

## Засоби вимірювання

**Вимірювання** – це порівняння вимірюваної величини з відомою, прийнятою за одиницю з використанням технічних пристроїв.

Вимірювання – невід’ємна частина процесу пізнання. “Наука починається с тех пор, как начинают измерять: точная наука немыслима без меры “ – ці слова Д.І. Менделєєва особливо актуальні зараз, коли без вимірювань неможлива сучасна господарсько-економічна і суспільницька діяльність людини.

Результатом вимірювання є **розмір** – чисельна величина, що виражена у відповідних одиницях.

**Розмір** є кількісною характеристикою вимірюваної величини, а якісною характеристикою її є **розмірність**.

Отримання інформації про розмір – це і є вимірювання.

**Контроль** – окремий випадок вимірювання, при якому встановлюють відповідність значень вимірюваної фізичної величини допустимим граничним значенням.

Технічні вимірювання є органічною частиною всього технологічного процесу. В машинобудуванні вони становлять 15% від загальної трудомісткості виготовлення виробів, в електроніці доля контрольних операцій сягає до 50%.

Стан вимірювальної техніки має значний вплив на економіку виробництва машин та їх якість. Керування якістю передбачає наявність і правильне використання всіх необхідних засобів вимірювання і контролю.

**Одиниці вимірювання.** Вимірювання в машинобудуванні і ремонті охоплює головним чином геометричні параметри – лінійні, діаметральні та кутові розміри, форму та шорсткість поверхонь

В Україні з 1963 р. введена для переважного застосування Міжнародна система одиниць вимірювання (ГОСТ 9807–61) – Система СІ (SI).

У системі СІ за одиницю довжини прийнято метр – довжина, що дорівнює  $1650763,3$  довжини хвилі у вакуумі вимірювання, що відповідає помаранчовій лінії спектра Криптон-86.

За кутову одиницю прийнятий градус, що дорівнює  $1/360$  частині кола.

### 1. Класифікація методів вимірювання

Спеціалізація і кооперування виробництва засновані на принципі взаємозамінності, вимагають забезпечення єдності і необхідної точності вимірів. Єдність вимірів – такий стан вимірів, при якому їхні результати виражені в узаконених одиницях і мають нормовану точність.

**Методи вимірювання** – це сукупність прийомів, використання принципів і засобів вимірювання.

**Абсолютний** – це метод вимірювання, при якому по шкалі відразу зчитують абсолютне значення вимірюваної величини, наприклад, вимірювання штангенциркулем, мікрометром.

**Відносний** – метод, при якому визначають тільки відхилення значення вимірюваної величини від установочної міри чи зразка, а потім обчислюють абсолютне значення вимірюваної величини. Наприклад, вимірювання розміру деталі індикатором зі стійкою після його настроювання по кінцевих мірах довжини.

За визначенням шуканої величини вимірюваного об’єкту розрізняють прямий і непрямий методи.

**Прямий** – це метод, при якому значення вимірюваної величини встановлюють безпосередньо за показанням приладу, наприклад, вимірювання діаметру деталі.

**Непрямий метод** – визначення значення шуканої величини за результатами вимірювання інших величин. Наприклад, довжину окружності простіше визначити, вимірявши діаметр і через нього обчислити довжину окружності.

За наявністю контакту з вимірюваною деталлю розрізняють контактний і безконтактний методи.

**Контактний метод вимірювання** характеризується наявністю безпосереднього дотику вимірювальних поверхонь приладу або інструменту до вимірюваної поверхні деталі.

При **безконтактному методі вимірювання** відсутній контакт вимірювальних поверхонь приладу або інструменту та вимірюваної поверхні деталі.

За кількістю елементів, що перевіряються, розрізняють диференційований та комплексний методи.

**Диференційований (поелементний) метод вимірювання** характеризується незалежним вимірюванням кожного параметру окремо (наприклад, вимірювання зовнішнього, внутрішнього та середнього діаметру, кроку, правої і лівої половини кута профілю різи за допомогою інструментального мікроскопу, тощо).

**Комплексний метод вимірювання** дозволяє оцінювати придатність усіх параметрів виробу (наприклад, контроль граничними калібрами, різьбових поверхонь тощо)

## **2. Класифікація засобів вимірювань**

**Засіб вимірювань** являє собою технічний засіб, призначений для знаходження досвідченим шляхом з оціненої точністю значення заздалегідь обраної вимірюваної фізичної величини.

Засіб вимірювань має нормовані метрологічні характеристики, що відтворює і (або) зберігає одиницю фізичної величини, розмір якої приймається незмінним в межах встановленої похибки і протягом відомого інтервалу часу.

Залежно від ступеня стандартизації виділяють:

1) *стандартизовані засоби вимірювань*, виготовлені відповідно до вимог національного стандарту;

2) *нестандартизованого засоби вимірювань* - унікальні засоби вимірювань, призначені для спеціальної вимірювальної завдання, в стандартизації вимог до якого немає необхідності. Нестандартизованого засоби вимірів не піддаються державних випробувань (півірки), а підлягають метрологічним атестацій.

За ступенем автоматизації кошти вимірів ділять:

1) на **автоматичні засоби вимірювань**, що виробляють в автоматичному режимі всі операції, пов'язані з обробкою результатів вимірювань, їх реєстрацією, передачею даних або виробленням керуючого сигналу;

2) **автоматизовані засоби вимірювань**, що виробляють в автоматичному режимі одну або частину вимірювальних операцій;

3) **неавтоматичні засоби вимірювальної техніки**, які мають пристроїв для автоматичного виконання вимірювань і обробки їх результатів (рулетка, теодоліт і т.д.).

За конструктивним виконанням засоби вимірювання поділяються на: заходи; вимірювальні перетворювачі; вимірювальні прилади; вимірювальні установки; ізмерітельно- інформаційні системи (рис. 1).



Рис. 1. Классификация засобів вимірювань

**Міра** - засіб вимірювань, призначений для відтворення і (або) зберігання фізичної величини заданого розміру. Міра виступає в якості носія одиниці фізичної величини і служить основою для вимірювань. До заходів відносяться гирі, кінцеві міри довжини, нормальні елементи (заходи ЕРС); кварцовий резонатор (міра частоти електричних коливань). Заходи, які відтворюють фізичну величину одного розміру, називають однозначними. Заходи, які відтворюють фізичну величину різних розмірів, називають багатозначними. Прикладом багатозначної міри є міліметрова лінійка, яка відтворює не тільки міліметри, але і сантиметрові розміри довжини.

Заходи можуть становити набори або магазини заходів. Набір заходів являє собою комплект однорідних заходів різного розміру, призначених для застосування в різних поєднаннях. Наприклад, набір важків.

Магазин заходів - це набір заходів, в якому заходи конструктивно об'єднані в єдиний пристрій. З'єднання заходів може здійснюватися автоматично або вручну. Прикладом магазину заходів може слугувати магазин електричних опорів.

**Вимірювальний перетворювач** призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки і (або) зберігання, але не піддається безпосередньому спостереженню людиною (оператором).

Вимірюється (перетворюються) величина, яка надходить на вимірювальний перетворювач, називається вхідною величиною, перетворена величина - вихідний. Співвідношення між вхідний і вихідний величинами, яке може бути представлено формулою, таблицею, графіком, називається **функцією преобра:**  $Y = f(X)$  і є для вимірювального перетворювача основний метрологічної характеристикою.

Найпоширенішим засобом вимірювань є **первинний вимірювальний перетворювач**. Наприклад, первинний перетворювач неелектричної величини в електричну. Первинні вимірювальні перетворювачі не змінюють роду фізичної величини, а служать лише для зміни розміру вимірюваної величини (наприклад, подільники або підсилювачі напруги). Часто вимірювальні перетворювачі вбудовуються в вимірювальний прилад.

Частина первинного перетворювача, яка сприймає вимірювальний сигнал на його вході, називається чутливим елементом, або сенсором.

Первинний вимірювальний перетворювач, конструктивно оформлений як відокремлений засіб вимірювань (без відлікового пристрою) з нормованою функцією перетворення, називається **датчиком**. Наприклад, датчик тиску, датчик температури, датчик швидкості і т.д.

**Вторинними (проміжними) вимірювальними перетворювачами** називаються перетворювачі, розташовані в вимірювальній ланцюга після первинного перетворювача і зазвичай по вимірюваній (перетворюваній) величині однорідні з ним.

За характером перетворення вимірювальні перетворювачі поділяються на аналогові, аналого-цифрові, цифрово-аналогові, цифрові. Цифрові перетворювачі служать для зміни формату цифрового сигналу.

**Вимірювальний прилад** - засіб вимірювань, призначений для вироблення сигналу вимірювальної інформації у формі, доступній для безпосереднього сприйняття людиною (оператором).

Конструктивно вимірювальні прилади являють собою сукупність первинних і проміжних перетворювачів.

Особливе місце займають прилади **прямої дії**. Вони перетворюють вимірювану величину, як правило, без зміни її роду і відображають її на показує пристрої, який в одиницях цієї величини. Наприклад, амперметр, вольтметр і ін.

Більш точними є **прилади порівняння**, які призначені для порівняння вимірюваних величин з величинами, значення яких відомі. Порівняння здійснюється за допомогою компенсаційних ланцюгів приладу. Наприклад, вимірювання маси здійснюється через установку еталонних гир на рівноплечних вагах.

Вимірювальні прилади поділяються на аналогові і цифрові. Відповідно до рівняння вимірювань значення величини дорівнює добутку її числового значення на розмір одиниці вимірювання. Інформація про числовому значенні фізичної величини, яка називається вимірювальною інформацією, в процесі вимірювань передається за допомогою тих чи інших сигналів.

В аналогових приладах встановлюється прямий зв'язок між значенням вимірюваної величини і значенням сигналу фізичної величини. Наприклад, в ртутному термометрі висота стовпчика ртуті відповідає конкретному значенню температури. При цьому, очевидно, використовується не саме числове значення, а аналогова величина.

У цифрових вимірювальних приладах сигнали вимірювальної інформації піддаються дискретизації і передаються для відображення у вигляді окремих короткочасних імпульсів, які є носіями вимірювальної інформації.

За способом запису вимірюваної величини реєструють вимірювальні прилади діляться на самописні і друкують. У самописних приладах запис свідчень представляється в графічному вигляді (наприклад, осцилограф), в друкуючих - в числовій формі.

**Вимірювальна установка** - сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювань, призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для безпосереднього спостереження людиною і розташована в одному місці.

Вимірювальна установка може включати в себе заходи, вимірювальні прилади і перетворювачів, а також різні допоміжні пристрої.

**Вимірювально-інформаційна система** - сукупність засобів вимірювальної техніки, з'єднаних між собою каналами зв'язку і призначена для вироблення сигналів вимірювальної інформації у формі, зручній для автоматичної обробки, передачі і (або) використання в автоматичних системах управління.

За **метрологічним призначенням** кошти вимірів підрозділяються на два види: робочі засоби вимірювань і еталони.

**Робочі засоби вимірювань** (далі РСІ) призначені для вимірювань параметрів і характеристик об'єктів контролю і вимірювань. РСІ є найчисленнішими і широко застосовуваними. Так, до РСІ відносять електролічильник, застосовуваний для виміру електричної енергії; теодоліт - для вимірювання плоских кутів; нутромер - для вимірювання малих довжин (діаметрів отворів); термометр - для вимірювання температури; вимірювальна

система теплоелектростанції, що дозволяє отримати вимірювальну інформацію про ряд фізичних величин в різних енергоблоках.

**Еталони** призначені для відтворення і зберігання одиниці величини (кратних або часткових значень одиниці) з метою передачі її розміру іншим засобом вимірювання. За загальним призначенням кошти вимірів можуть використовуватися для проведення перевірочних заходів, калібрування або для здійснення технічних вимірювань.

### 3. Метрологічні характеристики СИ

Оцінка придатності засобів вимірювань для вирішення тих чи інших вимірювальних задач проводиться шляхом розгляду їх **метрологічних характеристик**.

**Метрологічна характеристика (МХ)** - характеристика однієї з властивостей засоби вимірювань, що впливає на результат вимірювань і його похибка. Метрологічні характеристики дозволяють судити про їх придатність для вимірювань у відомому діапазоні з відомою точністю. Метрологічні характеристики, що встановлюються нормативними документами на засоби вимірювань, називають **нормованими** метрологічними характеристиками, а визначаються експериментально - **дійсними**.

Для кожного типу СИ встановлюються свої метрологічні характеристики. Нижче розглядаються найбільш поширені на практиці метрологічні характеристики.

**Діапазон вимірювань СИ** - область значень величини, в межах якої нормовані його допустимі межі похибки. Для заходів це їх номінальне значення, для перетворювачів - діапазон перетворення. Розрізняють **нижню і верхню межі вимірювань**, які виражаються значеннями величини, що обмежують діапазон вимірювань знизу і зверху.

**Похибка СИ** - різниця між показанням засоби вимірювань -  $X_n$  і істинним (дійсним) значенням вимірюваної величини -  $X_D$ .

Існує поширена класифікація похибок засобів вимірювань. Нижче наводяться приклади їх найбільш часто використовуваних видів.

**Абсолютна похибка СИ** - похибка засобу вимірювань, виражена в одиницях вимірюваної величини:  $Dx = X_n - X_D$ . Абсолютна похибка зручна для практичного застосування, тому що дає значення похибки в одиницях вимірюваної величини. Але при її використанні важко порівнювати за точністю прилади з різними діапазонами вимірювань. Ця проблема знімається при використанні відносних похибок.

Якщо абсолютна похибка не змінюється у всьому діапазоні вимірювання, то вона називається адитивною, якщо вона змінюється пропорційно вимірюваній величині (збільшується з її збільшенням), то вона називається мультиплікативною.

**Відносна похибка СИ** - похибка засобу вимірювань, виражена відношенням абсолютної похибки СИ до результату вимірювань або до дійсного значення вимірюваної величини:  $\delta = \Delta X / X_D$ . Відносна похибка дає найкраще з усіх видів похибок уявлення про рівень точності вимірювань, який може бути досягнутий при використанні даного засобу вимірювань. Однак вона зазвичай істотно змінюється вздовж шкали приладу, наприклад, збільшується зі зменшенням значення вимірюваної величини. У зв'язку з цим часто використовують наведену похибка.

**Приведена похибка СИ** - відносна похибка, виражена відношенням абсолютної похибки засобу вимірювань до умовно прийнятого значення величини  $x_n$ , яке називають **нормуючим**:  $\gamma = \Delta X / x_n$ .

Відносні і наведені похибки зазвичай висловлюють або **у відсотках**, або **в відносних одиницях** (частках одиниці).

Для приладів, що показують нормуюче значення встановлюється в залежності від особливостей і характеру шкали. Наведені похибки дозволяють порівнювати за точності засобу вимірювань, що мають різні межі вимірювань, якщо абсолютні похибки кожного з них не залежать від значення вимірюваної величини.

За умовами проведення вимірювань похибки засобів вимірювань поділяються на **основні та додаткові**.

**Основна похибка СИ** - похибка засобу вимірювань, які у нормальних умовах, тобто в умовах, які визначено в НД не нього як нормальні. Нормальні значення впливають величин

вказуються в стандартах або технічних умовах на засоби вимірювань даного виду у формі номіналів з нормованими відхиленнями. Найбільш типовими нормальними умовами є:

температура  $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$ ;

відносна вологість  $(65 \pm 15)\%$ ;

атмосферний тиск  $(100 \pm 4)$  кПа або  $(750 \pm 30)$  мм рт. ст.;

напруга живлення електричної мережі  $220 \text{ В} \pm 2\%$  з частотою 50 Гц.

Іноді замість номінальних значень впливають величин вказується нормальна область їх значень. Наприклад, вологість  $(30-80)\%$ .

**Додаткова похибка СІ** - складова похибки СІ, що виникає додатково до основної похибки внаслідок відхилення будь-якої з впливають величин від нормального її значення. Розподіл похибок на основні та додаткові обумовлено тим, що властивості засобів вимірювань залежать від зовнішніх умов.

Похибки за своїм походженням поділяються на **систематичні і випадкові**.

**Систематична похибка СІ** - складова похибки засобу вимірювань, яка приймається за постійну чи закономірно змінюється. Систематичні похибки є в загальному випадку функціями вимірюваної величини і впливають величин (температури, вологості, тиску, напруги живлення і т.п.).

**Випадкова похибка СІ** - складова похибки засобу вимірювань, що змінюється випадковим чином. Випадкові похибки засобів вимірювань обумовлені випадковими змінами параметрів складових ці СІ елементів і випадковими похибками відліку показань приладів.

При конструюванні приладу його випадкову похибку намагаються зробити незначною порівняно з іншими похибками. У добре сконструйованого і виконаного приладу випадкова похибка незначна. Однак при збільшенні чутливості засобів вимірювань зазвичай спостерігається збільшення випадкової похибки. Тоді при повторних вимірах однієї і тієї ж величини в одних і тих же умовах результати будуть різними. У такому разі доводиться вдаватися багаторазовим вимірюванням і до статистичної обробки отриманих результатів. Як правило, випадкову похибку приладів знижується до такого рівня, що проводити багаторазові вимірювань немає необхідності.

**Стабільність СІ** - якісна характеристика засобу вимірювань, що відображає незмінність в часі його метрологічних характеристик.

**Градувальна характеристика СІ** - залежність між значеннями величин на вході і виході засобу вимірювань, отримана експериментально. Може бути виражена у вигляді формули, графіка або таблиці.

**Штрихові міри довжини** виготовляють у вигляді брусків чотирьох типів з різними формами поперечного перерізу. Однозначні заходи мають два штрихи на краях бруса. Шкали багатозначних мір можуть мати ділення шкали 1 дм, 1 см, 1 мм, 0,2 мм і 0,1 мм на всій довжині або на її окремих ділянках. Шкали наносять на нейтральній площині заходів або на верхній або бічній поверхні заходів (в залежності від типу заходи).

Брусків штрихові міри довжини застосовують для вимірювання лінійних розмірів і переміщень, як шкал приладів і верстатів, а також в якості зразкових засобів вимірювань при перевірці мір довжини, вимірювальних лінійок, шкал приладів, верстатів, машин і лінійних перетворювачів.

Загальну довжину і ціну поділки шкали штрихових заходів перевіряють шляхом порівняння з зразковими штриховими заходами на спеціальних оптичних приладах - компараторах, які мають відлікові мікроскопи з ціною поділки 0,001 мм.

Міра - це ЗВ, призначений для відтворення величини одного або декількох розмірів з необхідною точністю. Розрізняють однозначні, багатозначні міри і набір мір.

Однозначні міри відтворюють ФВ одного розміру.

Багатозначні міри відтворюють декілька однойменних величин різного розміру (масштабні лінійки).

Набір мір - це спеціально підібраний комплект мір, які застосовуються не тільки окремо, а й у різних поєднаннях, з метою відтворення ряду однойменних величин різного розміру.

За конструктивними ознаками міри діляться на штрихові і кінцеві.

Штрихові міри - пластини або диски, на площини яких нанесено штрихи.

Розмір у штрихових мірах визначається відстанню між серединами штрихів.

Штрихові міри довжини - це вимірювальні лінійки, складені метри, рулетки.

Вимірювальну лінійку виготовляють у вигляді сталеві стрічки; на її поверхні наносять одну або дві шкали з ціною поділки 0,5 або 1,0 мм.

Рулетка - це сталеві стрічка, намотана на вісь циліндричного футляра. На поверхні стрічки нанесено штрихову шкалу. Рулетки виготовляють довжиною 1; 2; 5; 10; 20; 30 і 50 м. Їх застосовують у різних галузях народного господарства, там, де не вимагається високої точності вимірювання.

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини випускають у вигляді циліндричних стержнів або прямокутних паралелепіпедів - плиток, довжина яких визначається найкоротшою відстанню між вимірювальними поверхнями.

Головна їх властивість - здатність притиратися, що забезпечується зчепленням молекул мастила, яким покривають міри. Сила зчеплення має найбільше значення при товщині масляної плівки до 0,02 мм.

Абсолютно обезжирені міри з товстим шаром мастила не притираються.

**Кінцева міра довжини (КМД, плоскопаралельні кінцеві міри довжини, плитки Йогансона)** — міра довжини від 0,5 до 1000 мм, виконана у формі прямокутного паралелепіпеда або круглого циліндра, з нормованим розміром між вимірювальними площинами.

Головним призначенням кінцевих мір довжини є збереження і передача розміру одиниці довжини. Кінцевими мірами перевіряють, калібрують або встановлюють на розмір засоби вимірювань (мікрометр, калібр, індикатор годинникового типу, індикатор важільного типу, синусна лінійка тощо), різні контрольні виробничі шаблони та пристрої. У разі коли немає необхідної довжини кінцевої міри з набору, можна скласти у блок до п'яти кінцевих мір для отримання необхідного розміру, шляхом «притирання» мір одна до одної так, що вони не розпадаються (злипаються).

За ДСТУ ISO 3650:2009<sup>[2]</sup> кінцеві міри довжини виконуються чотирьох класів:

- клас *K* (допуск від 0,05 до 0,15 мкм, залежно від розміру) — для використання у вимірювальних лабораторіях для контролю вимірювальних приладів, повинні мати свідоцтво про калібрування;
- клас *0* (допуск від 0,01 до 0,18 мкм, залежно від розміру) — базові еталонні міри для перевірки робочих кінцевих мір (нижчого класу точності); для калібрування засобів вимірювань високої точності;
- клас *1* (допуск від 0,15 до 0,20 мкм, залежно від розміру) — для перевірки контрольних шаблонів і калібрів, для калібрування довжиномірів та проведення вимірювань у вимірювальних лабораторіях;
- клас *2* (допуск 0,25 мкм, не залежно від розміру) — як встановлювальні та контрольні шаблони вимірювальних приладів нижчої точності, еталони, що заміняють калібри-скоби.

Найпоширенішим матеріалом для виготовлення еталонних мір є гартована підшипникова сталь. Дорожчим матеріалом є кераміка на основі циркону, що характеризується високими зносостійкістю, стійкістю до корозії, відсутністю намагнічування. Найбільшу твердість мають плитки виготовлені з карбиду вольфраму, що виконують захисну функцію (комплект 2 плитки товщиною 2 мм) з метою захисту сталевих плиток від зношування. Кінцеві міри виконуються у трьох базових комплектах:

- малий комплект (47 штук);
- середній комплект (76 штук);
- великий комплект (103 штуки).

Аналогічні стандарти діють в інших країнах: європейський стандарт EN ISO 3650:1998, швейцарський SN EN ISO 3650, німецький DIN EN ISO 3650, французький NF EN ISO 3650, польський PN-EN-ISO 3659:2000 тощо<sup>[3]</sup>.

За ДСТУ ГОСТ 9038-2009<sup>[4]</sup> згідно з призначенням КМД поділяються на еталонні та робочі міри довжини. Для еталонних мір вказується розряд, для робочих — клас точності.

Еталонні КМД призначені для повірки та калібрування вимірювального інструменту і робочих КМД. Допустимі відхилення розмірів та інші вимоги до еталонних КМД вказані у МИ 1604-8.

Робочі КМД призначені для задавання розмірів при слюсарних роботах. Допустимі відхилення розмірів робочих КМД класів точності 00, 01, 0, 1, 2 та 3 вказані в ДСТУ ГОСТ 9038-2009. КМД класів точності 4 та 5 не виготовляються, ці класи присвоюються зношеним і відновленим КМД на основі таблиць допустимих відхилень, вказаних в МИ 1604-87.

В інших країнах використовуються відмінні методики класифікації КМД, які регламентуються відповідними нормами чи державними стандартами: JIS B 7506-1997 (Японія)/DIN 861-1980 (Німеччина), ASME (США), BS 4311: Part 1: 1993 (Велика Британія), за якими допуск на товщину плиток має однакову величину для усіх товщин і кінцеві міри за величиною допуску класифікуються на:

- ААА — еталонні (англ. *reference*): малий допуск ( $\pm 0,05$  мкм), використовуються для встановлення стандартів;
- АА — калібрувальні (англ. *calibration*): допуск від +0.10 до -0.05 мкм; використовуються для калібрування повірочних засобів та високоточних мір;
- А — повірочні (англ. *inspection*): допуск від +0.15 до -0.05 мкм; використовуються як засіб для налаштування інших вимірювальних засобів;
- В — робочі (англ. *workshop*): великий допуск від +0.25 до -0.15 мкм; використовуються як засоби точних вимірювань.

Інші позначення але подібні параметри класів кінцевих мір передбачаються специфікаціями U.S. Federal Specification GGG-G-15C та ANSI/ASME B89.1.9M.

Окрім довжини також нормується плоскопаралельність робочих поверхонь КМД. Контроль площинності вимірювальних поверхонь кінцевих мір довжини проводиться з використанням явища інтерференції по плоскопаралельній скляній пластині, а контроль паралельності робочих поверхонь за допомогою оптикаторів, інтерферометрів, вимірювальних машин, довжиномірів тощо. Міри, що не відповідають заданій площинності можуть бути відновлені доведенням. Лінійні розміри контролюються за допомогою вимірювальних машин, а також методом Компарування від мір вищого класу (розряду). Мірам, що не відповідають своєму класу може присвоюватись нижчий клас аж до 5-го.

Кінцеві міри довжини виготовляються з хромистої [сталі](#) з високими якістю обробки вимірювальних поверхонь і здатністю до притирання (зусилля зчеплення становить від 3 до 8 кгс), але характеризуються відносно низькою зносостійкістю. Кінцеві міри довжини, виконані з високоміцного [твердого сплаву](#) за зносостійкістю у 2,5-3 рази перевершують міри, виготовлені з хромистої сталі. Візуально твердосплавні міри на відміну від сталевих мають темно сірий колір і за масою є помітно важчими. Зарубіжні виробники виготовляють кінцеві міри з [кераміки](#) (оксид алюмінію, двоокис цирконію, карбід вольфраму тощо), вони відрізняються високою зносостійкістю (у 6-10 разів перевершують сталеві), практично не схильні до [корозії](#), мають малу [теплопровідність](#) (це зменшує температурну похибку), істотно легші від сталевих та не намагнічуються. Вартість керамічних мір приблизно у 3-5 разів вища ніж сталевих. Різні матеріали мають неоднакові коефіцієнти лінійного температурного розширення, у сталевих мір він становить 11,5-13 мкм на градус на метр, у твердосплавних -4,5 мкм/°С•м на метр і у керамічних — 9,5 мкм/°С•м

Кінцеві міри випускають у вигляді наборів, упакованих у футляри, в яких кожній окремій мірі відведено своє місце, з відповідним вказанням номінального розміру. Градація (крок) розмірів кінцевих мір в наборах — від 0001, потім 0,01; 0,1; 0,5; 1 та 10 мм, що практично дозволяє скласти будь-який розмір з точністю до 1 мкм. При наборі кінцевих мір в блоки слід прагнути до мінімальної кількості плиток (мір).

Сталеві та твердосплавні кінцеві міри довжини поставляються наборами, серед яких поширеними є:

- № 1 з 83 шт., класи точності 0, 1, 2. Зустрічаються набір № 1 з 87 шт. — чотири додаткові міри є захисними боковими для формування блоків);
- № 2 з 38 шт., класи точності 0, 1, 2;
- № 3 з 112 шт., класи точності 0, 1, 2;



- № 4 з 10 шт., класи точності 0, 1, 2 тощо.

Розрахунок кількості плиток слід починати з підбору найменших за розміром. Притирання промитих бензином або вайт-спіритом плиток роблять у зворотному порядку: беруть спочатку плитку найбільшого розміру, потім наступну за довжиною і, нарешті, найменшу міру. На кінцях зібраного блоку притирають захисні бокові міри з врахуванням їх розміру у блоці.

Для формування блоків та надійного фіксування використовуються набори приладь. За ГОСТ 4119-76 випускаються декілька видів таких наборів<sup>[8]</sup>:

- набір стяжок (тип ПК-0), для блоків, що складаються з мір понад 100 мм з отворами у бокових гранях;
- повний (тип ПК-1), для вимірювань зовнішніх та внутрішніх розмірів до 320 мм;
- малий (тип ПК-2), для вимірювань зовнішніх і внутрішніх розмірів до 160 мм;
- розмічальний (тип ПК-3), для розмічальних робіт разом з повним або малим вимірювальним набором.

На міри у формі паралелепіпеда розміром понад 100 мм наносяться дві насічки розташовані від вимірювальних граней на відстані з коефіцієнтом 0,21 від номінального розміру і вказують на місця опори. Базування розраховане на мінімізацію можливого прогину при встановленні у горизонтальному положенні.

Притиранням при використанні КМД називають ефект прилипання двох плиток з плоскими відполірованими гранями. Притирання видаляє все повітря між гранями і плитки стискаються атмосферним тиском. Поверхневий натяг залишків промивної рідини і міжмолекулярної взаємодії матеріалу плиток збільшує силу стиснення.

Здатність плиток КМД до притирання є обов'язковою вимогою. Втрата цієї властивості означає недопустимий знос поверхонь.

Не слід плутати притирання КМД із співзвучним технологічним процесом притиранням поверхонь, як виду чистового абразивного оброблення.

**Калібр** — безшкальний засіб вимірювальної техніки, призначений для контролю, який відтворює геометричні параметри елементів виробу, що визначаються заданими граничними лінійними чи кутовими розмірами, і який контактує з елементом виробу поверхнями, лініями чи точками

На відміну від штангенінструментів, мікрометрів та інших універсальних засобів вимірювання, калібрами не можна вимірювати дійсні розміри деталей та визначати їх числові значення. Калібри служать тільки для перевірки граничних розмірів деталей і визначення придатності як розмірів деталей, так і самої деталі. За допомогою калібрів з'ясовують виходить чи не виходить розмір, що перевіряється, за нижню або верхню границю розміру, тобто чи знаходиться дійсний розмір у полі допуску.

### **Види калібрів**

За областю використання калібри поділяють на:

- робочі, які застосовують для контролю виробів під час їх виготовлення на робочому місці;
- приймальні, з якими працюють працівники ВТК (відділ технічного контролю) при прийомі виробів;
- контрольні, які використовуються для контролю робочих калібрів і регульованих калібрів-скоб;
- установчі, які використовують для установки на заданий розмір регульованих калібрів і вимірювальних засобів.

За видами контролюючих поверхонь розрізняють:

- калібри-пробки;
- калібри-скоби;
- калібри-кільця;
- калібри-втулки.

За видом контрольованого розміру калібри бувають *нормальні* й *граничні*.

### **Нормальні калібри**

*Нормальними* називають калібри, що відтворюють заданий лінійний чи кутовий розмір і форму контрольованих елементів деталей. Нормальний калібр-шаблон застосовується для перевірки складних профілів.

### **Граничні калібри**

**Граничний калібр** — калібр, який відтворює прохідну та/чи непрохідну межу геометричних параметрів елементів виробу<sup>[1]</sup>. Граничні калібри мають два робочі розміри: один відповідає найбільшому граничному розміру, другий — найменшому граничному розміру. Один із зазначених розмірів називається прохідним (ПР), інший — непрохідним (НЕ). Граничні калібри бувають однограничними і двограничними.

**Двограничний калібр** — калібр, робочі поверхні якого мають геометричні параметри, які відповідають прохідній та непрохідній межах. Двограничні калібри за розміщенням робочих поверхонь бувають односторонніми і двосторонніми.

**Однограничний калібр** — калібр, робочі поверхні якого мають геометричні параметри, які відповідають прохідній або непрохідній межі

Граничними калібрами контролюють гладкі циліндричні, конусні поверхні, нарізні і шліцьові з'єднання, висоти виступів і глибини западин. Види граничних калібрів: калібр-скоба, калібр-пробка, різьбовий калібр-пробка, різьбовий калібр-кільце і т. д.

Граничні калібри застосовують для контролю отворів (пробки) і валів (скоби).

Калібри-пробки для отворів, бувають наступних конструкцій:

- пробки із вставками із дроту для контролю отворів діаметром від 1 до 3 мм;
- двосторонні пробки, що мають вставки короткими хвостовиками для контролю отворів діаметром від 1 до 50 мм;
- для контролю отворів діаметром від 30 до 100 мм використовують односторонні пробки;
- для контролю отворів діаметром більшим за 50 мм використовують пробки із неповним профілем;
- контроль розмірів від 250 до 1000 мм здійснюють штихмасами.

Калібри-скоби виготовляють одно- і двосторонніми з листових заготовок або штампованими. Крім жорстких калібрів-скоб, промисловість випускає і регульовані скоби (важільні). Калібри-скоби для контролю валів мають наступні конструкції:

- скоба листовая однобічна від 1 до 180 мм;
- листовая двостороння від 1 до 50 мм;
- скоба штампована двостороння від 3 до 100 мм;
- скоба регульована (вище за 8-ий квалітет) від 0 до 340 мм.

Придатність деталі перевіряють послідовним сполученням прохідного і непрохідного калібрів з деталлю. Деталь вважають придатною, якщо прохідний калібр під дією власної ваги або зусилля проходить, а непрохідний не проходить по контрольованій поверхні деталі. У цьому випадку дійсний розмір деталі перебуває між заданими граничними розмірами. Якщо прохідний калібр не проходить, деталь можна поправити, а якщо непрохідний проходить, деталь є непоправним браком, тому що розмір такого вала менший за найменший граничний розмір, а розмір такого отвору більший від найбільшого допустимого граничного розміру

### **Вимоги до виготовлення калібрів**

Матеріали для виготовлення калібрів:

- інструментальна легована сталь ХВГ, ШХ6, ШХ15;
- інструментальна вуглецева сталь У8.

З метою підвищення (до 5 раз) зносостійкості калібри хромують або, у випадку скоб, оснащують вставками із твердих сплавів.

### **1. Класифікація гладких калібрів та їх конструкція.**

**Калібрами** називають безшкальні інструменти, призначені для контролю розмірів, форми і розташування поверхонь деталей. Калібри бувають граничні і нормальні.

На ранніх етапах розвитку принципів взаємозамінності, коли формувалась система допусків і посадок, контроль розмірів здійснювався за допомогою нормальних калібрів.

**Нормальними калібрами** називають точні шаблони, що призначені для контролю складних профілів, наприклад евольвентних. В даний час нормальні калібри використовуються в промисловому виробництві в основному у вигляді шаблонів під час

обробки криволінійних контурів і фасонних поверхонь в інструментальному виробництві, технологічному оснащенні ливарних і штампувальних виробництв і ін. Про придатність деталей судять по рівномірності зазору між профілем, що перевіряється, та робочим профілем нормального калібру.

Суть контролю нормальними калібрами полягає в тому, що для контролю валів виготовляється один калібр-кільце, до якого слід підігнати (припасувати) оброблюваний вал так, щоб калібр-кільце проходив вал плавно. Аналогічно для контролю отворів виготовляється один калібр-пробка, до якого повинен бути підігнаний оброблюваний отвір так, щоб калібр-пробка проходив через отвір плавно. Таким чином дійсні розміри калібр-пробки і калібр-кільця повинні забезпечувати необхідний характер з'єднання - посадку, передбачену робочими кресленнями до виробу, деталі котрого потребують контролю.

Істотними недоліками нормальних калібрів є низька продуктивність, потреба у високій кваліфікації працівників, відсутність об'єктивності контролю.

**Граничні калібри** дозволяють проконтролювати відповідність отриманих під час перевірки розмірів встановленим межам допуску.

Зазвичай для утворення стандартних посадок такий контроль гарантує якісне з'єднання деталей.

Граничні калібри використовують для перевірки розмірів гладких циліндричних, конусних, різевих і шліцьових поверхонь деталей, висоти виступів і глибини западин, якщо на розміри, що перевіряються, встановлені допуски не точніше **IT6**.

До переваг граничних калібрів відносяться довговічність, а також простота і достатньо висока продуктивність контролю. Не дивлячись на ряд недоліків (складність виготовлення калібрів та ін.) граничні калібри широко застосовують у масовому, крупносерійному та індивідуальному виробництвах.

Досить поширеного застосування граничні калібри набули для контролю циліндричних валів та отворів: вали перевіряють калібр-скобами (Рис. 1а), отвори – калібр-пробками (Рис. 1б).

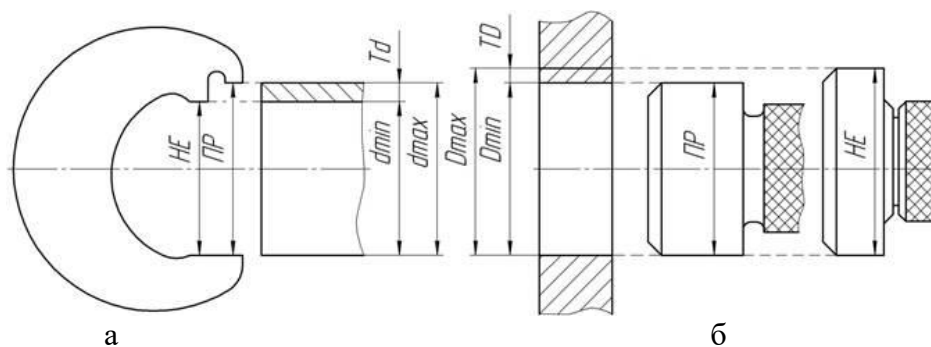


Рис. 1. Контроль розмірів циліндричних поверхонь гладкими граничними калібрами

## 2. Жорсткі калібри, та калібри, що регулюються.

До калібрів-пробок відносяться: пробки двосторонні з циліндричними вставками від 1 до 3 мм (Рис. 2а) і зі вставками з конічним хвостовиком від 1 до 50мм (Рис. 2б); пробки з циліндричними насадками від 3 до 100мм (Рис. 2в); пробки неповні від 50 до 150мм (Рис. 2г).

До калібрів-скоб відносяться скоби листові односторонні від 1 до 180мм (Рис. 3а) і двосторонні від 1 до 50мм; скоби штамповані односторонні від 3 до 50мм (Рис. 3б), двосторонні від 3 до 100мм (Рис. 3в) і односторонні з ручкою від 50 до 170мм (Рис. 3г).

Перевагу віддають одностороннім граничним калібрам. Вони скорочують час контролю виробів і витрату матеріалу. Застосовують також регульовані скоби (зі вставними і пересувними губками), які дозволяють компенсувати спрацювання і можуть бути налаштовані на різні розміри, що відносяться до певних інтервалів. Проте, в порівнянні з нерегульованими скобами, вони мають меншу точність і надійність і зазвичай застосовуються для контролю розмірів з допусками не точніше **IT8**.

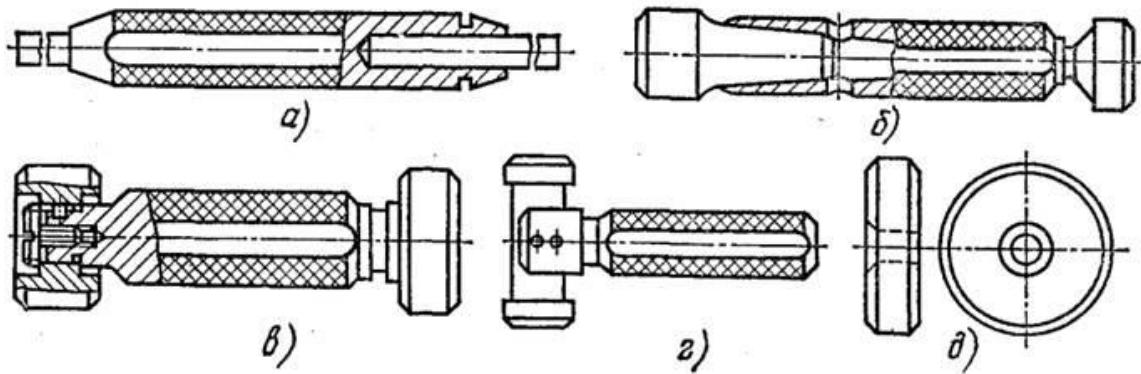


Рис. 2. Основні типи конструкцій гладких граничних калібр-пробок: а – дво-стороння з циліндричними вставками; б – двостороння зі вставками з конічним хвостовиком; в – двостороння з циліндричними насадками; г – одностороння неповна; д – контр-калібр для контролю калібр-скоб

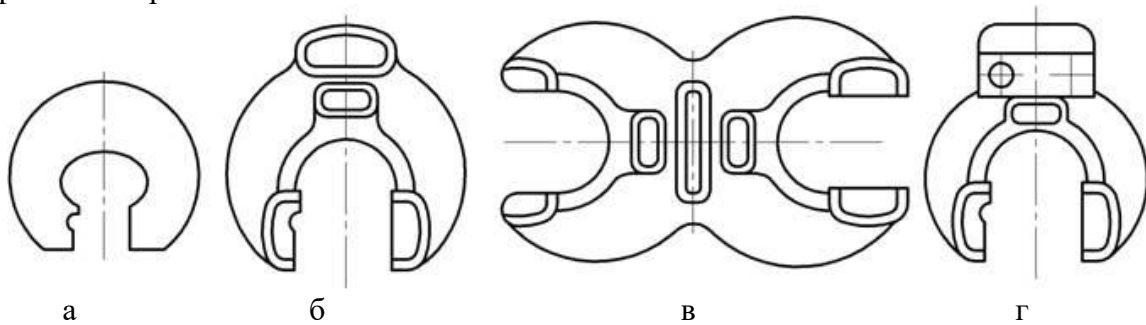


Рис. 3. Основні типи конструкцій гладких граничних калібр-скоб: а – листова одностороння жорстка; б - штампована одностороння жорстка; в - штампована двостороння жорстка; г - штампована одностороння жорстка з ручкою

За призначенням граничні калібри поділяють на робочі, приймальні і контрольні. Робочі калібри (прохідний *ПР* і непрохідний *НЕ*) призначені для контролю деталей в процесі їх виготовлення. Їх використовують робітники і контролери ВТК заводу-виготівника. У останньому випадку застосовують частково спрацьовані калібри *ПР* і нові калібри *НЕ*. Приймальні калібри (прохідний *П-ПР* і непрохідний *П-НЕ*) застосовують для прийомки деталей представниками замовника. Як правило, приймальними калібрами служать спрацьовані прохідні і нові непрохідні робочі калібри, щоб не бракувалися деталі, правильно виготовлені і прийняті по робочих калібрах. У ЄСДП СЄВ приймальні калібри не передбачені, але можуть вводитися галузевими стандартами.

Контрольні калібри *К-І* мають форму шайб (Рис. 2д) і призначені для контролю спрацювання прохідних робочих калібрів-скоб, а також для налаштування регульованих калібрів-скоб. Не зважаючи на малі допуски, контрольні калібри не завжди забезпечують достатню точність перевірки, і замість них краще використовувати кінцеві міри довжини або універсальні вимірювальні прилади.

Калібри виготовляють з інструментальних або вуглецевих сталей з подальшим цементуванням (У10А, У12А, 10, 15 і ін.). Твердість робочих поверхонь гладких калібрів знаходиться в межах HRC 56-64. Для підвищення зносостійкості і зниження витрат на виробництво застосовують тврдосплавні скоби і пробки (ГОСТ 16775-71; ГОСТ 16780-71), зносостійкість яких в 50-150 разів вище за зносостійкість сталевих калібрів, і в 25-40 разів вище за зносостійкість хромованих калібрів при збільшенні вартості лише в 3-5 разів.

Під час конструювання граничних калібрів для гладких, різбових і інших поверхонь деталей необхідно дотримуватись принципу подібності (принцип Тейлора), суть якого можна сформулювати наступним чином: 1) оскільки прохідний калібр контролює відхилення розміру і форми деталі, що перевіряється, то він повинен мати форму цієї деталі; 2) оскільки непрохідний калібр контролює тільки відхилення розміру, то він повинен мати точковий контакт з поверхнями деталі, що перевіряється.

Граничними калібрами одночасно контролюють всі зв'язані розміри і відхилення форми деталі, а також перевіряти, чи знаходяться відхилення розмірів і форми поверхонь деталей в

полі допуску. Таким чином, виріб вважається придатним, якщо похибка розміру, форми і розташування поверхонь знаходяться в полі допуску.

Під час маркування на калібр наносять номінальний розмір деталі, для якого призначений калібр, буквене позначення поля допуску розміру деталі, граничні відхилення розміру деталі в міліметрах (на робочих калібрах), тип калібру (ПР, НЕ, К-І: К-ПР, К-НЕ) і товарний знак заводу-виготовлювача (рис. 4).



Рис. 4. Загальний вигляд та маркування двосторонньої повної калібр-пробки

Таблиця 1.

### Шорсткість вимірювальних поверхонь калібрів

Вид калібру	Виріб, що підлягає контролю		Параметр шорсткості $R_a$ за ГОСТ 2789-73, мкм, для діаметрів	
	Квалітет	Клас точності	від 0,1 до 100 мм	понад 100 до 360 мм
Калібр-пробка	6	1	0,04	0,08
	7-9	2-3	0,08	0,16
	10-12	3а-5	0,16	
	13 і грубіше	6 і грубіше	0,32	0,32
Калібр-скоба	6-9	2-3	0,08	0,16
	10-12	3а-5	0,16	
	13 і грубіше	6 і грубіше	0,32	0,32
Контрольний калібр	6-9	2-3	0,04	0,08
	10 і грубіше	3а і грубіше	0,08	0,16

### 3. Калібри для контролю глибин і висот уступів. Інші види калібрів.

Для контролю розмірів пазів (шпонкових) використовуються калібри пазові за ГОСТ 24121-80 для розмірів понад 3 до 50 мм. Цей стандарт поширюється на поелементні калібри для контролю шпонкових пазів на валах і втулках за ГОСТ 23360-78, ГОСТ 24068-80 і ГОСТ 24071-80.

Розміри і граничні відхилення калібрів повинні відповідати значенням, зазначених на ескізі (рис. 5.), а технічні вимоги – за ГОСТ 2015-84

Умовні позначення калібрів повинні складатися з назви калібру, позначення, коду поля допуску та позначення стандарту.

Приклад умовного позначення калібру для контролю паза  $b=6N9$  за ГОСТ 23360-78: калібр 8154-0221 5 ГОСТ 24121-80. Допускається замість коду вказувати позначення поля допуску паза втулки. Маркувати: позначення і код поля допуску (наприклад, 8154-0221 5), номінальний розмір  $b$  з позначенням поля допуску паза, цифрові величини граничних відхилень, позначення призначення сторін (ПР, НЕ) і товарний знак.

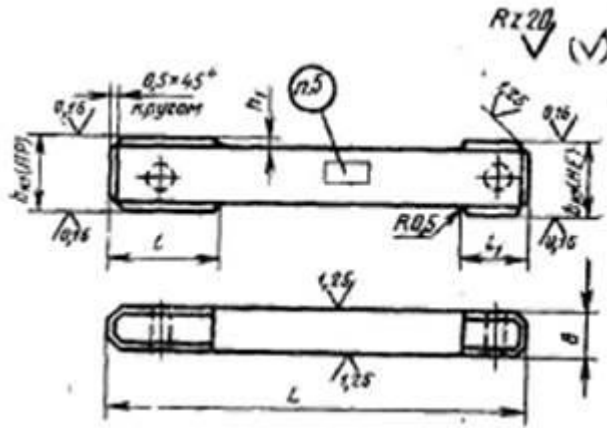


Рис. 5. Калібр для контролю розмірів пазів

Для контролю правильності розмірів виробів, зокрема глибин і висот уступів, на виробництві застосовують граничні калібри відповідно до ГОСТ 2534-77. Цей стандарт поширюється на граничні калібри для контролю глибин і висот уступів розмірами від 1 до 500 мм з допусками від 11 до 17 квалітетів за ГОСТ 25346-89. Стандарт відповідає ГОСТ 24853-81 в частині допусків і граничних відхилень гладких калібрів.

Калібри, що застосовуються для перевірки правильності розмірів виробів в процесі їх виготовлення, називаються робочими калібрами. Калібри, що застосовуються для перевірки правильності розмірів виробів представниками замовника, називаються прийомними калібрами.

#### 4. Розрахунок граничних та виконавчих розмірів гладких робочих калібрів.

**Розрахунок виконавчих розмірів калібрів.** Виконавчим називають розмір калібру, вказаний на кресленіку таким чином, щоб допуск на його виготовлення був направлений в тіло калібру. Це фактично граничний розмір калібру, за яким виготовляють новий калібр. Таким чином, в якості виконавчого розміру скоби приймають її найменший граничний розмір з додатнім відхиленням, для пробки і контрольного калібру - їх найбільший граничний розмір з від'ємним відхиленням.

Таблица 2.

**Розміри та допуски робочих та контрольних калібрів**

Калібр		Номінальний розмір виробу, мм							
		До 180				Понад 180 до 500			
		Робочий калібр		Контрольний калібр		Робочий калібр		Контрольний калібр	
		Розмір	Допуск	Розмір	Допуск	Розмір	Допуск	Розмір	Допуск
Для отвору	Прохідна сторона нова	$D_{min}^+$ $Z$	$\pm H/2$	-	-	$D_{min}^+$ $Z$	$\pm H/2$ або $\pm H_s/2$	-	-
	Прохідна сторона спрацьована	$D_{min}^-$ $Y$	-	-	-	$D_{min}^-$ $Y+a$	-	-	-
	Непрохідна сторона	$D_{max}$	$\pm H/2$ або $\pm H_s/2$	-	-	$D_{max}^-$ $a$	$\pm H/2$ або $\pm H_s/2$	-	-
Для валу	Прохідна сторона нова	$d_{max}^-$ $Z_1$	$\pm H_1/2$	$d_{max}^-$ $Z_1$	$\pm H_p/2$	$d_{max}^-$ $Z_1$	$\pm H_1/2$	$d_{max}^-$ $Z_1$	$\pm H_p/2$

Прохідна сторона спрацьована	$d_{max} + Y_1$	-	$d_{max} + Y_1$	$\pm H_p / 2$	$d_{max} + Y_1 - a_1$	-	$d_{max} + Y_1 - a_1$	$\pm H_p / 2$
Непрохідна сторона	$d_{min}$	$\pm H_1 / 2$	$d_{min}$	$\pm H_p / 2$	$d_{min} + a$	$\pm H_1 / 2$	$d_{min} + a$	$\pm H_p / 2$

Примітка. Заокруглення виконавчих розмірів робочих калібрів для виробів квалітетів 15-17 проводиться до цілого числа мікрометрів: для виробів квалітетів 6-14 і всіх контрольних калібрів - до числа, кратного 0,5 мкм, таким чином допуск на калібри зберігається. Розміри, що закінчуються на 0,25 і 0,75 мкм, заокруглюються до величин, кратних 0,5 мкм у бік скорочення виробничого допуску виробу.

Таблиця 3

**Формули для обчислення виконавчих розмірів робочих та контрольних калібрів**

Калібр		Номінальний розмір виробу, мм	
		До 180	Понад 180 до 500
<b>Квалітети IT6-IT8</b>			
Пробка	Робочий калібр	$D - I D = (D_{max} + Z) \pm H / 2;$ $D - I D_{max} = D_{max} + Z + H / 2;$ $D - I D_{min} = D_{max} + Z - H / 2;$ $D - I D_{d.f.} = (D_{max} + Z + H / 2)_{-L};$ $D - I A = D_{max} \pm H / 2;$ $D - I A_{max} = D_{max} + H / 2;$ $D - I A_{min} = D_{max} - H / 2;$ $D - I A_{d.f.} = (D_{max} + H / 2)_{-L};$ $I D - C = D_{max} - Y.$	$D - I D = (D_{max} + Z) \pm H / 2;$ $D - I D_{max} = D_{max} + Z + H / 2;$ $D - I D_{min} = D_{max} + Z - H / 2;$ $D - I D_{d.f.} = (D_{max} + Z + H / 2)_{-L};$ $D - I A = (D_{max} - \alpha) \pm H / 2;$ $D - I A_{max} = D_{max} - \alpha + H / 2;$ $D - I A_{min} = D_{max} - \alpha - H / 2;$ $D - I A_{d.f.} = (D_{max} - \alpha + H / 2)_{-L};$ $I D - C = D_{max} - Y + \alpha;$
		Скоба	Робочий і контрольний калібри
$K - I D_{d.f.} = (d_{max} - Z_1 + H_p / 2)_{-H_p};$ $K - I A_{d.f.} = (d_{max} + H_p / 2)_{-H_p};$ $K - C = d_{max} + Y_1 + H_p / 2.$	$K - I D_{d.f.} = (d_{max} - Z_1 + H_p / 2)_{-H_p};$ $K - I A_{d.f.} = (d_{max} + \alpha_1 + H_p / 2)_{-H_p};$ $K - C = d_{max} - \alpha_1 + H_p / 2.$		

		Квалітети IT9-IT17	
Пробка а	Робочий калібр	$D-I D = (D_{\text{ном}} + Z) \pm H / 2;$ $D-I D_{\text{макс}} = D_{\text{ном}} + Z + H / 2;$ $D-I D_{\text{мін}} = D_{\text{ном}} + Z - H / 2;$ $D-I D_{\text{д.в.}} = (D_{\text{ном}} + Z + H / 2)_{-L};$ $D-I A = D_{\text{ном}} \pm H / 2;$ $D-I A_{\text{макс}} = D_{\text{ном}} + H / 2;$ $D-I A_{\text{мін}} = D_{\text{ном}} - H / 2;$ $D-I A_{\text{д.в.}} = (D_{\text{ном}} + H / 2)_{-L};$ $I D - C = D_{\text{ном}} - Y.$	$D-I D = (D_{\text{ном}} + Z) \pm H / 2;$ $D-I D_{\text{макс}} = D_{\text{ном}} + Z + H / 2;$ $D-I D_{\text{мін}} = D_{\text{ном}} + Z - H / 2;$ $D-I D_{\text{д.в.}} = (D_{\text{ном}} + Z + H / 2)_{-L};$ $D-I A = (D_{\text{ном}} - \alpha) \pm H / 2;$ $D-I A_{\text{макс}} = D_{\text{ном}} - \alpha + H / 2;$ $D-I A_{\text{мін}} = D_{\text{ном}} - \alpha - H / 2;$ $D-I A_{\text{д.в.}} = (D_{\text{ном}} - \alpha + H / 2)_{-L};$ $I D - C = D_{\text{ном}} - Y + \alpha;$
Скоба	Робочий і контрольні калібри	$D-I D = (d_{\text{ном}} - Z_1) \pm H_1 / 2;$ $D-I D_{\text{макс}} = d_{\text{ном}} - Z_1 + H_1 / 2;$ $D-I D_{\text{мін}} = d_{\text{ном}} - Z_1 - H_1 / 2;$ $D-I D_{\text{д.в.}} = (d_{\text{ном}} - Z_1 - H_1 / 2)^{+H_1};$ $D-I A = d_{\text{ном}} \pm H_1 / 2;$ $D-I A_{\text{макс}} = d_{\text{ном}} + H_1 / 2;$ $D-I A_{\text{мін}} = d_{\text{ном}} - H_1 / 2;$ $D-I A_{\text{д.в.}} = (d_{\text{ном}} - H_1 / 2)^{+H_1};$ $I D - C = d_{\text{ном}} + Y_1.$	$D-I D = (d_{\text{ном}} - Z_1) \pm H_1 / 2;$ $D-I D_{\text{макс}} = d_{\text{ном}} - Z_1 + H_1 / 2;$ $D-I D_{\text{мін}} = d_{\text{ном}} - Z_1 - H_1 / 2;$ $D-I D_{\text{д.в.}} = (d_{\text{ном}} - Z_1 - H_1 / 2)^{+H_1};$ $D-I A = (d_{\text{ном}} + \alpha_1) \pm H_1 / 2;$ $D-I A_{\text{макс}} = d_{\text{ном}} + \alpha_1 + H_1 / 2;$ $D-I A_{\text{мін}} = d_{\text{ном}} + \alpha_1 - H_1 / 2;$ $D-I A_{\text{д.в.}} = (d_{\text{ном}} + \alpha_1 - H_1 / 2)^{+H_1};$ $I D - C = d_{\text{ном}} + Y_1 - \alpha_1.$
		$K-I D_{\text{д.в.}} = (d_{\text{ном}} - Z_1 + H_p / 2)_{-H_p};$ $K-I A_{\text{д.в.}} = (d_{\text{ном}} + H_p / 2)_{-H_p};$ $K - C = d_{\text{ном}} + Y_1 + H_p / 2.$	$K-I D_{\text{д.в.}} = (d_{\text{ном}} - Z_1 + H_p / 2)_{-H_p};$ $K-I A_{\text{д.в.}} = (d_{\text{ном}} + \alpha_1 + H_p / 2)_{-H_p};$ $K - C = d_{\text{ном}} - \alpha_1 + H_p / 2.$

**Допуски калібрів.** Поля допусків калібрів розташовуються щодо їх номінальних розмірів, як показано на Рис. 6 а-г (I - непрохідна сторона; II - прохідна сторона; III - межа спрацювання) і регламентуються ГОСТ 24853-81.

При цьому номінальними розмірами калібрів є граничні розміри поверхонь, що перевіряються. На гладкі калібри для контролю отворів і валів з розмірами до 500мм система допусків встановлена в СТ СЄВ 157-75. Для виготовлення калібрів передбачені наступні допуски: **H** - на робочі калібр-пробки, **Hs** - на ті ж самі калібри з сферичними вимірювальними поверхнями; **H<sub>1</sub>** - на калібр-скоби; **H<sub>p</sub>** - на контрольні калібри, призначені для контролю скоб (див. Рис. 6а-г). Для квалітетів 6-10 (включно) допуски **H<sub>1</sub>** для скоб приблизно на 50% більше допусків **H** для пробок, що пояснюється складністю виготовлення скоб. Для квалітету 11 та вище допуски **H** і **H<sub>1</sub>** рівні. Допуски **H<sub>p</sub>** для всіх типів контрольних калібрів однакові.

Встановлені допуски на відхилення форми і шорсткість вимірювальних поверхонь калібрів. Допуски на точність розмірів і форми калібрів збільшуються із збільшенням номеру квалітету виробу, що підлягає контролю. Під допуском форми калібру розуміють допуск на різномірність калібру в будь-якому перерізі і на будь-якій його довжині. Для прохідних калібрів, які в процесі контролю зношуються, передбачений також допуск на спрацювання. Для розмірів від 1 до 500 мм спрацювання калібрів **ПР** з допуском до **IT8** включно може виходити за межу поля допуску деталі на величину **Y** для пробок і **YI** для скоб (див. Рис. 6а,б); для калібрів **ПР** квалітетів 9-17 спрацювання обмежується прохідною межею,



тобто  $Y = 0$  і  $Y_1 = 0$ . Поле допуску на спрацювання відображає середнє можливе спрацювання калібру.

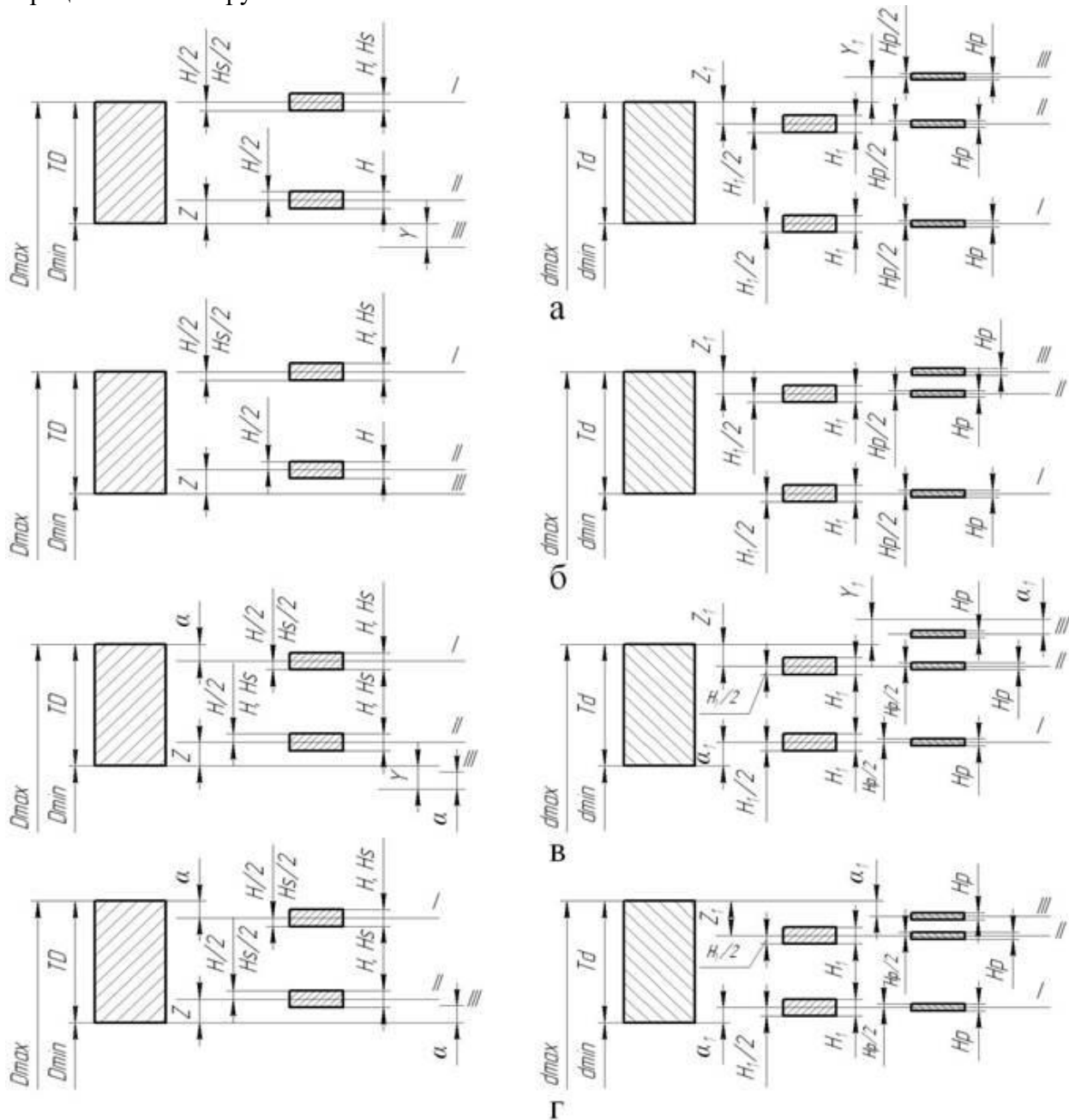






Рис. 6. Схеми розташування полів допусків граничних калібрів для номінальних розмірів за квалітетами: а) –  $D(d) \leq 180$  мм, IT6-IT8; б) –  $D(d) \leq 180$  мм, IT9-IT17; в) –  $D(d) > 180$  мм, IT6-IT8; г) –  $D(d) > 180$  мм, IT9-IT17;  – поле допуску отвору;  – поле допуску валу;  – поле допуску на виготовлення робочих калібрів;  – поле допуску на виготовлення контрольних калібрів

Для всіх прохідних калібрів поля допуску  $H$  ( $H_s$ ) і  $H_1$  зміщені всередину поля допуску виробу на величину  $Z$  для калібрів-пробок і на  $Z_1$  для калібрів-скоб. При номінальних розмірах понад 180 мм поле допуску непрохідного калібру також зміщене всередину поля допуску деталі на величину  $\alpha$  для пробок і  $\alpha_1$  для скоб, так звану зону безпеки, яка введена для компенсації похибки контролю калібрами отворів і валів при розмірах понад 180 мм. Поле допуску калібрів  $HE$  для розмірів до 180 мм симетричне верхньому відхиленню виробу для пробок і нижньому - для скоб, тобто  $\alpha = 0$  і  $\alpha_1 = 0$ .

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

## 5. Контроль розмірів та правила використання калібрів.

Розміри вимірювальних поверхонь граничних калібрів (відстані між вимірювальними губками калібрів-скоб і діаметри вимірювальних вставок калібрів-пробок) призначають за відповідним граничним розмірам валів, що підлягають перевірці, та отворів. Таким чином, при контролі валів придатними вважаються ті, які проходять в розчин губок  $I \text{ } \bar{D} = d_{max}$ , і не проходять в розчин губок  $I \text{ } \bar{A} = d_{min}$ ; при контролі отворів придатними вважаються ті, в які проходить вставка  $I \text{ } \bar{D} = D_{min}$ , і не проходить вставка  $I \text{ } \bar{A} = D_{max}$ . Відповідно до цього, сторони калібрів ділять на прохідні (ПР) і непрохідні (НЕ). Деталі, які не проходять через прохідні сторони калібрів, відносяться до поправного браку, а деталі, які проходять через непрохідні сторони – до непоправного.

**Правила використання калібрів за ГОСТ 24851-81.** Калібр-пробка гладкий прохідною стороною повинен вільно проходити через отвір під дію власної ваги або певного зусилля. Калібр-пробка гладкий непрохідною стороною, як правило, не повинен входити в отвір під дію власної ваги або певного зусилля, в крайньому випадку, закусувати.

**Правила контролю розмірів калібрами.** Під час контролю розмірів отвору або валу прохідним калібром, якщо відсутні спеціальні угоди, робітнику слід користуватися новим прохідним калібром, а контролеру підприємства-виготовлювача і представникові замовника частково зношеним калібром. Цей калібр повинен бути вилучений з використання, коли його спрацювання досягне межі, встановленої в ГОСТ 24853-81 (Калібри гладкі для розмірів до 500 мм. Допуски).

Під час контролю отвору або валу непрохідним калібром робітнику слід користуватися калібром з розміром, близьким до найменшого граничного розміру для калібр-пробки і найбільшому граничному розміру для калібр-скоби (кільця). Цей калібр повинен бути вилучений з використання, якщо його спрацювання досягне межі, встановленої в ГОСТ 24853-81.

Контролеру підприємства-виготовлювача і представникові замовника слід користуватися калібром з розмірами, близькими до найбільшого граничного розміру для калібру-пробки і найменшого граничного розміру для калібру-скоби (кільця). Перевірка правильності визначення розмірів виробів повинна здійснюватися калібрами з розмірами, близькими до межі спрацювання прохідного калібру і до межі поля допуску нового непрохідного (найменшого для калібр-скоби (кільця) і найбільшого для калібр-пробки).

### Штангенінструменти. Мікрометричні інструменти.

#### Штангенінструменти

Дерев'яні штангенциркулі використовувалися вже на початку XVII століття. Перші справжні штангенциркулі з ноніусом з'явилися тільки в кінці XVIII століття в Лондоні. У Росії штангенциркуль почали застосовувати набагато пізніше.

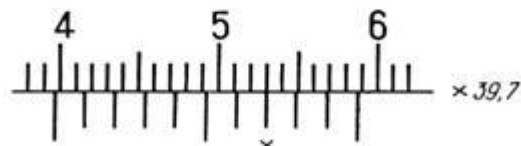
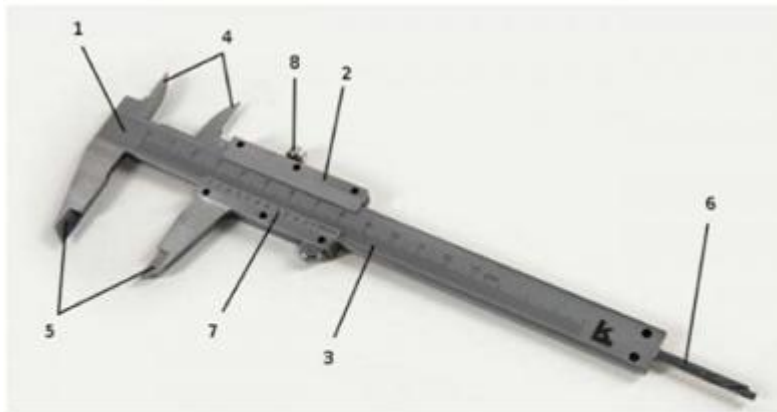
Штангенінструменти є поширеними в суднобудуванні видами вимірювального інструмента, точність яких не перевищує 0,05 мм.

Їх застосовують для вимірювання зовнішніх і внутрішніх діаметрів, довжин, товщини, глибин і т. д. До них належать штангенциркулі, штангенглибиноміри, штангенрейсмуси.

Штангенциркулі випускаються трьох типів: ШЦ-I, ШЦ-II і ШЦ-III (ГОСТ 166-63). Кожен тип має спільні основні частини й власні особливості.

Штангенциркулі виготовляються з межами вимірювань 0-125 мм (ШЦ-I); 0-200 і 0-320 мм (ШЦ-II); 0-500; 270-710; 320-1000; 500-1400; 800-2000 (ШЦ-III) і з величиною відліку 0,1 мм (ШЦ-I і ШЦ-III), 0,05-0,1 мм (ШЦ-II).

Штангенцикуль ШЦ-I (рис. 5.3 а) є найбільш поширеним серед штангенінструментів і застосовується для вимірювання зовнішніх, внутрішніх розмірів та глибин з величиною відліку за ноніусом 0,1 мм.



б - приклад відліку:  $39 + 0,1 \times 7 = 39,7$

Рис. 5.3. Штангенциркуль ШЦ-I

Штангенциркуль має штангу (1), на якій нанесено шкалу (3) з міліметровими поділками. На одному кінці цієї штанги є нерухомі вимірювальні губки (4) і (5), а на іншому кінці - лінійка (6) для вимірювання глибин. По штанзі переміщається рухома рамка (2).

Рамка у процесі зміни закріплюється на штанзі затиском (8).

Нижні губки (5) служать для виміру зовнішніх розмірів, а верхні (4) - для внутрішніх розмірів. На скошеній грані рамки (2) нанесено шкалу (7), яка має назву «ноніуса».

Ноніус - рівномірна шкала з межею вимірювань, що дорівнюють ціні поділки основної шкали.

Ціна поділки ноніуса (відлік за ноніусом) дорівнює ціні поділки основної шкали розділеної на число поділок ноніуса:  $n : c = a/p$ . Ноніус призначений для визначення дробової величини ціни поділки штанги, тобто для визначення частки міліметра. Шкала ноніуса довжиною 19 мм розділена на 10 рівних частин; отже, кожний розподіл ноніуса дорівнює:  $19 : 10 = 1,9$  мм, тобто він коротший за відстань між кожними двома поділками, нанесеними на шкалу штанги, на  $0,1$  мм ( $2,0 - 1,9 = 0,1$ ). При зімкнутих губках початкова поділка ноніуса співпадає з нульовим штрихом шкали штангенциркуля, а останній - 10-й штрих ноніуса - з 19-м штрихом шкали. Ціна поділки ноніусів штангенциркулів може дорівнювати  $0,1$  мм або  $0,05$  мм (штангенциркулі з величиною відліку ноніуса  $0,02$  мм у промисловості не виготовляються, але на виробництві ще використовуються).

Перед вимірюванням на зімкнутих губках нульові штрихи ноніуса та штанги повинні збігатися. За відсутності просвіту між губками для зовнішніх вимірювань або при невеликому просвіті (до  $0,012$  мм) повинні збігатися нульові штрихи ноніуса і штанги.

Під час вимірювання деталь беруть у ліву руку, яка повинна знаходитися за губками і захоплювати деталь недалеко від губок. Права рука повинна підтримувати штангу, при цьому великим пальцем цієї руки переміщують рамку до зіткнення з поверхнею, яка перевіряється, не допускаючи перекосу губок і докладаючи нормального вимірювального зусилля.

Рамку закріплюють затиском великим і вказівним пальцями правої руки, підтримуючи штангу іншими пальцями цієї руки; ліва рука при цьому повинна підтримувати нижню губку штанги. При читанні показань штангенциркулів тримають прямо перед очима. Ціле число міліметрів відраховується за шкалою штанги зліва направо нульовим штрихом ноніуса. Дробова величина (кількість десятих часток міліметра) визначається множенням величини відліку ( $0,1$  мм) на порядковий номер штриха ноніуса, не рахуючи нульового, що збігається зі штрихом штанги. Приклади відліку показані на рис. 5.3, б.

Штангенциркуль ШЦ-II (рис. 5.4) відрізняється від попередньої конструкції тим, що у нього відсутня лінійка глибиноміра, губки (4) мають гострі закінчення для виконання

площинної розмітки, а інші губки (5) мають плоскі поверхні та застосовуються при зовнішніх і внутрішніх вимірюваннях.

Штангенциркуль ШЦ-II оснащений ще рамкою мікрометричної подачі (9) для плавного підведення губок до поверхні вимірюваної деталі.

Штангенциркуль складається зі штанги (1) з основною шкалою (3), вимірювальних губок (3) для зовнішніх та внутрішніх вимірів, рухомої рамки (2), затискувача рамки (8), ноніуса (7), рамки мікрометричної подачі (9) та фіксуючого гвинта (10).

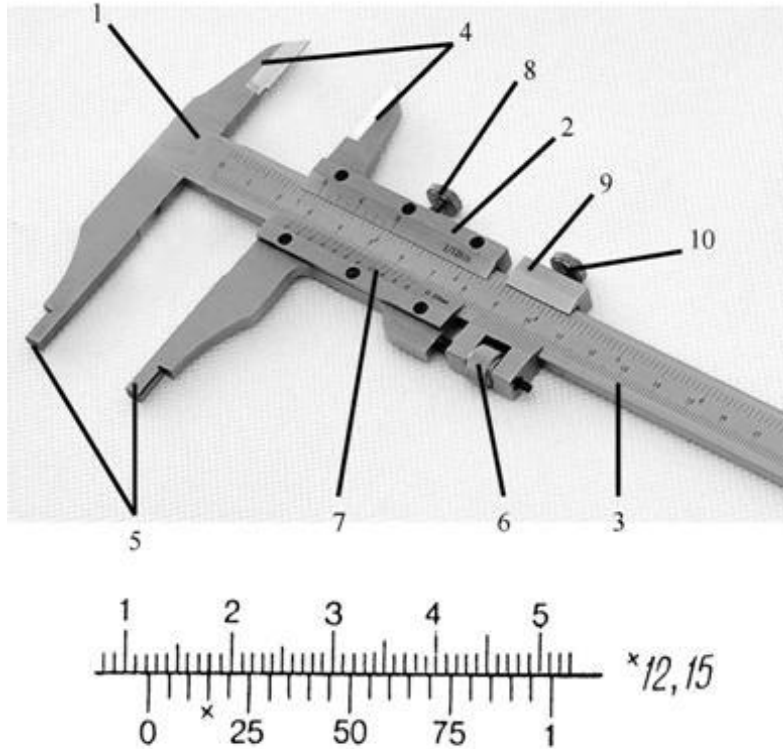


Рис. 5.4. Штангенциркуль ШЦ-II

При вимірюваннях внутрішніх розмірів губками (5) до відліку за шкалами штанги і ноніуса потрібно приплюсовувати товщину губок, яка маркується на них.

Штангенциркуль ШЦ-III (рис. 5.5) з величиною відліку за ноніусом 0,05 мм призначений для зовнішніх і внутрішніх вимірювань. Цей штангенциркуль застосовується рідко.



Рис. 5.5. Штангенциркуль ШЦ-III

#### Історична довідка

У сучасній німецькій мові слово «штангенциркуль» відсутнє. По-німецьки штангенциркуль називається Messschieber або Schieblehre - відповідно «розсувний вимірювач» або «розсувна лінійка».

Різновид штангенциркуля, який оснащено глибиноміром, на професійному слензі називається «Колумбус» або «Колумбик». Ця назва походить від «Columbus» - назви виробника вимірювального інструмента. Такий штангенциркуль масово постачався в СРСР під цією маркою.

В авіаційній промисловості такі штангенциркулі називалися «Маузер», через те що штангенциркулі підвищеної якості постачалися в СРСР фірмою «Маузер».

Деякі види сучасних штангенциркулів показані на рис. 5.6:

- цифровий (електронний);
- зі стрілочним індикатором.



Рис. 5.6. Штангенциркуль цифровий (а), зі стрілочним індикатором (б)

При читанні показань штангенциркулів тримають прямо перед очима. Ціле число міліметрів відраховується за шкалою штанги зліва направо нульовим штрихом ноніуса. Дробова величина (кількість десятих часток міліметра) визначається множенням величини відліку (0,1 або 0,05 мм) на порядковий номер штриха ноніуса, не рахуючи нульового, що збігається зі штрихом штанги.

Штангенглибиномір (рис. 5.7, а) застосовується для прямого вимірювання глибини виїмок і висоти уступів. Підставою штангенглибиноміра є рамка з основою (1). Крізь рамку проходить штанга зі шкалою (2) і вимірювальною поверхнею на торці. Ноніус (4) завдано на окремій пластині і закріплено в рамці (1). Мікрометричний механізм (3) на штангенглибиномірі такий самий, як і на штангенциркулі ШЦ - П.

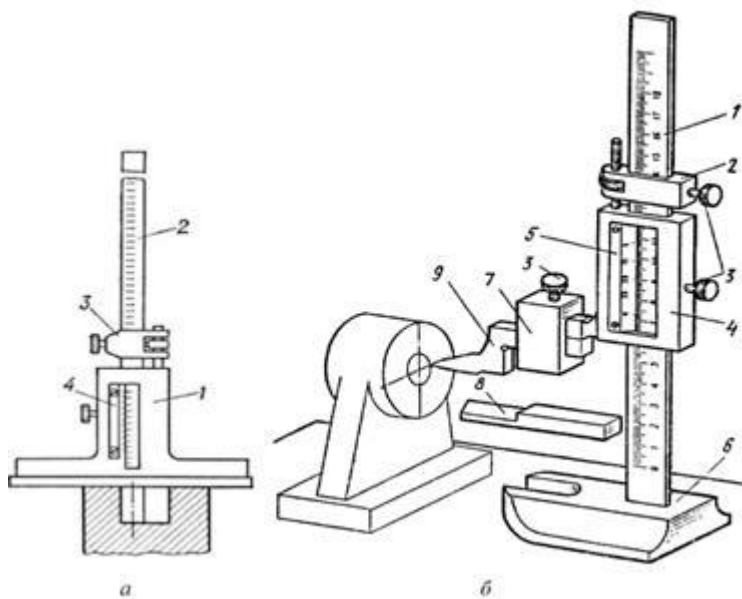


Рис. 5.7. Штангенглибиномір (а), штангенрейсмус (б)

Штангенрейсмуси (рис. 5.7, б) застосовуються для просторової розмітки і прямих вимірювань на точній плиті відстаней від базових поверхонь деталей до виїмок, виступів і осей отворів.

Опорною деталлю штангенрейсмуса є основа (6), в якій закріплено штангу (1) з міліметровою шкалою. По штанзі пересувається рамка (4) з ноніусом (5) та з державкою для кріплення вимірювальних стрижнів (8) або (9). Рамка мікрометричної подачі (2) тут застосована така ж сама, як і на штангенциркулі ТТЦ-ІТ,(10) - затиск рамки мікрометричної подачі.

Показання штангенрейсмуса читаються так само, як і штангенциркуля. При вимірюванні висоти верхньою вимірювальною площиною необхідно до отриманого розміру додати висоту ніжок.

### Мікрометричні інструменти

Мікрометричні інструменти широко застосовують для контролю зовнішніх і внутрішніх розмірів, глибин пазів і отворів. Вимірювання мікрометричними інструментами здійснюється методами безпосередньої оцінки, т. Е. Результати вимірювань безпосередньо зчитуються зі шкали інструменту. Принцип дії цих інструментів заснований на використанні пари гвинт-гайка, перетворюючої обертальний рух гвинта в поступальну ходу його торця (п'яти).

До групи мікрометричних інструментів відносяться:

- 1) мікрометри для вимірювання зовнішніх розмірів,
- 2) мікрометричні нутроміри для вимірювання діаметрів отворів і ширини пазів,
- 3) мікрометричні глибиноміри для вимірювання глибини отворів і пазів і висоти уступів.

**Гладкі мікрометри МК** з межею вимірювань 25 мм призначені для вимірювання зовнішніх розмірів деталей (рис. 1.3.12, *a*). до основних деталей і вузлів гладкого мікрометра відносяться скоба 1, п'ята 2, мікрогвинт 4, стопор 5 гвинта, стебло 6, барабан 7 і тріскачка 8. на стеблі буздовж поздовжнього штриха нанесена основна шкала. Ціна поділки основної шкали 0,5 мм, а межа її вимірів - 25 мм. Для зручності відліку парні штрихи шкали, що мають цілі значення розміру, відкладені знизу поздовжнього штриха. На конічному зрізі барабана 7 нанесено 50 поділок кругової шкали з ціною поділки 0,01 мм.

Гладкий мікрометр МК:

**а - пристрій:** 1 - скоба; 2 - п'ята; 3 - установча міра; 4 - мікрогвинт; 5 - стопор; 6 - стебло; 7 - барабан; 8 - тріскачка;

**б - змінна п'ята:** 1, 2 - гайка; 3 - п'ята;

**в - регульована п'ята:** 1 - фіксатор; 2 - п'ята

При вимірах виробу поміщають без перекоосу між п'ятою і мікрогвинти. Обертаючи барабан за тріскачку до тих пір поки вона не почне провертатися, щільно притискають вимірювальні поверхні до поверхонь деталі.

Межі вимірювання мікрометрів залежать від розміру скоби і складають 0 ... 25; 25 ... 50; 275 ... 300; 300 ... 400; 400 ... 500; 500 ... 600 мм. Мікрометри для розмірів понад 300 мм оснащені змінними (рис. *б*) або регульованими (рис. *в*) П'ятами, що забезпечують діапазон вимірювань 100 мм. Регульовані п'яти 2 кріпляться в заданому положенні фіксаторами 1 (Див. Рис. *в*), А змінні п'яти 3 - гайками 1и 2 (Див. Рис. *б*). перед вимірами мікрометри встановлюють у вихідне (нульове) положення, при якому п'ята і мікрогвинт притиснуті один до одного або до поверхні настановних заходів 3 (Див. Рис. *a*) Під дією сили, обмеженою тріскачкою.

При вимірі мікрометрів необхідно дотримуватися наступних основних правил:

- Переконалися в правильності вибору мікрометра в залежності від розміру деталі (межі вимірювання вказані на скобі мікрометра);
- Перевірити плавність обертання мікрометричного гвинта;
- Переконалися в точності установки мікрометра на нуль (при повному, без просвіту, зіткненні п'яти скоби і торця мікрометричного гвинта нульові штрихи на стеблі і конічної частини барабана повинні збігатися, при цьому прощелківає механізм тріскачки);
- При вимірюванні міцно утримувати мікрометр за скобу, щільно, без перекоосів, поєднуючи вимірювальні поверхні мікрометра з поверхнями деталі, розмір між якими вимірюється, обертати мікрометричний гвинт до прощелківання механізму тріскачки.

### **Види вимірювальних і перевірочних інструментів. Трикутники. Інструмент для контролю різьби.**

При нарізуванні різьби зустрічаються різні види браку. Найпоширеніші серед них — полумка мітчика в отворі, рвана та неповна різьби, її зрив та ін.

Полумка мітчика в отворі може статися внаслідок неухважності робітника, роботи затупленим мітчиком та забивання його канавок стружкою, що відходить. Полумка мітчика псує різьбу, іноді навіть призводить до браку деталі. На його виймання необхідна велика затрата часу. Для запобігання полумки необхідно працювати правильно, користуватися справним гострим мітчиком, частіше виймати для видалення стружки.

Рвана різьба, звичайно, буває під час роботи з тупим мітчиком чи плашкою, при відсутності змащування і неправильному встановленні мітчика або плашки відносно нарізаної

деталі. Для усунення цього виду браку слід застосовувати правильно заточені гострі мітчики і плашки, користуватися змазуванням і без перекосів встановлювати різальний інструмент.

Неповна різьба буває тоді, коли діаметр отвору під різьбу більший, ніж це потрібно для даних умов роботи (матеріалу деталі і розміру різьби), а також тоді, коли діаметр стержня під різьбу менший від установленого згідно креслення. При правильно вибраному і виконаному діаметрі отвору для внутрішньої різьби і діаметра стержня зовнішньої різьби цього браку не буде.

Зрив різьби буває у таких випадках:

- діаметр просверленого отвору під різьбу менший від потрібного;
- діаметр стержня під зовнішню різьбу більший, ніж це передбачено;
- у разі застосування тупого мітчика або тупої плашки;
- під час забивання стружки у канавці.

Для запобігання зриву різьби необхідно вибирати правильний діаметр отвору і стержня, застосовувати мітчики і плашки з гострими різальними кромками, частіше очищати їх від стружки. Для контролю внутрішніх різьб застосовують граничні різьбові калібри-пробки. Якщо в отвір не проходить прохідна калібр-пробка або проходить непрохідна калібр-пробка, то деталь вважається браком. У першому випадку брак можна усунути, якщо різьбовий отвір пройдуть новим справним мітчиком, який збільшить діаметр різьби. У другому випадку брак непоправний. Якість зовнішньої різьби перевіряють різьбовими калібрами-кільцями, різьбовими мікрометрами або різьбомірами. Кроки різьби перевіряють різьбомірами. Різьбоміри для метричної різьби складаються з набору пластинок для вимірювання різьб із кроками від 0,4 до 6 мм і для дюймової різьби з кількістю ниток на 1" від 4 до 28.

Способи та засоби контролю різьби

У різьбі вимірюють і контролюють зовнішній, внутрішній і середній діаметри, крок і кут профілю різьби.

#### **Вимірювання кроку різьби**

Лінійкою вимірюють довжину визначеної кількості витків (наприклад, десяти). Розділивши отриману довжину на заміряну кількість витків, знаходять розмір одного кроку. Вимірюючи дюймову різьбу, визначають кількість витків, яка припадає на довжину одного дюйма (приблизно дорівнює 25,4 мм). Якщо на довжині 1" налічується 4 витки, то крок дорівнює 1/4".

Вимірювання кроку різьби вимірювальною лінійкою

Різьбомір (рис. 6.9.2.1, а) складається з набору сталевих пластинок, кожна з яких оснащена вирізами, що точно відповідають профілю різьби певного кроку. На кожній пластинці вибиті цифри, що вказують на крок різьби в міліметрах або кількість витків, нарізаних на довжині одного дюйма. При вимірюванні кроку прикладають пластинку до різьби, що перевіряється, паралельно її осі (рис. 6.9.2.1, б). Збіг пластинки різьбоміру перевіряють на просвіт.

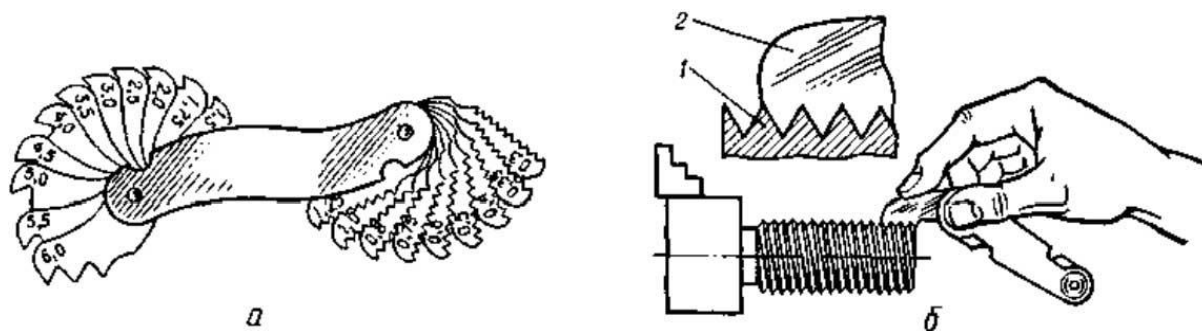


Рис.6.9.2.1. Контроль кроку різьби різьбоміром:

а – комплект різьбомірів; б – контроль; 1 – деталь; 2 – різьбомір

Вимірювання середнього діаметра різьби

Точно виміряти середній діаметр різьби можна різьбовим мікрометром (рис.6.9.2.2.). Він відрізняється від мікрометра для гладких поверхонь деталей тільки тим, що замість

постійних вимірювальних поверхонь має особливі змінні вимірювальні наконечники. Наконечник, оснащений конусом із кутом, який дорівнює куту профілю різьби, вставляють в отвір мікрометричного гвинта, а наконечник, оснащений проріззю, в п'яту.

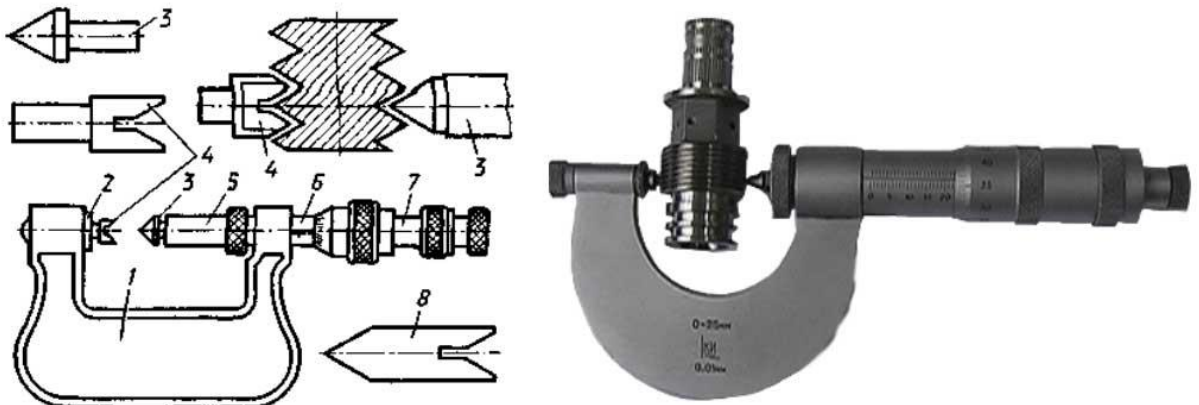


Рис.6.9.2.2. Різьбовий мікрометр:

1 – скоба; 2 – п'ятка; 3, 4 – конічна і призматична вставки;  
5 – шпindel; 6 – стебло; 7 – барабан; 8 – шаблон

При вимірюванні різьбовий мікрометр встановлюють так, щоб конус входив у заглиблення різьби, а вимірювальний наконечник із вирізом охоплював виступ різьби (рис.6.9.2.2.). Відлік за шкалою мікрометра показує розмір середнього діаметра різьби.

#### Різьбові калібри

Найкращим інструментом для контролю різьб є різьбові калібри — нормальні та граничні. Зовнішня різьба перевіряється різьбовим кільцем (рис.6.9.2.3.). Правильність різьби нормальними калібрами визначають відсутністю хитання і труднощів згвинчування калібру та деталі.



Рис.6.9.2.3. Контроль різьби прохідним різьбовим кільцем



Рис.6.9.2.4. Контроль різьби непрохідними різьбовим кільцем

Значно точнішою та продуктивнішою є перевірка різьби граничними різьбовими калібрами. Зовнішню різьбу перевіряють граничними різьбовими скобами. Така скоба (рис.6.9.2.5.) має дві пари роликів: передня пара є прохідною, а задня — непрохідною.





Рис.6.9.2.5. Гранична різьбова скоба

Спосіб перевірки різьби граничною різьбовою скобою такий самий, як і при перевірці гладких розмірів, тобто різьба має вільно пройти через прохідну сторону калібру, а непрохідний бік калібру має затримати різьбу.

Як гладкі, так і різьбові граничні калібри застосовують зазвичай при виготовленні великої кількості однакових деталей та у тих випадках, коли деталі повинні мати точні розміри з певними допусками.

#### Вимірювання середнього та внутрішнього діаметрів різьби

Іноді доводиться вимірювати середній діаметр різьби. У таких випадках застосовують спеціальний кронциркуль (рис.6.9.2.6.) зі змінним і кульковим наконечниками. Діаметр кульок вибирають за спеціальними таблицями відповідно до типу та кроку різьби. Ніжки кронциркуля з кульковими наконечниками спочатку встановлюють за зразковою деталлю або різьбовим калібром. Після цього звіряють знятий розмір із середнім діаметром нарізаної різьби, прикладаючи встановлений кронциркуль кульковими наконечниками до її бічних поверхонь.

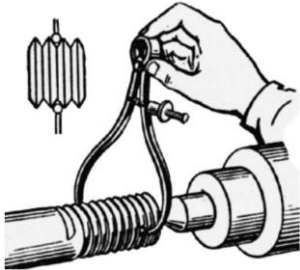


Рис.6.9.2.6. Вимірювання середнього діаметру різьби кронциркулем із кульковими наконечниками

Внутрішній діаметр різьби вимірюють кронциркулем із гострими ніжками (рис.6.9.2.7.). Як і в попередньому випадку, його встановлюють на розмір зразкової деталі або різьбового калібру за штангенциркулем, потім порівнюють цей розмір із внутрішнім діаметром нарізаної різьби.

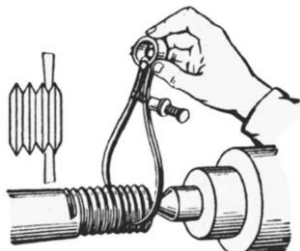


Рис.6.9.2.7. Вимірювання внутрішнього діаметра різьби кронциркулем із гострими ніжками

Зовнішній діаметр різьби болта вимірюють штангенциркулем або мікрометром. При цьому слід стежити за тим, щоб вимірювальний інструмент був установлений перпендикулярно осі деталі.