

Лабораторна робота № 1

Вимірювання сторін деталі штангенциркулем

1.1. Мета роботи

Ознайомитися з основними статистичними характеристиками вибірки, такими як максимальне, мінімальне, середнє значення, математичне очікування, дисперсія, середнє квадратичне відхилення та похибка вимірювання, та навчитися їх обчислювати на практиці. Побудова графіків для вимірних даних.

1.2. Основні теоретичні відомості

Дерев'яні штангенциркулі використовувалися ще на початку XVII століття, тоді як справжні штангенциркулі з ноніусом з'явилися лише наприкінці XVIII століття в Лондоні. У сучасній німецькій мові термін «штангенциркуль» не вживається; замість нього використовують вирази на кшталт «розсувний вимірювач» або «розсувна лінійка». Особливий тип штангенциркуля, оснащений глибиноміром, на професійному слензі відомий як «Колумбус» або «Колумбію», назва якого походить від виробника інструмента Columbus, що масово постачався в СРСР. В авіапромисловості такі інструменти називали «Маузер» через високоякісні штангенциркулі, що постачала до СРСР компанія Mauser. Штангенінструменти широко використовуються в суднобудуванні, де їхня точність становить до 0,05 мм, і застосовуються для вимірювання зовнішніх та внутрішніх діаметрів, довжин, товщини, глибин тощо. До них належать штангенциркулі, штангенглибиноміри, штангенрейсмуси.

Штангенциркуль, як і інші штангенінструмент має вимірювальну штангу (звідси і назва цієї групи) з основною шкалою і ноніус - допоміжною шкалою для відліку часткою поділок. Точність його вимірювання - десяти / сота (у різних видів) частки міліметра. 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). Штангенциркуль ШЦ-1 (рис. 1) є найбільш поширеним серед штангенінструментів і застосовується для вимірювання зовнішніх, внутрішніх розмірів та глибин з величиною відліку за ноніусом 0,1мм.

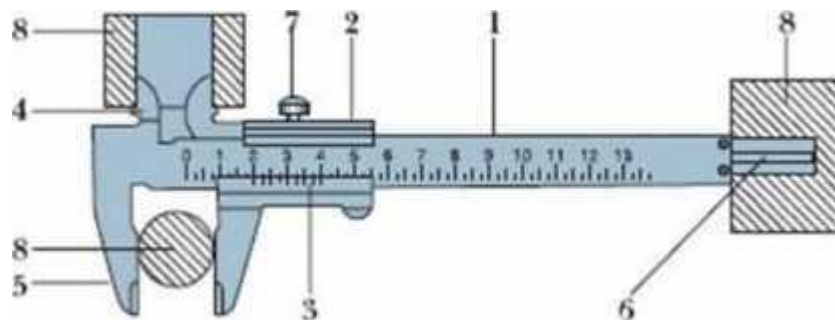


Рис. 1. - Штангенциркуль ШЦ-I

Штангенциркуль має штангу (1), на якій нанесено шкалу з міліметровими поділками. На одному кінці цієї штанги є нерухомі вимірювальні губки (4) і (5), а на іншому кінці - лінійка (6) для вимірювання глибин отворів деталі (8). По штанзі переміщається рухома рамка (2). Рамка у процесі зміни закріплюється на штанзі гвинтом (7). Нижні губки (5) служать для виміру зовнішніх розмірів, а верхні (4) - для внутрішніх розмірів. На скошеній грані рамки (2) нанесено шкалу (3), яка має назву «ноніуса».

Штанга. Це лінійка з нанесеними поділками, кожна з яких відповідає одному міліметру. Стандартна шкала має довжину 150 міліметрів або 15 сантиметрів, що є максимальною довжиною для вимірюваної деталі. Однак існують різновиди штангенциркулів, у яких довжина штанги перевищує цей стандарт і становить більше ніж 15 сантиметрів.

Рухома рамка штангенциркуля. Дозволяє легко переміщати губки інструменту. Завдяки цій рамці можна зменшувати або збільшувати відстань між губками до потрібного розміру вимірюваного об'єкта. Спеціальний гвинт дає можливість зафіксувати рамку в точному положенні, яке відповідає розміру вимірюваного предмета.

Шкала з точними розподілами. Завдяки цій шкалі можна уточнити і з'ясувати розмір деталі, яку вимірюють у вигляді цілого і правильного числа.

Губки внутрішні для вимірювання . Завдяки цим губкам вимірюють розмір потрібної деталі всередині. Наприклад, гуртки. Губки розводять до стінки кухля, суворо тільки всередині.

Губки зовнішні для вимірювання . За допомогою цих губок можна з легкістю виміряти предмет зовні. Їх слід стулити так, щоб права і ліва губки дуже щільно стикалися зі стінками предмета, якого слід заміряти зовні.

Лінійка для правильного вимірювання глибини-глибиномір. Даним пристосування вимірюють глибину окремого певного отвори. Також глибиномір потрібен для уточнень розмірів різноманітних виступів, які не виходить виміряти штангенциркулем.

Ноніус або допоміжна шкала . Ця шкала розташовується знизу щодо основної шкали. Розмір поділки ноніуса рівняється з 1,9 міліметрів кожне. Сама шкала володіє десятьма поділками. І тому відповідно довжина всієї допоміжної шкали дорівнює дев'ятнадцяти міліметрів. Такі розміри актуальні тільки для штангенциркулів певної серії. За допомогою даної допоміжної шкали як ноніус можна найбільш точно дізнатися розмір того предмета якого вимірюють з урахуванням до 10 частини мл.

Гвинт , він затискає рухливу рамку інструменту. Ця частина штангенциркуля дає можливість зафіксувати рухливу рамку, для того щоб після процесу вимірювання необхідної деталі не втратити всі наявні значення.

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: $p : c = a/p$.

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 відліки 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.

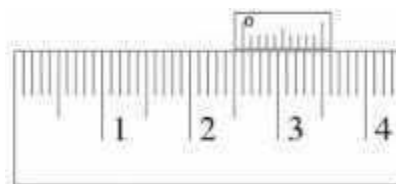


Рис. 2 Приклади відліку.

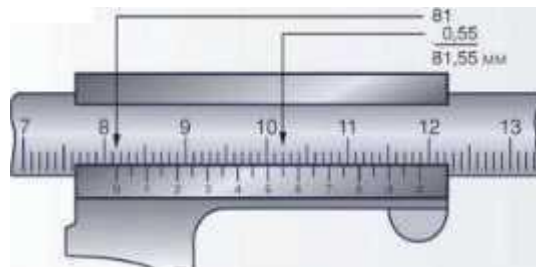


Рис. 3 - Масштабна лінійка.

Штангенциркуль ШЦ-II 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 (5) для зовнішніх та внутрішніх вимірів, рухомої рамки (2), затискувача рамки (8), ноніуса (7), рамки мікрометричної подачі (9) та фіксуючого гвинта (10).

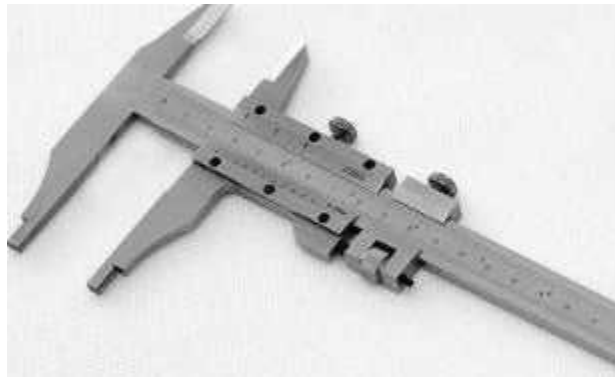


Рис. 4. Штангенциркуль ШЦ-I

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

Штангенциркуль ШЦ—III з величиною відліку за ноніусом 0,05 мм призначений для зовнішніх і внутрішніх вимірювань. Цей штангенциркуль застосовується рідко.



Рис. 5. Штангенциркуль ШЦ-III



Рис. 6. Штангенциркуль цифровий (а), зі стрілочним індикатором (б)

Під час вимірювання показань штангенциркуль тримають прямо перед очима. Цілі міліметри відраховуються за шкалою штанги зліва направо, орієнтуючись на нульовий штрих ноніуса. Дробові значення (десяті частки міліметра) визначаються шляхом множення відліку (0,1 або 0,05 мм) на номер штриха ноніуса, що збігається зі штрихом штанги, за винятком нульового.

Штангенглибиномір 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 - II.

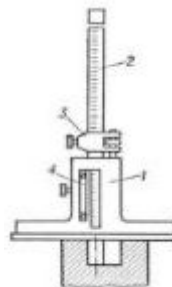


Рис. 7. Штангенглибиномір

Штангенрейсмуси використовуються для просторової розмітки та точного вимірювання відстаней на контрольній плиті між базовими поверхнями деталей і виїмками, виступами чи осями отворів. Основним елементом штангенрейсмуса є підстава, до якої прикріплена штанга з міліметровою шкалою. По штанзі рухається рамка з ноніусом та тримачем для вимірювальних стрижнів. Рамка для мікрометричної подачі аналогічна тій, що використовується у штангенциркулі ШЦ-П.

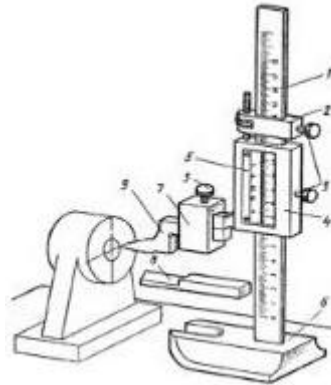


Рис. 8. Штангенрейзм

Правила користування штангенциркулем

Щоб правильно виміряти предмет за допомогою штангенциркуля, його беруть у ліву руку, а штангенциркуль — у праву. Ноніус попередньо відсувають на потрібну довжину, використовуючи великий палець правої руки. Потім предмет, який потрібно виміряти, поміщають між губками штангенциркуля і закріплюють за допомогою спеціального гвинта. Предмет повинен бути міцно зафіксований, щоб не рухатися. Далі знімають точні показання: спостерігають, наскільки змістився ноніус, який має десять поділок по одному міліметру. Після цього знаходять штрих, який збігається з нерухомою лінійкою. Важливо дивитися на поділки перпендикулярно, щоб отримати точні результати. Наприклад, якщо ноніус зрушився на десяту поділку, це відповідає 10 міліметрам, а восьма поділка збіглася — у такому випадку розмір вимірюваного предмета буде 10,8 міліметра.

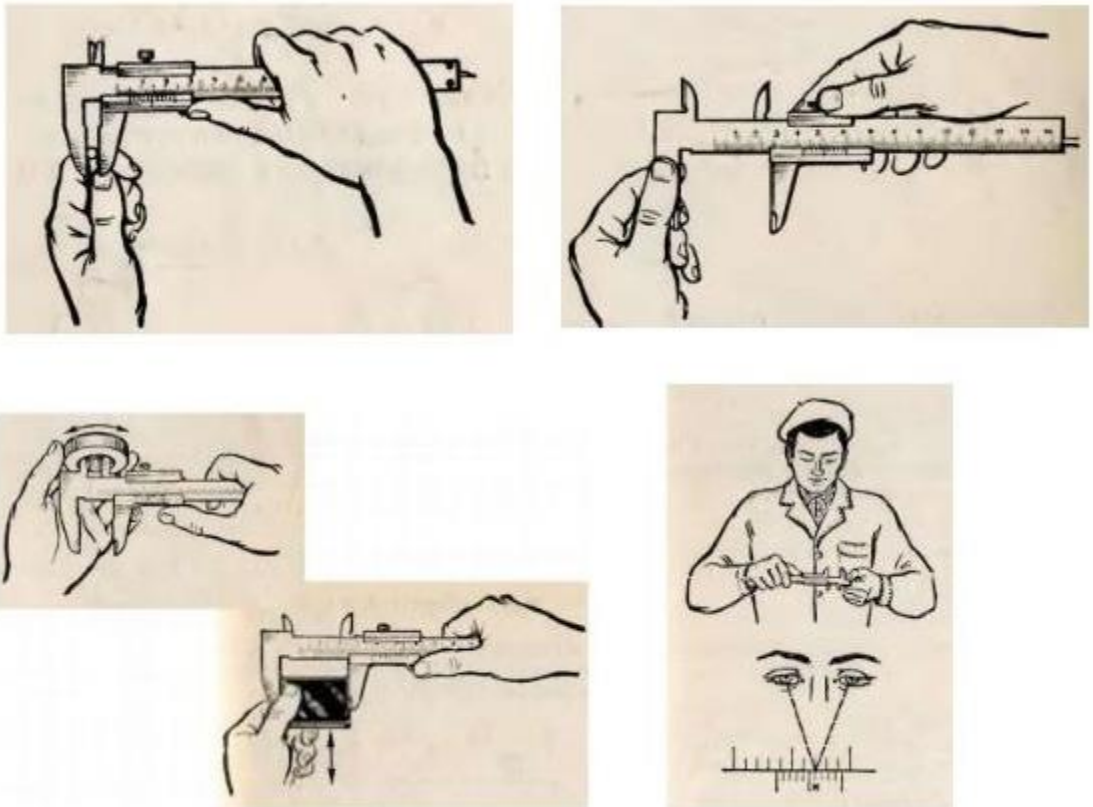


Рис.9 Правила користування штангенінструментом.

Щодо догляду за штангенциркулем, він не є надто вибагливим. Якщо ви часто користуєтеся інструментом, рекомендується після кожного використання протирати його. Для цього потрібно взяти серветку, змочити її в розчині луґу і ретельно протерти штангенциркуль, а потім добре висушити. Не варто допускати падінь або подряпин, оскільки штанги можуть легко погнутися, що призведе до втрати точності вимірювань. Якщо вам потрібно зробити кілька точних дрібних вимірювань, штангенциркуль є найзручнішим інструментом, з яким ви легко впораєтеся навіть із найменшими деталями. Тепер, знаючи, як правильно користуватися штангенциркулем, ви можете ефективно використовувати його для своїх потреб.

Основні поняття та визначення

Максимальне значення (max) — це найбільше значення у вибірці. Воно дозволяє визначити верхню межу досліджуваних даних.

Мінімальне значення (min) — це найменше значення у вибірці, яке визначає нижню межу.

Значення необхідні для розуміння діапазону зміни даних.

- Максимальне значення: $X_{max} = \max(X_1, X_2, \dots, X_n)$
- Мінімальне значення: $X_{min} = \min(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Середнє значення (mean) — це сума всіх значень вибірки, поділена на їх кількість. Воно показує "центр" розподілу даних.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1.1)$$

де X_i — значення в вибірці, n — кількість елементів вибірки. Середнє значення використовується для оцінки загальної тенденції в даних.

Математичне очікування (expected value) — це середнє значення випадкової величини, яке визначає її теоретичне середнє за нескінченною кількістю експериментів. Для вибірки математичне очікування приблизно збігається із середнім значенням.

$$E(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1.2)$$

де X_i — елементи вибірки, n — їх кількість.

Математичне очікування необхідне для прогнозування середнього результату випадкового процесу.

Дисперсія (variance) — це міра розкиду даних відносно середнього значення. Вона визначає, наскільки кожне значення відхиляється від середнього.

$$D(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (1.3)$$

де X_i — елементи вибірки, \bar{X} — середнє значення.

Дисперсія дозволяє оцінити, наскільки дані розосереджені навколо середнього значення.

Середнє квадратичне відхилення (standard deviation) — це квадратний корінь із дисперсії. Воно також характеризує розкид даних, але в тих самих одиницях вимірювання, що й початкові дані.

$$\sigma = \sqrt{D(X)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (1.4)$$

Середнє квадратичне відхилення використовується для оцінки варіацій у даних і визначення того, наскільки типові результати відрізняються від середнього.

Похибка вимірювання (measurement error) — це різниця між виміряним значенням і істинним значенням величини. Похибка може бути випадковою або систематичною.

$$\Delta X = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n} \quad (1.5)$$

де X_i — виміряні значення, \bar{X} — середнє значення.

Похибка вимірювання важлива для оцінки точності результатів та їх відповідності реальним значенням.

Приклад №1

Припустимо, що ми маємо кілька вимірювань довжини сторони куба, виконані за допомогою штангенциркуля з точністю до 0,05 мм. Створимо вибірку з 10 вимірювань, наприклад:

$$X = [25.00, 25.05, 24.95, 25.10, 24.90, 25.00, 25.05, 24.95, 25.10, 24.90]$$

Максимальне значення: (найбільше виміряне значення): $X_{\max} = 25.10$ мм

Мінімальне значення: (найменше виміряне значення): $X_{\min} = 24.90$

Середнє значення: $\bar{X} = \frac{25.00+25.05+24.95+25.10+24.90+25.00+25.05+24.95+25.10+24.90}{10} = \frac{249.00}{10} = 24.90$

Математичне очікування для вибірки збігається із середнім значенням: $E(X) = 24.90$ мм

Дисперсія: $D(X) = \frac{(25.00-24.90)^2 + (25.05-24.90)^2 + \dots + (24.90-24.90)^2}{10}$

Сума всіх доданків: $0.01+0.0225+0.0025+0.04+0.01+0.0225+0.0025+0.04+0.01+0.00=0.15$

$$D(X) = \frac{0.15}{10} = 0.015 \text{ мм}^2$$

Середнє квадратичне відхилення: $\sigma = \sqrt{0.015} \approx 0.122$ мм

Похибка вимірювання: $\Delta X = \frac{|25.00-24.90|+|25.05-24.90|+|24.95-24.90|+\dots+|24.90-24.90|}{10}$

Сума всіх доданків $0.10+0.15+0.05+0.20+0.00+0.10+0.15+0.05+0.20+0.00=1.00$

$$\Delta X = \frac{1.00}{10} = 0.01 \text{ мм}$$

За результатами аналізу вимірювань довжини :

- Максимальне значення: **25.10 мм**
- Мінімальне значення: **24.90 мм**
- Середнє значення (математичне очікування): **24.90 мм**
- Дисперсія: **0.015 мм²**

- Середнє квадратичне відхилення: **0.122 мм**
- Похибка вимірювання: **0.10 мм**

1.3. Підготовка до роботи

Вивчити основні поняття та формули, що стосуються статистичних характеристик вибірки, а саме: максимальне та мінімальне значення, середнє значення (математичне очікування), дисперсія, середнє квадратичне відхилення, похибка вимірювання. Це дозволить краще зрозуміти, як ці показники розраховуються та для чого вони потрібні. Ознайомитися з інструкціями по роботі з обладнанням

Для вимірювання довжини буде використовуватись штангенциркуль. Ознайомитись з експлуатацією штангенциркулем, як знімати показники, як проводити калібрування інструменту, якщо це необхідно.

Перед початком роботи потрібно переконатися, що штангенциркуль знаходиться в справному стані, а вимірювальні поверхні чисті від бруду та сторонніх частинок, які можуть вплинути на точність вимірювань.

1.4. Виконання роботи

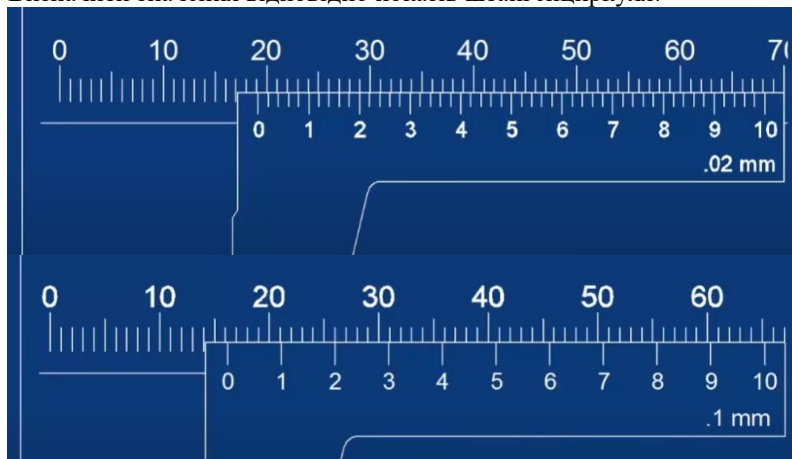
1. Провести вимірювання заданого об'єкту, або скористатись даними відповідно до варіанту з таблиці 1
2. Провести розрахунок максимального, мінімального, середнього значення, математичне очікування, дисперсія, середнє квадратичне відхилення та похибка вимірювання
3. Побудувати графіки розподілу вимірюваних даних.
4. Зробити висновки

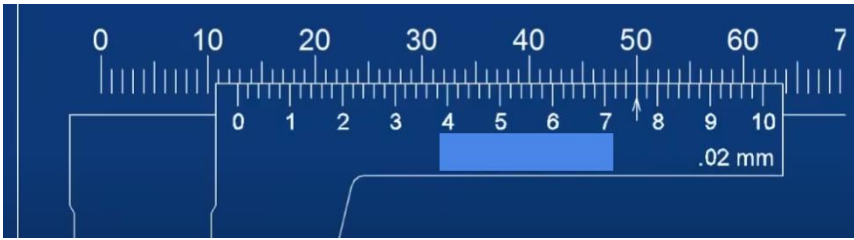
1.5. Зміст звіту

1. Найменування і мета роботи.
2. Обчислення даних.
3. Графіки розподілу вимірюваних даних.
4. Висновки по роботі.

1.6 Контрольні запитання

2. Що таке похибка вимірювання і як її можна оцінити для експериментальних даних? Які методи існують для зменшення похибки?
3. Як обчислюється середнє значення (математичне очікування) вибірки і яке його значення для оцінки центральної тенденції даних?
4. Що таке дисперсія вибірки і як вона характеризує розподіл даних? Яка її роль в статистичному аналізі?
5. Як знайти середнє квадратичне відхилення (стандартне відхилення) вибірки і чому цей показник є важливим для оцінки варіабельності даних?
6. Визначити значення відповідно показів штангенциркуля:





Таблиця 1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
варіант 1	1,1	0,95	1	0,95	0,95	1	1	1	1,05	1	0,95	0,9	1
варіант 2	1,95	2,05	2,1	1,95	1,95	2,05	1,9	2	2	1,95	2	1,9	2,05
варіант 3	3,05	3,1	3,05	2,9	3	3	3	3	3,05	2,95	2,95	2,95	3,05
варіант 4	3,95	3,95	4,05	4,05	3,95	4	3,9	4,05	4	4	4	4,05	4
варіант 5	4,9	4,9	5,05	4,95	5	5	5,05	5,05	4,95	5	4,9	4,9	4,9
варіант 6	5,95	6	5,9	5,9	6,05	5,9	5,9	5,95	6	6,05	6	6,05	6
варіант 7	6,95	6,95	6,95	6,9	7,05	7,05	6,9	6,95	7,05	7,05	7,05	6,95	6,95
варіант 8	8,05	8	7,95	7,95	7,9	8	8,05	8,05	7,95	8	7,9	7,95	8
варіант 9	9	8,9	8,9	8,95	9,05	8,9	9	8,95	8,95	9	8,95	9,05	8,95
варіант 10	9,9	9,95	9,9	10	10,05	10	10	9,9	9,9	10,05	10	9,9	9,9
варіант 11	11	11,05	11	11	10,95	10,9	10,95	11	10,9	11,05	11	11	10,95
варіант 12	12	12	11,9	11,95	11,95	11,9	12,05	11,9	12,05	11,9	11,9	12,05	11,95
варіант 13	12,9	12,9	13	12,9	12,95	12,95	12,9	12,95	13,05	13	12,9	13,05	13
варіант 14	13,95	13,95	13,9	13,9	14,05	14	14	13,95	13,95	14	13,95	14,05	13,95
варіант 15	14,95	15,05	14,9	15	14,9	14,9	15,05	14,95	14,95	15	14,95	14,9	15
варіант 16	16	15,9	16,1	15,95	16	15,95	16,1	16,1	16	15,9	16	15,9	16,05
варіант 17	16,9	17,1	16,9	16,95	17,05	17	17,1	16,9	16,95	17,05	16,9	17	16,95
варіант 18	18	18,1	17,9	17,95	17,9	17,95	18,1	17,9	18,1	17,9	17,9	17,95	17,9
варіант 19	18,95	19	19,05	19	19,1	18,9	18,9	18,9	19	19,05	18,95	18,95	19
варіант 20	19,95	20,1	20,1	19,9	20,05	19,95	19,9	19,95	20,1	20,05	20,1	20	20,05