Тема 11. Універсальні засоби вимірювання.

1. Плоскопаралельні кінцеві міри довжини. Класи точності й розряди.
2. Штангенінструменти.
3. Мікрометричні інструменти.
4. Індикаторні прилади. Важільно-механічні прилади.
5. Оптико-механічні та оптичні прилади. Пневматичні прилади. Автоматичні засоби вимірювання. Засоби активного контролю.
6. Вибір і призначення засобів вимірювання.

1. Універсальні вимірювальні засоби, як правило, є багатомірними, шкальними, їх перевагою є універсальність, тобто з допомогою їх можна вимірювати всі значення вимірюваної величини, які не виходять за межі вимірювань даного вимірювального засобу.

Міри поділяються на позначкові (штрихові), плоскопаралельні кінцеві і кутові. Перших два види мір відносяться до мір довжини.

Штрихові міри – це лінійки, на плоских поверхнях яких нанесені штрихи (риски), відстань між якими відповідає встановленим одиницям довжини.

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини (рис. 65 (ГОСТ 9038 – 83) виготовляються у вигляді циліндричних стрижнів або у вигляді прямокутних паралелепіпедів – плиток з двома старанно обробленими паралельними площинами, що обмежують їх розміри.

Кінцеві міри, що призначені для повірки і градуювання вимірювальних засобів, називаються ***зразковими***, а міри, які застосовуються для безпосередніх вимірювань і розмічувальних робіт тощо, називаються ***робочими***.

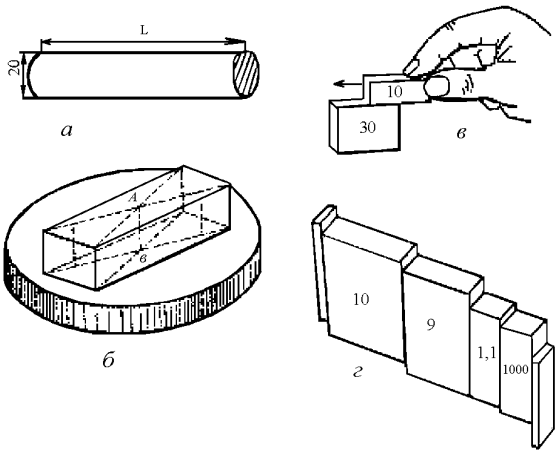


Рис. 65. Кінцеві міри довжини

Кутові міри (рис. 66). Для передачі та безпосереднього вимірювання кутових розмірів застосовуються кутові міри. Відповідно до ГОСТ 2875–88 кутові міри виготовляються чотирьох типів: з одним робочим кутом і зрізаною вершиною (тип 1); з одним робочим кутом – гострокутні (тип 2); чотирикутні (тип 3): шестикутні та восьмикутні (тип 4). Їх виготовляють у

вигляді окремих екземплярів або наборами з 8, 24, 33 і 93 мір з градацією значень кутів через 30″, 1′,1°, 15°.

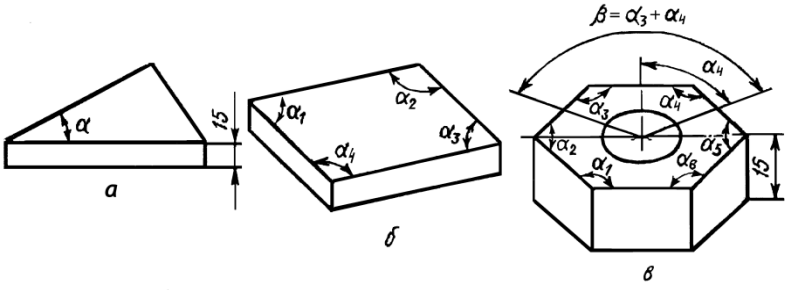


Рис. 66. Кутові міри. а – з одним робочим кутом; б – з чотирма робочими кутами; в – шестигранна призма з нерівномірним кутовим кроком

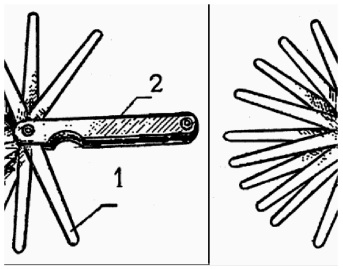


Рис. 67. Щупи: 1 – щуп; 2 – накладка

Щупи – це довгі тонкі калібровані пластинки, різновид кінцевих мір довжини (рис. 67).

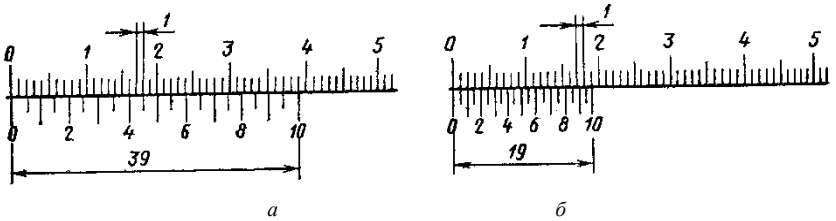
2. Штангенінструменти.

Штангенінструменти належать до багатомірних шкальних вимірювальних засобів.

Основна шкала нанесена на лінійці або штанзі і є штриховою мірою з довжиною поділок 1 мм.

Вона призначена безпосередньо для вимірювання, по ній визначають абсолютне значення вимірюваної величини.

Додаткова шкала, яка називається ***ноніусом***, призначена для ділення поділок основної шкали на частки, дає змогу відлічувати ці частки і тим самим сприяє підвищенню точності відліку по ній (рис. 68).



а *б*

Рис. 68. Шкала ноніуса: а – розтягнута; б – нормальна

Промисловість випускає три основних типи штангенінструменту: штангенциркулі, штангенглибиноміри і штангенрейсмуси (штангенвисотоміри), а також штангензубоміри як інструмент спеціального призначення. Ці типи інструментів відрізняються один від одного тільки розміщенням вимірювальних поверхонь.

Штангенциркулі (рис.67) виготовляються за ГОСТ 166–80, який передбачає виготовлення штангенциркулів наступних типів : ШЦ-І – двосторонні з глибиноміром; ШЦТ-І – односторонні з покриттям з твердого сплаву з глибиноміром; ШЦ-ІІ – двосторонні; ШЦ-ІІІ – односторонні. Межі вимірювання штангенциркулів ШЦ-І – 0…125 мм з відліком по ноніусу 0,1 мм; ШЦ-ІІ, ШЦ-ІІІ – 0…250 мм з відліком 0,05 і 0,1 мм; ШЦ-ІІІ – 0…2000 мм з відліком 0,1 мм.

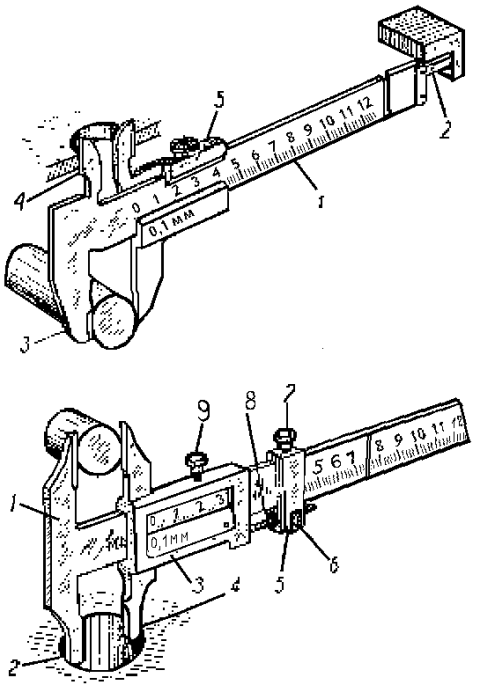


Рис. 69. Штангенциркулі:
а) ШЦ – І: 1 – штанга; 2 – лінійка глибиноміра; 3 – губки для зовнішніх вимірювань;
4 – губки для внутрішніх вимірювань; 5 – рамка;
б) ШЦ – ІІ: 1 – штанга; 2 і 4 – губки для внутрішніх вимірювань; 3 – ноніус;
5 – хомутик; 6 – гайка; 7 і 9 – затискні гвинти; 8 – гвинт

Цілі міліметри відлічують по основній шкалі, а частки міліметра – по шкалі ноніуса.

Приклади відліку по ноніусу штангенциркуля з відліком 0,1 мм наведені на рис. 70. Якщо нульові позначки основної шкали (лінійки) і шкали ноніуса збігаються, то вимірювальні поверхні губок щільно прилягають одна до одної і вимірюваний розмір дорівнює нулю (рис.70, а).

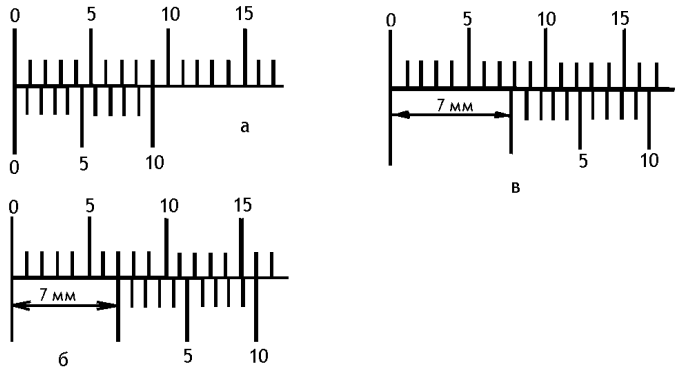


Рис. 70. Приклади відліку по ноніусу

Якщо нульова позначка ноніуса збігається з будь-якою позначкою основної шкали, то ця позначка вказує на основній шкалі розмір в цілих міліметрах (рис.70, б). Якщо ж нульова позначка ноніуса не збігається ні з однією позначкою основної шкали, то найближча позначка зліва від нульової позначки шкали ноніуса на основній шкалі показує ціле число міліметрів, а частки міліметра відлічуються по ноніусу (рис.70, в). В цьому випадку слід відшукати, яка по порядку позначка шкали ноніуса (крім нульової) збігається

з однією з позначок основної шкали, стільки часток міліметра треба додати до цілого числа міліметрів.

Наприклад, на рис. 70, б нульова позначка шкали ноніуса збігається з 7-ю позначкою основної шкали, відповідно відлік по шкалах становить 7 мм.

На рисунку 70 в, в нульова позначка ноніуса знаходиться між 7-ю і 8-ю позначками основної шкали, а з позначкою основної шкали збігається 7-а позначка шкали ноніуса, відповідно відлік по шкалах дорівнює 7 мм + 0,1 мм · 7 = 7,7 мм.

Штангенглибиноміри (рис.71) виготовляються за ГОСТ 162–80 і застосовуються для вимірювання глибин отворів, пазів та інших глибинних або висотних розмірів. Вони принципово не відрізняються від штангенциркулів і мають дві вимірювальні поверхні. Однією з них служить торцева поверхня штанги 1, а другою – нижня поверхня основи 2, яка виготовлена як одне ціле з рамкою 3.

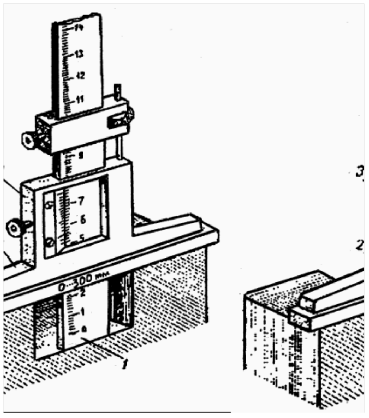


Рис. 71. Штангенглибиномір:
1 – штанга; 2 – основа; 3 – рамка

Штангенглибиноміри випускають з величиною відліку по ноніусу 0,1; 0,05 і рідше 0,02 мм з верхніми межами вимірювання 100, 125, 150, 200, 300, 400 і 500 мм. Відлік по шкалах штангенглибиноміра здійснюється так само, як і по шкалах штангенциркуля.

Штангенрейсмуси (рис.72) виготовляються за ГОСТ 164-80 і застосовуються для вимірювання висотних розмірів і розмічування деталей при слюсарних роботах.

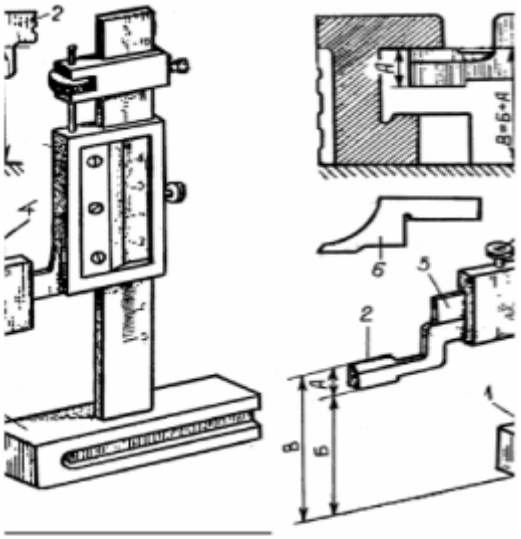


Рис. 72. Штангенрейсмус:
1 – основа; 2 – ніжка; 3 – хомутик; 4 – затискний гвинт; 5 – рамка; 6 – змінна загострена ніжка

При виконанні вимірювань або при розмічувальних роботах штангенрейсмус і деталь повинні бути встановлені на повірочну плиту.

При виконанні розмічувальних робіт на виступі рамки 5 штангенрейсмуса закріплюють загострену ніжку 6, встановлюють рамку 5 на заданій висоті і, переміщуючи штангенрейсмус по поверхні повірочної плити, викреслюють загостреною ніжкою риску на деталі.

Штангенрейсмуси виготовляють з величиною відліку 0,1; 0,05; і рідше 0,02 з верхніми межами вимірювання 200, 300, 500, 800 і 1000 мм.

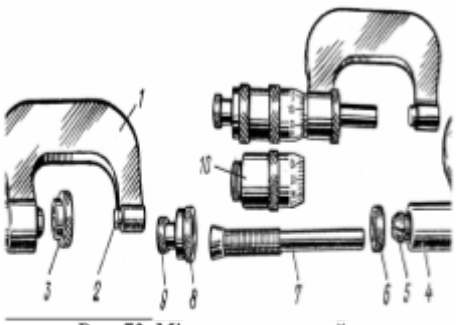


Рис. 73. Мікрометр гладкий:
1 – скоба; 2 – п'ятка; 3 – гайка кільцьова; 4 – стебло; 5 – мікрометрична гайка; 6 – гайка; 7 – мікрометричний гвинт; 8 – ковпачкова гайка; 9 – тріскачка; 10 –барабан

3. Мікрометричні інструменти.

Мікрометричні інструменти загального призначення – це мікрометр гладкий (рис. 73), мікрометричний нутромір, мікрометричний глибиномір, мікрометр для вимірювання внутрішніх розмірів і важільний мікрометр.

До спеціального мікрометричного інструменту відносяться мікрометри листові, трубні, зубомірні, різьбові тощо.

Відліковий пристрій мікрометричних інструментів (рис.74) складається з двох шкал : поздовжньої 1 і кругової 2. Поздовжня шкала нанесена на стеблі і має два ряди позначок, розташованих по обидві сторони горизонтальної лінії та зміщених один відносно другого (верхній ряд зміщений відносно нижнього вправо) на 0,5 мм. Таким чином, обидва ряди позначок утворюють одну поздовжню шкалу з ціною поділок 0,5 мм, що дорівнює крокові мікрометричного гвинта.

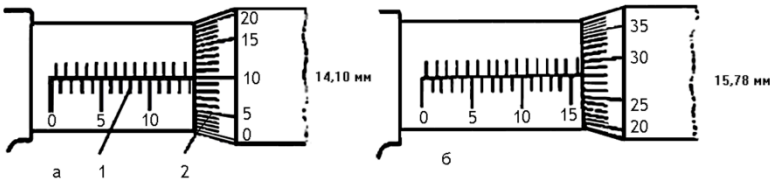


Рис. 74. Відліковий пристрій мікрометра і приклади відліку по ньому

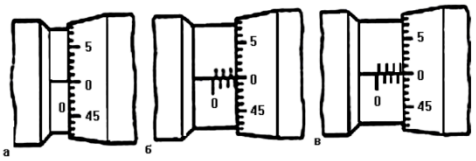


Рис. 75. Приклади відліку по шкалах мікрометричного інструменту
а – відлік 0 мм; б – відлік 3,0 мм; в – відлік 3,5 мм

Нижній ряд позначок цифрований і служить для відліку цілих міліметрів, верхній (нецифрований) – для відліку половин міліметрів.

Друга замкнена кругова шкала 2 нанесена на конусній поверхні барабана 10, одержана внаслідок поділу кола кромки барабана на 50 рівних частин.

Принцип дії відлікового пристрою мікрометричного інструменту заснований на використанні правила гвинтової пари, відповідно до якого шлях l, що проходить мікрометричний гвинт в осьовому напрямку при нерухомій гайці, прямо пропорційний крокові P і числу його обертів n, тобто $l = P \cdot n$, мм.

Приклад відліку по шкалах мікрометричного інструменту наведено на рисунку 75.

Мікрометричний нутромір (рис. 77) застосовується для вимірювання внутрішніх розмірів.

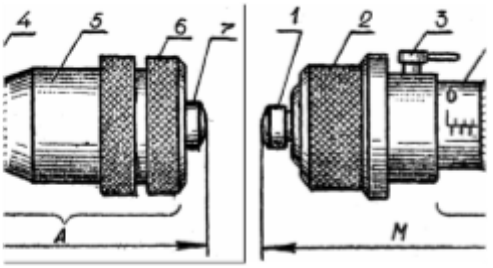


Рис. 77. Мікрометричний нутромір: 1 – нерухомий наконечник; 2 – захисний ковпачок; 3 – стопор; 4 – стебло; 5 – барабан; 6 – ковпачкова гайка; 7 – мікрометричний гвинт

Правильне положення нутроміра в отворі визначається найменшим розміром у площині його осі (у площині, паралельній до осі отвору) і найбільшим розміром у площині, перпендикулярній до осі нутроміра (у площині, перпендикулярній до осі отвору) (рис. 78).

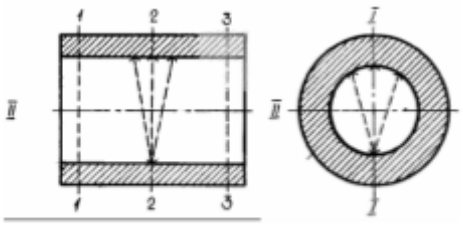


Рис. 78. Положення нутроміра в отворі

Мікрометричний глибиномір (рис. 79) застосовується для вимірювання глибинних розмірів.

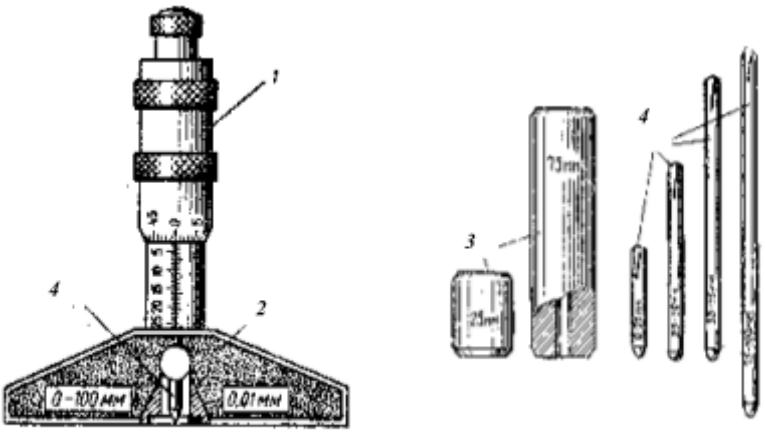


Рис. 79. Мікрометричний глибиномір: 1 – головка глибиноміра; 2 – основа; 3 – установочні міри; 4 – вимірювальні стрижні

4.Вимірювальні прилади з зубчастою передачею – це індикатори годинникового типу ГОСТ 577–68 (рис.80). Принцип дії індикаторів годинникового типу заснований на перетворенні поступального руху вимірювального стрижня в обертальний рух стрілки за допомогою зубчастого передавального механізму. На рис.80 наведено загальний вигляд і

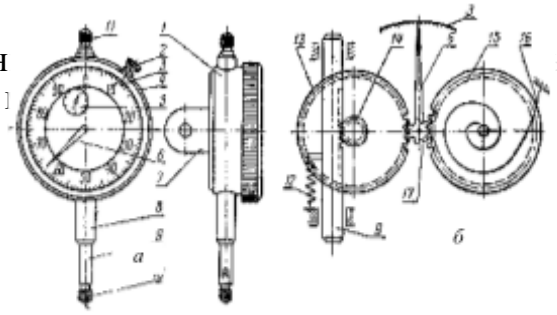
принного типу ИЧ з ціною поділок шкали 0,01

Рис. 80. Індикатор нормального типу: 1 – корпус; 2 – стопорний гвинт; 3 – основна шкала; 4 – обичайка; 5 – шкала лічильника обертів великої стрілки; 6 – основна (велика) стрілка; 7 – вушко; 8 – втулка; 9 – вимірювальний стрижень; 10 – наконечник; 11 – головка; 12 – зворотня пружина; 13, 14, 15 і 17 – зубчасті колеса; 16 – спіральна пружина

Важільно-механічні вимірювальні прилади на відміну від штанген- і мікрометричних вимірювальних інструментів призначені головним чином для відносних вимірювань. Для абсолютних вимірювань вони застосовуються лише при перевірці відхилень від правильної геометричної форми (відхилень від круглості чи відхилень від циліндричності) або правильного розташування поверхонь (радіального і торцевого биття), а також при вимірюванні невеликих розмірів, що не перевищують меж вимірювання за шкалами цих приладів.

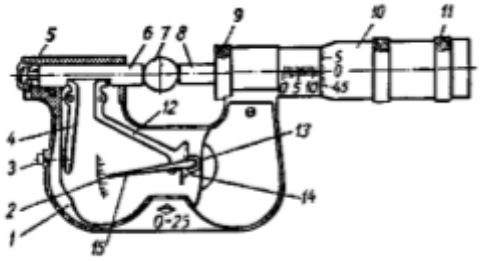


Рис. 81. Важільний мікрометр: 1 – скоба; 2 – шкала; 3 – кнопка; 4 – важіль; 5 – пружина; 6 – п'ятка; 7 – виріб; 8 – мікрометричний гвинт; 9 – стопорний пристрій; 10 – барабан; 11 – ковпачкова гайка; 12 – важіль; 13 – зубчасте колесо; 14 – спіральна пружина; 15 – стрілка

Важільний мікрометр (рис. 81) застосовується для вимірювання зовнішніх розмірів виробів з підвищеним ступенем точності (з допусками IT5 – IT6) абсолютним і відносним методами. Є поєднанням мікрометричної головки з важільно – зубчастим механізмом.

Індикаторні нутроміри (рис. 82) застосовуються для вимірювання отворів відносним методом.

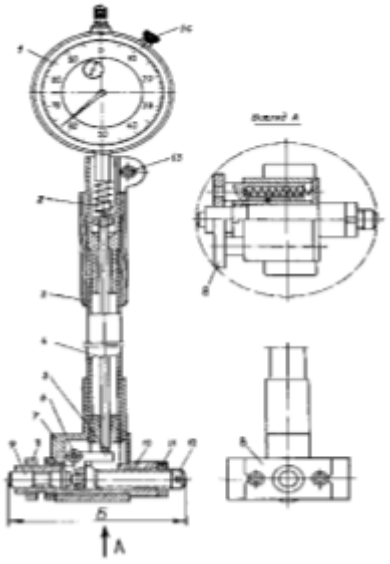


Рис. 82. Індикаторний нутромір: 1 – індикаторна головка; 2 – вимірювальний стрижень індикатора; 3 – трубка корпуса; 4 – проміжний вимірювальний стрижень; 5 – двоплечий Г-подібний важіль; 6 – вісь двоплечого важеля; 7 – корпус; 8 – центрувальний міcток; 9 – рухомий вимірю-вальний стрижень; 10 – трійник; 11 – контргайка; 12 – переставний вимірювальний стрижень; 13 – затискний гвинт індикатора; 14 – стопорний гвинт обичайки

При встановленні оження за гладким мікрометром, мікрометр . 83, а). Перевірити і при необхідності встано

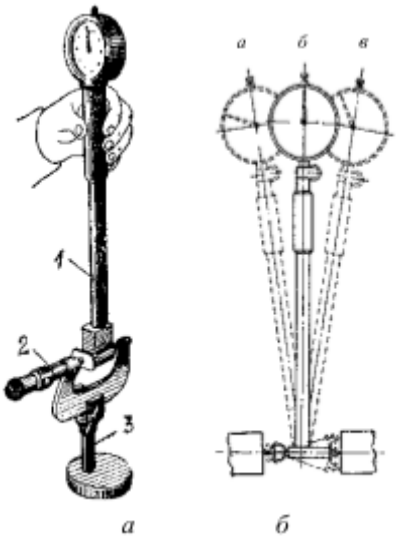


Рис. 83. а – встановлення нутроміра в нульове положення за гладким мікрометром; б – похитування нутроміра при його встановленні в нульове положення. 1 – нутромір; 2 – мікрометр; 3 – стояк.

Після цього повертанням барабана мікрометра за тріскачку, встановити на шкалах мікрометра номінальний (або найменший граничний) розмір вимірюваного отвору і затиснути стопор мікрометричного гвинта мікрометра. Ввести вимірювальні стрижні нутро-міра між вимірювальні поверхні п’ятки і гвинта мікрометра (рис. 83, а).

Нерухомий (переставний) вимірювальний стрижень нутроміра потрібно легенько притиснути до п’ятки, рухомий – привести в дотикання з вимірювальною поверхнею гвинта мікрометра, загвинчуючи чи відгвинчуючи змінний стрижень нутроміра (рис. 85). Стрілка індикатора при цьому повинна здійснити півтора оберта, щоб при вимірюванні вона працювала в межах другого оберту.

У нутромірів з змінними вставками без різьби слід підібрати з набору вставок вставку відповідно до вимірюваного розміру (рис. 84).

Вимірювальні наконечники нутроміра повинні бути розташовані перпендикулярно до вимірювальних поверхонь мікрометра, що досягається похитуванням нутроміра у площині розташування вимірювальних стрижнів у двох напрямах.

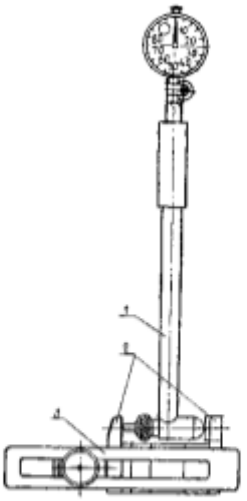


Рис. 84. Встановлення нутроміра за блоком кінцевих мір:
1 – нутромір; 2 — боковички; 3 – струбцина

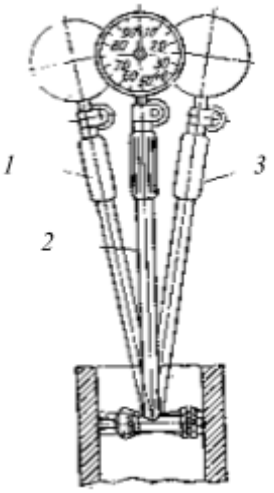
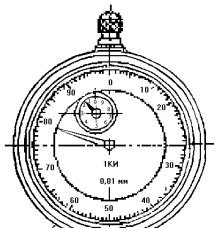


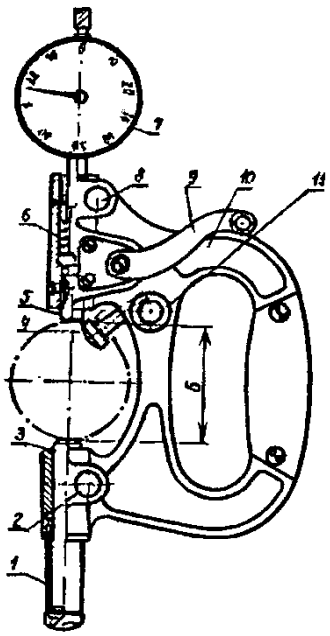
Рис. 85. Вимірювання індикаторним нутроміром



Індикаторний глибиномір (рис. 86) призначений для вимірювання глибини пазів, отворів, висот, виступів

тощо відносним методом. Абсолютним методом ним можна вимірювати деталі, розміри яких не виходять за межі вимірювання по шкалі вимірювальної головки. Найчастіше глибиноміри оснащуються індикаторними головками типу ИЧ.

Рис. 86. Індикаторний глибиномір: 1 – індикаторна головка; 2 – основа; 3 – вимірювальний стрижень; 4 – стопорний гвинт



Індикаторна скоба (рис. 87) відноситься до вимірювальних засобів з відліковим пристроєм, обладнана вимірювальною головкою (індикатором годинникового типу). Вона призначена для вимірювання зовнішніх розмірів відносним методом (методом порівняння вимірюваного розміру з розміром установочної міри). Абсолютним методом можна вимірювати деталі, розміри яких не виходять за межі вимірювання вимірювальної головки.

Рис. 87. Індикаторна скоба:
1 – захисний ковпачок; 2 – стопорний гвинт; 3 – переставна п'ятка; 4 – упорна п'ятка; 5 – рухома п'ятка; 6 – пружина; 7 – індикатор; 8 – стопорний гвинт; 9 – відвідний важіль (аретир); 10 – корпус; 11 – стопор упорної п'ятки

5. Оптико-механічні вимірювальні прилади

Вимірювальні прилади цієї групи засновані на поєднанні оптичних схем і механічних пружинних чи важільних передач. Найбільш поширеними приладами цієї групи є пружинно-оптичні (оптикатори) і важільно-оптичні (оптиметри) вимірювальні головки.

Пневматичні прилади.

До окремої групи приладів для вимірювання розмірів деталей високої точності відносним методом відносяться пневматичні прилади. Ними вимірюють і сортують за розмірними групами деталі шатунно-поршневої групи, плунжерних пар, гідравлічних систем тощо. З допомогою цих приладів можна вимірювати безконтактним методом деталі, що легко деформуються, провадити вимірювання у важкодоступних місцях, наприклад, вимірювати розміри отворів малого діаметру.

Пневматичні вимірювальні прилади поділяються на два типи: прилади, в яких вимірюється тиск повітря (манометричні), і прилади, які вимірюють швидкість витікання повітря або його витрату (витратомірні або поплавкові). В обох випадках шкали приладів градуюються в лінійних величинах, внаслідок чого вони придатні тільки для лінійних вимірювань.

Автоматичні засоби вимірювання.

Автоматизація виробництва сучасних машин вимагає значного підвищення продуктивності, точності, надійності і достовірності вимірювань. Важливо, щоб вимірювання попереджувало появу браку. З цією метою все ширше застосовують автоматичні засоби контролювання.

Автоматизація засобів вимірювання і контролювання займає одне з важливих місць в комплексній автоматизації виробничих процесів.

Для автоматизації контролю лінійних розмірів деталей у світлосигнальних багатомірних пристроях, в контрольних автоматах і приладах активного контролювання найбільшого поширення набули електроконтактні датчики. Вони є дискретними. При досягненні певного значення контрольованої величини вони розмикають або замикають контакти електричних кіл, які управляють виконавчими органами системи.

Існує два види датчиків: граничні – для контролювання граничних розмірів деталей і амплітудні – для контролювання величини амплітуди відхилень форми, биття і інших параметрів.

Залежно від числа пар контактів електроконтактні датчики бувають одно-, дво- і багатограничні. За конструкцією їх ділять на важільні і безважільні.

6. Вибір і призначення засобів вимірювання.

Після виготовлення деталей їх розміри піддаються вимірюванню з метою встановлення їх дійсних значень. Для вимірювання розмірів деталей промисловістю випускається велика різноманітність вимірювальних засобів, які мають різні галузі застосування і різну точність вимірювання, яка визначається граничною похибкою Δlim вимірювального засобу. Тому важливо в кожному конкретному випадку вибрати відповідний вимірювальний засіб для вимірювання конкретного розміру деталі. Неправильно вибраний вимірювальний засіб може стати причиною похибок вимірювання.

Вибір вимірювальних засобів залежить від того, яка форма контролювання є традиційною на даному підприємстві з урахуванням наявності вимірювальних засобів, тобто від прийнятих організаційно-технічних форм контролювання, масштабів виробництва, конструктивних особливостей контрольованих деталей, точності їх виготовлення, економічних та інших факторів.

Точність вимірювального засобу визначається граничною (найбільшою) похибкою вимірювання Δlim, а точність виготовлення деталі визначається величинами допусків її розмірів Ti.

Тому при добиранні вимірювальних засобів керуються двома основними принципами :

точність вимірювального засобу повинна бути достатньо високою у порівнянні з точністю вимірюваного розміру виробу;

трудомісткість і вартість вимірювання даним вимірювальним засобом повинні бути якомога нижчими.

Добирання вимірювальних засобів без урахування факторів точності призводить до небажаних наслідків .

При недостатній точності вимірювання, коли користуються недостатньо точним вимірювальним засобом, деталі, прийняті за результатами вимірювання як придатні, можуть виявитися непридатними. А може трапитись і так, що вироби, визнані непридатними за результатами вимірювання, насправді виявляються придатними, такими, що їх розміри знаходяться в межах поля допуску.

Таким чином, недостатня точність вимірювання призводить до того, що частину придатної продукції бракують (помилка першого роду) і разом з тим частину браку приймають як придатну продукцію (помилка другого роду).

Якщо непридатні деталі, які внаслідок недостатньої точності вимірювання визнані придатними, надійдуть на складання, можуть створювати інші за величиною зазори чи натяги у з'єднаннях, ніж це передбачено конструкцією виробу, тобто спотворювати характер з'єднання.

Якщо при вимірюванні застосувати надмірно точні, а отже, і дорожчі та складніші в налагоджуванні і обслуговуванні вимірювальні засоби, то це призводить до зайвої точності вимірювання, яка пов'язана з надмірним підвищенням трудомісткості і вартості вимірювання, а це в свою чергу призводить до підвищення вартості продукції і обмежень обсягу її виготовлення.

Існує декілька способів добирання вимірювальних засобів, однак на практиці найчастіше вимірювальні засоби для вимірювання конкретних розмірів деталей добирають за допустимими похибками вимірювання цих розмірів. Це випливає з стандартного визначення **дійсного розміру,** як розміру, одержаного внаслідок вимірювання з допустимою похибкою.

Для встановлення єдиних вимог при добиранні вимірювальних засобів в ГОСТ 8.051–81 встановлені допустимі похибки $\boldsymbol{\delta}$ при вимірюванні лінійних розмірів від 1 до 500 мм залежно від номінального значення вимірюваного розміру і квалітету його допуску-*IT*, значення яких наведено в табл. 3.6.

Ці похибки є найбільшими, які можна допустити при вимірюванні.

Оптимальною вважається така точність вимірювання, при якій задовольняється умова:

$$\Delta lim \leq \delta ,$$

де Δlim – гранична похибка вимірювання вибраного вимірювального засобу, мм;

δ – допустима похибка вимірювання заданого розміру, мм.

Якщо $\Delta lim > \delta$, то буде мати місце недостатня точність вимірювання, яка може призвести до того, що частину придатної продукції помилково буде забраковано і разом з тим частина браку помилково буде визнана придатною продукцією.

Якщо Δlim значно менше за δ , то буде мати місце зайва точність вимірювання, яка пов'язана з підвищенням трудомісткості і вартості вимірювань.

Якщо умову задовольняють декілька вимірювальних засобів, то для вимірювання вибирають той, трудомісткість і вартість вимірювання яким буде найменшою.

□ Питання для самоконтролю

1. Які класи точності й розряди передбачені для плоскопара-лельних мір довжини?
2. Як правильно скласти блок мір?
3. Для чого призначені ноніусні шкали штангенінструментів?
4. Як перевірити нульовий відлік штанген- і мікрометричних інструментів?
5. Як вибрати вимірювальний засіб для вимірювання лінійного розміру за допустимими похибками його вимірювання?