ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

"Дослідження рівня точності виготовлення деталей"

3.1 Мета та завдання.

В роботі вимірюють партію валів, які були виготовлені з прутка на токарно-револьверному верстаті моделі 1А136. Студенти ознайомлюються з методикою оцінки точності виготовлення деталей типу вала шляхом статистичної обробки результатів вимірювання, а також визначають рівень точності (квалітет, по ГОСТ 25346-89).

3.2 Основні теоретичні положення.

Якість і надійність машин, в значній мірі, залежить від точності обробки деталей. Точність обробки визначається ступеню відповідності дійсних геометричних параметрів заданим на кресленні. Вона забезпечується технологічним процесом та обладнанням *і* характеризується допуском.

Різними методами обробки забезпечується різний рівень точності {квалітет точності). Наприклад, при свердлінні економічна точність – IT10 (IT8); при точінні, розвертанні –IT6(IT5); хонінгуванні -IT4 (IT3), фрезеруванні - IT9 (IT7); шліфуванні - IT5(IT4)ц доводці -IТЗ (IT01). У дужках вказано квалітет досяжної точності.

3.2.1 Похибки виготовлення і вимірювання.

При виготовленні деталей точність порушується виникають похибки обробки. Проявляється розсіяння розмірів при виготовленні однакових деталей в однакових технологічних умовах: на тому самому обладнанні, з однаковими режимами обробки. Розсіяння розмірів проявляється також при повторному вимірюванні однієї і тієї ж деталі. Похибки обробки (вимірювання) представляють собою відхилення геометричних параметрів від заданих. Кожна реальна деталь з партії має свою похибку (Δ).

Умова якості (придатності) деталі:$\Sigma\Delta \leq IT$, де $\Sigma\Delta$- сума похибок; IT - значення стандартного допуску.

Похибки бувають систематичні, випадкові і грубі. Систематичні похибки характеризуються сталою величиною і знаком, або змінюються за відомим законом. Джерелом систематичних похибок можуть бути неправильне настроювання верстатів, спрацювання різального та неточність вимірювального інструменту і др. Систематичні похибки можна виявити і вплинути на їх величину.

Випадкові похибки характеризуються тим, що мають змінну величину і знак. Передбачити заздалегідь їх значення і знак неможливо. Ці похибки викликані великою кількістю випадково змінних факторів, ні один з яких не є домінуючим, таких, як припуск на обробку, механічні властивості матеріалів, сила різання, величині вимірювального зусилля, а також, різна точність установки деталі на позицію в засобі вимірювання.

Повністю усунути випадкові похибки неможливо. їх можна зменшити, замінивши верстат, на якому провадиться обробка, або навіть його модель, можна провести інші ґрунтовні заміни в технологічному процесі. Можна зменшити випадкові похибки шляхом забезпечення більш рівномірного припуску на обробку, стабілізації сил затиску деталі в пристроях при обробці і вимірюванні, стабілізації вимірювального зусилля.

Характер зміни випадкових похибок можна передбачити у великій партії деталей: тоді вони підпорядковуються законам теорії ймовірностей.

Вплив випадкових похибок враховується допусками на розміри деталі.

Грубі похибки (промахи) виникають , коли при обробці деталі допущені грубі помилки, а саме: потрапляє стружка під встановлену деталь, неправильний відлік по лімбах верстату або на шкалі вимірювального приладу.

Грубі похибки, як систематичні, легко виявляються і усуваються.

3.2.2 Статистичний аналіз випадкових похибок.

Внаслідок похибок обробки дійсні розміри партії деталей відрізняються між собою: спостерігається розсіяння розмірів. Дійсні розміри деталей, а також їх похибки найбільш часто є випадковими величинами, тому для їх аналізу застосовують теорію ймовірностей і математичну статистику.

Для статистичного аналізу обробляють певну кількість деталей на одному верстаті в незмінних умовах (при однаковій швидкості різання, одним інструментом без зміни його настроювання тощо).

Цю загальну кількість деталей називають генеральною сукупністю. При вивченні масових явищ назначають певну кількість дослідів N, яку називають вибіркою

Для статистичного аналізу треба, щоб кількість деталей у вибірці була від 50 до 100, але не меншою 50 шт. Вимірювання мають проводитись інструментом з ціною поділки, меншою 0,1.частини поля допуску розміру.

Вимірювання розмірів деталей вибірки виконують в одному перетині, дотримуючись умов постійності вимірювання.

В результаті отримують дійсні розміри деталей. Їх розміщують по порядку зростання значень, і отримують ряд випадкових дискретних величин. Різниця між найбільшим і найменшим розмірами визначає діапазон (розмах) розсіяння випадкових величин (або полігон);

При N >50 розмах розбивають на k інтервалів. Рекомендується приймати k=8...16. Довжини інтервалів в межах розмаху назначають, як правило, рівними (або кратними) ціні поділки шкали інструменту.

Далі обчислюють число деталей, які мають розміри, обмежені границями кожного інтервалу $n_1,n_2,\dots n_k$. Випадковими величинами вважають розміри x_i, які дорівнюють середньому арифметичному діаметру кожного інтервалу k.

Характеристиками сукупності випадкових величин вважаються:

а) математичне сподівання випадкової величини M(x) або середній арифметичний розмір $\bar{x}$;

б) діапазон (розмах) розсіяння R;

в) крива розподілу.

а) Математичне сподівання M(x) випадкової величини може бути обчислене при великих вибірках N, тобто воно є характеристикою теоретичного розподілу

$$M(x) = \sum_{i=1}^{k} x_i \cdot p(x_i) \qquad (3.1)$$

де $x_1, x_2, \ldots x_к$ - випадкові величини розмірів деталей, мм;

$p(x_1), p(x_2), \ldots p(x_k)$ - ймовірність виготовлення розміру $x_к$.

Для невеликих вибірок N≤100 обчислюють середній арифметичний розмір

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{k} x_i \cdot \frac{n_i}{N} \qquad (3.2)$$

Для вибірок N≤100 - ймовірність події можна визначити приблизно, тобто

$$p(x_i) \cong n_i/N \qquad \mathbf{(3.3)}$$

Чим більший об'єм вибірки N, тим менша різниця величин в (3.3), а також менша різниця між M(x) і $\bar{x}$.

Значення M(x) і $\bar{x}$. визначають центр групування похибок випадкових величин.

Різниця між випадковим розміром x_i і середнім арифметичним розміром $\bar{x}$. носить назву відхилення від середнього значення (або залишкової похибки)

$$Xi = x_i - \bar{x} \qquad \mathbf{(3.4)}$$

Алгебраїчна сума відхилень від середнього $\sum x_i = 0$. Для випадкових величин x_i, величина X_i, - також є випадковою величиною.

б). Діапазон (розмах) розсіяння дійсних розмірів обчислюють по формулі

$$R = x_{max} - x_{min}, \quad (d_{max} - d_{min}) , \qquad \mathbf{(3.5)}$$

Де $\boldsymbol{x_{max}}$ і $\boldsymbol{x_{min}}$ - найбільший і найменший з дійсних розмірів деталей у вибірці;

в) Крива розподілу. Характер розподілу випадкових величин . похибок зображується графічно у вигляді кривої розподілу, яка відповідає певному закону.

Закон розподілу встановлює залежність між числовим значенням випадкової величини x_i і ймовірністю її появи $p(x_i)$. Для невеликих вибірок характер розсіяння значень випадкових величин найбільш наглядно визначається гістограмою, яка складається з прямокутників, або емпіричною кривою (яку ще називають полігоном розподілу (рис.3.1), приклад вибірки N = 100 шт),

Характер розсіяння емпіричних значень випадкових величин в значній сукупності їх приблизно відповідає якому-небудь теоретичному закону розподілу.

Так, розсіяння значень ексцентриситетів, відхилень від співвісності, радіального і торцевого биття, які можуть мати тільки додатній знак, найчастіше підпорядковується закону Максвелла [4]. Розсіяння відмов машин найчастіше підпорядковується закону Вейбулла (експоненціальний закон).

Розсіяння значень випадкових величин, зміна яких залежить від великої кількості факторів, коли ні один з них не має переваги (як це є при виготовленні та вимірюванні розмірів деталей) підпорядковується закону нормального розподілу ймовірностей закону Гаусса.

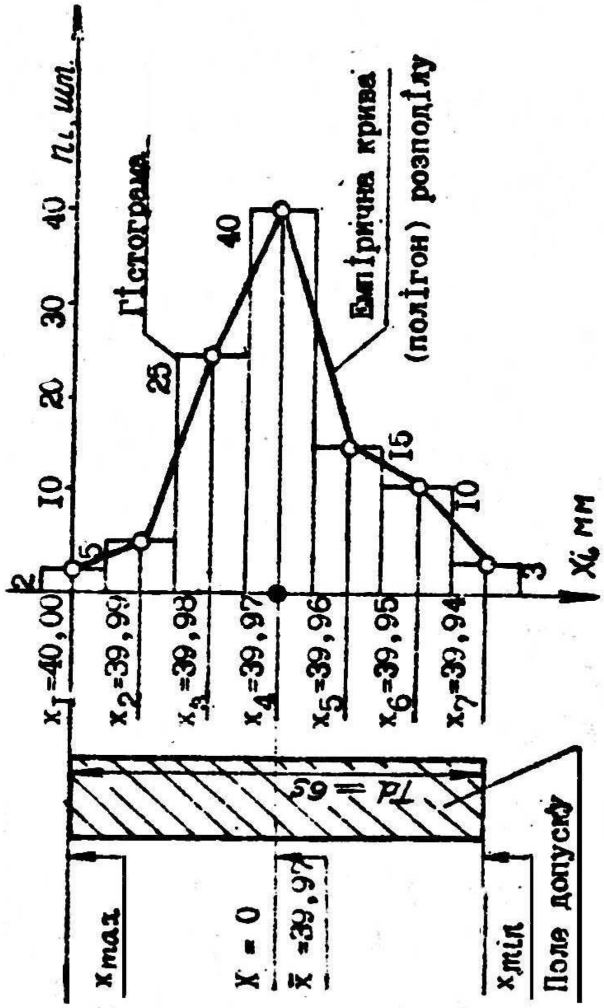

Рисунок 3.1- Гістограма та емпірична крива (полігон) розподілу значень випадкової величини.

3.2.3 Властивості нормального закону розподілу.

Широко поширений закон нормального розподілу (закон Гаусса) описується кривою, розміщеною симетрично відносно центра групування (рис.3.2). Вітки теоретичної кривої нормального розподілу спрямовані в нескінченість, асимптотично наближаючись до осі абсцис. Крива Гауса характеризується рівнянням.

$$Y = e^{\frac{-x^2}{2\sigma^2}} / (2\sigma\sqrt{2\pi})$$

де Y- щільність ймовірності випадкової похибки X;

σ - середнє квадратичне відхилення випадкової величини від центра групування;

$X = x_i - \bar{X}$- відхилення випадкової величини від центра групування;

е = 2,71828 - основа натурального логарифма.

Для дискретних величин середнє квадратичне відхилення обчислюється по формулі

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^{k}[x_i - M(x)]^2 \cdot p(x)} \qquad (3.7)$$

Величина σ є характеристикою теоретичного розподілу, тобто генеральної сукупності при $N \to \infty$ При оцінці вибіркових спостережень розсіяння випадкових величин відносно емпіричного центра характеризується емпіричним середнім квадратичним відхиленням

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^{k}[x_i - \bar{x}]^2 \cdot (n_i/N)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{k} {x_i}^2 \cdot (n_i/N)} \qquad (3.8)$$

Розмірність квадратичних відхилень σ, S співпадає з розмірністю випадкової величини, для якої вона визначається.

Таким чином, випадкова величина σ характеризує теоретичний розподіл, а величина емпіричного середнього квадратичного відхилення S дає приблизну оцінку σ, бо обчислюється на основі вибіркових вимірювань, спостережень. Чим більший об'єм вибірки, тим ближчі величини $x \to M(x)$ і $S \to \sigma$

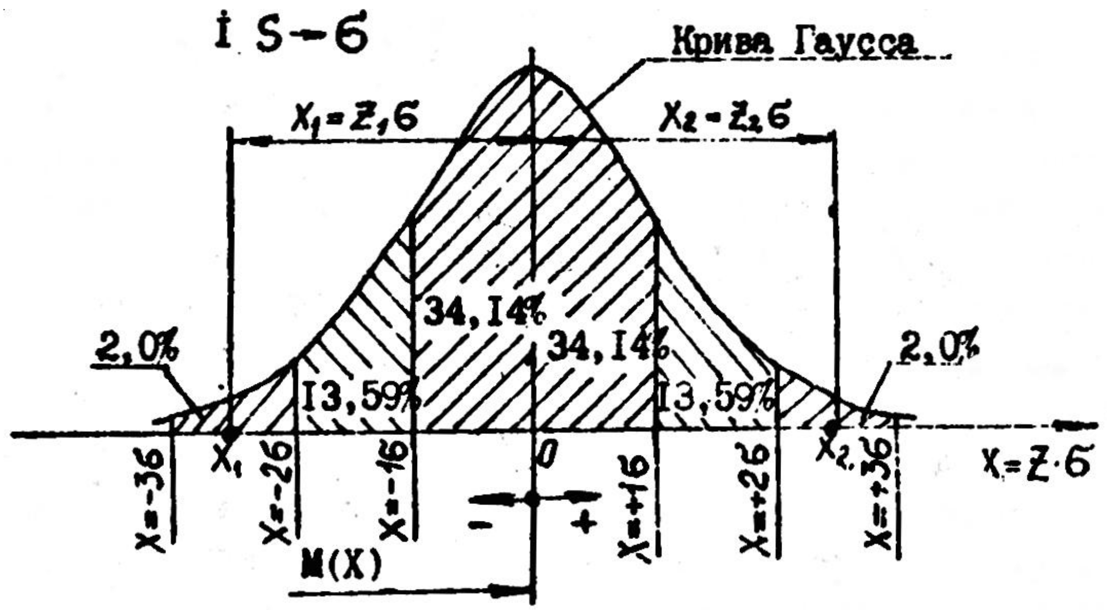

Рисунок 3.2.-Крива розподілу ймовірностей по нормальному закону

Випадкові похибки, підпорядковані закону нормального розподілу, характеризуються тим, що малі по величині похибки $Xi = x_i - \bar{x}$ зустрічаються частіше, ніж великі; додатні від’ємні похибки, рівні по абсолютній величині, зустрічаються однаково часто; найбільша ймовірність появи залишкової похибки X=0. яка відповідає центру групування, тобто величині M(x),($\bar{x}$).

Площа обмежена кривою нормального розподілу та віссю абсцис (див. рис. 3.2), дорівнює ймовірності того, що випадкова величина (наприклад,похибка розміру) лежить в інтервалі

$$-\infty < x_i < +\infty$$

Ця ймовірність, як ймовірність достовірної події, дорівнює і (або 100%) і визначається інтегралом

$$\left(\frac{1}{\sigma}\sqrt{2\pi}\right)\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2/2\sigma^2}\cdot dx = 1 \qquad \mathbf{(3.9)}$$

Ймовірність того, що випадкова похибка X_i знаходиться в границях $X_1 < X_i < X_2$

$$\mathrm{P}(\mathrm{X_1} < \mathrm{X_i} < \mathrm{X_2}) = \left(\frac{1}{\sigma}\sqrt{2\pi}\right)\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2/2\sigma^2}\cdot dx \qquad \mathbf{(3.10)}$$

Так як підінтегральна функція є парна і крива Гауса є симетричною відносно максимальної ординати, інтеграл (3.10) можна замінити інтегралом з нижньою границею X_1 =0, і верхньою границею, яка приймає ряд послідовних значень.

Випадкову величину X_i виражають в долях її σ , тобто $X / \sigma = Z$, $X = Z\cdot\sigma$, $dx=\sigma dz$. Тоді отримуємо інтеграл, який є функцією Z *і* називається функцією Лапласа:

$$\Phi_0(z) = (\frac{1}{2\pi})\int_0^z e^{-z^2/2}dz \qquad \mathbf{(3.11)}$$

причому $\Phi_o(0) = 0$; $\Phi_0(-z) = -\Phi_0(z)$; $\Phi_0(-\infty)$. = -0,5; $\Phi_0(+z) = 0,5$.

Аналіз функції Лапласа (2.11) і кривої на мал.3.2 показує, що площа, обмежена відрізком $Z_1 < Z < Z_2$ на осі абсцис, кривою щільності ймовірностей і двома ординатами, які відповідають границям відрізка($Z_1 = -X/\sigma$ і $Z_2=+X_2/\sigma$) представляє собою ймовірність попадання випадкової величини в даний інтервал.

В додатку [4] приведені значення інтеграла Φ_0, користуючись якими можна визначити ймовірність того, що випадкова-похибка X, виражена в долях σ , знаходиться в границях потрібного інтервалу.

На рис.*3.2* показана ймовірність отримання випадкових величин в різних діапазонах значень при законі нормального розподілу. Основна маса деталей (~68%) отримується з розмірами, які лежать в діапазоні X=±іσ відносно центра групування, ймовірність появи залишкових похибок з значеннями, які перевищують X =±3σ, складає всього 0,0027 (0,27), що для технічних розрахунків цілком прийняти.

3.2.4 Визначення рівня точності виготовлення розмірів.

Вплив випадкових похибок при виготовленні деталей враховується допусками на розміри. Таким чином, допуск розміру мав охоплювати поле розсіяння дійсних розмірів.

Виходячи з припущення, що дійсні розміри в партії деталей є випадковими величинами, розсіяння яких підпорядковується нормальному закону, можна прийняти поле розсіяння випадкової величини рівним

$$\omega_{lim} = \pm 3\sigma = 6\sigma \qquad (3.12)$$

і прирівняти його до допуску на виготовлення розміру [4] :

для теоретичного розподілу $T = 6\sigma$ (3.I3)

для вибірок ($N \leq 100$) $T = 6S$ (3.14)

де Т - допуск розміру.

При цьому ймовірність виходу випадкової величини (розміру деталі) за границі $\pm 3\sigma$ ($\pm 3S$) рівна 0,0027 (або 0,27%).

З другої сторони в системі ЄСДП (ГОСТ 25346-89) допуск залежить від рівня точності (квалітету) і величини номінального розміру (див.[2], розділ 4).

$$T = i \cdot k, \qquad (3.15)$$

де I (або i) - одиниця допуску, k - число одиниць допуску.

Якщо прирівняти вирази (3.13, 3.14) з (3.15), вибрати стандартну одиницю допуску (див. табл.4,[2]), то по результатах статистичного аналізу можна визначити число одиниць допуску k , яке характеризує рівень точності (квалітет).

для теоретичного розподілу при $N \to \infty$ $k = 6\sigma/i$, (3.16)

для вибірок $N \leq 100$ $k = 6S/i$.

Рівень точності (квалітет) визначають по ГОСТ 25346-69 або [2], розділ 4, табл.5.

3.3 ВИМІРЮВАННЯ ВАЛІВ

Необхідно оцінити точність виготовлення партії валів з номінальним розміром Ø13,7 мм, оброблених на токарно-револьверному автоматі мод. 1А136. Для статистичного аналізу беруть вибірку N=100 шт.

3.3.1 Вибір інструменту.

Вимірювання деталей мають проводитись інструментом з ціною поділки меншою 0,1 частини поля допуску розміру. Економічна точність при точінні вважається IT10. Для інтервалу розмірів понад 10 *до* 18 мм величина допуску Т = 0,07 мм (див. ГОСТ 25346-89. або [2], табл.3). В зв'язку з цим можемо для вимірювань використати гладкий мікрометр з діапазоном вимірювань 0...25 мм і ціною поділки шкали с=0,01 мм, яка дозволяє заокруглювати дійсні розміри до 0,005 мм.

Конструкція гладкого мікрометра і способи його використання описані в лабораторній роботі №1 "Визначення типу посадки", с.12-15.»

Вали треба вимірювати приблизно в одному і тому ж перетині (приблизно посередині деталі), дотримуючись постійності умов вимірювання, тобто обмежуючи вимірювальне зусилля тріскачкою.

Отримані дійсні розміри d_x (x_i) потрібно розмістити в порядку зростання дискретних величин у таблиці 2.1.

3.3.2. Визначення характеристик розсіяння.

Статистичний аналіз виконується після заповнення табл.2.1 звіту.

Спочатку обчислюється діапазон (розмах) розсіяння випадкових величин розмірів валів R (3.5). Цей діапазон розбивають на К інтервалів так, щоб довжина кожного відповідала ціні поділки ткали мікрометра c=0,01 мм.

Визначають абсолютні частоти появи деталей з розмірами в межах кожного інтервалу: n_1, n_2,…$n_к$, а також відносні частоти: n_1/N, n_2/N, … n_k/N. Заповнюють табл.2.1 звіту.

Випадковими величинами вважають розміри x_i , які дорівнюють середньому арифметичному з діаметрів кожного інтервалу.

Далі обчислюють емпіричні характеристики розсіювання: $\bar{x}$ - середній арифметичний розмір вибірки (3.2), залишкові похибки x_i, (3і4).
та S - емпіричне середньоквадратичне відхилення (3.8).

Величина $\bar{x}$ визначає емпіричний центр групування, а величина *S* - поле розсіяння дійсних розмірів відносно центра групування.

3.3.3 Визначення рівня точності (квалітету точності) виготовлення валів роблять, обчисливши величину поля емпіричного розсіювання (3.12) і прирівнявши його до величини допуску(3.14).

Для цього спочатку визначають стандартне значення одиниці допуску i(I) по[2] , табл.4, далі обчислюють число одиниць допуску k в полі розсіяння (3.16). Квалітет точності визначають по ГОСТ 25346-89 або [2], розділ 4, табл.5.

3.3.4 Побудова гістограми та емпіричної кривої (полігону) розподілу.

Характер розсіяння значень випадкових величин дійсних розмірів валів вибірки N=100 шт визначається гістограмою, яка складається з прямокутників, або емпіричною кривою розподілу *(див. рис. 3.1).*

По одній осі відкладають інтервали дійсних розмірів валів, а по другій - величини, пропорціональні абсолютним частотам n_k появи розміру в кожному інтервалі.

Виходячи з форми емпіричної кривої, значень $\bar{x}$ і S висувається гіпотеза про відповідність тому чи іншому закону розподілу (теоретичному).

Відповідність емпіричного розподілу припущеному теоретичному встановлюють при допомозі критеріїв χ^2 Колмогорова і ін. Найбільш часто при виготовленні однакових деталей проявляється закон нормального розподілу.

Біля гістограми зображають поле розсіяння $\omega_{lim} = 6S$, яке прирівнюють до поля допуску Td , наносять величини $\bar{x}$, x_{max} , x_{min}.