусу 3. Відпустивши стопорний гвинт рамки 2 і закріпивши стопорний гвинт 5 движка, можна обертаючи гайку 8, помірно пересувати рамку 3 відносно штанги 6.

Вимірювання деталей штангенциркулем виконують у такій послідовності:

- 1) звільняють затискні гвинти рухомої вимірювальної губки і мікрометричної подачі (у штангенциркулів ШЦ-I пристрою мікрометричної подачі немає);
- 2) притискають нерухому губку до поверхні виробу, утримуючи строго вертикально і переміщують рамку з рухомою губкою до зіткнення з виробом;
- 3) закріплюють хомутик стопорним гвинтом і, обертаючи гайку мікрометричної подачі по гвинту, створюють щільне зіткнення між губками і поверхнею деталі;
- 4) зафіксують рухомі вимірювальні губки стопорним гвинтом;
- 5) знімають штангенциркуль з деталі;
- 6) виконують відлік вимірювальної величини (нульовий штрих ноніуса відсікає на шкалі штанги цілі міліметри; дробову частину визначають за шкалою ноніусу – за співпадінням штриха ноніусу з будь-яким штрихом основної шкали).

Порядок вимірювання штангенциркулями внутрішніх розмірів такий самий, як і при вимірюванні зовнішніх, лише до відліку по шкалі треба додати сумарну товщину двох губок, розмір яких вказаний на них (крім штангенциркулів ШЦ-I).

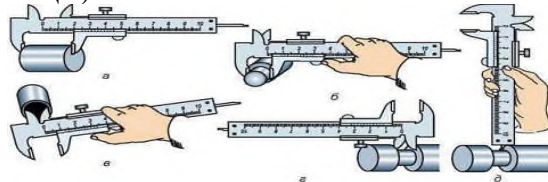


Рисунок 4.4 – Вимірювання та контроль розмірів деталей штангенциркулем
а – довжини; б – зовнішнього діаметра; в – внутрішнього діаметра; г – довжини канавки; д – глибини канавки

Штангенглибиномір - призначений для вимірювання глибини і висоти деталей, перевірки заглиблення одних деталей щодо інших та ін. (рис. 4.5).

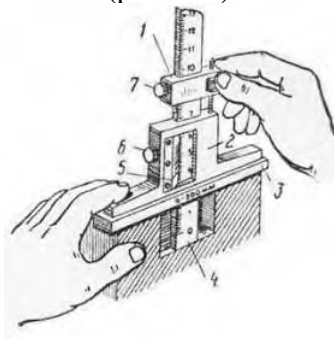


Рис. 4.5. Штангенглибиномір

- 1 – рамка мікроподачі; 2 – рамка з ноніусною шкалою; 3 – траверса (основа); 4 – штанга; 5 – ноніус;
6 – стопорний гвинт; 7 – стопорний гвинт движка;

Перед вимірюванням поверхню траверси штангенглибиноміра встановлюють на гладку перевірочну плиту. Штангу разом з траверсою притискають до поверхні плити і переконаються у збіганні нульових штрихів (основної шкали і шкали ноніуса) інструмента. Вимірювання виконують у такій послідовності: основу (траверсу) штангенглибиноміру встановлюють на одну з поверхонь деталі і притискають її; при звільненні стопорних гвинтів основи і хомутика, штангу опускають до зіткнення з другою поверхнею деталі, так, щоб вона не рухалась; закріплюють стопорним гвинтом штангу; знімають інструмент з деталі; знімають відлік вимірюваної величини по основній шкалі штанги і шкалі ноніусу.

Штангенрейсмус застосовують для розмітки і вимірювання висоти деталей на повірочній плиті, а також радіусу кривошипу колінчастих валів при дефектації в ремонтному виробництві (рис. 4.6). Перед вимірюванням штангенрейсмус перевіряють. При цьому встановлюють його основою на повірочну плиту, а під вимірювальну ніжку встановлюють кінцеву міру довжини, розмір якої повинен дорівнювати або бути більшим за нижню вимірювання основної шкали штанги.

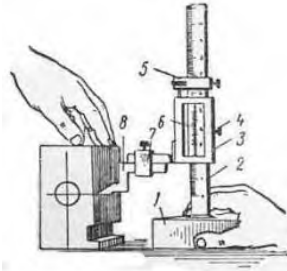


Рис. 4.6. Штангенрейсмус

1– основа; 2–штанга; 3–рамка; 4 – стопорний гвинт; 5 – рамка мікропадчі; 6 – ноніус; 7– хомутик; 8–ніжка для розмітки

Порядок вимірювання штангенрейсмусом (на прикладі визначення радіусів кривошипів колінчастих валів рис. 4.7) такий:

- 1) колінчастий вал укладається на повірочній плиті на призмах (або в центрах), штангенрейсмус основою встановлюється на плиту;
- 2) колінчастий вал повертаємо в призмах, так щоб вимірювана шатунна шийка зайняла крайнє верхнє положення;
- 3) зверху до шатунної шийки підводять вимірювальну ніжку штангенрейсмусу так, щоб між робочою поверхнею і твірної шатунної шийки утворився зазор 0,2 – 0,3 мм, і закріплюють хомутик стопорним гвинтом;
- 4) повертаючи вал на невеликий кут в один та інший бік і одночасно повертаючи гайку мікрометричної подачі, добиваються зіткнення вимірювальної ніжки з поверхнею деталі, знімають відлік;

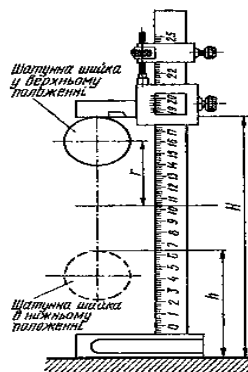


Рис. 4.7. Визначення радіусів кривошипів колінчастих валів за допомогою штангенрейсмусу

- 5) колінчастий вал повертаємо в призмах, так щоб вимірювана шатунна шийка зайняла крайнє нижнє положення;
- 6) повторюємо пункти 3) і 4);
- 7) вирахувати радіус кривошипу колінчастого валу (радіус кривошипу колінчастого валу дорівнює піврізниці показань штангенрейсмусу у верхньому та нижньому положеннях вимірюваної шатунної шийки).

1.3 Рекомендована література

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

2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. -Київ.:Урожай, 1995. – 264с.

**Бланк для виконання лабораторної роботи.
«ВИМІРЮВАННЯ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТАМИ»**

Завдання 1. Виміряти штангенциркулем задані розміри деталі. Дати висновки про придатність кожного розміру.

Таблиця 1 – Вихідні дані і результати вимірів штангенциркулем

Номинальний розмір з відхилами, мм					
Граничний розмір, мм	Найбільший				
	Найменший				
Дійсний розмір, мм					
Висновок про придатність					

Завдання 2. Виміряти штангенрейсмусом задані розміри деталі. Дати висновок про придатність кожного розміру.

Таблиця 2 – Результати вимірювань штангенрейсмусом радіусу кривошипу
Радіус кривошипу $27 \pm 0,7$ мм

Розміри	Результати вимірювання	
	1 шийка	2 шийка
Верхнє положення, мм		
Нижнє положення, мм		
Дійсний розмір радіусу кривошипу, мм		
Висновок про придатність		

Завдання 3. Виміряти штангенглибиноміром задані розміри деталі. Дати висновок про придатність кожного розміру.

Таблиця 3 – Вихідні дані і результати вимірів штангенглибиноміром

Номинальний розмір із відхилами, мм					
Граничний розмір, мм	Найбільший				
	Найменший				
Дійсний розмір, мм					
Висновок про придатність					

Завдання 4. Дати метрологічну характеристику застосованих інструментів. Записати у таблицю 4 метрологічні показники засобів вимірювання.

Таблиця 4 – Метрологічні показники засобів вимірювання

Найменування інструменту	Межі вимірювання, мм	Ціна поділки шкали штанги, мм	Величина відліку по ноніусу, мм	Модуль, характеристика шкали ноніусу	Гранична похибка інструмента, мкм
Штангенциркуль					
Штангенрейсмус					
Штангенглибиномір					

Лабораторна робота № 5.

Вимірювання мікрометричними інструментами

Мета: Вивчення будови і призначення мікрометричних інструментів. Отримання практичних навичок настройки інструментів, вимірювання розмірів деталей основними видами мікрометричних інструментів і визначення придатності розмірів.

Хід роботи.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

Вивчити призначення, будову і правила застосування мікрометричних інструментів.

Основні теоретичні відомості.

До мікрометричних інструментів належать мікрометр, мікрометричний нутромір і мікрометричний глибиномір. Найбільш розповсюдженим є мікрометр.

Мікрометр призначений для вимірювання зовнішніх лінійних розмірів з точністю 0,01 мм. Звичайний мікрометричний гвинт переміщується на 25 мм, тому що важко домогтися точності кроку різьби більшої довжини. Мікрометри виготовляють з діапазоном вимірювання 0 – 25, 25 – 50, 50 – 75 і т.і. до 300 мм, 300 – 400, 400 – 500 та 500 – 600 мм. Конструкція мікрометра наведена на рис. 5.1.

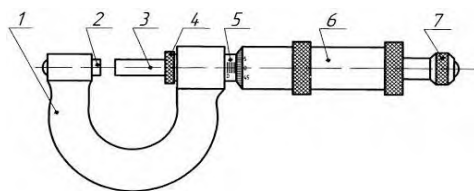


Рис. 5.1 – Мікрометр МК-25 мм

1 – скоба; 2 – нерухома п'ята; 3 – мікрометричний гвинт; 4 – стопор; 5 – стебло; 6 – барабан; 7 – тріскачка

На скобі 1 (рис. 5.1) з одного боку запресована нерухома п'ята 2, а з іншого боку по різьбі пересувається мікрометричний гвинт 3, зв'язаний із барабаном 6. Крок мікрогвинта $P = 0,5$ мм, отже, за один оберт мікрогвинта лінійне переміщення торця барабану складає 0,5 мм. Мікрометр має два пристрої для відліку вимірюваного розміру. Перший пристрій складається зі шкали з ціною поділки 0,5 мм, яка розташована на стеблі 5 та покажчика, яким є торець барабану 6. Другий пристрій складається зі шкали, що має ціну поділки 0,01 мм, нанесеної на конусній поверхні барабану 6 та покажчика у вигляді повздовжньої риски, нанесеної на стеблі 5. Щоб забезпечити постійний тиск вимірювального накінецьника на поверхню деталі та захистити нарізний механізм від ушкодження, *обертати барабан дозволяється тільки за тріскачку*, що має храповичок та пружину. При контакті накінецьника мікрометричного гвинта 3 з поверхнею, що вимірюється, досягається зусилля вимірювання 7 ± 2 Н храповичок починає проковзувати. Для фіксування мікрометричного гвинта 3 передбачено стопор 4.

Відлік показань здійснюють у такий спосіб:

- 1) спочатку по нижній частині шкали стебла відраховують цілі міліметри;
- 2) по верхній частині – половини міліметрів;
- 3) по шкалі барабана визначають соті частки міліметра. Приклади відліку показані на рис. 5.2. При вимірюванні мікрометром його тримають в руках, або встановлюють в стійці. Перед початком вимірювання перевіряють нульову установку мікрометра (для мікрометра 0 – 25 перевіряють нульовий відлік, для 25 – 50 перевіряють відлік 25 мм і т.і.).

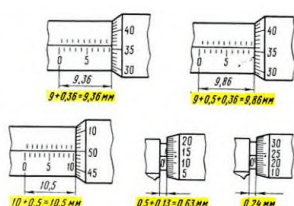


Рис. 5.2 – Приклади відліку по шкалі мікрометра

Мікрометри з межами вимірювання 0 – 25 мм перевіряють так: зводять вимірювальні поверхні до їх контакту, обертаючи барабан за тріскачку. Для мікрометрів з межами вимірювання 25 – 50 мм і т.і. торці п'ятки та мікрогвинта приводять до зіткнення з плоскопаралельною кінцевою мірою довжини розміром, що дорівнює нижній межі вимірювання, або зі спеціальною циліндричною мірою (калібром).

Скошений край барабану має зупинитись так, щоб штрих (0; 25 і т.і.) початкової поділки шкали з ціною стебла 0,5 мм було повністю видно, а нульова поділка шкали барабану має зупинитись напроти повздовжньої риски на стеблі (рис. 5.3).



Рис. 5.3 – Встановлення мікрометра на нуль

Якщо такого співпадіння немає, то мікрометр регулюють. Для цього обережно затискають калібр між вимірювальними поверхнями, обертаючи мікрогвинт за тріскачку (три - п'ять клацань); не виймаючи плоскопаралельної кінцевої міри довжини, стопором закріплюють мікрометричний гвинт; потім притримуючи від обертання барабан лівою рукою, правою відкручують ковпачок для роз'єднання мікрогвинта і барабану, барабан посувають у бік скоби до характерного звуку. Коли барабан від'єднається від мікрогвинта, його повертають в потрібне положення, тобто так, щоб нульова поділка барабану співпадала з повздовжньою рисою шкали на стеблі.

Утримуючи барабан у цьому положенні лівою рукою, правою обережно закручують ковпачок. Після того як барабан і мікрометричний гвинт за допомогою ковпачка будуть з'єднані повторно перевіряють мікрометр вимірюванням калібру.

При відліку по шкалі мікрометра часто припускають помилку у 0,5 мм. Це пояснюється тим, що внаслідок надмірно сильного або слабкого затягування барабану скіс його зміщується в нульовому положенні в той чи інший бік від поділки. Така невизначеність і спричиняє помилку при відліку. Щоб її виключити, треба при перевірці мікрометра запам'ятати, в який бік від поділки зміщений скіс барабану при нульовому відліку.

Мікрометричний глибиномір (рис.5.4) складається з траверси і мікрометричної головки. Вимірювальними поверхнями є нижня площина траверси 5 і кінець вимірювального стрижня 6. Для збільшення діапазону вимірювань глибиномір має змінні вимірювальні стрижні 6. межі вимірювання глибиноміра дорівнюють 0 – 100 мм.

На нуль глибиномір з вимірювальним стрижнем 0 – 25 мм установлюють на вимірювальній плиті. Траверсу 2 притискають до плити, а потім, обертаючи мікрометричний гвинт за тріскачку, доводять до контакту з плитою другу вимірювальну поверхню 3. При використанні інших вимірювальних стрижнів глибиномір встановлюють на нуль за допомогою установочних мір. Сила, з якою при вимірюванні необхідно притискати траверсу до деталі повинна перевищувати зусилля вимірювання (бути більше 9Н).

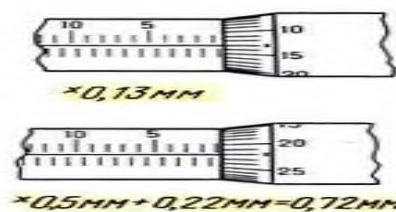
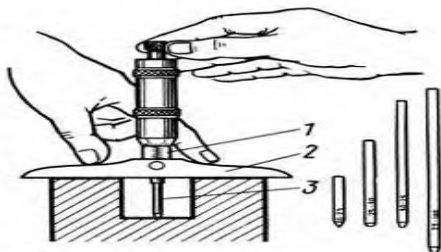


Рис. 5.4. Мікрометричний глибиномір **Рис. 5.5. Приклади вимірювання мікрометричним глибиноміром (точність відліку 0,01 мм). 1 – стебло; 2 – траверса; 3 –вимірювальні стрижні**

1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник/ І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. -Київ.:Урожай, 1995. – 264с.
3. Серий І.С. Інженерна механіка (ВСТВ). Методичні вказівки до роботи на тему: «ВИМІРЮВАННЯ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТАМИ» для здобувачів вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» (на основі повної загальної середньої освіти)/І.С. Серий, В.В. Паніна, О.В. В'юник. – Таврійський державний агротехнологічний університет, 2019. – 24 с.

Бланк для виконання лабораторної роботи.

«ВИМІРЮВАННЯ МІКРОМЕТРИЧНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ»

Завдання 1. Виміряти мікрометром задані розміри деталі. Визначити овальність і конусоподібність вимірюваних поверхонь. Дати висновок про придатність кожного розміру.

Таблиця 1 – Вихідні дані і результати вимірювань мікрометром

Номер поверхні		1	2	3
Номінальний розмір із відхилами, мм				
Граничний розмір, мм	Найбільший			
	Найменший			
Площина і переріз виміру		Дійсний розмір, мм		
Площина 1-1	Переріз А-А			
	Переріз Б-Б			
Площина 2-2	Переріз А-А			
	Переріз Б-Б			
Овальність, мм				
Конусоподібність, мм				
Висновок про придатність				

Завдання 2. Виміряти мікрометричним глибиноміром задані розміри деталі. Дати висновок про придатність кожного розміру

Таблиця 2 – Вихідні дані і результати вимірювань мікрометричним глибиноміром

Номінальний розмір з відхилами, мм					
Граничний розмір, мм	Найбільший				
	Найменший				
Дійсний розмір, мм					
Висновок про придатність					

Завдання 3. Дати метрологічну характеристику застосованих інструментів.

Таблиця 3 – Метрологічні показники засобів вимірювання

Найменування інструменту	Межі вимірювання, мм	Ціна поділки шкали стебла, мм	Ціна поділки шкали барабану, мм	Гранична похибка інструменту, мкм
Мікрометр				
Мікрометричний глибиномір				

Лабораторна робота № 6.

Вимірювання індикаторним інструментом

Мета: Вивчення будови і призначення індикаторів і індикаторних приладів. Отримання практичних

навичок настройки та вимірювання розмірів деталей основними видами індикаторних інструментів і визначення придатності розмірів.

Хід роботи.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

1.1.1 Вивчити призначення, будову і застосування індикаторних інструментів.

1.1.2 Вивчити принцип настроювання індикаторних інструментів.

Основні теоретичні відомості.

Штангенциркуль, мікрометр та інші інструменти служать для абсолютних вимірювань, тобто коли весь вимірюваний розмір визначають безпосередньо по шкалі. Відносні вимірювання полягають в тому, що по шкалі знаходять тільки відхили розміру від установочної міри або зразка, за яким прилад було відрегульовано на нуль.

Індикатор годинникового типу (рис. 6.1) є найбільш розповсюдженим приладом для відносних вимірювань. Вимірювальний стрижень 2, що має у середній частині нарізану зубчасту рейку, при своєму переміщенні обертає подвійне зубчасте колесо 6, 8 (на вісі якого закріплено малу стрілку 7), яке, в свою чергу, обертає трибку 4, на вісі якої закріплено велику стрілку 5. Додаткове зубчасте колесо 10 з пружинним волоском 11 усуває похибку від бокового зазору в зубчастих зачепленнях і зазорів в опорах. Колесо 8 постійно утримує в зачепленні зубчасті колеса, причому під час ходу вимірювального стрижня 2 вгору або вниз зачеплення відбувається по тій самій стороні зубців. Передаточні відношення в індикаторі підібрано так, що переміщенню стрижня індикатора на 1 мм відповідає 1 оберт великої стрілки. Шкала має 100 поділок, ціна поділки шкали індикатора дорівнює 0,01 мм. Для встановлення на нуль шкалу індикатора повертають за обичайку. Число обертів великої стрілки індикатора або число цілих міліметрів ходу вимірювального стрижня індикатору визначають за переміщенням малої стрілки 7. Ціна поділки шкали малої стрілки дорівнює 1 мм.

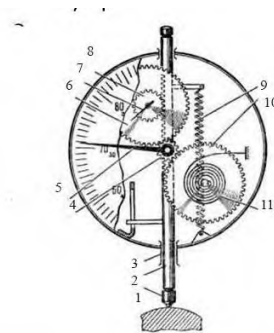


Рис. 6.1. Індикатор годинникового типу

1 – накінецьник; 2 – вимірювальний стрижень; 3 – гільза; 4 – трибка; 5 – велика стрілка; 6, 8 – подвійне зубчасте колесо; 7 – мала стрілка; 9 – пружина; 10 – додаткове зубчасте колесо; 11 – пружинний волосок

Зовнішні розміри малогабаритних деталей визначають індикатором, закріпленим в стояку з круглим (розмір деталі до 80 мм) або квадратним (розмір деталі до 125 мм) столом (рис. 6.2).

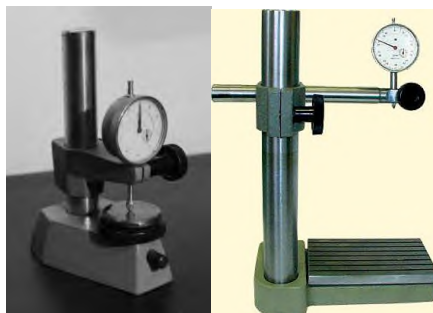


Рис. 6.2. Індикатори в стояку з круглим і квадратним столом

При вимірюванні деталей складної форми і більших розмірів зручно користуватися індикаторними скобами (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Індикаторна скоба

Нутромір призначений для вимірювання отворів. Конструктивна схема нутроміра звичайної точності показана на рис. 6.4. В якості вимірювального пристрою в індикаторному нутромірі використовують індикатор часового типу 1. Він встановлюється в трубку нутроміра 10 та закріплюється цанговим затискачем 2, розрізним кільцем та гайкою.

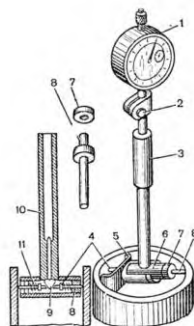


Рис. 6.4. Індикаторний нутромір

1 – індикатор годинникового типу; 2 – затискач; 3 – теплоізолююча трубка; 4 – вимірювальний стрижень; 5 – центруючий місток; 6 – корпус; 7 – регулювальна гайка; 8 змінний стрижень; 9 – важель; 10 – трубка нутроміра; 11 - пружина

Вимірювальні стрижні – вимірювальний 4 та змінний 8 розташовані в корпусі 6. Вимірювальний стрижень 3 закінчується клином, який при переміщенні стрижня діє на важель 9, що передає рух на стрижень та на вимірювальний стрижень індикатора. Центруючий місток 5 шарнірно з'єднаний через вісь з корпусом 6. Зусилля містка створюється пружиною 11, що діє на місток через ковпачок.

Вимірювальне зусилля створюється індикатором та пружиною.

В комплект нутроміра входить шість змінних вимірювальних вставок, дві шайби, два подовжувача та ключ. Цей набір дозволяє змінювати нульову установку приладу в межах вимірювання.

Під час роботи прилад слід тримати за теплоізолюючу трубку 3.

Настройка приладу на нуль здійснюється по блоку кінцевих мір А (рис. 6.5). До складеного блоку мір притирають спеціальні боковики 8 та 9 і разом з ними блок затискають в струбціні 10, підтискаючи боковик колодкою. Остаточню блок затискають в струбціні гвинтом.

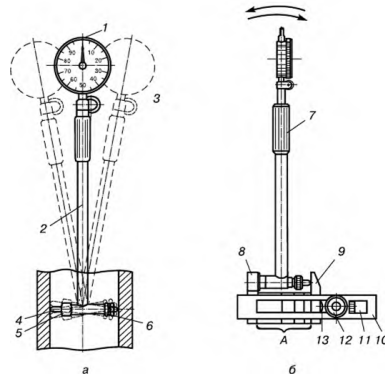


Рис. 6.5. Настройка на нуль нутроміра

1 – індикатор годинникового типу; 2 – трубка нутроміру; 3 – положення при вимірюванні; 4 – змінний стрижень; 5 – регулююча гайка; 6 – вимірювальний стрижень; 7 – теплоізолююча трубка; 8, 9 – боковички; 10 – струбціна; А – блок кінцевих мір

Потім між вимірювальними поверхнями поміщують вимірювальний стрижень і змінний стрижень індикатора. Закручуючи або викручуючи змінний стрижень, домагаються того, щоб кільцева риска на вимірювальному стрижні була приблизно на рівні торця втулки корпусу. В такому положенні похибка при вимірюванні буде найменшою. Якщо при цьому маленька стрілка індикатора не показує цілого числа міліметрів, то головку індикатора переміщують вгору або вниз відносно корпусу нутроміра. Коли маленька стрілка індикатора стане на риску 1 або 2 мм, стопорять контргайкою регульовану п'ятку і стопорною гайкою – індикаторну головку в корпусі. Обертаючи шкалу індикатора за обичайку встановлюють велику стрілку на нуль. Для установа індикаторного нутроміра можна також використовувати звичайний мікрометр (рис. 6.6), але точність вимірювань при цьому буде дещо нижчою. На мікрометрі, закріпленому у спеціальному штативі, відкладають номінальний розмір вимірюваного отвору і стопорять вимірювальний стрижень мікрометра. Затим поміщують стрижні нутроміра між п'ятками мікрометра і проводять вищевказані операції.

Розмір, який показує нутромір при установа його між плоскими боковичками, буде базовим. Відхилення показань індикатора від базового розміру при вимірюванні дорівнюють відхиленням розміру деталі від номінального.

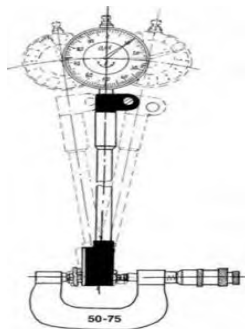


Рис. 6.6. Настроювання індикаторного нутроміра за допомогою мікрометра

При вимірюванні місток (рис. 6.5) центрує вимірювальний стрижень по діаметру. Однак при цьому його треба встановити перпендикулярно осі циліндру, тобто зафіксувати найменший з розмірів, які показує нутромір. Для цього поміщують в отвір вимірювальний стрижень і центруючий місток. Заглибивши їх в корпус нутроміра, вводять в отвір змінний стрижень і встановлюють трубку індикатора приблизно вздовж осі отвору.

Потім, попередньо нахиливши трубку індикатора, поступово випрямлюють її до тих пір, поки стрілка індикатора, що рухається за годинниковою стрілкою, не зупиниться і не почне рухатися проти

годинникової стрілки. Найбільше відхилення стрілки індикатора від базового розміру вкаже відхил вимірюваного розміру від номінального. В процесі вимірювання індикаторний нутромір треба тримати за дерев'яну теплоізолюючу трубку, інакше, під дією температури руки він дасть велику похибку.

Після завершення вимірювань перевіряють нульове показання приладу. У випадку порушення його більше, ніж наполовину поділки шкали вимірювання вважають недійсними.

Індикаторний нутромір є незамінним при вимірюванні діаметрів циліндрів двигунів, корінних підшипників, діаметрів отворів верхньої і нижньої головок шатуна і т.д. Межі вимірювання індикаторних нутромірів: 6 – 10, 10 – 18, 18 – 35, 35 – 50, 50 – 100, 100 – 160, 160 – 250, 250 – 450, 450 – 700, 700 – 1000 мм.

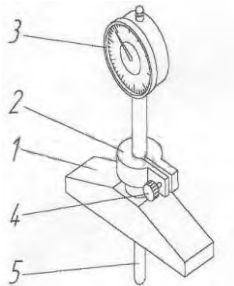


Рис. 6.7. Індикаторний глибиномір

1 – основа; 2 – затискач; 3 – індикатор; фіксатор; 4 – стопорний гвинт; 5 – вимірювальний стрижень

Індикаторний глибиномір (рис. 6.7) складається з основи 1 з нижньою вимірювальною поверхнею, індикатора 3 і змінного вимірювального стрижня 5. Набір вимірювальних стрижнів дозволяє вимірювати глибиноміром у межах 0–100 мм.

Індикатором у сполученні з універсальним стояком (рис. 6.8) можна визначати радіальне і торцеве биття, відхил від прямолінійності та інші відхилення форми і взаємного розташування поверхонь.

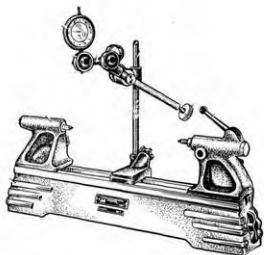


Рис.6.8.Індикатор з універсальним стояком

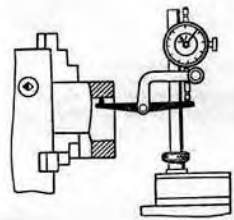


Рис.6.9.Перевірка радіального биття отвору за допомогою прямого важеля

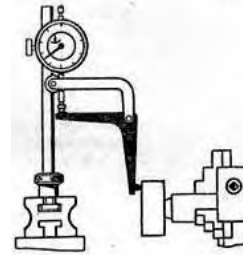


Рис.6.10.Перевірка торцевого биття за допомогою кутового важеля

При вимірюванні биття стрижень індикатора розташовують перпендикулярно до поверхні, що вимірюється і забезпечують запас ходу в один-два оберти стрілки. Для вимірювання биття у важкодоступних місцях індикатором годинникового типу застосовують рівноплечі прямі (рис. 6.9) і кутові важелі (рис. 6.10).

1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник / І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.: Урожай, 1995. – 264 с.
3. Сірий І.С. Інженерна механіка (ВСТВ). Методичні вказівки до роботи на тему: «ВИМІРЮВАННЯ ІНДИКАТОРНИМ ІНСТРУМЕНТОМ» для здобувачів вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» (на основі повної загальної середньої освіти)/І.С. Сірий, В.В. Паніна, О.В. В'юник. – Таврійський державний агротехнологічний університет, 2019. – 20 с.

**Бланк для виконання лабораторної роботи.
«ВИМІРЮВАННЯ ІНДИКАТОРНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ»**

Завдання 1. Виміряти індикаторним нутроміром внутрішні розміри деталі. Визначити овальність і конусоподібність вимірюваних поверхонь. Дати висновок про придатність внутрішнього розміру.

Таблиця 1 – Вихідні дані і результати вимірювань індикаторним нутроміром

Номінальний розмір з відхилами, мм		Граничний розмір, мм		Найб.	
				Найм.	
Площина і переріз виміру		Переріз А-А	Переріз Б-Б	Переріз В-В	Конусоподібність, мм
Площина 1-1	Показання індикатору, мм				Висновок про придатність
	Діаметр, мм				
Площина 2-2	Показання індикатору, мм				
	Діаметр, мм				
Овальність, мм					

Завдання 2. Виміряти індикатором годинникового типу радіальне биття заданих поверхонь деталі.

Таблиця 2 – Результати вимірювань індикатором радіального биття

Поверхня		1	2	3
Показання індикатора, мм	Найбільше			
	Найменше			
Радіальне биття, мм				

Завдання 3. Дати метрологічну характеристику застосованих інструментів.

Таблиця 3 – Метрологічні показники засобів вимірювання

Найменування інструменту	Межі вимірювання, мм	Ціна поділки шкали, мм	Гранична похибка інструменту, мкм
Індикатор годинникового типу			
Індикаторний нутромір			

Лабораторна робота № 7.

Вибір універсальних засобів вимірювання

Мета: Засвоєння методики вибору універсальних засобів для вимірювання лінійних розмірів деталей..

Хід роботи.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

В процесі підготовки до виконання роботи студент повинен вивчити основні поняття: абсолютна і відносна похибки вимірювання, групи факторів, що впливають на появу похибок.

Основні теоретичні відомості.

Для універсальних засобів вимірювання лінійних величин основною характеристикою є

гранична похибка засобу вимірювання $\Delta_{\text{lim}} = \pm 3\sigma$.

За цією величиною здійснюється вибір універсальних засобів вимірювання необхідної точності.

Якщо при багаторазовому вимірюванні однієї і тієї ж величини постійного розміру сумнівне значення результату виміру відрізняється від середнього значення більше, ніж на $\pm \Delta_{\text{lim}}$, то з імовірністю 0,9973 воно є помилковим і його варто відкинути. Така похибка виміру називається грубою помилкою.

$$\Delta_{\text{гр}} > \Delta_{\text{lim}},$$

На практиці переважна більшість вимірювань проводяться одноразово. Це вимірювання на виробництві, у торгівлі, у побуті. Але через те що результат вимірювання є випадковим числом, отримане при одноразовому вимірюванні значення розміру не має сенсу, якщо не вказати границь, у межах яких знаходиться вимірювана величина.

Виходячи з цього, необхідно твердо знати, що перш ніж проводити однократні вимірювання необхідно володіти апріорною інформацією.

Стосовно вимірювання лінійних і кутових розмірів ця інформація повинна містити знання величини похибки, що допускається δ і знання величини граничної похибки засобу вимірювання Δ_{lim} . Якщо гранична похибка засобу вимірювання буде менше (або дорівнюватиме) похибці, що допускається, то однократне вимірювання забезпечить необхідну (з довірчою імовірністю 0,9973) точність вимірювання і взаємозамінність на складанні. Тобто, умова вибору універсального засобу вимірювання записується так:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta,$$

Допустимою називається похибку δ засобу вимірювання, що при контролі забезпечує взаємозамінність на складанні і регламентується стандартом для конкретного розміру і допуску на нього.

Однократні та багаторазові вимірювання

Результат однократного вимірювання виражається рівнянням:

$$D = D_e \pm \Delta_{\text{lim}},$$

де D_e – дійсний розмір, отриманий вимірювання з довірчою імовірністю 0,9973.

При вимірюванні ніхто не застрахований від помилок, і єдине значення при однократному вимірюванні може виявитися помилковим. Тому однократне вимірювання у відповідальних випадках рекомендується повторити 2...3 рази без спільної математичної обробки отриманих результатів.

Приклад. На шліфувальному верстаті обробляється партія валів $\varnothing 45$ мм. Необхідно вибрати універсальний засіб вимірювання достатньої точності, щоб обмежитися однократними вимірюваннями.

Якою апріорною інформацією ми володіємо?

Вал має циліндричну форму, номінальний діаметр 45 мм, допуск на обробку 25 мкм. За таблицею стандарту в залежності від діаметру і величини допуску на обробку знаходимо величину похибки, що допускається $\delta = \pm 7$ мкм. Вибираємо відповідно мікрометр важільний, у якого $\Delta_{\text{lim}} = \pm 6$ мкм.

У процесі обробки першого валу перевіряємо, чи немає овальності або конусоподібності поверхні. Якщо верстат забезпечує точність форми, при обробці інших деталей партії можна обмежитися однократними вимірюваннями.

Багаторазові вимірювання одного того ж об'єкту роблять для того, щоб підвищити точність вимірювань, якщо немає можливості застосувати засіб вимірювання більшої точності.

Цим методом широко користуються в наукових дослідженнях, де мінімальною вважається триразова повторність. Теорія імовірностей доводить, що похибка багаторазового вимірювання зменшується в $\sqrt{N}$ раз, де N – число вимірювань.

Результат багаторазового вимірювання записується так:

$$D = D_e \pm \Delta_{\text{lim}} / \sqrt{N},$$

де D_e – середнє арифметичне значення результатів вимірювань.

Похибка методу вимірювання

Необхідність використання декількох інструментів для визначення одного розміру або декількох вимірювань тим самим інструментом при непрямих вимірюваннях, вимагають підсумовування погрешностей з метою оцінки точності отриманого результату.

При визначенні методу вимірювання систематичні похибки складаються алгебраїчно зі своїми знаками, якщо вони постійні. Якщо вони змінні, то складаються максимальні значення з їхнім знаком. Випадкові похибки складаються геометрично за законом додавання випадкових незалежних подій.

Сумарна похибка методу вимірювання при наявності систематичних і випадкових похибок визначається за формулою:

$$\Delta \text{lim}_{\text{метода}} = \Sigma \Delta \text{сист} \pm \sqrt{(\Delta \text{lim}_1^2 + \Delta \text{lim}_2^2 + \Delta \text{lim}_n^2)},$$

де $\Sigma \Delta \text{сист}$ - алгебраїчна сума систематичних похибок окремих вимірювань;
 $\Delta \text{lim}_1, \Delta \text{lim}_n$ - граничні випадкові похибки окремого вимірювання.

Знак квадратичної суми повинен бути однаковим зі знаком суми систематичних похибок, що дозволить визначити найбільше значення сумарної граничної похибки методу вимірювань.

Приклад. Необхідно виміряти відстань між осями отворів різного діаметру, при якому штангенциркулем вимірюються діаметри одного і другого отвору, а потім відстань від краю одного до краю іншого.

Тоді шуканий розмір знаходиться за формулою:

$$X = 1 + D_1/2 + D_2/2,$$

де D_1 - діаметр першого отвору;

D_2 - діаметр другого отвору;

l - відстань між краями отворів.

Похибка методу вимірювання в цьому випадку може бути знайдена за формулою:

$$\Delta \text{lim}_x = \sqrt{(\Delta \text{lim}_l^2 + (\Delta \text{lim}_{D1}/2)^2 + (\Delta \text{lim}_{D2}/2)^2)}$$

Оскільки використовувався штангенциркуль, що пройшов повірку, вважаємо систематичні погрешності рівним нулеві.

1.3 Рекомендована література

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

2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.: Урожай, 1995. – 264 с.

3. Серий І.С. Інженерна механіка (ВСТВ). Методичні вказівки до роботи на тему: «ВИБІР УНІВЕРСАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ» для здобувачів вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» (на основі повної загальної середньої освіти)/І.С. Серий, В.В. паніна, О.В. В'юник. – Таврійський державний агротехнологічний університет, 2019. – 28 с.

Бланк для виконання лабораторної роботи. «ВИБІР УНІВЕРСАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ»

ЗАВДАННЯ 1. Вибрати універсальний вимірювальний засіб для вимірювання зазначеного на кресленні розміру отвору. Виміряти його й визначити придатність.

Таблиця 1 – Вихідні дані для вибору засобу вимірювання отвору

Варіант	Номінальний розмір із відхилами, мм	Граничні розміри, мм		Допуск, мкм	Допустима похибка при вимірюванні, мкм
		Найбільший	Найменший		

Таблиця 2 – Вибраний засіб вимірювання отвору і результати вимірювання

Вибраний засіб вимірювання отвору	Гранична похибка вимірювання, мкм	Дійсний розмір, мм	Висновок про придатність
-----------------------------------	-----------------------------------	--------------------	--------------------------

--	--	--	--

Завдання 2. Вибрати універсальний вимірювальний засіб для вимірювання зазначеного на кресленні розміру валу. Виміряти його й визначити придатність.

Таблиця 3 – Вихідні дані для вибору засобу вимірювання валу

Варіант	Номінальний розмір із відхилами, мм	Граничні розміри, мм		Допуск, мкм	Допустима похибка при вимірюванні, мкм
		Найбільший	Найменший		

Таблиця 4 – Вибраний засіб вимірювання валу і результати вимірювання

Вибраний засіб вимірювання отвору	Гранична похибка вимірювання, мкм	Дійсний розмір, мм	Висновок про придатність

Завдання 3. Вибрати універсальний вимірювальний засіб для вимірювання зазначеного на кресленні розміру глибини або висоти. Виміряти його й визначити придатність

Таблиця 5 – Початкові дані для вибору засобу вимірювання глибини або висоти

Варіант	Номінальний розмір із відхилами, мм	Граничні розміри, мм		Допуск, мкм	Допустима похибка при вимірюванні, мкм
		Найбільший	Найменший		

Таблиця 6 – Вибраний засіб вимірювання глибини або висоти і результати вимірювання

Вибраний засіб вимірювання отвору	Гранична похибка вимірювання, мкм	Дійсний розмір, мм	Висновок про придатність

Лабораторна робота № 8.

Вимірювання важільно-механічними приладами

Мета: Вивчення будови та призначення основних видів важільно-механічних приладів: мікрокатару, важільної скоби, важільного мікрометра. Отримання практичних навичок настройки та вимірювання розмірів деталей основними видами важільно-механічних приладів і визначення придатності розмірів.

Хід роботи.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

Вивчити призначення, будову і правила застосування важільно-механічних приладів.

Основні теоретичні відомості.

Важільно-механічні прилади працюють за принципом перетворення за допомогою зубчастих, важільно-зубчастих та інших механізмів малих переміщень вимірювального стержня у збільшені в сотні разів переміщення стрілки шкали.

Важільно-механічні прилади можна поділити на кілька груп:

- прилади з зубчастою передачею: індикатори годинникового типу;
- важільно-зубчасті прилади: важільна скоба (Рис.8.1), важільно-зубчастий індикатор.

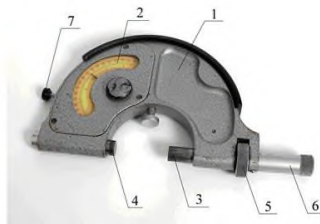


Рис. 8.1. Важільна скоба

1 – скоба; 2 – важільно-зубчастий механізм; 3 - рухома п'ята; 4 – нерухома п'ята; 5 – регулююча гайка; 6 - захисний ковпак; 7 – відводок

Вимірювання розмірів деталей можна виконувати, використовуючи відносний (з встановленням приладів на нуль по блоку кінцевих мір чи зразковій деталі) або абсолютний метод (якщо розмір деталі не перевищує меж вимірювання по шкалі). Вимірювання відносним методом точніші. При вимірюванні розмірів відносним методом на стіл стояка чи повірочну плиту під вимірювальний накінецьник головки ставиться блок плоскопаралельних кінцевих мір довжини (рис. 7.2), розмір якого дорівнює номінальному розміру вимірюваної деталі. Потім опускають кронштейн з закріпленою головкою по колонці стояка так, щоб вимірювальний накінецьник дотикався до поверхні міри і стрілка відхилилась від крайнього положення. Тобто створювався запас ходу. Опускати кронштейн треба плавно, щоб не було удару вимірювального накінецьника в блок кінцевих мір. Попереднє відхилення стрілки – запас ходу необхідний для того, щоб в процесі вимірювання прилад міг показувати як від'ємні, так і додатні відхилення від початкового положення при дотику блока кінцевих мір. Тому запас ходу повинен бути більшим, ніж очікуване відхилення розміру деталі від номінального значення.

Закріплюють вимірювальну головку за допомогою гвинта кріплення кронштейна на стояку і встановивши шкалу на нуль, тобто повертанням ободка, встановлюють нульовий штрих шкали навпроти стрілки. Для перевірки сталості показань вимірювальної головки в індикаторів годинникового типу треба два-три рази піднести вимірювальний стержень за головку на висоту 2-3 мм і плавно опустити його, притримуючи рукою, до упору наконечника в блок кінцевих мір. Несталість обертання стрілки, не плавність ходу і заїдання вимірювального стержня в гільзі (пружина, що створює вимірювальне зусилля, не відтягує вимірювальний стержень у початкове положення; при цьому стрілка займає кожний раз інше положення) свідчить про надмірне затягування вимірювальної головки затискним гвинтом чи забруднення механізму головки. У першому випадку треба дещо послабити затискання і усунути цим самим заклинювання стержня. У другому випадку слід промити механізм у чистому авіаційному бензині. Після перевірки і регулювання вимірювальної головки потрібно зняти блок мір, злегка піднявши за головку вимірювальний стержень, підвести вимірювану деталь під вимірювальний накінецьник головки і обережно опустити вимірювальний стержень до дотику наконечника з поверхнею деталі. Якщо деталь циліндричної форми, то для запобігання неправильному відліку її треба щільно притиснути двома пальцями до предметного столу і, легко перекочуючи під вимірювальним накінецьником, стежити за рухом стрілки. За показаннями стрілки визначають відхил розміру деталі від розміру міри та його знак. Дійсний розмір вимірюваної деталі дорівнюватиме сумі розміру блока кінцевих мір і показань приладу з урахуванням знака цього показання. Після закінчення вимірювання партії деталей треба перевірити збереження нульового встановлення приладу. Для цього під вимірювальний стержень знову встановлюють блок кінцевих мір. Допускається відхилення стрілки від нульового положення не більше як 0,5 поділки шкали. Вимірювання розмірів деталей абсолютним методом виконують у певній послідовності. Кронштейн з закріпленою вимірювальною головкою опускають по колонці стояка до дотику накінецьником вимірювальної бази поверхні предметного стола стояка чи повірочної плити. При цьому забезпечується деякий тиск вимірювального наконечника на плиту. Потім вимірювальну головку кріплять за допомогою гвинта кріплення кронштейна на стояку. Настроювання головки на нуль проводиться від поверхні повірочної плити чи предметного столу повертанням шкали за обичайку у вимірювальних головках типу ИЧ. Сталість показань вимірювальної головки перевіряють підніманням і опусканням вимірювального стержня.

Під вимірювальний наконечник встановлюють деталь. Для цього за головку піднімають стержень. Переміщення основної стрілки і стрілки покажчика числа обертів від початкового положення визначає дійсний розмір деталі.

Пружинні головки – мікрокатори (рис. 8.2) - застосовують при особливо точних вимірюваннях лінійних розмірів відносним методом, а також відхилень форми деталей. Мікрокатор (пружинний мініметр рис. 8.2). Вимірювальний стрижень 1 мікрокатора підвішений на диску, що пружинить, і горизонтальній частині пружинного трикутника 4. Чутлива пружина 2 скручена за середину так, що ліва і права частини утворюють спіралі різного напрямку. Один кінець пружини регулюючими гвинтами прикріплений до корпусу приладу, другий – до вертикальної частини пружинного трикутника. До середньої частини чутливої пружини прикріплена стрілка 3. При переміщенні стержня 1 вверх пружинний трикутник повертається і розтягує чутливу пружину; стрілка при цьому відхиляється.

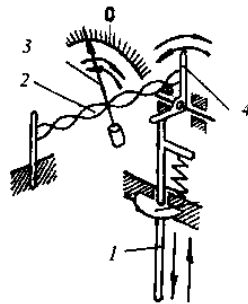


Рис. 8.2. Схема мікрокатора

1 – вимірювальний стрижень; 2 – пружина; 3 – стрілка; 4 – пружинний трикутник

Всі рухливі частини цього приладу скріплені між собою, зазори в з'єднаннях відсутні, тому він має високу чутливість. Мікрокатори випускають з ціною поділки 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10 мкм та з межами вимірювання поділок шкали. Їх використовують разом з універсальними стояками, а також як відлікові пристрої в універсальних, спеціальних, складальних багатомірних і переналагоджувальних контрольно-вимірювальних пристосуваннях. Техніка вимірювання пружинними головками аналогічна техніці вимірювання важільно-зубчастими головками.

Скоби призначені для точних вимірювань зовнішніх розмірів деталей відносним методом. Виготовляють їх двох типів: СВ – важільні, з вмонтованим в корпус відліковим пристроєм; СІ – індикаторні, оснащені вимірювальними головками.

Важільні скоби застосовують для вимірювання деталей з допуском за 7-м квалітетом, а індикаторні скоби з верхньою межею вимірювання до 100 мм – деталей з допуском за 9-м квалітетом і грубіше.

Вимірювання важільними скобами виконують у певній послідовності. Скоби встановлюють по блоку кінцевих мір, розмір якого дорівнює номінальному розміру вимірюваної деталі або ж приблизно одному із граничних розмірів деталі. Для цього відгвинчують ковпачок-стопор і, повертаючи гайку, попередньо розводяться вимірювальні поверхні п'яток на розмір, більший за розмір кінцевих мір.

Потім блок кінцевих мір поміщують між вимірювальними поверхнями рухомої і нерухомої п'яток і загвинчують гайку доти, поки стрілка відлікового пристрою не збіжиться з нульовим штрихом шкали. Після встановлення скоби на розмір переставну п'ятку закріплюють ковпачком-стопором і видаляють блок кінцевих мір. Щоб не пошкодились вимірювальні поверхні кінцевих мір і п'яток скоби, рухома п'ятка відводиться відводком. Відгвинчують ковпачок механізму перестановки показників меж поля допуску. Ключем, що додається до скоби, встановлюють рухомі показники.

За допомогою відводку відводять рухома п'ятку. Між вимірювальними поверхнями рухомої і переставної п'яток розміщують деталь, а потім відводком обережно опускають рухома п'ятку до дотику з поверхнею деталі. Для вимірювання розмірів партії деталей важільною скобою бажано використовувати стояки. Далі виконують відлік показань, за якими визначають відхилення розміру деталі від розміру міри та його знак. Дійсний розмір вимірюваної деталі дорівнює сумі блока кінцевих мір і показання приладу з урахуванням знаку.

При переналагодженні на новий розмір важільну скобу необхідно знов налагоджувати за кінцевими

мірами. Важільний мікрометр (рис. 8.3) не має цього недоліку. Для налагодження на нуль, між вимірювальними п'ятами 4 і 5 слід встановити міру та обертати барабан 9 до того часу, поки стрілка 1 важільного механізму не співпадає з нулем. В цьому положенні мікрометричний гвинт фіксують стопором 6. Відвернувши ковпачок 8 і вивільнивши барабан, його повертають до співпадання нульової позначки з поздовжньою рисою на стеблі 7. Після цього, завертають ковпачок та фіксують барабан. Точність налагодження перевіряють за мірою.

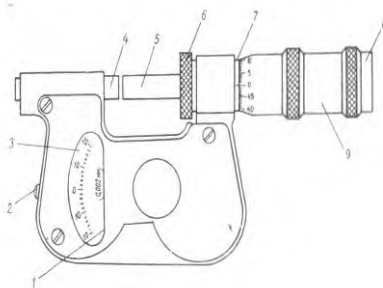


Рис. 8.3. Важільний мікрометр

1 – важільний механізм; 2 – відводка; 3 – шкала; 4, 5 – вимірювальні п'яти; 6 – стопорна гайка; 7 – стебло; 8 – ковпачок; 9 – барабан

При вимірюванні барабан пристрою обертається до того часу, поки стрілка 1 важільного механізму не встане на нуль. Потім барабан обертають до співпадіння найближчої позначки шкали з позначкою на стеблі 7. До отриманного значення за мікрометром додаємо розмір відхила від нуля стрілки важільного механізму зі своїм знаком. При вимірюванні [партії однакових деталей](#) важільним мікрометром можливо використовувати його в якості скоби. Для цього його налагоджують на номінальний розмір, а за шкалою відлічують відхили від заданного розміру. Показчики 3 меж поля допуску полегшують роботу контролера. Відкрутивши ковпачок 8, встановлюють стрілки спеціальним ключем за верхнім і нижнім відхилами розміру. Деталь є придатною, якщо стрілка при вимірюванні зупиниться між показчиками.

1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник / І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.: Урожай, 1995. – 264 с.
3. Серий І.С. Інженерна механіка (ВСТВ). Методичні вказівки до роботи на тему: «ВИМІРЮВАННЯ ВАЖІЛЬНО-МЕХАНІЧНИМИ ПРИЛАДАМИ» для здобувачів вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 208 «Агроінженерія» (на основі повної загальної середньої освіти)/І.С. Серий, В.В. Паніна, О.В. В'юник. – Таврійський державний агротехнологічний університет, 2019. – 20 с.

Бланк для виконання лабораторної роботи. «ВИМІРЮВАННЯ ВАЖІЛЬНО-МЕХАНІЧНИМИ ПРИЛАДАМИ»

Таблиця 1. - Вимірювання важільною скобою

Номінальний розмір з відхилами, мм			Граничні розміри, мм		Найбільший	
					Найменший	
№ деталей	1	2	3	4	5	6
Показання приладу, мкм						
Дійсний розмір, мм						
Висновок про придатність						

Таблиця 2. - Вимірювання важільним мікрометром

№ деталі	1	2	3	4	5	6
Показання по шкалі, мм						
Відхили по важільній шкалі, мкм						
Дійсний розмір деталі, мм						

Таблиця 3. - Вимірювання мікрокатером

№ деталі	1	2	3	4	5	6
Показання по шкалі, мкм						
Дійсний розмір деталі, мм						

Таблиця 4. - Метрологічні характеристики приладів

Назва приладу	Межі вимірювання приладу у цілому	Межі показників шкали, мкм	Ціна поділки шкали, мкм	Гранична похибка приладу, мкм
Важільна скоба				
Важільний мікрометр				
Мікрокатер				

Лабораторна робота № 9.

Вимірювання оптико-механічними приладами

Мета: Вивчення будови та призначення основних видів оптико-механічних приладів: оптикетру та інструментального мікроскопу. Отримання практичних навичок настройки, вимірювання розмірів деталей оптико-механічними приладами та визначення придатності розмірів.

Хід роботи.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

- 1.1.1 Виміряти вертикальним оптикетром діаметр плунжера паливного насоса дизельних двигунів.
- 1.1.2 Виміряти на інструментальному мікроскопі параметри різьбових пробок.
- 1.1.3 Дати метрологічні характеристики вертикального оптикетра та інструментального мікроскопу.

Основні теоретичні відомості.

До оптико-механічних належать важільно-оптичні прилади (оптикетр, [ультраоптикетр](#) та ін.), вимірювальні машини, [проеційні прилади](#), вимірювальні мікроскопи (інструментальний та універсальний) тощо. Залежно від положення осі вимірювання вони можуть бути вертикальними (ОВ) чи горизонтальними (ОГ), від способу відліку показань – екранними (ОВЕ, ОГЕ) чи окулярними (ОВО, ОГО). Оптико-механічні та оптичні прилади забезпечують вищу точність вимірювання, ніж важільно-механічні прилади. У зв'язку з цим ними користуються у вимірювальних лабораторіях для контролю і вимірювання точних деталей, шаблонів, калібрів, контркалибрів і кінцевих мір. Точність відліку можливо підвищити без збільшення габаритів і маси приладу, якщо використовувати у деяких випадках оптичне плече.

Оптикетр – найбільш розповсюджений оптико-механічний прилад.

Вимірювальна голівка оптикетру представляє собою Г-подібну трубку, на одному кінці якої знаходиться окуляр, а на другому – вимірювальний стрижень 7 (Рис. 9.1), який закінчується

вправленою в нього загартованою кулькою, що упирається у дзеркало 6 оптиметра. Дзеркало 6 укріплене на шарнірі, пружиною постійно притискається до вимірювального стержня 7 (вимірювальне зусилля складає 2Н).

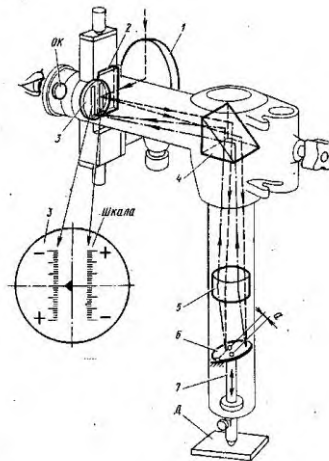


Рис.9.1. Вимірювальна голівка оптиметра

Д – стіл, 1 – дзеркало; 2 – щілина; 3 – шкала; 4 – призма; 5 – лінза; 6 – дзеркало; 7 - стержень

Світло від зовнішнього джерела за допомогою бокового дзеркала 1 спрямовується в щілину 2, де освітлює шкалу 3 приладу. Відображення шкали через систему призми 4 і лінзи 5 спрямовується на нижнє дзеркало 6, що знаходиться в контакті з вимірювальним стрижнем, і від нього – в окуляр. Переміщення вимірювального стрижня призводить до повороту дзеркала, а отже, до переміщення відображення 4, що видно в окулярі оптиметра.

Шкала прибора нерухома і в окуляр її не видно, переміщується тільки відображення шкали в залежності від положення вимірювального стрижня 7 і нижнього дзеркала 6.

Положення відображеної шкали визначається відносно показчика в формі трикутника зі стрілкою, що розташований в центрі поля, яке видно в окуляр. При переміщенні вимірювального стержня відображення шкали переміщується відносно показчика вверх або вниз.

Ціна поділки оптиметра 0,001 мм, межа показань приладу ± 100 поділок, або $\pm 0,1$ мм.

Голівку оптиметра можливо використовувати тільки у з'єднанні з важким стояком. В залежності від лінії вимірювання розрізняють вертикальний та горизонтальний оптиметри.

Вертикальний оптиметр настроюють так само, як і мікрокатор, котрий також використовують з важким стояком.

Горизонтальний оптиметр більш універсальний. Його можна використовувати як для зовнішніх так і для внутрішніх вимірювань (рис. 9.2).

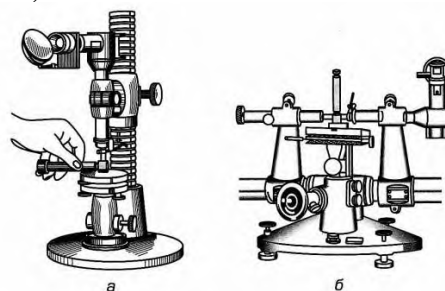


Рис.9.2. Оптиметр

а – вертикальний; б - горизонтальний

Малий інструментальний мікроскоп.

Малий інструментальний мікроскоп ММИ показано на рис. 9.3. Стіл мікроскопу переміщується в двох взаємно перпендикулярних напрямках за допомогою мікрогвинтів 7 та 8, а також має обертальний рух за допомогою голівки 9. Поворот столу використовується для регулювання положення вимірюваного об'єкту. Відлік координат по шкалах мікрометричних гвинтів здійснюється так, як при вимірюваннях звичайними мікрометрами (ціна поділки по шкалах стебел 1 мм, по шкалах барабанів – 0,005 мм). Робочий хід мікрогвинтів 25 мм. За рахунок установки кінцевих мір

довжиною до 50 мм між упорами поздовжнє переміщення столу може бути доведено до 150 мм. Стіл переміщується на основі, з заднього боку якої змонтовано пристрій 15, призначений для освітлення об'єктів при роботі в світлі, що проходить. Вимірювальний стіл 6 мікроскопу встановлюють таким чином щоб нульова поділка шкали, нанесеної на його циліндричну поверхню, встановлювалась навпроти нульової поділки ноніуса 19. Положення столу фіксують затискачем 18.

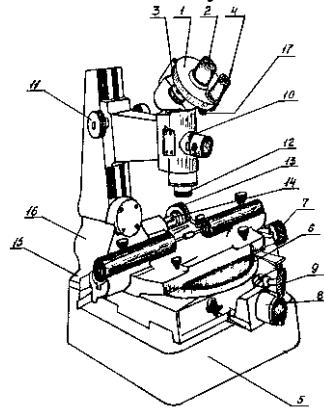


Рис.9.3. Загальний вид мікроскопу

1 – окулярна голівка; 2 – окуляр; 3 – маховичок; 4 – окулярна кутомірна голівка; 5 – основа; 6 – стіл; 7, 8 – мікрогвинти; 9 – голівка; 10 – тубус; 11, 13 – гвинт; 12 – накатне кільце; 14 – шкала; 15 – основа; 16 – колонка; 17 – освітлювач

Об'єкт може бути покладений безпосередньо на скло столу або встановлений в центрах. На основі 5 укріплена колонка 16, що несе тубус 10. Вона нахиляється за допомогою гвинта 13 в поздовжньому (стосовно до переміщення столу) напрямку в обидва боки на кути $\pm 10^\circ$. кут нахилу колонки відраховують по шкалі 14. Нахил колонки на кут, що дорівнює куту підйому різі, зменшує похибку, що викликає вигін різі, внаслідок якого при відсутності нахилу колонки зображення профілю відрізняється від його форми в осьовому перетині різі. Перед вимірюванням проводиться фокусування приладу на площину, в якій буде проводитись вимірювання.

Для точного фокусування використовують накатне кільце 12. Для попереднього фокусування мікроскопу кронштейн з тубусом 10 та окулярною голівкою 1 переміщують по колонці 16. Для точного фокусування користуються гвинтом 11.

Тубус 10 має об'єктив та окуляр 2, через який спостерігають контрольований об'єкт спільно з лініями перехрестя, нанесеними на обертовий скляний диск. Кути повороту диска відраховують за допомогою окулярної кутомірної голівки 4, освітлюють за допомогою освітлювача 17.



Рис.9.4. Поле зору в окулярі при вимірюванні $\alpha/2_{\text{лев}}$

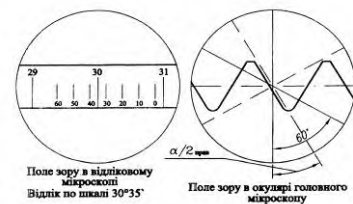


Рис. 9.5 – Поле зору в окулярі при вимірюванні $\alpha/2_{\text{прав}}$

Диск зі штриховою сіткою може повертатись навколо вісі на 360° за допомогою маховика 3. Вісь обертання проходить через точку перетину пунктирних ліній штрихової сітки та співпадає з головною оптичною віссю мікроскопу. При повороті маховичка 3 одночасно зі штриховою сіткою обертається лімб кутомірної шкали відлікового мікроскопу 4. Відлік по кутомірній шкалі проводиться наступним чином: великий штрих, що лежить в межах шкали ноніуса (в межах хвилинної шкали), вказує на ціле число градусів; положення великого штриха на шкалі ноніуса вказує на кількість хвилин (див. рис. 9.4 та 9.5).

1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і

перероблене): Підручник / І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.

2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.: Урожай, 1995. – 264 с.

3. Серий І.С. Інженерна механіка (ВСТВ). Методичні вказівки до роботи на тему: «ВИМІРЮВАННЯ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИМИ ПРИЛАДАМИ» для студентів напрям підготовки 6.050503 «Машинобудування» ОКР Бакалавр (на основі повної загальної середньої освіти)/І.С. Серий, В.В. Паніна, О.В.В'юник. – Таврійський державний агротехнологічний університет, 2018.– 16 с.

**Бланк для виконання лабораторної роботи.
«ВИМІРЮВАННЯ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИМИ ПРИЛАДАМИ»**

Таблиця 1. - Вимірювання оптимітром

№ деталей	1	2	3	4	5
Показання по шкалі, мкм					
Дійсний розмір деталі, мм					

Таблиця 2. - Вимірювання інструментальним мікроскопом

Назва параметру різьби	Зовнішній діаметр, мм	Внутрішній діаметр, мм	Середній діаметр, мм	Крок різьби, мм	Півкута профілю (лівий)	Півкута профілю(правий)

Таблиця3. - Метрологічні характеристики приладів

Назва приладу		Межі вимірювання приладу, мм	Межі вимірювання шкали, мм	Ціна поділки шкали, мм	Гранична похибка приладу, мкм
Оптимітр					
Інструментальний мікроскоп	лінійні розміри				
	кутові розміри				

Лабораторна робота № 10.

Вимірювання кутів і конусів.

Мета: Ознайомитись з методами та засобами для вимірювання кутів і конусів. Навчитися вимірювати розміри кутів і конусів.

Хід роботи.

1 ВКАЗІВКИ З ПІДГОТОВКИ ДО РОБОТИ

1.1 Завдання для самостійної підготовки до роботи

- 1.1.1 Вивчити методи контролю і вимірювання кутів і конусів.
- 1.1.2 Вивчити призначення, будову і застосування кутових калібрів.
- 1.1.3 Вивчити призначення, будову і застосування кутоміру з ноніусом типу 2-УН ГОСТ 5378-66, (кутомір Семенова).
- 1.1.4 Вивчити призначення, будову і застосування синусної лінійки.

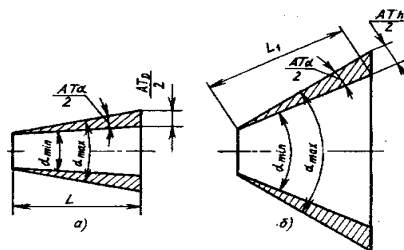
Основні теоретичні відомості.

В конструкціях машин використовуються деталі, в яких поверхні можуть бути розташовані під деяким кутом одна від одної. У машинобудуванні на кутові розміри і конусності встановлено державні стандарти. Стандартизовані кути і конусоподібності називаються нормальними. Всі нормальні кути, які застосовуються у машинобудуванні поділяються на три групи:

- 1) нормальні кути нормального призначення (найбільш поширена група);
- 2) нормальні кути спеціального призначення (мають обмежене застосування в стандартизованих спеціальних деталях);
- 3) спеціальні кути (кути, які визначаються особливими експлуатаційними і технічними вимогами).

Допуски кутів встановлені залежно від довжини конуса L якщо конусність не більше 1:3, або від довжини твірної L_1 , якщо конусність більше 1:3 (рис. 10.1). Встановлено 17 ступенів точності – від 1 до 17 (в порядку зменшення точності). Допуск кута можна відобразити в кутових (AT_a) або лінійних (AT_h ; AT_d) одиницях. AT_a , AT_h і AT_d , які зв'язані між собою співвідношеннями:

$AT_h = AT_a \cdot L_1 \cdot 10^{-3}$, $AT_d = AT_h / \cos(\alpha/2)$, де AT_h в мкм; AT_a в мкрad; L_1 в мм.



**Рис. 10.1. Схема призначення допусків на кутові розміри.
а – при конусоподібності $\leq 1:3$; б – при конусоподібності $> 1:3$**

Кутові допуски можна розташовувати як в плюс ($+AT$) і в мінус ($-AT$), так і симетрично ($\pm AT/2$)
На креслениках кутові розміри можна позначати: умовними позначеннями, наприклад, $45^\circ AT5$; числовими значеннями, наприклад, $45^\circ \pm 21$; $20^\circ \pm 1$

Існують наступні методи вимірювань кутів і конусів:

- метод порівняння (відносний метод), який здійснюється за допомогою кутових мір, кутників, шаблонів та конічних калібрів.
- гоніометричний метод, який передбачає використання кутомірів різних конструкцій, оптичних ділильних головок, оптичних квадрантів та ін.
- тригонометричний (непрямий) метод вимірювання кутових величин шляхом перерахування результатів лінійних вимірювань, які виконуються за допомогою таких приладів, як синусні лінійки, вимірвальні кульки, ролики, мікроскопи та ін.

Засоби вимірювання кутів і конусів:

Міри кутові призматичні (КМ)

Кутові міри призначені для зберігання і передачі одиниці плоского кута, для перевірки та градування кутомірних приладів і кутових шаблонів, а також для безпосереднього контролю кутів

деталі. Кутові міри яляють собою сталеві призми трьох типів, вимрювальні поверхні яких утворюють між собою один або декілька визначених робочих кутів.

Кутові міри мають такі конструктивні форми: трикутну з одним робочим кутом від 10° до 79° (крок дискретності 1°), від $15^\circ 10'$ до $15^\circ 50'$ (крок дискретності $10'$), від $15^\circ 01'$ до $15^\circ 09'$ (крок дискретності $1'$); чотирикутну з чотирма робочими кутами від 80 до 100° .

Відповідно до чинних стандартів виготовляють такі кінцеві міри кутових розмірів: з одним робочим кутом і зрізаною вершиною (тип I, рис. 10.2а); з одним робочим кутом (тип II, рис. 10.2б); з чотирма кутовими розмірами та нерівномірним кутовим кроком (тип III, рис. 10.2в), з шістьма робочими кутами та нерівномірним кутовим кроком (тип IV) та з восьми робочими кутами та рівномірним кроком (тип V, рис. 10.2г).

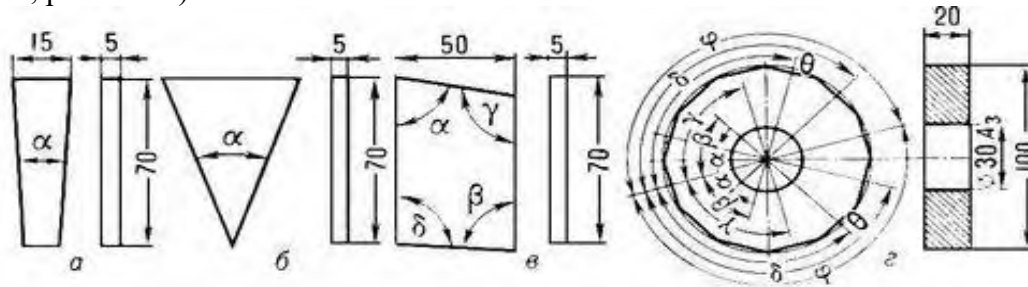


Рис. 10.2. Види призматичних кутових мір

а, б – з постійним кутом α ; в – з постійними кутами $\alpha, \beta, \gamma, \delta$; г – з рівномірним кутовим кроком.

За точністю виготовлення кутові міри випускаються трьох класів: 0-го, 1-го і 2-го. Допустимі відхилення робочих кутів для 0-го класу мір становлять $\pm 3''$, для 1-го класу $\pm 10''$ і для 2-го класу $\pm 30''$. Вимрювальні поверхні кутових мір, так само як і кінцевих, мають здатність притиратися.



Рис. 10.3. Набір кутових призматичних мір

Відповідно до ГОСТ 2875– 88 кутові міри виготовляють наборами та окремими плитками. Стандартом передбачені набори: № 1 – 93 плитки; № 2 – 33 плитки; № 3 та № 4 – 8 плиток; № 5 – 7 плиток; № 6 – 24 плитки; № 7 – 3 плитки і № 8 – набір приладдя.

Міри мають здатність притиратися одна до одної, але, з огляду на вимогу точного збігання вершин їх кутових розмірів і часту потребу складання їх у блоки з різним напрямком вершин кутових розмірів, для складання блоків кутових мір застосовують спеціальні затискні пристрої, держакі, допоміжні лінійки тощо (рис. 10.4).

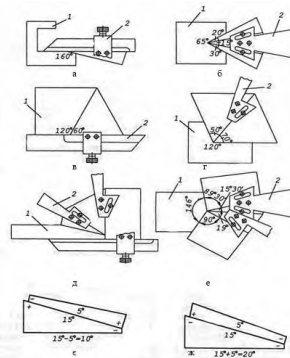


Рис. 10.4. Контроль кутів контрольним пристроєм

1 – деталь; 2 – контрольний пристрій; а, в – пристрій, складений із кінцевих мір кутових розмірів і лінійки; б, г, е – блоки кутових розмірів, складених із трьох, двох і чотирьох кінцевих мір; д – пристрій, складений із трьох кінцевих мір і лінійки; е, ж – приклади добору кутових

мір.

Особливістю кінцевих мір кутових розмірів є можливість не тільки підсумовування розмірів у блоках (рис. 10.4є), а й їх віднімання (рис. 10.4ж).

Під час вимірювання кутів міри використовують таким чином: блок кутових мір з кутом, що дорівнює номінальному, прикладають до однієї сторони кута, який перевіряється, а другу сторону порівнюють візуально на просвіт. Розмір просвіту оцінюють «на око» або співставляючи із зразковим просвітом, який отримують шляхом порівняння декількох блоків плиток з відомою різницею між ними в кутових розмірах. Великі просвіти можна вимірювати щупом. У разі потреби кут блока набору кутових мір збільшують або зменшують.

Кутники

Кутники призначені для перевірки і розмітки кутів у 45° , 60° , 90° , 120° і 135° ; універсальний кутник з діапазоном вимірювань $1 - 180^\circ$ (рис. 10.5).

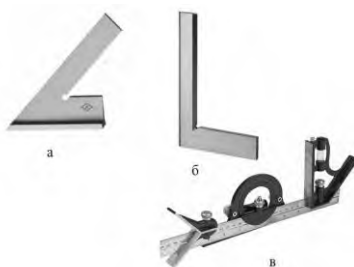


Рис.10.5. Кутники

а – кутник 45° ; б – кутник 90° ; в – універсальний кутник.

Промисловість випускає кутники чотирьох класів точності – 0, 1, 2 і 3. Клас точності кутника характеризує значення похибки, тобто відхилення кінця довгої сторони кутника від перпендикуляра, опущеного на основу. Кутники 0-го класу застосовують для лекальних робіт, 1-го класу – для особливо точних робіт, 2-го класу – для звичайних робіт, 3-го класу – для монтажних робіт.

Найбільш розповсюдженими є кутники у 90° . Існує п'ять видів перевірочних кутників, які знайшли своє застосування для контролю прямих кутів в різних сферах.

1. *Лекальні* – позначаються у вигляді букв КЛ. Використовуються для нанесення розмічальних ліній. Приладом здійснюється контроль перпендикулярності відповідних елементів різних конструкцій. Головна перевага приладу полягає в його високій точності. Досягається це за рахунок наявності гострих вимірювальних поверхонь. Відмінна особливість інструменту полягає в тому, що одна сторона представлена у вигляді короткої частини з потовщеним розміром, а друга довга з потоншеним профілем.

2. *Лекальні плоскі* – для позначення застосовується аббревіатура УЛП. Відмінна особливість цього типу інструменту від попереднього в тому, що обидві частини підстав представлені у вигляді потовщеного профілю. Служать лекальні плоскі косинці для нанесення розмітки на плоскій поверхні.

3. *Лекальні циліндрові* або КЛЦ – кардинально відрізняється по конструкції від попередніх двох варіантів. Представлений пристрій у вигляді циліндра з фасками. Підстава циліндра з бічною поверхнею створюють високоточний прямий кут. Прилади представляють собою еталонні або зразкові вироби, які знайшли своє застосування в метрологічних станціях і в сфері машинобудування. Лекальні циліндрові кутники мають не тільки нульовий, а й перший клас точності, і бувають різної довжини.

4. *Плоскі* – для їх позначення використовується аббревіатура КП. Складається інструмент з двох плоских підстав. Це найпоширеніший варіант кутників, які випускаються з різними класами точності від 0 до 2.

5. *Широкі* – свою назву вони отримали через те, що одна сторона основи має збільшену конструкцію профілю. Широка основа призначається для того, щоб мати можливість розташування інструменту на плоскій поверхні без його утримання. Широкі кутники маркуються у вигляді двох букв КШ.

Кутові шаблони (рис. 10.6) широко застосовуються для контролю кутів. Користуються ними так само, як кутниками.

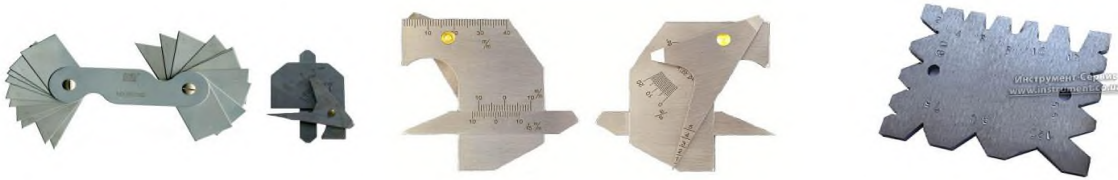


Рис.10.6. Кутові шаблони

Кутоміри з ноніусом

Промисловість випускає механічні (ноніусні) кутоміри різних конструкцій: кутоміри Кушнікова, кутоміри Семенова. За конструкцією механічні (ноніусні) кутоміри відрізняються тим, що одні кутоміри застосовують для вимірювання зовнішніх кутів, інші є більш універсальними і призначені для вимірювання зовнішніх і внутрішніх кутів. Кутомір Кушнікова призначений для вимірювання зовнішніх кутів від 0 до 180°, кутомір Семенова – для вимірювання зовнішніх і внутрішніх кутів від 0 до 320°. Ціна поділки основної шкали у всіх кутомірів 1°, ціна поділки ноніусної шкали буває 2', 5' і 10'. Механічні шкальні кутоміри мають кутовий ноніус. Правила відліку кутовим ноніусом аналогічні правилам відліку за ноніусом штангенциркуля і інших штангенінструментів, тільки вимірюване значення виражається в кутових одиницях.

Будова та методика вимірювань кутоміром Кушнікова (зовнішні вимірювання)

Загальний вид кутоміру надано на рис. 10.7.

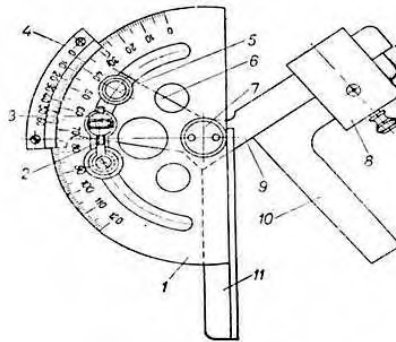


Рис. 10.7. Кутомір конструкції Кушнікова

1 – сектор-основа; 2–стопор мікрогвинта; 3 – мікрогвинт; 4 – ноніусний сектор; 5 – гвинт; 6 – вісь пересувна; 7 – вісь; 8 – хомутик; 9 – рухома лінійка; 10 – кутник; 11 – лінійка

Основою кутоміра є напівдиск 1, на якому нанесено основну шкалу на дузі. З диском жорстко скріплена лінійка 11. Рухома лінійка 9 обертається разом з ноніусним сектором 4 навколо вісі 7. Ноніусний сектор 4 пов'язаний з мікрогвинтами 3. Для точної установки необхідно застопорити гвинт 2 і, обертаючи мікрогвинт 3, домогтися необхідного положення ноніусної шкали. Встановлену величину фіксують стопорним гвинтом 5. На рухомій лінійці 9 можна закріплювати хомутиком 8 кутник 10.

Кути від 0 до 90° вимірюють з встановленим кутником. На малюнку цієї позиції відповідає положення при вимірюванні кута α . при вимірі кутів більше 90° кутник знімають. В останньому випадку до показань кутоміру потрібно додати 90°. На малюнку ця позиція показана кутом $90^\circ + \alpha$.

Правила відліку за кутовим ноніусом аналогічні правилам відліку за ноніусом штангенінструменту.

Вимірювання кутоміром проводять в наступному порядку.

1. Вводять вимірюваний кут деталі між лінійками 11 і 9 при вимірюванні кутів менше 90° або між лінійками 11 і 10 при вимірюванні кутів більше 90°. Одну сторону вимірюваного кута деталі притискають до вимірювальної поверхні лінійки 11, а до іншої підводять або лінійку 9, або лінійку 10.

Між лінійками приладу і сторонами деталі, що утворюють кут, не повинно бути просвіту. Точну установку виконують мікрометричним гвинтом 2 при застопореному гвинті 5.

2. Стопорять ноніусний сектор гвинтом 5 і здійснюють відлік. Якщо вимір ведуть без кутника, то до величини відліку за шкалою і ноніусом додають 90°.

Приклади застосування кутоміру конструкції Кушнікова показано на рис. 10.8 і 10.9.

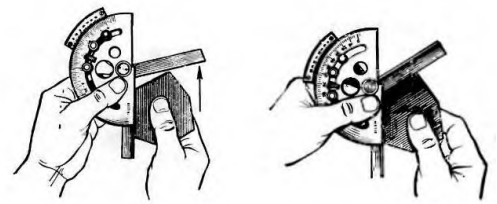
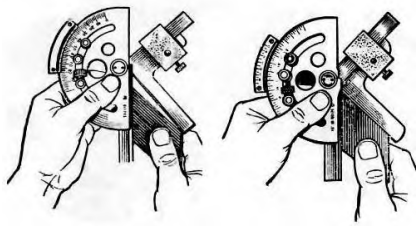


Рис.10.8. Приклад вимірювання гострого зовнішнього кута. Рис. 10.9. Приклад вимірювання тупого зовнішнього кута.

Будова та методика вимірювань кутоміром Семенова (зовнішні і внутрішні вимірювання). Кутомір (рис. 10.10) призначений для вимірювання не тільки зовнішніх, а й внутрішніх кутів. Шляхом різних комбінацій в установці деталей кутоміри можна використовувати в діапазоні від 0 до 320°, причому зовнішні кути вимірюються в межах від 0 до 180°, а внутрішні – від 40 до 180°. Ціна поділки основної шкали 1°, а величина відліку за ноніусом – 2'. Кутомір складається з сектора 6, на якому нанесена основна градусна шкала, і сектора 9, з'єднаного з ноніусною шкалою 5. З основним сектором жорстко пов'язана лінійка 7.

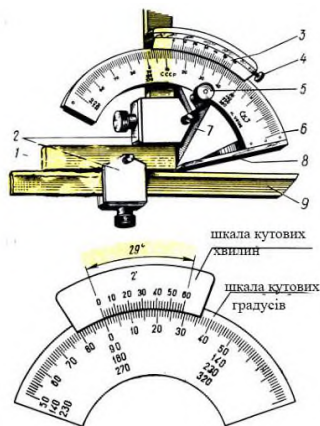


Рис.10.10. Кутомір конструкції Семенова.

1 – кутник; 2 – хомути кріплення лінійки і кутника; 3 – ноніусна шкала; 4 – гвинт; 5 – притиск; 6 – основна лінійка; 7 – ноніусний сектор; 8 – сектор-основа; 9 – змінна лінійка

Основний сектор 8 можна легко переміщати уздовж ноніусної шкали і стопорити притиском 5. До пластини ноніусного сектору 7 хомутиком 2 приєднується кутник 1. У свою чергу, до косинця 1 хомутиком кріпиться лінійка 9. Для зручності установки кутоміра при вимірюванні в тісних місцях один кінець лінійки 9 скошений.

У повному складанні між площинами основної та змінної лінійок вимірюють кути від 0 до 50°. Коли на секторі 8 встановлено знімну лінійку 9 межі вимірювання складають 50 – 140°. Якщо на секторі встановлено кутник 3 без знімної лінійки, то межі вимірювання складають 140 – 200°. Між площинами сектора 8 і основної лінійки 6 вимірюють кути 230-320°. Межі вимірювання кутоміру в цілому становлять 0–320°.

Приклади застосування кутоміру конструкції Семенова показано на рис. 10.11.

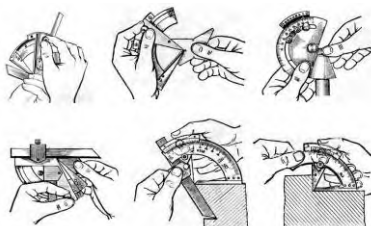


Рис.10.11. Приклади застосування кутоміру конструкції Семенова

Тригонометричні методи вимірювання кутів. Сінусна лінійка.

Синусна лінійка являє собою плиту з двома закріпленими до неї циліндричними роликами однакового діаметру і розташованими на строго визначеній відстані один від одного – 100 мм (рис. 10.12).

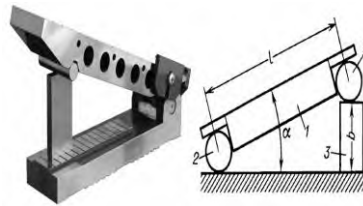


Рис. 10.12. Синусна лінійка

1 – плита; 2 – ролик; 3 – блок кінцевих мір; L – базова відстань між роликами; h – розмір блоку плиток; α – кут установки лінійки.

Ця лінійка застосовується для вимірювання кутів з високою точністю і має прямокутну форму з двома опорами на кінцях у вигляді роликів однакового діаметра. Коли лінійка опирається на плиту роликами, кут вимірювання дорівнює 0. Для встановлення на заданий кут під правий ролик підкладають блок кінцевих мір довжини, висота h якого підбирається так, щоб покази індикатора не змінювались під час переміщення вздовж твірної конуса. Кут визначається за формулою:

$$\sin \alpha = L/h$$

де L – базова довжина синусної лінійки (відстань між осями роликів) – 100 мм.

Схему вимірювань кута α конусного калібру-пробки наведено на рис. 10.13.

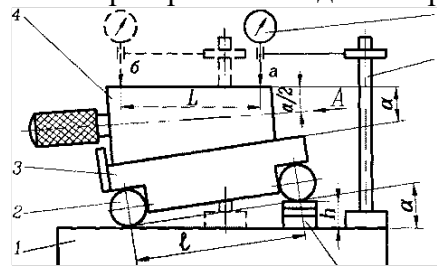


Рис.10.13. Вимірювання кута конусної деталі

1 – повірочна плита; 2 – циліндричні ролики; 3 – стіл; 4 – об'єкт вимірювання; 5 – вимірювальний пристрій; 6 – штатив

Визначення кута конусоподібності непрямим методом за допомогою каліброваних роликів, кілець та кульок:

Вимірювання конусоподібності каліброваними кільцями.

Вимірювання зовнішніх кутів з точністю 2' та грубіше проводять калібрами-кільцями (рис. 10.14). Їх по черзі одягають на конус та визначають відстань однобічних сторін кілець, які контактують з конічною поверхнею. Синус половини кута конуса вираховують за формулою:

$$\sin(\alpha/2) = (D-d)/2(H-h)$$

де l – виміряна відстань між контактуючими поверхнями кілець, що контактують з конусом.

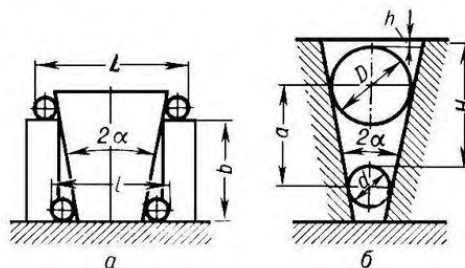


Рис. 10.14. Вимірювання та контроль кута конусоподібності

а – зовнішнього кута за допомогою каліброваних роликів; б – внутрішнього кута за допомогою каліброваних кульок.

Вимірювання внутрішніх кутів калібрами-кульками. Вимірювання внутрішніх кутів з

точністю 2' та більш грубо проводять відкаліброваними кульками діаметрами D і d (рис. 9.14б). Їх по черзі вставляють в конічну втулку та вимірюють розміри H та a , наприклад, штангенглибиноміром. Синус половини кута конуса знаходять за формулою:

$$\sin(\alpha/2) = (D-d)/2a$$

де a – відстань між центрами кульок.

Контроль кутів калібрами-пробками та калібрами-втулками

Конусні калібри використовують для контролю за базовідстанню m та на фарбу. Зовнішні конуси контролюють калібрами-втулками, внутрішні – калібрами-пробками (рис. 10.15).



Рис. 10.15. Калібри для контролю кутів

Торці конусів, що контролюються, не повинні в спряженні з калібром виходити за межі рисок або уступів. При контролі на фарбу калібр покривають шаром фарби завтовшки 1-5 мкм і з'єднують з деталлю перевіряючи на 3/4 оберту. За кількістю плям фарби визначають ступінь прилягання. Норми точності в звичайному випадку задаються у відсотках від площини поверхні.

1.3 Рекомендована література

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник / І.С. Сірий. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Сірий І.С., Колісник В.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. – Київ.: Урожай, 1995. – 264 с.
3. Сірий І.С., Паніна В.В., В'юнник О.В. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Методичні вказівки до роботи на тему: «ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ І КОНУСІВ» для здобувачів вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» (на основі повної загальної середньої освіти). Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2020, 24 с.
4. ДСТУ 2499-94. Основні норми взаємозамінності. Конуси та конічні з'єднання.

Бланк для виконання лабораторної роботи. «ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ ТА КОНУСІВ»

Завдання 1. Визначити розмір кута за допомогою кутових мір .

Таблиця 1 – Вихідні дані та результати визначення розмірів кута за допомогою кутових мір

Заданий кут	1-а міра	Залишок	2-га міра	Залишок	3-тя міра	Залишок	4-та міра	Висновок про придатність

Завдання 2. Виміряти кутоміром кути деталі № _____

Таблиця 2 – Результати вимірювань кутів деталі кутоміром

Ескіз деталі	Кути	Результати вимірювань	Висновок про придатність

Завдання 3. Визначити кут призми та конусу за допомогою синусної лінійки

Таблиця 3 – Результати визначення кута призми та конусу за допомогою синусної лінійки

Об'єкт	Перепад сторін	$\sin \alpha$	α	Конусоподібність	Висновок про придатність
--------	----------------	---------------	----------	------------------	--------------------------

контролю	синусної лінійки				
Призма №					
Конус №					

Завдання 4. Визначити значення зовнішніх кутів конусів за допомогою каліброваних кілець.

Таблиця 4 – Результати визначення значень зовнішніх кутів конусів.

Параметр вимірювання	Розмір 1	Розмір 2	Товщина кілець	Перепад висоти кілець	Діаметр більшого кільця	Діаметр меншого кільця	Конусоподібність	Кут
Умовне позначення	l_1	l_2	h	L	D	d	C	α
Конус №								

Навчально-методичне видання

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ І ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ**

Методичні рекомендації до виконання
лабораторних робіт

Укладач Р.В. Росул.

Тираж 10 пр.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 4916 від 16.06.2015 р.

Редакційно-видавничий відділ МДУ,
89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>