

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра автомобілів та автомобільного господарства



02-03-134М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«Технологічні основи машинобудування»
для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня
за освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація
машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості ННМІ
Протокол № 9 від 20.06.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Технологічні основи машинобудування» для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня за освітньо-професійною програмою «Створення та експлуатація машин і обладнання» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Пікула М. В. – Рівне : НУВГП, 2023. – 38 с.

Укладач: Пікула М. В., старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Відповідальний за випуск: Стадник О. С., в.о. завідувача кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності, к.т.н., доцент кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання Нечидюк А. А.

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри автомобілів та автомобільного господарства
Протокол №12 від 13 червня 2023 року

© М. В. Пікула, 2023
© НУВГП, 2023

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Студента допускають до виконання лабораторної роботи тільки після перевірки знання ними мети, змісту, теоретичних положень і порядку виконання роботи. Студентів, котрі мають незадовільні знання, до виконання роботи не допускають.

Робота вважається виконаною після перевірки викладачем звіту з наведеними результатами. Виконану роботу потрібно захистити.

Охорона праці при виконанні лабораторних робіт

На першому занятті зі студентами проводять інструктаж з охорони праці в навчальній лабораторії з подальшою реєстрацією й особистим підписом студента у відповідному журналі. Перед виконанням кожної лабораторної роботи студентів ознайомлюють з правилами техніки безпеки при її виконанні.

Студентам ЗАБОРОНЕНО:

- приступати до виконання лабораторної роботи без ознайомлення з правилами охорони праці;
- вмикати устаткування без дозволу майстра;
- торкатися рухомих частин механізмів, інструментів і заготовок;
- знімати огороження з електроустаткування, відкривати двері електрошкаф;
- про несправності устаткування потрібно негайно повідомити майстра та викладача;
- торкатися неізольованих струмопровідних частин устаткування;
- застосовувати надмірні зусилля при роботі з приладами;
- вимірювати розміри заготовки, яка обертається;
- гальмувати рукою патрон, який обертається, і не підтримувати заготовку, яку відрізають, рукою;
- видаляти стружку без застосування спеціальних засобів;
- палити і забруднювати приміщення лабораторії, псувати майно.

Студенти ЗОБОВ'ЯЗАНІ:

- виконувати тільки доручену викладачем роботу;
- здавати своє робоче місце майстрові (викладачу) чистим і прибраним;
- перед включенням верстата переконатися, що його пуск нікому не загрожує, і перевірити роботу верстата на холостому ходу;
- після закінчення роботи вимкнути устаткування, прибрати і здати робоче.

Лабораторна робота №1
ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ВИРОБУ

Мета роботи: *засвоїти поняття:* виріб, складальна одиниця, вузол, порядок і базовий елемент вузла.

Забезпечення роботи: складальна одиниця, її креслення і специфікація; набір слюсарних інструментів.

1.1 Теоретичні відомості

Виріб - це предмет виробництва, який виготовляють на заводі: складальна одиниця, деталь, заготовка тощо. *Складальна одиниця (СО)* - виріб, складові частини якого з'єднують складальними операціями (згвинчуванням, зварюванням, запресовуванням) на заводі-виробнику (наприклад – верстат). За призначенням СО бувають:

а) *конструктивні*, які мають самостійне функціональне призначення, але не можуть бути зібрані окремо від інших складових частин виробу (наприклад, кривошипно-шатунний механізм);

б) *технологічні*, які можна зібрати окремо, проте вони не можуть виконувати певну функцію без інших складових частин виробу (вал з підшипником);

в) *конструктивно-технологічні*, які мають не тільки самостійне функціональне призначення, але й відповідають умові самостійного і незалежного складання (генератор, карбюратор тощо).

Технологічні та конструктивно-технологічні СО відносять до *вузлів*, які можна зібрати окремо. Складність вузла характеризує його порядок. Так, сам виріб є вузлом 0-го порядку. Вузли, що безпосередньо входять у виріб, є вузлами 1-го порядку. Складальні одиниці, що входять у вузол 1-го порядку, називають вузлами 2-го порядку тощо (рис.1.1).

Кожен вузол має *базовий елемент* - основний координуючий елемент (деталь чи вузол). Він виконує роль основної з'єднувальної ланки, яка надає деталям задане відносне положення.

Вузли, їх порядок і базові елементи виявляють при розбиранні виробу. Деталь (чи вузол), що залишається при розбиранні, є *базовою (им)*. Кожному вузлу присвоюють назву і позначення. Назва вузла складається з назви базової деталі і слів „в зборі”. Так, вал в зборі з підшипником іменують як „вал у зборі”. Позначення включає

порядковий номер вузла; ознаку складальної одиниці („зб”); номер базової деталі на складальному кресленні.

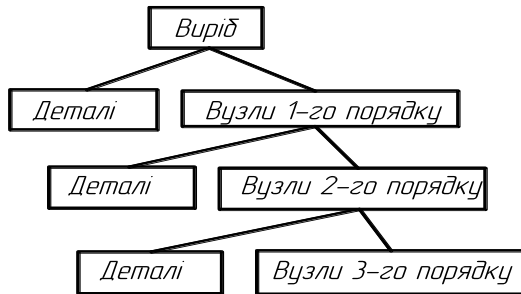


Рис.1.1. Розподіл виробу на вузли

Розділивши виріб на вузли і встановивши їх кількість, можна визначити число операцій процесу складання виробу: вона приблизно дорівнює загальній кількості вузлів.

Розглянемо виявлення вузлів і їхніх базових елементів на прикладі пневмоциліндра (рис.1.2). Спочатку виконують загальне розбирання виробу на деталі та вузли 1-го порядку. Далі розбирають вузли 1-ого порядку і виявляють вузли 2-го порядку. І так – до повного розбирання виробу. Послідовність розбирання представлена у таблиці 1.1, а структура виробу - в таблиці 1.2.

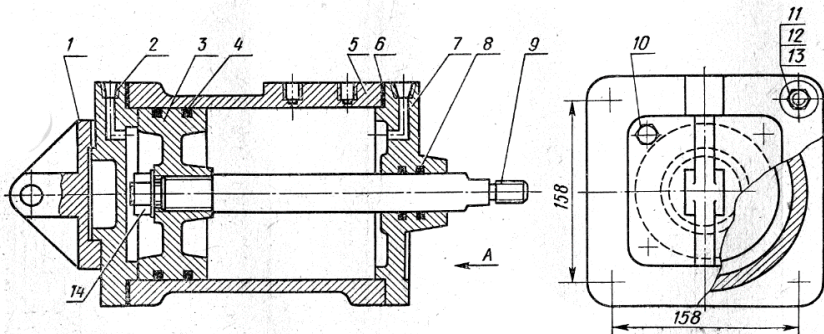


Рис.1.2. Схема пневмоциліндра: 1 – фланець, 2 – кришка, 3 – поршень, 4 – кільце ущільнююче, 5 – циліндр, 6 – прокладка, 7 – кришка, 8 – кільце ущільнююче, 9 – шток, 10 – гвинт, 11 – болт, 12 – шайба, 13 – гайка, 14 – гайка спеціальна

Таблиця 1.1

Виявлення вузлів та їх базових деталей

№ зп	Ключове слово	Деталі, які знімають чи залишають	Вузли, які знімають чи залишають
<i>Загальне розбирання виробу (пнеumoциліндра 0зб.5)</i>			
1.	Відгвинтити і зняти	Гайку 12 (4 шт.), шайбу 13 (8 шт.)	Шпилька 11 в зборі 1зб.11 (4 шт.)
2.	Зняти	Прокладку 6 (2 шт.)	Кришка 7 в зборі 1зб7, кришка 2 в зборі 1зб2
3.	Зняти		Поршень 3 в зборі - 1зб3
	Залишилась	Базова деталь – циліндр 5	
<i>Розбирання вузлів першого порядку</i>			
<i>1) розбирання шпильок 1зб11 (4 шт.)</i>			
1.	Згвинтити	Гайку 12 (4 шт.)	
	Залишилась	Базова деталь – шпилька 11 (4 шт.)	
<i>2) розбирання кришки 1зб2</i>			
1.	Відгвинтити	Болт 10 (4 шт.)	
2.	Зняти	Фланець 1	
	Залишилась	Базова деталь – кришка 7	
<i>3) розбирання кришки 1зб7</i>			
1.	Зняти	Кільця 8 (2 шт.)	
	Залишилась	Базова деталь - кришка 7	
<i>4) розбирання поршня 1зб3</i>			
1.	Відгвинтити	Гайку 14	
	Випресувати	Шток 9	
	Залишився		Базовий вузол - поршень в зборі 2зб3
<i>Розбирання вузлів другого порядку - розбирання поршня в зборі 2зб3</i>			
1.	Зняти	Кільця 4 (2 шт.)	
	Залишилась	Базова деталь – поршень	

1.2. Порядок виконання роботи

1.2.1. Ознайомтесь з конструкцією виробу.

1.2.2. Надайте виробу зручне положення на столі чи у лещатах і намітьте загальну послідовність розбирання виробу і ті складальні елементи, які слід зняти в першу чергу.

1.2.3. Проведіть загальне розбирання виробу на деталі та вузли 1-го порядку.

1.2.4. Розберіть вузли 2-го порядку і виявіть вузли 3-го порядку. Продовжуйте розбирання до повного завершення.

1.2.5. Опишіть процес розбирання заданого вузла (табл. 1.1).

1.2.6. Складіть структуру виробу.

Таблиця 1.2.

Структура пневмоциліндра

№ зп	Найменування і позначення вузла	Структурні елементи виробу		
		Базовий елемент	Вузли і їх порядок	Деталі
1.	Пневмоциліндр 0зб5	Циліндр 5	Вузли 1-го порядку: шпилька 11 в зборі – 1зб11 (4 шт.); кришка 7 в зборі – 1зб7; кришка 2 в зборі – 1зб2; поршень 3 в зборі 1 – 1зб3	Гайка 12 (4 шт.); шайба 13 (8 шт.); прокладка 6 (2 шт.); циліндр 5
2.	Шпилька 11 в зборі - 1зб11 (4 шт)	Шпилька 11 (4 шт)	-	Шпилька 11 (4 шт), гайка 12 (4 шт.)
3.	Кришка 7 в зборі – 1зб7	Кришка 7		Кришка 7; кільце 8 (2 шт.)
4.	Кришка 2 в зборі – 1зб2	Кришка 2		Кришка 2; фланець 1; болт 10 (4 шт.)
5.	Поршень 3 в зборі – 1зб3	Поршень в зборі – 2зб3	Вузол 2-го порядку: поршень в зборі – 2зб3	Гайка 14; шток 9
6.	Поршень 2 в зборі – 2зб3	Поршень 3		Поршень 3; кільце 4 (2 шт.)
Кількість вузлів – 6: 0-го порядку – 1; 1-го порядку – 4; 2-го порядку – 1				

1.3. Зміст звіту

- 1) найменування і мета роботи, її забезпечення;
- 2) найменування і призначення виробу, його специфікація;
- 3) виявлені вузли і їхні базові елементи (табл.1.1);
- 4) структура виробу;
- 5) висновки.

Лабораторна робота №2
**ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ
СТАТИСТИЧНИМ МЕТОДОМ**

Мета роботи: *засвоїти поняття:* випадкова величина і її поле розсіювання; закони розподілу; емпірична та теоретична криві розподілу; *отримати навички* побудови кривих розподілу; застосування законів розподілу для оцінки точності технологічних операцій.

Забезпечення роботи: набір деталей, мікрометр, довідники

2.1. Теоретичні відомості

Точність деталі – це ступінь її відповідності всім вимогам робочого креслення, технічних умов і стандартів. Чим більша відповідність, тим вища точність обробки, критеріями якої є:

- відхилення дійсних розмірів деталі від номінальних;
- відхилення геометричної форми деталі чи її окремих елементів;
- відхилення поверхонь і осей деталі від взаємного розміщення;
- точність маси деталі чи її дисбаланс;
- відповідність заданих і фактичних властивостей матеріалу.

Відхилення реальних параметрів деталі від заданих називають *похибкою виготовлення*.

Для оцінки точності широко використовують математичну статистику, об'єктами якої є *випадкові величини*, тобто величини, які не підкоряються ніяким видимим закономірностям. В партії деталей, які обробляють на верстаті, такими величинами можуть бути розмір, похибки взаємного розташування і форми поверхонь, твердість, маса. Математичну статистику застосовують і для оцінки точності устаткування; прогнозування браку при обробці великих партій заготовок; оцінки окремих похибок обробки тощо

Інтервал, в якому розсіюється випадкова величина, називають *полем розсіювання*.

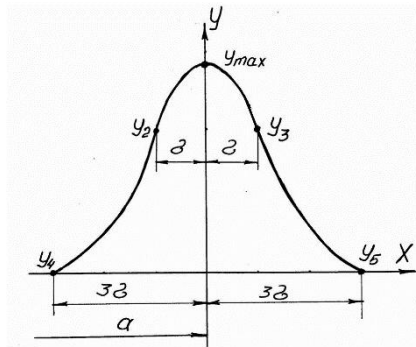
Випадкову величину визначити неможливо, зате її можна оцінити - встановити величину поля розсіювання її значень з певною ймовірністю. Для цього використовують закони розподілу – залежності між числовими значеннями величини X і щільністю ймовірності U їхньої появи – та відповідні теоретичні криві розподілу.

Точність досліджують з використанням теоретичних кривих, які відповідають законам нормального розподілу, Сімпсона (трикутника), рівної ймовірності (прямокутника). Найбільш поширений закон *нормального розподілу Гауса*, який описується рівнянням (2.1) і кривою (рис.2.1):

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.1)$$

де a - математичне очікування випадкової величини; σ - середньоквадратичне відхилення.

Рис.2.1.Крива нормального розподілу Гауса



Крива має найбільшу ординату при $x=a$ (центр групування випадкової величини):

$$y_{\max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \approx \frac{0,4}{\sigma} \quad (2.2)$$

На відстані $\pm\sigma$ від вершини крива має дві точки перегину:

$$y_2 = y_3 \approx \frac{0,24}{\sigma} \quad (2.3)$$

Крива асимптотично наближається до осі абсцис. На відстані $\pm 3\sigma$ від центра групування ординати точок прирівнюють до нуля:

$$y_4 = y_5 = 0 \quad (2.4)$$

Випадкова величина розсіюється за законом Гауса лише тоді, коли вплив усіх факторів однаковий. За цим законом розсіюються розміри партії заготовок, які обробляють з точністю 8...9 квалітетів і більших.

Для визначення параметрів a і σ необхідно провести число спостережень, близьке до нескінченності. Це практично неможливо, тому використовують наближені значення \bar{x} і s - оцінки параметрів

розподілу, які визначають після проведення обмеженої кількості спостережень - *вибірки* ($n=50...100$). За цими оцінками будують криву нормального розподілу.

Середньоарифметичне значення \bar{x} (замість a):

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.5)$$

де x_i - значення випадкової величини в i -му спостереженні; n - загальне число спостережень,

Середньоквадратичне відхилення s (замість a):

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.6)$$

Встановивши закон розподілу випадкової величини, можна з певною ймовірністю визначити величину інтервалу, в якому вона з цією ймовірністю буде знаходитись. Для закону Гауса встановлено, що з ймовірністю $P=0,9973$ (99,73%) випадкова величина знаходиться в інтервалі:

$$\omega = 6\sigma = 6s \quad (2.7)$$

Ця залежність (*правило „шести сігм”*) є основою для визначення поля розсіювання параметрів устаткування, оцінки точності операцій і похибок обробки. Щоб нею скористатися, потрібно бути певним, що випадкова величина розсіюється за нормальним законом розподілу. Для перевірки цього припущення використовують два методи: за критерієм узгодження і візуальний.

Візуальний метод полягає в суміщенні кривих емпіричного і теоретичного розподілів, побудованих в одному масштабі. Для цього:

- за результатами досліджень будують емпіричну криву розподілу;

- знаходять оцінки \bar{x} і s ;

- прирівнюють параметри закону Гауса до знайдених оцінок ($a = \bar{x}$ і $\sigma = s$);

- будують криву нормального розподілу, яку наносять на графік з емпіричною кривою у тому ж масштабі.

При подібності кривих роблять висновок, що фактичний розподіл випадкової величини не суперечить гіпотезі про її нормальний розподіл (тобто поле розсіювання величини лежить в інтервалі 6σ).

Емпіричну криву розподілу будують у такому порядку:

- після вимірювання досліджуваної величини визначають *широту розмаху* L - інтервал, в якому знаходяться експериментальні значення x :

$$L = x_{max} - x_{min} \quad (2.8)$$

- широту розмаху розбивають на *інтервали*, кількість яких q можна визначити за формулами:

$$q = 1 + 1,44 \ln n \text{ при } n < 100 \quad (2.9)$$

$$q = 2,17 \ln n \text{ при } n > 100 \quad (2.10)$$

де n - кількість спостережень;

- визначають ширину інтервалу:

$$\Delta l = \frac{L}{q} \quad (2.11)$$

- визначають границі інтервалів, починаючи з мінімального значення;

- знаходять частоту m_i - кількість вимірювань, які попадають в i -тий інтервал. Коли значення попадає на границю інтервалу, то в суміжні інтервали відносять по 0,5 одиниці;

- по осі абсцис відкладають значення інтервалів величини x . На середині кожного інтервалу по осі ординат відкладають відповідні частоти m_i ;

- отримані точки з'єднують відрізками, отримуючи емпіричну криву розподілу.

Для побудови нормальної кривої розподілу визначають \bar{x} і s :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^q x_{icp} m_i}{n} \quad (2.12)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^q (x_{icc} - \bar{x})^2 m_i}{n - 1}} \quad (2.13)$$

де x_{icp} - середнє значення i -го інтервалу.

Прирівнюють параметри закону Гауса до знайдених оцінок: $a = \bar{x}$ і $\sigma = s$.

Для побудови кривої нормального розподілу в тому ж масштабі, що й емпірична крива, отримані ординати перемножують на масштабний коефіцієнт $(n \Delta l)$. Координати характерних точок кривої:

$$\text{при } x_i = \bar{X}$$

$$m_i = 0,4 \frac{n \times \Delta l}{s}$$

$$\text{при } x_i = \bar{x} \pm s:$$

$$m_i = 0,24 \frac{n \times \Delta l}{s}$$

$$\text{при } x_i = \bar{x} \pm 3s$$

$$m_i = 0$$

При подібності кривих роблять висновок, що фактичний розподіл випадкової величини не суперечить гіпотезі про її нормальний розподіл (поле розсіювання ω величини лежить в інтервалі $6s$).

Приклад. Оцініть точність токарної обробки партії деталей при одному налагодженні верстата без заміни різця (табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Результати вимірювань

№ пп	Розмір, мм	№ пп	Розмір, мм	№ пп	Розмір, мм
1.	20,02	18.	20,08	35.	20,10
2.	20,08	19.	20,14	36.	20,09
3.	20,10	20.	20,09	37.	20,12
4.	20,05	21.	20,10	38.	20,07
5.	20,07	22.	20,06	39.	20,12
6.	20,11	23.	20,12	40.	20,08
7.	20,09	24.	20,15	41.	20,10
8.	20,10	25.	20,09	42.	20,10
9.	20,05	26.	20,15	43.	20,13
10.	20,12	27.	20,10	44.	20,14
11.	20,10	28.	20,07	45.	20,07
12.	20,10	29.	20,10	46.	20,12
13.	20,08	30.	20,12	47.	20,09
14.	20,12	31.	20,16	48.	20,12
15.	20,11	32.	20,10	49.	20,10
16.	20,13	33.	20,09	50.	20,10
17.	20,10	34.	20,06		

Широта розмаху: $L = x_{max} - x_{min} = 20,16 - 20,02 = 0,14$ мм

Число інтервалів: $q = 1 + 1,44 \ln 50 = 6,63$. Приймаємо $q = 7$.

Ширина інтервалу: $l = \frac{L}{q} = \frac{0,14}{7} = 0,02 \text{ мм}$. Приймаємо $l = 0,02 \text{ мм}$.

Визначаємо границі інтервалів і середнє значення кожного інтервалу, знаходимо частоту m_i попадання вимірювань в кожен інтервал і результати записуємо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Дані для побудови емпіричної кривої розподілу

№ з/п	Інтервали розмірів, x_i , мм	Частота, m_i	$x_{i \text{ ср}}$, мм	$x_{i \text{ ср}} m_i$	$x_{i \text{ ср}} - \bar{x}$	$(x_{i \text{ ср}} - \bar{x})^2$	$(x_{i \text{ ср}} - \bar{x})^2 m_i$
1.	20,02...20,04	1	20,03	20,03	-0,07	0,0049	0,0049
2.	20,04...20,06	3	20,05	60,15	-0,05	0,0025	0,0075
3.	20,06...20,08	7	20,07	140,49	-0,03	0,0009	0,0063
4.	20,08...20,10	15	20,09	301,35	-0,01	0,0001	0,0015
5.	20,10...20,12	13	20,11	261,43	0,01	0,0001	0,0013
6.	20,12...20,14	7	20,13	140,91	0,03	0,0009	0,0063
7.	20,14...20,16	4	20,15	80,60	0,05	0,0025	0,0100
		50		1004,96			0,0378

Визначаємо середньоарифметичне значення і середньо-квдратичне відхилення (мм):

$$\bar{x} = \frac{\sum x_{i \text{ ср}} m_i}{\sum m_i} = \frac{1004,96}{50} = 20,099$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{i \text{ ср}} - \bar{x})^2 m_i}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0378}{50-1}} = 0,027775$$

Координати характерних точок нормального розподілу:

а) при $x_i = \bar{x} = 20,10$ $m_1 = 0,4 \frac{n \times \Delta l}{s} = 0,4 \frac{50 \cdot 0,015}{0,028} = 14,285$

б) при $x_i = \bar{x} \pm \sigma = 20,10 \pm 0,028$ $m_2 = m_3 =$

$$0,24 \frac{n \times \Delta l}{s} = 0,24 \frac{50 \cdot 0,015}{0,028} = 8,57$$

в) при $x_i = \bar{x} \pm 3s = 20,10 \pm 0,084$: $m_4 = m_5 = 0$

Оскільки криві між собою подібні, то можна зробити висновок, що гіпотеза про нормальний розподіл розмірів може мати місце.

2.2. Порядок виконання роботи

- 2.2.1. Виміряйте заданий параметр партії деталей (табл. 2.1).
- 2.2.2. Визначте широту розмаху, кількість інтервалів, ширину інтервалу.
- 2.2.3. Визначте границі інтервалів (колонка 2, табл. 2.2):
- 2.2.4. Визначте частоту m_i (колонка 3, табл. 2.2).
- 2.2.5. Розрахуйте дані і заповніть колонки 4...8 таблиці 2.2.
- 2.2.6. Розрахуйте середнє арифметичне значення і середньоквадратичне відхилення.
- 2.2.7. Побудуйте графік фактичного розподілу.
- 2.2.8. Розрахуйте координати характерних точок кривої Гауса, нанесіть їх на той самий графік і з'єднайте плавною кривою.
- 2.2.9. Зробіть висновок про відповідність емпіричної кривої закону нормального розподілу.

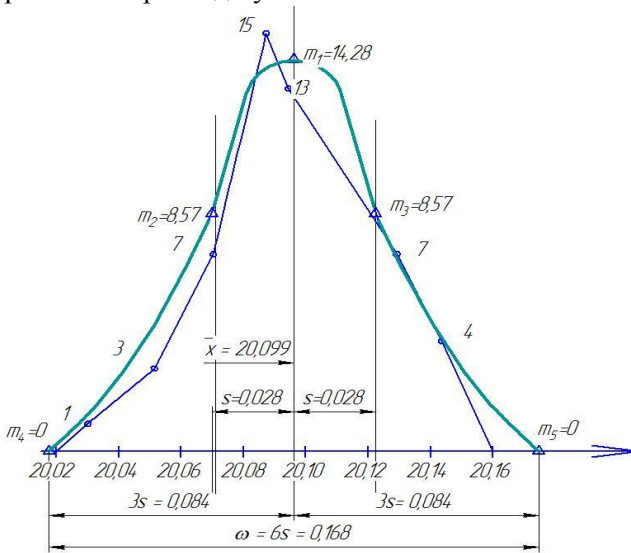


Рис. 2.3 Крива емпіричного та теоретичного розподілів розмірів

2.3. Зміст звіту

- 1) найменування, мета і забезпечення роботи;
- 2) результати вимірювань і розрахунків для побудови емпіричної кривої розподілу і кривої нормального розподілу;
- 3) суміщені графіки кривих фактичного і нормального розподілу;
- 4) висновки.

Лабораторна робота №3
**ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ТОКАРНО-
ГВИНТОРІЗНОГО ВЕРСТАТА**

Мета роботи: вивчити методи перевірки верстата на точність та оцінити його стан по показниках його точність.

Забезпечення роботи: токарно-гвинторізний верстат; набір оправок, індикатор годинникового типу; магнітний стояк.

3.1. Теоретичні відомості

Нові верстати перевіряють на якість виготовлення, а відремонтовані - на якість ремонту. Для цього верстати випробовують на геометричну точність, точність геометричної форми оброблюваних деталей і жорсткість.

Геометричну точність верстата визначають перевіркою точності взаємного розміщення, переміщення та співвідношення рухів робочих органів, які несуть заготовку та інструмент.

При виготовленні верстата є похибки обробки його деталей та похибки складання вузлів і верстата в цілому. Ці похибки проявляються у вигляді відхилень розміщення його окремих елементів, неточності виконання необхідних рухів (наприклад, биття шпинделя) і називаються геометричними похибками верстата.

Допустимі значення геометричних похибок та методи їх вимірювання зазначені у паспорті верстата, де вказують і дійсні значення цих похибок, визначених після виготовлення верстата. Вони залежать від класу точності, зменшуючись з норм для верстатів класу точності Н (нормальна) до верстатів класів точності П (підвищена) і В (висока).

Вимірювання геометричних похибок виконують на верстаті у ненавантаженому стані при нерухомому положенні його вузлів або при їх повільному переміщенні вручну. Правила перевірки регламентовані стандартом *ISO 230-1:2012 «Норми і правила випробувань механічних верстатів. Частина 1. Геометрична точність верстатів, що працюють на холостому ході або в квазістатичному режимі»*.

Випробовування верстата під навантаженням проводять в умовах, близьких до виробничих, обробкою зразків на таких режимах, при яких навантаження не перевищує номінальної

потужності приводу. У процесі випробовування допускається короточасне перевантаження потужності верстата, але не більше ніж на 25 %. Час випробовування верстата під повним навантаженням - не менше 0,5 год. При цьому всі механізми і робочі органи верстата повинні працювати справно.

Точність роботи токарних верстатів перевіряють при обробці зразків. Так, для верстатів з діаметром оброблюваної деталі 400 мм точність перевіряють при обробці зразків довжиною 200 мм. Попередньо оброблений зразок з трьома поясками, розташованими на кінцях і в середній частині зразка, встановлюють у патрон верстата й обробляють по зовнішній поверхні поясків. Перевіряють сталість діаметра в будь-якому поперечному перерізі, при цьому різниця між вимірюваними максимальним і мінімальним значеннями не повинна перевищувати 0,02 мм.

Точність нарізання різьби перевіряють на зразку діаметром, який приблизно дорівнює діаметру ходового гвинта верстата, при нарізуванні трапецієподібної різьби довжиною до 500 мм із кроком, приблизно рівним кроку ходового гвинта верстата. При цьому ходовий гвинт безпосередньо з'єднують зі шпинделем через змінні зубчасті колеса з відключенням механізму коробки подач. Після чистової обробки перевіряють рівномірність різьби і визначають накопичену похибку кроку - різницю фактичної і заданої відстаней між будь-якими однойменними профілями різьби. Величина накопиченої похибки кроку не повинна перевищувати 0,04 мм на довжині 300 мм.

3.2. Порядок виконання роботи

1. *Перевірка радіального биття центрувальної поверхні шпинделя передньої бабки під патрон.* Встановіть індикатор так, щоб його вимірювальний стержень дотикався перпендикулярно до твірної центрувальної шийки шпинделя. Шпиндель повільно обертають на один повний оберт.

2. *Перевірка осьового биття шпинделя передньої бабки.* Встановіть індикатор так, щоб його вимірювальний стержень наконечником дотикався до кульки, встановленої у центровий отвір спеціальної оправки.

3. *Перевірка радіального биття конічного отвору шпинделя передньої бабки.* В отвір шпинделя щільно встановіть циліндричну

оправку довжиною 300 мм, до поверхні якої повинен дотикатися вимірювальний стержень індикатора. Шпиндель обертати повільно, а вимірювання провести біля торця шпинделя і на відстані 300 мм від нього.

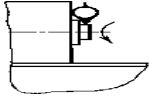
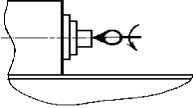
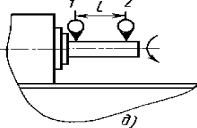
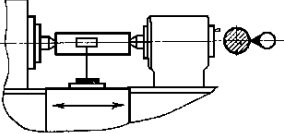
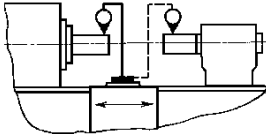
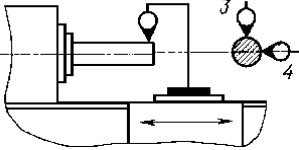
4. *Перевірка паралельності осі обертання шпинделя передньої бабки поздовжньому переміщенню супорта у вертикальній та горизонтальній площинах.* Встановіть індикатор так, щоб його вимірювальний стержень дотикався поверхні оправки, встановленої в отвір шпинделя, у двох площинах: верхній і бічній твірних. Супорт переміщують від передньої бабки до задньої. Вимірювання проводять в обох площинах по діаметрально протилежних твірних (при повороті шпинделя).

5. *Перевірка паралельності переміщення пінолі задньої бабки поздовжньому переміщенню у вертикальній та горизонтальних площинах.* Піноль встановіть у задню бабку і затисніть. Індикатор встановіть на супорті так, щоб його вимірювальний стержень дотикався до пінолі в точках, розмішених на її верхній і бічній твірних. Піноль вивільнити, висунути на половину її максимального переміщення і знову затиснути. Супорт перемістити в поздовжньому напрямку так, щоб стержень індикатора знову дотикався твірної пінолі в початкових точках. Похибка дорівнює різниці показів індикатора в обох точках.

6. *Перевірка одновисотності осі обертання шпинделя передньої бабки та осі отвора пінолі задньої бабки по відношенню до напрямних станини у вертикальній площині.* Індикатор встановіть на супорті так, щоб його вимірювальний стержень дотикався до твірної циліндричної оправки, закріпленої між центрами задньої і передньої бабок. Супорт потрібно перемістити від передньої бабки до задньої. Вимірювання проводять по твірній оправки у вертикальній і горизонтальній площин. При цьому фіксують покази індикатора по двох діаметрально розташованих твірних оправки (при обертанні шпинделя на 180 градусів), переміщаючи супорт з індикатором від торця шпинделя на відстань 300 мм. Визначають середнє значення відхилень, виміряних по двох твірних (окремо для горизонтальної і вертикальної площин).

Таблиця 3.1.

Результати вимірювань геометричної точності верстата

№ зп	Параметр		Схема
1.	Радіальне биття центрувальної поверхні шпинделя передньої бабки		
	Дійсне значення	Допустиме значення	
2.	Осьове биття шпинделя передньої бабки		
	Дійсне значення	Допустиме значення	
3.	Радіальне биття конічного отвору шпинделя передньої бабки		
	Дійсне значення	Допустиме значення	
4.	Паралельність осі обертання шпинделя передньої бабки по довжньому переміщенню супорта		
	Дійсне значення	Допустиме значення	
5.	Паралельність переміщення пінолі задньої бабки по довжньому переміщенню		
	Дійсне значення	Допустиме значення	
6.	Одновисотність осі обертання шпинделя передньої бабки та осі отвора пінолі задньої бабки по відношенню до напрямних станини		
	Дійсне значення	Допустиме значення	

3.3. Зміст звіту

- 1) найменування і мета роботи, її забезпечення;
- 2) схема вимірювання геометричної точності верстата і результати дослідів (табл.3.1);
- 3) висновки.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ВСТАНОВЛЕННЯ РОЗМІРУ ЗА ЛІМБОМ ВЕРСТАТА

Мета роботи: вивчити методику експериментального визначення похибки встановлення розміру за лімбом верстата.

Забезпечення роботи: токарно-гвинторізний верстат; стояк магнітний; індикатор годинникового типу.

4.1. Теоретичні відомості

При обробці заготовок на верстатах, особливо в умовах серійного виробництва для підвищення продуктивності застосовують встановлення інструмента за лімбом верстата, що дає можливість відраховувати необхідні переміщення вузлів верстата.

На валу 4 лімба поперечної подачі (рис. 4.1) закріплений маховик 3. На втулці 2, прикріпленій до фартуха супорта, нанесено риски, необхідні для відліку по шкалі кільця 1. Після встановлення кільця 1 у нульове положення воно закріплюється на маховику фіксатором 5. Ціна поділок лімба гвинта поперечної подачі залежить головним чином від його діаметра і для більшості сучасних верстатів дорівнює 0,025 мм, а для прецизійних верстатів - 0,01 мм.

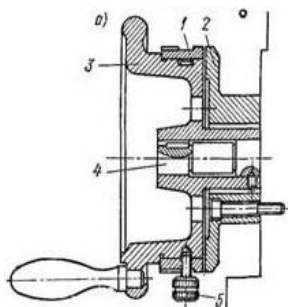


Рис. 4.1. Будова лімба поперечної подачі: 1 – кільце, 2 – втулка, 3 – маховик, 4 – вал поперечної подачі, фіксатор

Потрібні налагодження лімба верстата здійснюють переважно пробною обробкою першої деталі партії. Проте при цьому (навіть при переміщенні на ціле число поділок лімба) не можна точно отримати задане переміщення - через похибку встановлення розміру за лімбом. У цьому випадку на точність обробки впливають суб'єктивні фактори двох видів: один з них пов'язаний з похибкою знаходження і встановлення необхідної поділки лімба при обробці

пробної деталі (похибка налагодження), інший - з похибкою встановлення різального інструмента по знайдений поділці лімба, яка повторюється для кожної заготовки.

На точність встановлення розміру за лімбом верстата впливає сукупність випадкових факторів: величина тертя в напрямних, жорсткість ланцюга переміщення, неточність кроку і зношення гвинтової пари, неточність нанесення поділок на лімбі, гострота зору робітника, освітленість робочого місця тощо. Допускають, що вплив цих факторів на сумарну похибку обробки незалежні один від одного, тому їх розподіл підкоряється закону нормального розподілу.

Величину похибки встановлення за лімбом оцінюють на основі спостережень, їх математичної обробки і побудови кривих розподілу. Для отримання даних багатократно встановлюють вузол верстата в одне і те ж положення за лімбом, фіксуючи вимірвальним інструментом фактичне положення вузла.

У лабораторній роботі для скорочення часу експеримента визначення похибки обробки, пов'язаної з багаторазовим встановленням інструмента за лімбом верстата, здійснюють вимірюванням дійсних положень вузлів, що беруть участь у налагодженні верстата. У патроні токарно-гвинторізного верстата встановлено еталонний вал, а в різцетримачі - оправку з індикатором годинного. Індикатор підводять за допомогою маховичка гвинта поперечної подачі супорта до еталонного вала так, щоб ніжка індикатора доторкалася його по заздалегідь встановленій поділці шкали лімба. Похибка дійсних положень вузлів, які беруть участь у розмірному налагодженні верстата, буде відповідати показанням індикатора.

При такій методиці не враховуються складові встановлення, обумовлені неточністю кроку гвинта та неточністю нанесення поділок лімба, але значно спрощується проведення експерименту. Це не вносить значної помилки у результати експерименту, тому що вказані складові загальної похибки встановлення незначні.

4.2. Порядок виконання роботи

4.2.1. Установіть еталонний валик у патрон, закріпіть в оправці індикатор і встановіть зібрану оправку в різцетримач верстата.

4.2.2. Підведіть ніжку індикатора до еталонного вала так, щоб вона дотикалася до нього з певним натягом.

4.2.3. Встановіть в цьому положенні шкали лімба верстата і індикатора на нульові поділки. Перевірте відведенням за допомогою адаптера ніжки індикатора надійність встановлення шкали індикатора на обрані поділки.

4.2.4. Поворотом маховика проти годинникової стрілки відведіть ніжку індикатора від еталонного вала. Плавню повертаючи маховик гвинта поперечної подачі за годинниковою стрілкою, встановіть його до співпадання риски обраної поділки лімба з нерухомою міткою. Запишіть показання індикатора,

4.2.5. Багатократно (не менше 50 разів) повторіть операції підведення-відведення ніжки індикатора до еталонного вала. Покази індикатора запишіть в табл. 4.1.

4.2.6. Побудуйте експериментальну криву розподілу і криву нормального розподілу на одній координатній площині.

4.3. Зміст звіту

- 1) найменування і мета роботи, її забезпечення;
- 2) схема вимірювання похибки;
- 3) результати дослідів (табл.4.1);
- 4) результати розрахунків;
- 5) криві розподілу - експериментальна і нормального розподілу;
- 6) висновки.

Таблиця 4.1.

Результати вимірювань

№ пп	Розмір, мм	№ пп	Розмір, мм	№ пп	Розмір, мм	1	Розмір, мм	№ пп	Розмір, мм
1		11		21		31		41	
2		12		22		32		42	
3		13		23		33		43	
4		14		24		34		44	
5		15		25		35		45	
6		16		26		36		46	
7		17		27		37		47	
8		18		28		38		48	
9		19		29		39		49	
10		20		30		40		50	

Лабораторна робота № 5
ВИЗНАЧЕННЯ ОСЬОВОЇ ПОХИБКИ ЗАКРІПЛЕННЯ
ЗАГОТОВКИ ПРИ ЇЇ ВСТАНОВЛЕННІ В
ТРЬОХКУЛАЧКОВОМУ ПАТРОНІ

Мета роботи: вивчити методику експериментального визначення осьової похибки закріплення, яка виникає при встановленні заготовки в трьохкулачковому патроні.

Забезпечення роботи: заготовка; верстат токарно-гвинторізний; індикатор годинникового типу; стояк магнітний.

5.1. Теоретичні відомості

Похибка закріплення заготовки визначається коливаннями контактних деформацій елементів ланцюга, через які передається сила закріплення, в першу чергу - деформаціями в місцях контакту заготовки з опорами. Характер і величина деформацій залежать від форми деталі, сил затискання та способу їх прикладання. А оскільки всі деформації звичайно не виходять за межі пружності, то заготовки, деформовані силами затискання і в такому стані оброблені, після обробки повертаються до початкового стану, внаслідок чого виникають похибки розмірів і форми.

Зміщення в результаті контактних деформацій дорівнює:

$$y=CQ \cos \alpha \quad (5.1)$$

де C - коефіцієнт, що характеризує умови контакту (вид опори), матеріал і твердість базової поверхні; Q - сила, що діє на опору; α - кут між напрямом зміщення і напрямом заданого розміру.

При обробці партії заготовок значення C коливається від C_{min} до C_{max} , що пов'язано з коливаннями твердості заготовок, їх шорсткості тощо. Затискна сила Q , залежно від конструкції затискного пристрою, також може змінюватися - від Q_{min} до Q_{max} .

Взявши граничні значення C і Q , отримаємо деформації $y_{max}=C_{max}Q_{max}$ і $y_{min}=C_{min}Q_{min}$ (рис.5.1). Похибкою закріплення є:

$$E_3 = \sqrt{y_1^2 + y_2^2} \quad (5.2)$$

де $y_1=C_{min}(Q_{max} - Q_{min})$ і $y_2=(C_{max} - C_{min})Q_{max}$.

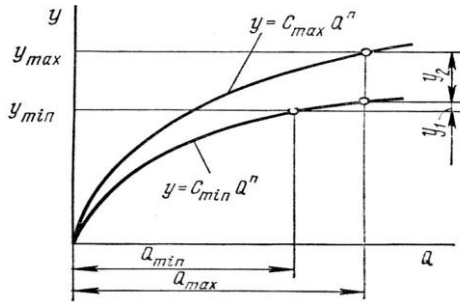


Рис.5.1. Залежність $y=f(Q)$

При підрізанні уступів чи точінні канавок деталі закріплюють у патроні з упором торця деталі в торець кулачків. При такій схемі в результаті випадкових причин деталь при різних встановленнях не займає однакового положення. Це викликає додаткову похибку при отриманні розмірів деталі, які відраховують від опорного торця.

Основною причиною цієї похибки є нерівномірність зусилля закріплення деталі. Так, при повертанні спірального диска 1 патрона (рис.5.2) зусилля P переміщає кулачок 2 до центру і закріплює заготовку 3. З боку заготовки на кулачок діє сила реакції P_1 і, таким чином, на кулачок діє момент M , який намагається повернути кулачок. Під дією цих навантажень деформуються окремі елементи патрона та кулачків, виникають контактні деформації між їх поверхнями. Все це призводить до перекошеності кулачків і зміни положення затиснутої в них деталі в осьовому положенні. Оскільки при використанні звичайних прийомів не можна дотриматися однакових умов закріплення, то похибка є випадковою величиною.

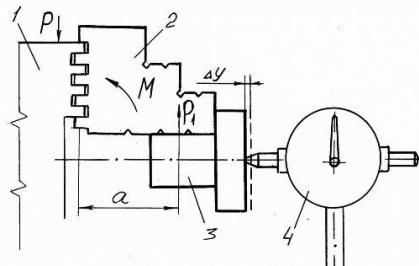


Рис.5.2. Схема виникнення похибки закріплення

Похибки закріплення можна зменшити стабілізацією сил затискання, їх раціональним напрямом, підвищенням однорідності матеріалу заготовки та властивостей її поверхневого шару.

Значення похибок, пов'язаних із встановленням деталі, можна визначити шляхом багатократного встановлення деталі та спостереження за зміною її положення щодо елементів верстата.

5.2. Порядок виконання роботи

5.2.1. Встановіть заготовку в патроні, щільно притисніть її базовий торець до торцьової поверхні патрона і закріпіть.

5.2.2. Встановіть в оправці індикатор так, щоб його вимірювальний наконечник з натягом дотикався до торця деталі по лінії центрів. Встановіть стрілку основної шкали індикатора у нульове положення.

5.2.3. Відкріпіть заготовку, поверніть її на деякий кут навколо осі та знову щільно притисніть її базовий торець до поверхні кулачків. Закріпіть заготовку та зніміть покази індикатора.

5.2.4. Багатократно (не менше 50 разів) повторіть пункт 5.2.3, кожен раз фіксуючи покази індикатора та відповідні значення дійсної похибки закріплення.

5.2.5. Побудуйте експериментальну криву розподілу і криву нормального розподілу, сумістивши їх на координатній площині.

5.3. Зміст звіту

- 1) найменування і мета роботи, її забезпечення;
- 2) схема вимірювання похибки;
- 3) результати експерименту (табл.5.1);
- 4) криві розподілу - експериментальна і нормального розподілу;
- 5) висновки.

Таблиця 5.1.

Результати вимірювань

№ пп	Розмір, мм	№ пп	Розмір, мм	№ пп	Розмір, мм	1	Розмір, мм	№ пп	Розмір, мм
1		11		21		31		41	
2		12		22		32		42	
3		13		23		33		43	
4		14		24		34		44	
5		15		25		35		45	
6		16		26		36		46	
7		17		27		37		47	
8		18		28		38		48	
9		19		29		39		49	
10		20		30		40		50	

Лабораторна робота №6
**ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ
ПАРТІЇ ДЕТАЛЕЙ НА ПОПЕРЕДНЬО НАЛАГОДЖЕНОМУ
ВЕРСТАТІ**

Мета роботи: вивчити методику експериментального визначення похибки виготовлення при обробці партії деталей на попередньо налагодженому верстаті.

Забезпечення роботи: токарно-гвинторізний верстат; прохідний різець; стояк магнітний; мікрометр; набір заготовки.

6.1. Теоретичні відомості

При обробці партії деталей на попередньо налагодженому верстаті її деталі мають різні розміри. Всі відхилення від налагоджувального розміру викликані сумарним впливом похибок обробки.

Похибки обробки визначають різними методами, з яких найбільш наочним є метод точкових діаграм: по осі абсцис відкладають номери деталей, по осі ординат - розміри цих деталей чи відхилення від заданого розміру. На діаграмі можна бачити відхилення розмірів, причиною яких є випадкові та систематичні похибки обробки.

На рис.6.1 наведена точкова діаграма, побудована для випадку обточування партії деталей (кілець) на токарному верстаті. Для ідентичного встановлення кілець на верстаті при обробці на їхніх торцях зроблені позначки - 1 і 2. Кільце встановлюють на оправці торцем 1 до передньої бабки верстата.

Аналізуючи рисунок, можна зробити такі висновки:

- розмір першої деталі на початку обробки не співпадає з налагоджувальним розміром - через похибку встановлення різця на розмір;

- початковий і кінцевий розміри кожної деталі неоднакові, тобто всі деталі мають похибку;

- зміна розмірів деталей із збільшенням їхнього порядкового номера підкоряється деякій закономірності. Для чіткішого з'ясування цієї закономірності можна побудувати усереднену криву;

- обидві криві - ламані лінії, що вказує на розсіювання розмірів окремих деталей, тобто на наявність випадкових похибок обробки.

Отож, криві дають уяву про складні залежності точності механічної обробки деталей від технологічних факторів. Частина факторів має випадковий характер, інша ж частина - впливає у строго визначеному напрямі й за певними закономірностями (закономірні систематичні похибки). Їх причинами є, зокрема, температурні деформації різця, пружні деформації технологічної системи на різних етапах обробки, розмірне зношення на довжині обробки деталі.

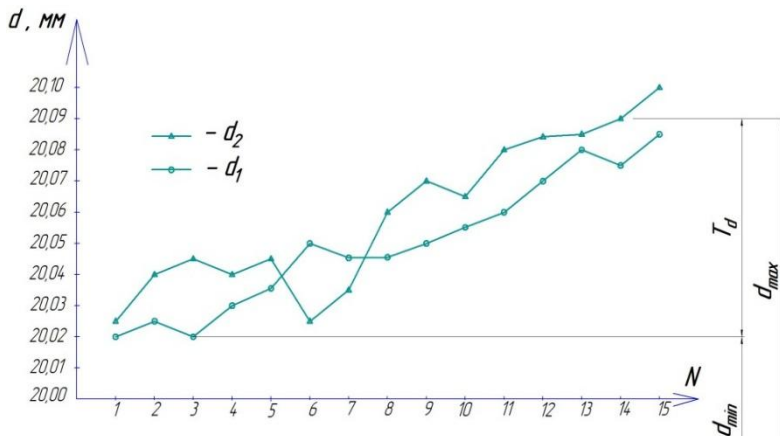


Рис. 6.1. Точкова діаграма

Для ґрунтового аналізу точкової діаграми потрібно визначити температурні деформації різця й верстата, зношення різця і пружні деформації технологічної системи на початку і в кінці обробки.

У цій роботі передбачені побудова та аналіз точкової діаграми, отриманої для обточування партії деталей на попередньо налагодженому верстаті.

6.2. Порядок виконання роботи

6.2.1. Встановіть оправку для закріплення деталей.

6.2.2. Встановіть деталь на оправку, налагодьте верстат на задані режими різання. Проточіть деталь.

6.2.3. Зніміть деталь і виміряйте заданий розмір у трьох місцях (біля обох торців і в середній частині деталі).

6.2.4. Проточіть всі деталі партії з вимірюванням відхилення.

6.2.5. Побудуйте точкову діаграму відхилень.

6.3. Зміст звіту

1) найменування і мета роботи, її забезпечення;

2) схема вимірювання похибки і ескіз деталі;

- 3) режими різання;
- 4) результати дослідів (табл.6.1);
- 5) точкова діаграма;
- 6) висновки.

Таблиця 6.1

Результати вимірювань

№ зп	Дійсний розмір після обробки, мм			№ зп	Дійсний розмір після обробки, мм		
	Біля торця, d_l	Посередині, d_c	Біля торця, d_l		Біля торця, d_l	Посередині, d_c	Біля торця, d_l
1				11			
2				12			
3				13			
4				14			
5				15			
6				16			
7				17			
8				18			
9				19			
10				20			

Лабораторна робота №7
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА
ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ ПРИ ТОЧІННІ

Мета роботи: вивчення впливу режимів різання (швидкості, подачі і глибини різання) на шорсткість поверхні, побудова графічних залежностей шорсткості поверхні від режимів різання.

Забезпечення роботи: токарно-гвинторізний верстат; прохідний різець; штангенциркуль ШЦ 1-125-01; набір заготовок; еталони чистоти.

7.1. Теоретичні відомості

На шорсткість поверхні, що утворюється в процесі обробки різанням, впливає велика кількість факторів, які зв'язані з умовами обробки деталі. Висота та форма нерівностей, характер їх розташування та напрямок залежить від:

- методу обробки;
- параметрів режиму різання;
- конструкції, геометрії, стійкості різального інструмента;
- умов охолодження;
- хімічного складу та мікроструктури оброблюваного матеріалу;
- типу та стану обладнання, допоміжних інструментів і пристроїв.

В залежності від конкретних умов різання переважний вплив на мікронерівності проявляють ті чи інші фактори.

Результати експериментальних досліджень свідчать про те, що на шорсткість утвореної поверхні при обробці різанням має суттєвий вплив параметри режимів різання, зокрема - швидкість різання та подача. Глибина різання на висоту мікронерівностей суттєво не впливає.

Вплив швидкості різання на шорсткість поверхні для сталі та чавуну зображений на рисунку 3.1

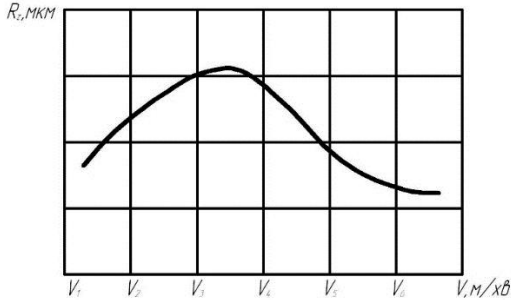


Рис. 7.1. Вплив швидкості різання на висоту мікронерівностей поверхні при обробці сталі

Така залежність пояснюється утворенням при різанні я наросту на робочій поверхні різального інструменту. Його вплив на формування мікронерівностей можна охарактеризувати таким чином. В результаті адгезійної взаємодії на контактних майданчиках різальних інструментів утворюється нарост. Поступово він збільшує свої розміри і все більше заглиблюється в оброблювану заготовку нижче номінальної лінії зрізу. Це збільшує опір заглиблення, зароджується тріщина руйнування. При руйнуванні наросту він розділяється на три частини — одна із них міцно скріплюється із стружкою і виноситься з нею, друга залишається на передній поверхні різального інструменту і є основою для формування нового наросту, а третя — залишається на обробленій поверхні і впливає на розміщення і розміри мікронерівностей, утворюючи характерну поверхню.

Наростоутворення в значній мірі пояснює вплив на шорсткість поверхні швидкості різання. При малих швидкостях різання (до 5 м/хв), коли нарост відсутній, висота мікронерівностей невелика. При збільшенні швидкості $v=20\dots40$ м/хв висота наросту збільшується, а разом з нею зростає і висота мікронерівностей, досягаючи максимуму в зоні найбільш ефективного наростоутворення. Далі нарост зменшується і тим самим зменшує шорсткість поверхні. Після зникнення наросту помітно подальше зниження шорсткості, обумовлене, переважно, зменшенням об'єму пластичної деформації на поверхнях контакту. Якщо оброблюваний матеріал не схильний до наростоутворення, висота мікронерівностей монотонно зменшується із збільшенням швидкості різання, хоча ступінь цього зменшення невелика.

При швидкості різання 120...150 м/хв її вплив на шорсткість практично відсутній.

Поздовжня подача в межах 0,01...0,10 мм/об має незначний вплив на висоту мікронерівностей обробленої поверхні. При подальшому збільшенні подачі висота мікронерівностей різко зростає.

Механізм зміни висоти мікронерівностей в залежності від величини подачі зображений на рисунку 7.2

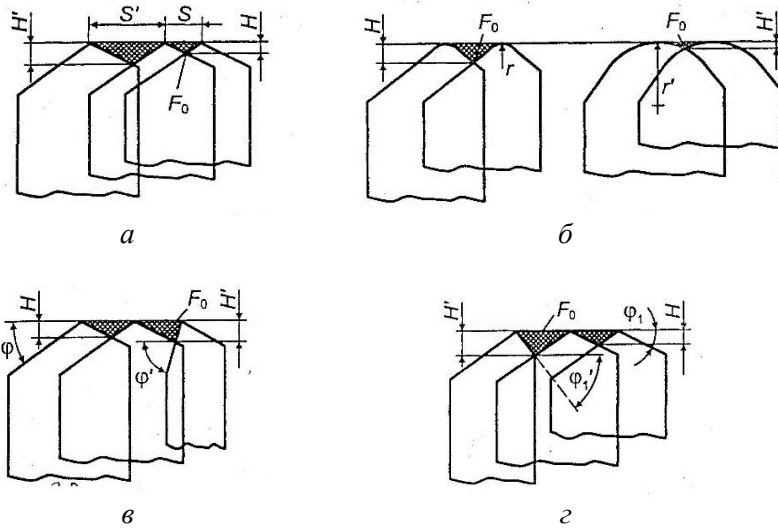


Рис. 7.2. Залежність висоти мікронерівностей H, H_1 від подачі S, S_1

Зі збільшенням подачі висота та площа перерізу зрізу зростають разом зі зростанням величина наросту та температури деформованого шару. Це проявляється при точінні прохідними різцями з кутом в плані 45° та малим кутом (радіусом) заокруглення вершини (до 2 мм). При точінні різцями з широкою різальною кромкою та значним радіусом заокруглення шорсткість поверхні не залежить від подачі, що підвищує продуктивність процесу обробки.

Властивості оброблюваного матеріалу також впливають на шорсткість обробленої поверхні. Чим пластичніший матеріал, тим більша в результаті обробки утворюється шорсткість. На поверхні з'являються надриви, окремі волокна вириваються з обробленої поверхні в момент відділення стружки. Зі збільшенням пластичності

матеріала він більше деформується, збільшується нарiст, зростають вібрації і, відповідно, збільшується шорсткість поверхні.

При високій швидкості різання вплив пластичності матеріалу зменшується, адже він деформується менше. Сталь з дрібнозернистою структурою при обробці утворює меншу шорсткість, тому перед чистовою обробкою рекомендується піддавати сталі деталі нормалізації.

Вплив подачі на шорсткість поверхні при точінні представлена на рисунку 3.3.

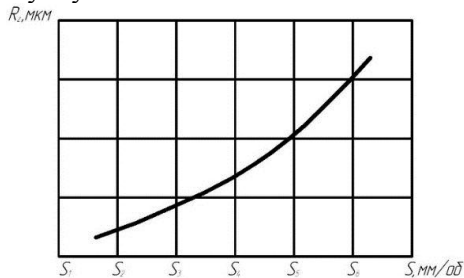


Рис. 7.3. Вплив подачі на шорсткість оброблюваної поверхні при точінні сталі

Незначний вплив глибини різання на висоту мікронерівностей пояснюється тим, що ступінь деформації металу із збільшенням ширини зрізу змінюється мало. Збільшення глибини різання мало впливає на величину наросту, хоча і викликає більш інтенсивні вібрації. Залежність шорсткості оброблюваної поверхні від глибини різання зображена на рисунку 7.4

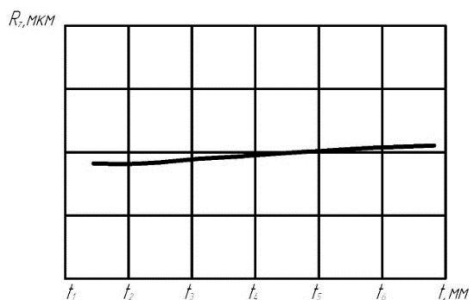


Рис. 7.4. Вплив глибини різання на шорсткість оброблюваної поверхні при точінні сталі

7.2. Порядок виконання роботи

7.2.1. Визначення залежності шорсткості поверхні від швидкості різання

- встановити заготовку у трьохкулачковий патрон з упором у центр пінолі задньої бабки;
- встановити задані глибину різання (наприклад, $t=1$ мм) і подачу (наприклад, $S=0,5$ мм/об);
- проточити 4 ступені вала з різною швидкістю (наприклад, $v_1=5$ м/хв, $v_2=20$ м/хв, $v_3=40$ м/хв, $v_4=80$ м/хв);
- зняти заготовку і за допомогою еталонів чистоти визначити шорсткості всіх ступеней. Результати записати у таблицю 7.1.

7.2.2. Визначення залежності шорсткості поверхні від подачі

- встановити заготовку у трьохкулачковий патрон з упором у центр пінолі задньої бабки;
- встановити задані глибину різання (наприклад, $t = 1$ мм) і частоту обертання заготовки (наприклад, відповідну швидкості різання $v = 30 \dots 35$ м/хв);
- проточити 4 ступені вала з різною подачею (наприклад, $S_1=0,1$ мм/об, $S_2=0,25$ мм/об, $S_3=0,5$ мм/об, $S_4=0,8$ мм/об);
- зняти заготовку і за допомогою еталонів чистоти визначити шорсткості всіх ступеней. Результати записати у таблицю 7.1.

7.2.3. Визначення залежності шорсткості поверхні від глибини різання

- встановити заготовку у трьохкулачковий патрон з упором у центр пінолі задньої бабки;
- встановити задані подачу (наприклад, $s=0,5$ мм/об) і частоту обертання заготовки (наприклад, відповідну швидкості різання $v=30 \dots 35$ м/хв);
- проточити 4 ступені вала з різною глибиною різання (наприклад, $t_1=0,1$ мм, $t_2=0,5$ мм, $t_3=1,0$ мм, $t_4=1,5$ мм.);
- зняти заготовку і за допомогою еталонів чистоти визначити шорсткості всіх ступеней. Результати записати у таблицю 7.1.

- 7.2.4. Побудувати графіки і визначити характер залежності шорсткості оброблюваної поверхні від досліджуваних факторів $R_{z(a)}=f(v)$; $R_{z(a)}=f(S)$; $R_{z(a)}=f(t)$.

Результати вимірювань

Параметр	Ступінь			
	1	2	3	4
<i>Залежність шорсткості поверхні від швидкості різання</i>				
<i>Глибина різання $t =$ мм, подача $S =$ мм/об</i>				
Частота обертання, об/хв				
Швидкість різання, м/хв				
Клас чистоти				
Шорсткість, мкм				
<i>Залежність шорсткості поверхні від подачі</i>				
<i>Глибина різання $t =$ мм, швидкість різання $v =$ м/хв</i>				
Подача, мм/об				
Клас чистоти				
Шорсткість, мкм				
<i>Залежність шорсткості поверхні від глибини різання</i>				
<i>Швидкість різання $v =$ м/хв, подача $S =$ мм/об</i>				
Глибина різання, мм				
Подача, мм/об				

7.3. Зміст звіту

- 1) найменування і мета роботи, її забезпечення;
- 2) найменування верстата, його модель, висоту центрів, відстань між центрами, потужність;
- 3) оброблюваний матеріал заготовки: марка матеріалу, розміри
- 4) відомості про різальний інструмент: матеріал, геометричні параметри
- 5) результати дослідів (табл. 7.1);
- 6) графічні залежності $R_{z(a)}=f(v)$; $R_{z(a)}=f(S)$; $R_{z(a)}=f(t)$;
- 7) висновки.

ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

Мета роботи: вивчити призначення, компонування, різновиди і будову основних механізмів засобів автоматизованого виробництва, ознайомитися з технологічними можливостями різних конструкцій.

8.1. Теоретичні відомості

Автоматична лінія (АЛ) – це сукупність автоматично діючих технологічних агрегатів, контрольного і транспортного устаткування, об'єднаних системою управління. Увесь комплекс технологічних процесів відбувається без прямої участі робітника, функціями якого є спостереження, налагодження, заміна різального інструмента, завантаження заготовок на початку лінії і вивантаження деталей на її кінцевій ділянці.

АЛ застосовують у масовому виробництві для виконання різних операцій: свердлильно-розточувальних, різьбонарізних, фрезерних, шліфувальних, токарних, зубонарізних, ковальсько-пресових, ливарних, зварювальних, термічних. В АЛ також входять агрегати, що здійснюють складальні операції, нанесення антикорозійних покриттів, пакування й інші допоміжні роботи. Застосування АЛ дозволяє скоротити цикл виробництва, зменшити виробничі площі й обсяг міжопераційних запасів, знизити трудомісткість і собівартість виготовлення, підвищити якість, поліпшити умови праці.

Деталі, які обробляють на АЛ, мають бути технологічними: заготовки повинні мати зручні бази для встановлення у пристроях; оброблювані поверхні (площини, отвори тощо) повинні бути, за можливістю, однієї висоти, глибини і точності. Конструкція деталі має забезпечувати приблизно однаковий час виконання окремих операцій.

Технологічні особливості обробки деталей на АЛ вимагають окремого виконання чорнових і чистових операцій. При виконанні тривалих операцій рекомендується розподіляти глибини свердління, довжини точіння тощо на кілька частин і обробляти заготовку послідовно чи паралельно на кількох позиціях.

Істотними факторами є режими обробки і стійкість інструмента. Оскільки кількість інструментів, які працюють одночасно, у лінії

велика, вихід з ладу одного з них, його заміна чи підналагодження викликають зупинку всієї автоматизованої дільниці.

Режими різання вибирають так, щоб робота інструмента без перезаточування була забезпечена протягом усієї робочої зміни. А коли стійкість інструмента дуже мала, режими різання підбирають так, щоб лінія працювала 3...4 год. Це дозволяє замінювати інструмент, що затупився, під час перерви.

Різальні інструменти вибирають залежно від вимог технології, якості обробки і продуктивності.

8.1.1. Компонування. Автоматичні лінії для механічної обробки можуть бути скомплектовані на базі універсальних, агрегатних і спеціальних верстатів. Основною перевагою таких ліній є мінімальні витрати на їх створення і значне скорочення чисельності персоналу. Але продуктивність універсальних верстатів при їх блокуванні у лінію знижується - через додаткові простой.

Вищу продуктивність забезпечують лінії на базі агрегатних верстатів, які мають ширші можливості з диференціації і концентрації операцій, дозволяють за потреби вносити зміни в процеси обробки. Найчастіше АЛ з агрегатних верстатів використовують для обробки корпусних деталей і деталей з великим числом технологічних переходів.

У масовому виробництві створюють АЛ зі спеціальних верстатів, які проектують спеціально для конкретної деталі. Такі АЛ здійснюють увесь комплекс операцій і мають найбільшу продуктивність і найменшу собівартість продукції. Найбільш поширені серед таких АЛ - однономенклатурні лінії, призначені для обробки заготовок деталей одного найменування і типорозміру.

Схема АЛ, у якій процеси обробки і транспортування суміщені, наведена на рис.8.1. Тут: заготовка 1 на транспортері перед подачею на перший верстат 2; заготовка 3 на транспортері, який передає її з першого верстата на другий; заготовка 4 на транспортері перед подачею на другий верстат 5; заготовка 6 на транспортері перед подачею на третій верстат. Поперечне переміщення заготовок з транспортера на верстат здійснюють механізми 7.

Недоліком таких АЛ є втрата продуктивності через неможливість обробляти заготовки при їх транспортуванні з позиції на позицію. Цей недолік відсутній у роторних (РЛ) лініях (рис.8.2 і 8.3), в яких заготовки обробляють на рухомих робочих позиціях при

переміщенні від одного транспортного пристрою до іншого. Робочі позиції, оснащені інструментами і затискними пристроями, розташовані на робочих роторах 1. Заготовку з одного робочого ротора на інший передає встановлений між ними транспортний ротор 2.

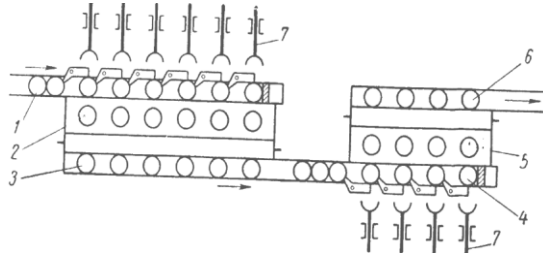


Рис. 8.1. Схема компоновання АЛ

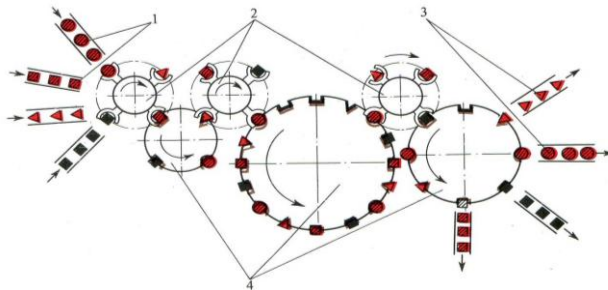


Рис. 8.3. Схема роторної лінії: 1 - завантажувальні пристрої; 2 - транспортні ротори; 3 - приймачі готової продукції; 4 - технологічні ротори

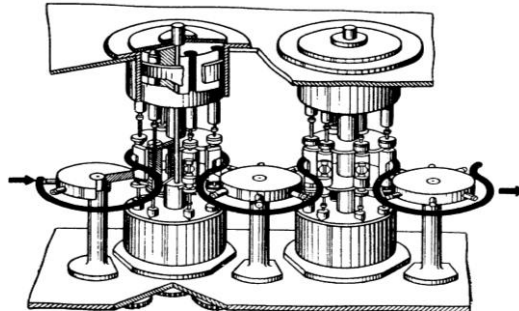


Рис. 8.4. Конструктивна схема роторної лінії

Роторні лінії, які мають високу продуктивність, застосовують у масовому виробництві порівняно простих деталей.

Оскільки будь-яка АЛ – складна система механізмів, то втрата її робоздатності може відбутися через відмови інструментів,

механічних, гідравлічних, електричних і пневматичних пристроїв, автоматичних засобів контролю, міжопераційного транспорту тощо. Тому потрібно так компоувати лінію, щоб тимчасові зупинки окремих агрегатів не впливали на роботу всієї АЛ.

Залежно від організації потоку і компоування АЛ виконують у трьох варіантах (рис. 8.4).

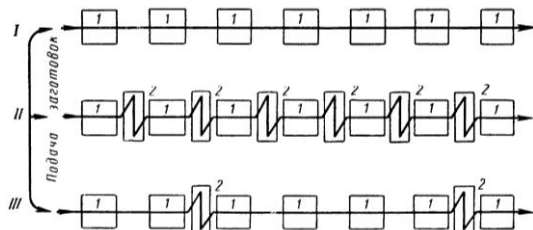


Рис. 8.4. Схеми компоування АЛ

Варіант I: верстати 1 зблоковані в нерозривний ланцюг з жорсткою подачею заготовок. При зупинці одного верстата вся лінія зупиняється.

Варіант II: верстати 1 зв'язані між собою через бункери 2 (приймачі-нагромаджувачі), тому кожен верстат – незалежна машина. Якщо який-небудь верстат виходить з ладу, то попереду розташовані верстати продовжують роботу, збільшуючи запас деталей у бункерах. Не зупиняються і верстати, розташовані позаду: їх живлять за рахунок запасу деталей у відповідних бункерах.

Варіант III: жорсткий зв'язок виконано у межах коротких ділянок, з'єднаних між собою гнучким зв'язком за допомогою бункерів 2. Таке компоування найпоширеніше, адже тимчасова зупинка будь-якої ділянки не приводить до зупинки всієї лінії.

8.2.2. Міжопераційний транспорт. Подачу заготовок на АЛ здійснюють безперервно (наприклад, на безцентрово-шліфувальні верстати) чи періодично (на токарні верстати). Для цього використовують магазини-нагромаджувачі, бункери, автооператори та маніпулятори. Бункери, які застосовують у виробництві дрібних деталей, оснащують механізмами, які подають завантажені в нього навалом заготовки на лоток в орієнтованому положенні. При завантаженні складних заготовок використовують нагромаджувачі, куди заготовки доставляє робітник у строго орієнтованому положенні (наприклад, встановлені на стержні).

Нааявність міжопераційних запасів розділяє АЛ на кілька незалежних ділянок, які у випадку вимушеної зупинки одного з агрегатів продовжують своє функціонування, витрачаючи заготовки з запасів. Міжопераційні запаси забезпечують гнучкий міжопераційний зв'язок, збільшують продуктивність АЛ і знижують простої. Проте їх застосування доцільне при обробці невеликих заготовок. При обробці великих заготовок корпусних деталей використовують АЛ з жорстким міжопераційним зв'язком, у яких заготовки передають безпосередньо з одного агрегата на інший транспортним пристроєм жорсткого типу. При відмові одного з агрегатів така лінія припиняє роботу до усунення причин зупинки.

За характером встановлення заготовок АЛ розділяють на супутникові і безсупутникові. Супутникові лінії застосовують при обробці складних за конфігурацією і незручних для автоматичного переміщення і закріплення заготовок. Тому заготовки перед обробкою закріплюють у спеціальних пристроях (супутниках), разом з якими їх переміщують від агрегату до агрегату. Супутники використовують на АЛ з жорстким міжопераційним зв'язком, причому їхнє число завжди більше числа робочих позицій лінії. Але використання супутників збільшує вартість лінії і знижує точність обробки внаслідок збільшення числа з'єднань в технологічній системі. У безсупутникових АЛ встановлювально-затискні пристрої розміщені на кожному агрегаті лінії, а встановлення і зняття заготовок здійснюють пристрої транспортної системи.

8.1.3. Стружка, що утворюється в процесі різання, є серйозною перешкодою в роботі АЛ. Наприклад, вона може бути причиною поломки мітчиків, свердл, розверток. У цих випадках стружку видаляють щіткою, змиваючи чи обдуваючи заготовки при їх транспортуванні між верстатами. Для збирання стружки застосовують транспортери: шнекові чи скребкові (для зливної чи спіральної стружки) і стрічкові (для крихкої стружки). Для підвищення транспортабельності стружки її подрібнюють.

8.1.4. Технічний контроль операції здійснюють по-різному. При обробці великих корпусних деталей контроль виконують наприкінці АЛ. Іноді контроль проводять у проміжку між позиціями. Для цього в лінії передбачені холості позиції. При обробці дрібних і середніх деталей застосовують автоматичний контроль, який здійснюють на спеціальних контрольних позиціях.