

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

"Вимірювання деталей штангенінструментами. Оцінка точності форми циліндричної поверхні"

6.1 Мета і завдання

Практичне ознайомлення з різними видами штангенінструментів і набуття навиків вимірювань деталей класу втулок. Практичне ознайомлення з системою нормування відхилень, форми циліндричних поверхонь. Оцінка точності форми циліндричної поверхні.

6.2 Основні теоретичні положення

Точність форми і розміщення поверхонь і осей в цілому розглянуті в конспекті лекцій дисципліни ВСТВ [4] у розділі 6.

Основні норми взаємозамінності, допуски форми та розташування поверхонь, терміни та визначення регламентовані стандартом ДСТУ 2498-94. Одною з найбільш часто використовуваних геометричних поверхонь при конструюванні різних деталей є циліндрична поверхня. По цих поверхнях, в основному, здійснюються посадки в складальних одиницях більшості механізмів.

6.2.1 Відхилення, і допуски форми циліндричних поверхонь

Відповідно до ДСТУ 2498-94 відлік відхилень форми будь-якої геометричної поверхні проводиться від прилягаючої прямої, поверхні або прилягаючого профілю.

Числові значення допусків форми в 16-ти ступенях точності регламентовані стандартом ГОСТ 24643-81. В загальному випадку допуск на розмір циліндричної поверхні T_d (TD) обмежує одночасно, і відхилення форми, тобто, будь-які відхилення форми циліндричної придатної деталі не можуть перевищити допуск на розмір. Допуски форми вказують на кресленнях тільки в тих випадках, коли з умов експлуатації вони повинні бути менші; ніж допуск на розмір.

Точність форми циліндричної поверхні може бути регламентована такими комплексними допусками: допуском циліндричності, допуском круглості та допуском профілю поздовжнього перерізу.

Відхиленням від циліндричності EFZ називається найбільша відстань від точок реальної поверхні до прилягаючого циліндра в межах нормованої ділянки L (рисунок 6.1).

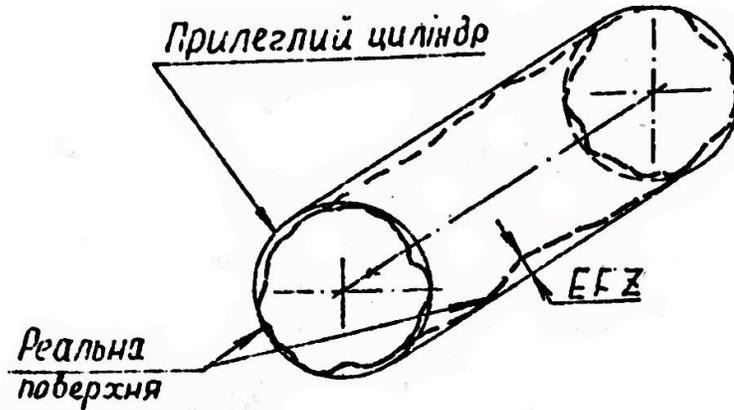


Рисунок 6.1 - Відхилення від циліндричності

Відхилення від циліндричності EFZ обмежуються допуском циліндричності TFZ.

Допуском циліндричності TFZ називається найбільше допустиме значення відхилення від циліндричності:

$$TFZ \geq EFZ \geq 0$$

Відхиленням від круглості EFK називається найбільша відстань точок реального профілю до прилягаючого кола (рисунок 6.2).

Відхилення від круглості EFK обмежуються допуском круглості TFK

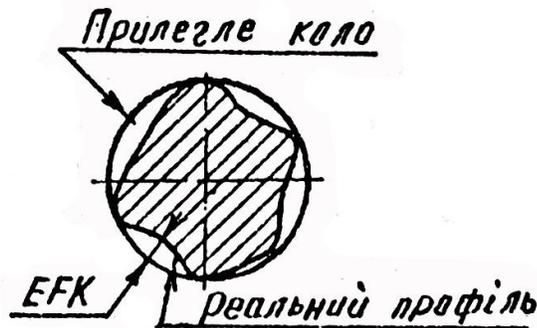


Рисунок 6.2 - Відхилення від круглості

Допуском круглості TFK називається найбільше допустиме відхилення від круглості:

$$TFK \geq EFK \geq 0$$

Окремими видами відхилень від круглості є овальність і огранювання. Овальність - відхилення від круглості, за якого реальний профіль являє собою овалоподібну фігуру, найбільший і найменший діаметри якої мають взаємоперпендикулярні напрями (рисунок 6.3, а). Овальність обчислюється за формулою:

$$EFK = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

Огранювання - відхилення від круглості, за якого реальний профіль являє собою багатогранну фігуру. Огранювання поділяється за кількістю граней. Зокрема, огранювання з непарною кількістю граней характеризується тим, що діаметри профілю поперечного перерізу у всіх напрямках є однаковими (рисунок 6.3, б).

Кількісно овалність і огранювання оцінюються так, як і відхилення від круглості, тобто оцінюється допуском круглості ТФК відповідно до ступені точності ГОСТ 24643-81

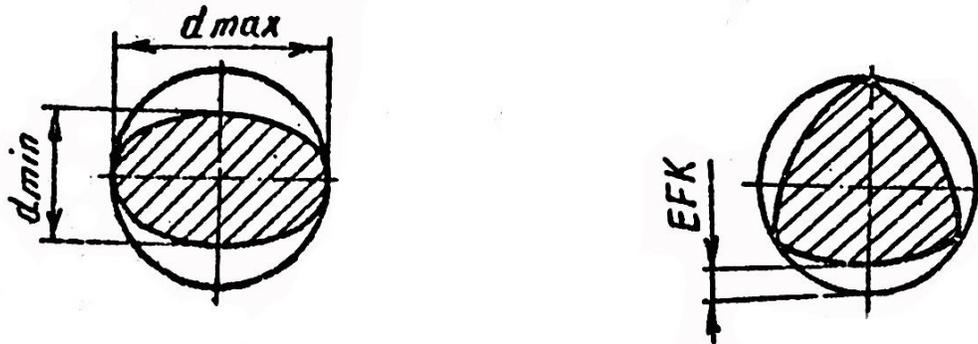


Рисунок 6.3 - Окремі види відхилень від круглості

Відхилення профілю поздовжнього перерізу EFP називається найбільша відстань від точок твірних реальної поверхні, що лежать у площині, яка проходить через її вісь, до відповідної сторони прилеглого профілю в межах нормованої ділянки L (рисунок 6.4).

Відхилення профілю поздовжнього перерізу EFP обмежуються допуском профілю поздовжнього перерізу TFP.

Допуск профілю поздовжнього перерізу TFP - найбільше допустиме значення відхилення профілю поздовжнього перерізу:



Рисунок 6.3 - Відхилення профілю поздовжнього перерізу

Окремими видами відхилень профілю поздовжнього перерізу є конусоподібність, бочкоподібність і сідлоподібність.

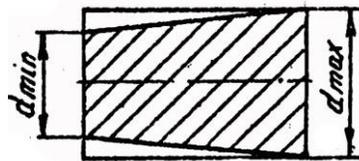
Конусоподібність — відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні є прямолінійними, але не паралельними (рисунок-6.4, а). Бочкоподібність - відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні не є прямолінійними і діаметри збільшуються до середини перерізу (рисунок 6.4, б). Сідлоподібність - відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні не є прямолінійними і діаметри зменшуються від країв до середини перерізу (рисунок 6.4, в).

Кількісно конусоподібність, бочкоподібність та сідлоподібність можна обчислити за формулою:

$$EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

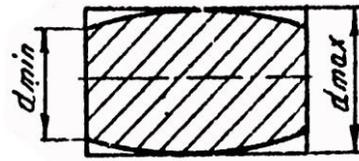
і оцінити так, як і відхилення профілю поздовжнього перерізу, тобто оцінити допуском профілю поздовжнього перерізу TFP відповідно до ступені точності ГОСТ 24643-81

Для визначення відхилень форми циліндричних деталей найкраще використовувати кругломіри. При відсутності кругломіра для визначення відхилень від циліндричності, овальності, профілю поздовжнього перерізу (конусоподібності, бочкоподібності та сідлоподібності) у випадку відсутності огранювання з непарною кількістю граней можна користуватись універсальними двоконтактними приладами, наприклад, штангенциркулями, мікрометрами, оптиметрами і ін.



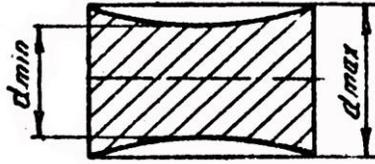
а) Конусоподібність

$$EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$



б) Бочкоподібність

$$EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$



в) Сідлоподібність

$$EFP = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

Рисунок 6.4 - Окремі види відхилень профілю поздовжнього перерізу

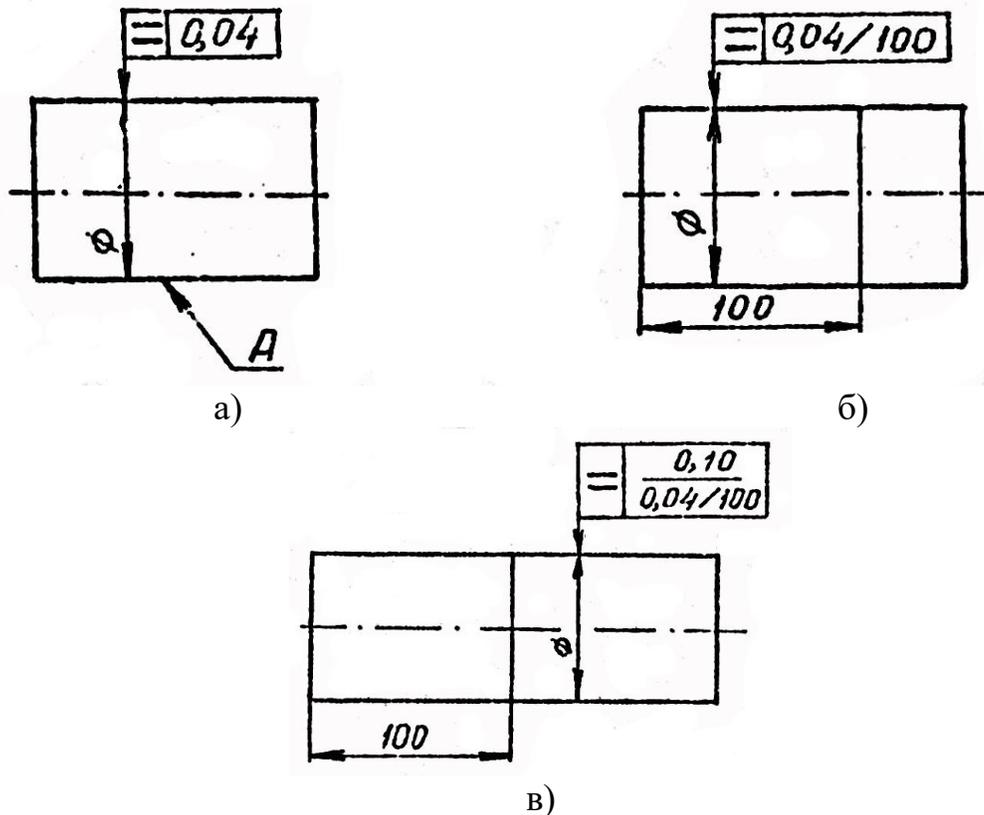
6.2.2 Позначення допусків форми циліндричних поверхонь

Допуск форми циліндричної поверхні слід регламентувати у випадку, коли його величина є меншою від допуску на розмір цієї поверхні. В протилежному випадку, відхилення форми EF обмежується допуском розміру T_d або T_D таким чином:

для валів $\frac{T_d}{2} \geq EF \geq 0$,

для отворів..... $\frac{T_D}{2} \geq EF \geq 0$

Вид допуску форми відповідно до ГОСТ 2 308-76 слід позначати на кресленні знаками (графічними символами). Знак і числове значення, допуску форми вписують у рамку, вказуючи на першому місці знак, на другому - числове значення допуску в міліметрах. Рамку з'єднують з поверхнею, до якої відноситься допуск, суцільною лінією, яка закінчується стрілкою (рисунок 6.5. а) Якщо допуск відноситься до ділянки поверхні заданої довжини, то її значення вказують поряд із допуском, відділяючи від нього рисою з нахилом (рисунок 6.5, б). Якщо необхідно назначити допуск на усій довжині поверхні і на заданій довжині, то допуск на заданій довжині вказують під допуском на усій довжині (рисунок 6.5, в). Надписи, які доповнюють дані, приведені в рамці, наносять, як показано на рисунку 6.5, в. При необхідності, допуски окремих видів відхилень форми (овальності, огранювання, конусоподібності і ін) вказують текстом в технічних вимогах креслення. Наприклад, овальність поверхні А не більше 0,01 мм (рисунок 6 5, а).



- а) Відхилення профілю поздовжнього перерізу не більше 0,04 мм;
 б) Відхилення профілю поздовжнього перерізу на довжині 100 мм не більше 0,04 мм;
 в) Відхилення профілю поздовжнього перерізу на довжині 100 мм не більше 0,04 мм, а всій довжині - не більше 0,10 мм

Рисунок 6.5 – Позначення допусків форми на кресленні

6.3 Опис штангенінструментів

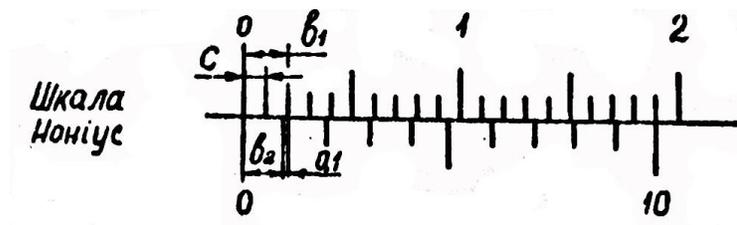
Штангенінструменти є універсальними вимірювальними засобами, які застосовуються для вимірювань лінійних розмірів і відтворення розмірів при розмітці деталей. Вимірювання виконується контактним, абсолютним, прямим або непрямим методом.

В основному будови штангенінструментів покладена лінійка з поділками (штанга) і допоміжна шкала - ноніус, яка переміщається по основній шкалі - штанзі. Допоміжна шкала - ноніус дозволяє робити відлік долей поділки основної шкали.

Ноніусний пристрій оснований на різниці довжин поділок основної шкали і шкали ноніуса. Ця різниця довжин поділок дорівнює величині відліку

ноніуса.

Ноніус із величиною відліку $i=0,1$ мм. Найпростіший ноніус, зображений на рисунку 6.6, має десять поділок. В нульовому положенні шкал нульовий штрих ноніуса співпадає з нульовим штрихом основної шкали, а останній десятий штрих ноніуса - з дев'ятнадцятим штрихом основної шкали

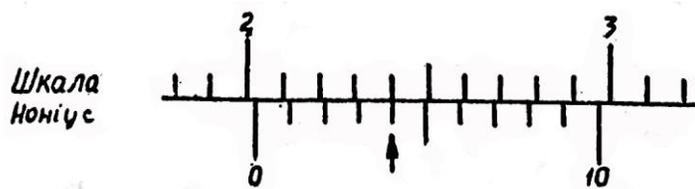


Основна шкала: ціна поділки $c=1$ мм,

розрахункова довжина поділки $b_1=2c=2$ мм.

Ноніус: число поділок $n = 10$, довжина поділки $b_2=1,9$ мм

а) Нульове положення шкал



б) відлік 20,4 мм

Рисунок 6.6 - Ноніус із відліком $i=0,1$ мм

Таким чином, загальна довжина ноніуса дорівнює 19 мм, а віддаль між двома штрихами ноніуса (довжина поділки ноніуса) $b_2 = 19/10 = 1,9$ мм, тобто на 0,1 мм менша від $b_1=2$ мм - розрахункової довжини поділки основної шкали.

Віддаль між першим штрихом ноніуса і другим штрихом основної шкали дорівнює $(b_1-b_2) = 2 - 1,9 = 0,1$ мм, між другим штрихом ноніуса і четвертим штрихом основної шкали - $2(b_1-b_2) = 0,2$ мм, між третім штрихом ноніуса і шостим штрихом, основної шкали - $3((b_1-b_2)) = 0,3$ мм і т.д. Якщо сумістити ноніус вправо так, щоб перший штрих ноніуса співпав із другим штрихом основної шкали, то віддаль між нульовими штрихами обох шкал буде дорівнювати 0,1 мм. Якщо співпадає другий штрих ноніуса з четвертим штрихом основної шкали, то відстань між нульовими штрихами буде 0,2 мм.

При співпаданні третього штриха ноніуса з шостим штрихом основної шкали, то ця відстань буде 0,3 мм і т.д.

Таким чином, при допомозі показаного ноніуса можна визначити з точністю до 0,1 мм, на яку частину міліметра зміщено нульовий штрих ноніуса відносно нульового штриха основної шкали. Для визначення величини зміщення достатньо встановити, який штрих ноніуса співпадає з одним із штрихів основної шкали, і помножити порядковий номер цього штриха ноніуса на 0,1 мм. На рисунку 6.6.б нульовий штрих ноніуса знаходиться між двадцятим і двадцять першим штрихами основної шкали, а з штрихом основної шкали співпадає четвертий штрих ноніуса, отже відлік дорівнює $20 \text{ мм} + (0,1 \text{ мм} \times 4) = 20,4 \text{ мм}$.

Найменший розмір, який може бути відлічений при допомозі ноніуса називається величиною відліку ноніуса і є основною характеристикою штангенінструментів. Величина відліку ноніуса може бути визначена за формулою:

$$i = \frac{c}{n},$$

де i - величина відліку, мм,

c - ціна поділки основної шкали ($c = 1 \text{ мм}$), мм,

n - число поділок на ноніусі.

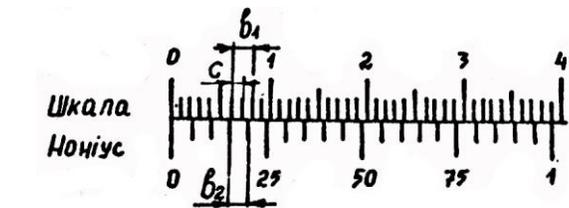
Звичайно величина відліку маркується на рамці з ноніусом.

В даний час штангенінструменти випускаються з величинами відліку на ноніусі 0,1 і 0,05 мм.

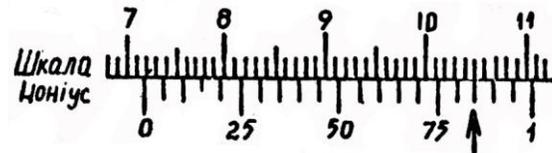
Ноніус з величиною відліку $i = 0,05 \text{ мм}$ і приклад відліку показані на рисунку 6.7.

Ноніус в даному випадку має довжину 39 мм розділену на 20 частин. Одна поділка ноніуса складає $39/20 = 1,95 \text{ мм}$ і на 0,05 мм менша від цілого . числа міліметрів.

При читанні показів на штангенінструментах із величиною відліку 0,05 мм ціле число міліметрів читають зліва від нульового штриха ноніуса. Потім знаходять штрих ноніуса, який співпадає із штрихом основної шкали. Після цього до найближчої зліва цифри ноніуса (25, 50 чи 75), що позначає соті долі міліметра, додають результат множення величини відліку на порядковий номер короткої штриха ноніуса, який співпав із штрихом основної шкали, відлічуючи його від знайденого довгого штриха із цифрою.



а) нульове положення шкали



б) відлік 71,85 мм

Рисунок 6.7 – Ноніус з відліком $i = 0,05$ мм

Наприклад, (рисунок 6.7,б): $0,75 \text{ мм} + (0,05\text{мм} \times 2) = 0,85 \text{ мм}$. Якщо з штрихом основної шкали співпадає довгий штрих ноніуса з цифрою, то обмежуються додаванням його величини до цілого числа міліметрів.

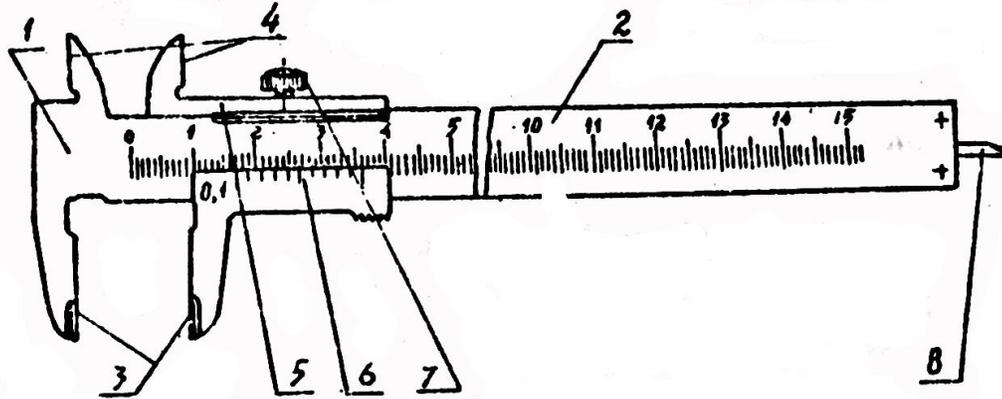
Таким чином, на шкалах штангенінструментів вказівником для відліку цілих міліметрів на основній шкалі служать нульовий штрих ноніуса, а вказівником для відліку долей міліметра на ноніусі є штрих основної шкали, який співпадає з одним із штрихів ноніуса.

6.3.1 Штангенциркулі

Штангенциркулі використовуються для вимірювання лінійних розмірів охоплюючих і охоплюваних поверхонь. За ГОСТ 163 - штангенциркулі випускаються трьох типів. Штангенциркуль ШЦ-I має двохстороннє розташування губок для зовнішніх і внутрішніх вимірювань, а також висувну лінійку для вимірювання глибин (рис. 6.8).

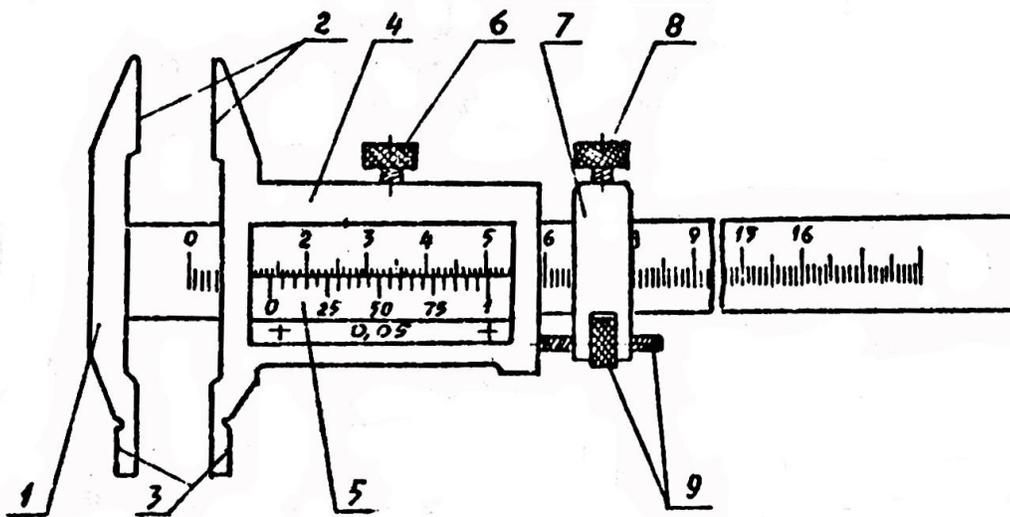
Штангенциркулі ШЦ-I мають величину відліку 0,1 мм, допустиму похибку показів при відліку на ноніусі $\pm 0,1$ мм, діапазон вимірювання від 0 до 125 мм або 140 мм.

Штангенциркуль ШЦ-II, зображений на рисунку 6.9, має двостороннє розміщення губок для зовнішніх та внутрішніх вимірювань і для розмітки. Випускаються з величиною відліку 0,1 або 0,05 мм (допустима похибка показів при відліку на ноніусі відповідно $\pm 0,1$ або $\pm 0,05$ мм).



1- штанга, 2 - шкала штанги (ціна поділки $c=1$ мм), 3- губки для вимірювання зовнішніх поверхонь, 4 - губки для вимірювання внутрішніх поверхонь, 5 - рамка, 6 - ноніус з величиною відліку i а 0,1 мм, 7- затиск рамки, 8 - лінійка глибиноміра

Рисунок 6.8 - Штангенциркуль ШЦ-I

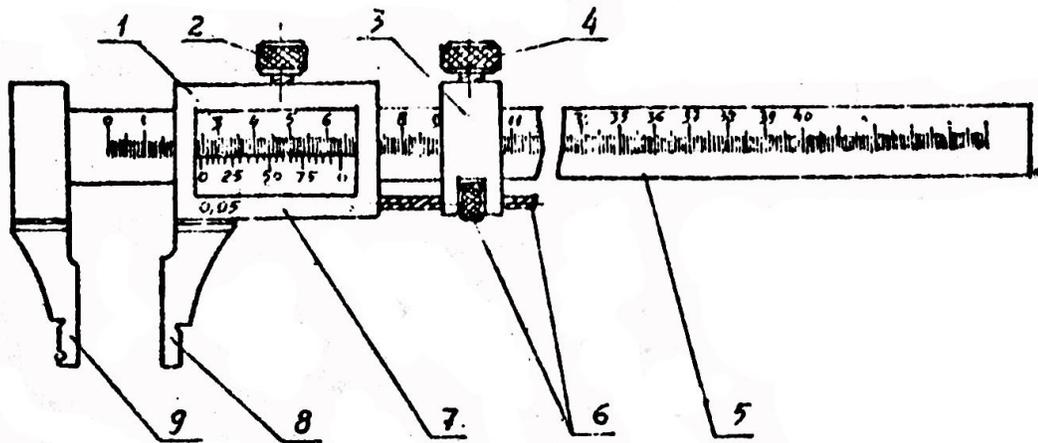


1 - штанга, 2 - губки для зовнішніх вимірювань, 3 - губки для внутрішніх вимірювань. 4- рамка, 5 - ноніус з величиною відліку $i=0,05$;мм, 6- затиск рамки. 7 - рамка мікрометричної подачі, 8- затиск рамки мікрометричної подачі, 9 - гайка і гвинт мікрометричної подачі рамки

Рисунок 6.9 - Штангенциркуль ШЦ-II

Особливістю конструкції штангенциркуля ШЦ-ІІ є наявність механізму мікрометричної подачі для точної установки рамки 4 відносно штанги 1. Вимірювання охоплюваних поверхонь виконують при допомозі губок 2, а охоплюючих - при допомозі губок 3.

Штангенциркуль ШЦ-ІІІ, зображений на рисунку 6.10, оснащений односторонніми губками для зовнішніх і внутрішніх вимірювань з величиною відліку по ноніусу 0,05 мм або 0,1 мм. Ці штангенциркулі також оснащені механізмом мікрометричної подачі.



1- рамка, 2- гвинт затиску рамки, 3 - рамка мікрометричної подачі, 4- гвинт фіксації рамки мікрометричної подачі, 5- штанга, 6- гайка її гвинт мікрометричної подачі, 7- ноніус, 8- губка рамки, 9- губка штанги

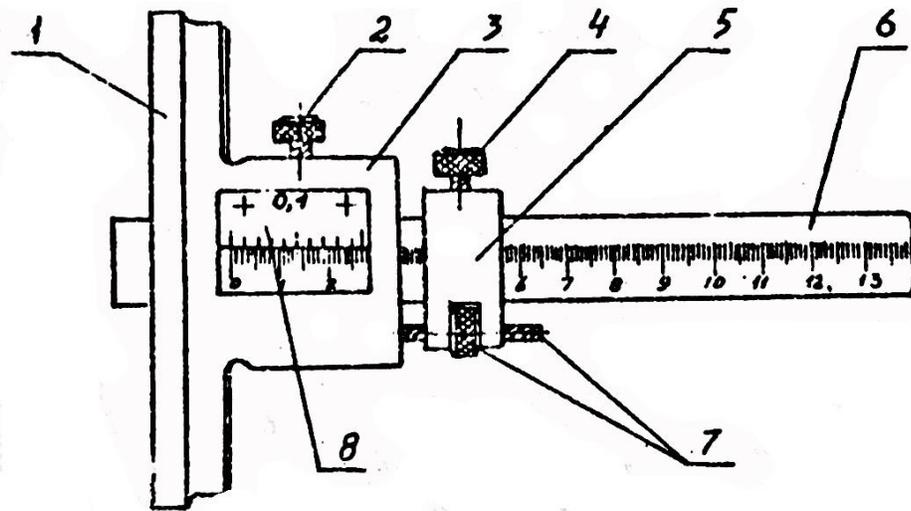
Рисунок 6.10 - Штангенциркуль ШЦ-ІІІ

Штангенциркулі ШЦ-ІІ і ШЦ-ІІІ випускають з діапазонами вимірювань від 0 до 200 мм, від 0 до 250 мм або від 0 до 320 мм. Губки для внутрішніх вимірювань штангенциркулів цих типів мають циліндричну вимірювальну поверхню з радіусом не більше половини сумарної товщини губок. Розмір зсунутих до взаємного контакту губок для внутрішніх вимірювань (звичайно 10 мм) маркується на їх бічній поверхні і визначає найменший внутрішній розмір, який може бути виміряний цими штангенциркулями. При всіх внутрішніх вимірюваннях до відліку по шкалі треба додавати розмір губок.

6.3.2 Штангенглибиноміри

Штангенглибиноміри призначені для вимірювання глибин отворів до 500 мм (рис. 6.11). Рамка 3 має доведену вимірювальну поверхню основи 1, яку використовують як опору при вимірюванні глибини. Вимірювальна поверхня основи має значно більшу площу, чим вимірювальна Площа штанги 6, що забезпечує стійкість штангенглибиноміра при вимірюваннях і можливість його застосування при вимірюванні глибин в отворах і пазах невеликих

розмірів. При розміщенні вимірювальних поверхонь основи 1 і торця штанги 6 в одній площині відлік по ноніусу 8 дорівнює нулю. Штангенглибиноміри випускають з величиною відліку 0,05 мм і 0,1 мм, і діапазоном вимірювань від 0 до 200 мм, 320 мм, 500 мм. .

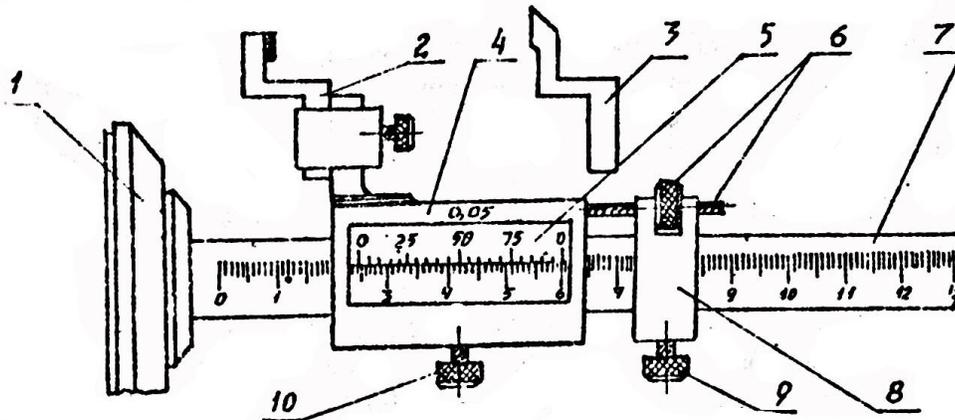


1 - основа, 2 - гвинт затиску рамки, 3 - рамка, 4 - гвинт фіксації рамки мікрометричної подачі, 5 - рамка мікрометричної подачі, 6 - штанга, 7 - гайка і гвинт мікрометричної подачі, 8 - ноніус

Рисунок 6.11- Штангенглибиномір

6.3.3 Штангенрейсмус

Штангенрейсмуси призначені для вимірювання висоти і розмітки від плоскої поверхні, на якій розміщуються як штангенрейсмус, так і розмічувана або вимірювана деталь.



1 - основа, 2 - вимірювальна ніжка, 3 - ніжка для розмітки, 4 - рамка, 5 - ноніус, 6 - гвинт і гайка мікрометричної подачі 7 - штанга, 8

- рамка мікрометричної подачі, 9- гвинт рамки мікрометричної подачі, 10- гвинт затиску рамки з ноніусом

Рисунок 6.12 – Штангенрейсмус

В конструкції штангенрейсмуса штанга 7 (рис. 6.12) кріпиться до масивної основи 1, з допомогою якої прилад встановлюють на плиті: Рамка 4 з ноніусом має спеціальний держак для кріплення змінних пристроїв: вимірювальної ніжки 2, ніжки для розмітки 3.

При розмітці штангенрейсмус встановлюють на потрібний розмір і, переміщаючи по плиті вздовж розмічуваної заготовки, наносять вістря ніжки для розмітки 1 горизонтальну лінію. Для вимірювання висотних розмірів в держак встановлюють вимірювальну ніжку 2, яка має нижню плоску і верхню з гострим ребром вимірювальні поверхні. При використанні верхньої вимірювальної поверхні до величини відліку потрібно додавати розмір ніжки.

Типорозміри штангенрейсмусів охоплюють діапазон до 2500 мм, але найбільш розповсюджені для розмірів до 250 і 400 мм при величині відліку 0,05 мм.