

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Технологічні основи машинобудування

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей «Прикладна механіка»,
«Галузеве машинобудування»

Кропивницький 2018

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

Кафедра технології машинобудування

Технологічні основи машинобудування

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей «Прикладна механіка»,
«Галузеве машинобудування»

Затверджено на засіданні кафедри
технології машинобудування
Протокол № 6 від 30.11.2018р

Кропивницький 2018

Технологічні основи машинобудування. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування» / Укл.: проф., д.т.н. Павленко І.І., доц., к.т.н. Артюхов А.М.; доц., к.т.н. Підгаєцький М.М., викладач Сторожук М.О. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 50 с.

Рецензент: к.т.н. Годунко М.О.

ПЕРЕДМОВА

На сучасному етапі розвиток і вдосконалення технології машинобудівного виробництва проходить в умовах високого рівня механізації й автоматизації виробництва, застосування систем автоматизованого керування технологічними процесами, широкого впровадження у виробництво обчислювальної техніки, що характеризує подальший розвиток на основі автоматизації регулювання технологічних процесів за результатами вхідного та завершального етапів контролю.

Розвиток техніки, сучасних машин, верстатів і пристроїв, упровадження нових технологій, покращання організації виробництва та праці потребують подальшого вдосконалення підготовки спеціалістів за рахунок підвищення рівня теоретичних знань, інтенсифікації навчального процесу й покращення виробничої підготовки.

Інженерна підготовка ґрунтується на знаннях теоретичних основ створення технологічних процесів, умінні аналізувати відповідність вимогам виробництва, володінні навиками проектування й розрахунку різноманітних механізмів і пристроїв.

Предметом дисципліни є вивчення закономірностей, які діють у процесах механічної обробки заготовок, опанування практичними навичками та застосування їх для забезпечення проектної якості виробів, найменшої їх собівартості, запланованого обсягу випуску.

Надзвичайно важливим є зв'язок дисципліни з технологією конструкційних матеріалів та матеріалознавством, теорією ймовірності, теорією різання, теоретичною механікою, взаємозамінністю, стандартизацією та технічними вимірами. Лабораторний практикум має за мету закріплення й поглиблення теоретичних знань, отриманих на лекціях та під час виконання самостійної роботи, а також опанування студентами основ проведення експериментів з технології машинобудування.

Методичні вказівки складені відповідно з навчальним планом та робочою програмою дисципліни «Технологічні основи машинобудування».

Структурне розміщення лабораторних робіт відповідає черговості їх виконання під час вивчення дисципліни. Для виконання лабораторних робіт студенти повинні заздалегідь вивчити відповідні розділи курсу, вміти вибирати необхідне обладнання та методику вирішення основних завдань.

Працювати в лабораторіях дозволяється лише тим студентам, які пройшли інструктаж з техніки безпеки і розписались у відповідному журналі.

Перед виконанням кожної лабораторної роботи студенти повинні ознайомитися з методикою її проведення, вибрати необхідне обладнання та пристрої, намітити технологічні режими, визначити та оцінити можливі похибки під час виконання експериментальних дослідів та при технічних вимірюваннях, а також запропонувати статистичні методи обробки експериментальних даних.

Студентам категорично забороняється самотійно включати верстати і керувати ними. Виконання усіх прийомів, що стосується виконання лабораторних робіт з використанням металорізального обладнання та затискних пристроїв здійснює учбовий майстер або викладач.

При виконанні експериментальних досліджень на металорізальному обладнанні студенти розміщуються для спостережень в безпечних зонах.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Дослідження точності токарної операції методом математичної статистики

Мета роботи—визначення похибки механічної обробки на основі теорії ймовірності й математичної статистики.

1. Загальні відомості

Під час механічної обробки деталей на металорізальних верстатах виникають похибки, сумарний вплив яких на результат обробки є причиною відхилення розмірів, форми або взаємного розташування поверхонь. Сумарна похибка в деяких випадках може перевищувати поле встановленого допуску.

Похибки обробки виникають внаслідок різних причин систематичного та випадкового характеру. Відповідно цьому розрізняють похибки систематичні та випадкові.

Систематичні похибки для всіх заготовок оброблюваної партії залишаються постійними або закономірно змінюються при переході від обробленої заготовки до наступної.

Причинами виникнення постійних та змінних систематичних похибок обробки заготовок є: неточність, спрацювання та деформація верстатів, пристроїв та інструментів; деформація оброблюваних заготовок; теплові явища в технологічній системі, а також похибки теоретичної схеми обробки .

Систематичні похибки можна виміряти та усунути відповідним регулюванням і налагодженням.

В процесі обробки партії заготовок на настроєних верстатах виникають також і випадкові похибки. Вони зумовлені впливом великої кількості непов'язаних між собою факторів. До причин їх виникнення

відносять коливання твердості матеріалу та величини припуску, виникнення пружних деформацій під дією сил різання.

Визначити попередню появу випадкових похибок і їх величину неможливо, тому що вони носять випадковий характер.

Сумарна дія всіх похибок обумовлює відхилення розмірних параметрів оброблених заготовок, які підпорядковуються різним законам розподілу. Практика показала, що найбільш адекватним для оцінки розподілу дійсних розмірів заготовок, оброблених на настроєних верстатах, є закон нормального розподілу (закон Гауса), що витікає з положення теорії ймовірності про розподіл суми великого числа взаємно незалежних випадкових величин.

Для аналізу точності використовується метод вибірок з генеральної сукупності. Закономірність розподілу розмірів у вибірці характеризує всю сукупність. Стосовно до даної роботи це означає: якщо на протязі певного часу (в період між підналагодженням устаткування) оброблюється партія деталей (наприклад, 5000 шт.), і досліджуваний розмірний параметр цих деталей підпорядковується закону нормального розподілу, цей же параметр вибіркової партії (50-200 шт.) підпорядкований тому ж самому закону. Отже, визначивши закон розподілу вибірки, можна з деякою вірогідністю судити про розподіл параметрів партії в цілому.

Криву, що зображає щільність розподілу ймовірності за нормальним законом (рис.1), визначають рівнянням:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \times e^{\frac{-(x_i - x_{сер})^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

де X_i - змінна випадкова величина;

$X_{сер}$ – координата центра групування випадкової величини;

σ - середнє квадратичне відхилення X_i від $X_{\text{сер.}}$, яке є мірою розсіювання випадкової величини відносно центру групування.

Положення кривої відносно вісі координат змінюється із зміною $X_{\text{сер.}}$.

Параметр σ впливає на форму кривої розподілу: при зменшенні величини σ висота кривої збільшується і вона стискається по осі ординат, при збільшенні σ крива сплющується розтягуючись уздовж осі абсцис (рис. 1).

Інтегральний закон нормального розподілу має вигляд:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{\frac{-(x_i - x_{\text{сер}})^2}{2\sigma^2}} dx \quad (2)$$

Якщо X підпорядковується нормальному закону, то ймовірність

$$P(-\infty < X < +\infty) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{\frac{-(x_i - x_{\text{сер}})^2}{2\sigma^2}} dx = 1 \quad (3)$$

Для практичних розрахунків приймають площину, обмежену кривою та віссю абсцис в границях $6\sigma(\pm 3\sigma)$, що дорівнює 0,9973.

Ймовірність значень X в будь-якому інтервалі $X_1 - X_2$

$$P(x_1 < x < x_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} e^{\frac{-(x_i - x_{\text{сер}})^2}{2\sigma^2}} dx \quad (4)$$

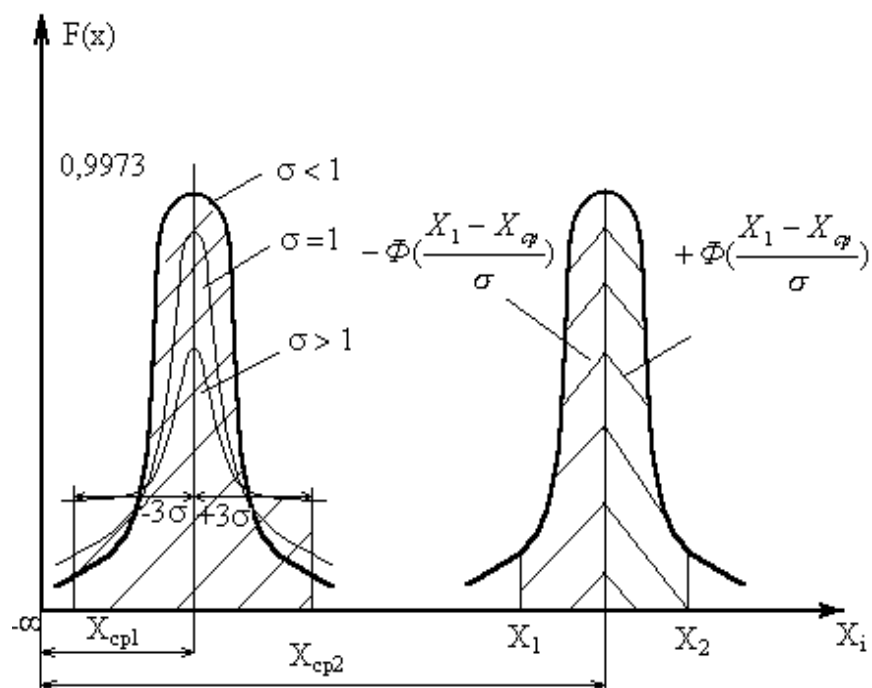


Рис.1. Теоретичні криві нормального розподілу

Якщо прийняти

$$\frac{X_i - X_{cep}}{\sigma} = t \quad (5)$$

і ввести нові границі

$$t_1 = \frac{X_1 - X_{cep}}{\sigma} \quad (6)$$

і

$$t_2 = \frac{X_2 - X_{cep}}{\sigma} \quad (7)$$

то

$$P(X_1 < X < X_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{t_1} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (8)$$

Інтеграл

$$\varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (9)$$

є нормованою функцією Лапласа, значення якої для різних $t = \frac{x_i - x_{сер}}{\sigma}$ наведені у довідниковій літературі (табл.3).

Отже, ймовірність того, що потрібний параметр знаходиться в межах X_1 - X_2 , буде:

$$P(x_1 < x < x_2) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) = \Phi\left(\frac{x_2 - x_{сер}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_1 - x_{сер}}{\sigma}\right) \quad (10)$$

Наведені залежності математичної статистики дозволяють виявити та проаналізувати закономірності розподілу розмірів заготовок при їх розсіюванні, що дає можливість цілеспрямовано впливати на точність обробки заготовок, до мінімуму зменшуючи браковану продукцію.

2. Порядок виконання роботи

Для проведення статистичного аналізу оброблено вибірку деталей з 36 шт. (або 72 шт., за вказівкою викладача), яку розміщено на лабораторній установці.

Для розв'язування задачі статистичної оцінки точності необхідно виконати наступне:

1. Виміряти зовнішній діаметр кожної втулки вибірки та зафіксувати одержані результати.

2. Наведені розміри поділити на групи встановлених інтервалів, тобто визначити розмах коливань розмірів в вибірці $X_{\min}$ і $X_{\max}$ (наприклад, $X_{\min}=23,68$ мм, $X_{\max}=24,06$ мм).

3. Для подальших розрахунків розміри від $X_{\min}$ до $X_{\max}$ розділити на інтервали з градацією $\Delta X=0,03 \dots 0,05$ мм (кількість інтервалів має бути не менше п'яти). При цьому границі інтервалів не повинні повторюватися. Отриманні результати внести до табл.1. Наприклад, перший інтервал ($\Delta X=0,03$): 23,68...23,70; другий 23,71...23,73 і т.п.

Вихідні та розрахункові дані

Номер інтервала	Інтервал	Середина інтервала X_i	Абсолютна частота m_i	Відносна частота $K_i = \frac{m_i}{n}$	$x_i m_i$	$X_i - X_{\text{сер}}$	$(X_i - X_{\text{сер}})^2$	$(X_i - X_{\text{сер}})^2 m_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			$\sum m_i = n$	$\sum K_i = 1$	$\sum x_i m_i$	$\sum (X_i - X_{\text{сер}})^2 m_i$		

4. Визначити середній арифметичний розмір інтервалів (наприклад, $X_{i1}=23,69$; $X_{i2}=23,72$; і т.п).

5. Визначити кількість розмірів, одержаних в результаті вимірювань, які попадають в даний інтервал, абсолютну частоту (наприклад, в границях першого інтервалу – три розміри; другого – шість; третього – нуль і т.д.). перевірити результати, при цьому:

$$\sum m_i = n,$$

де n – число деталей вибірки, $n=36(72)$.

6. Для переходу до відносних величин визначити відносну частоту для кожного інтервалу:

$$K_i = \frac{m_i}{n} \quad (11)$$

Перевірити $\sum K_i = 1$. (Допустима помилка в третьому знакові).

7. Визначити середнє арифметичне відхилення:

$$X_{\text{сер}} = \frac{\sum x_i m_i}{n} \quad (12)$$

8. Побудувати експериментальну криву розподілу розмірів в координатах $X_i - K_i$ (рис. 2), відклавши по вісі абсцис значення середини інтервалів X_i , а по вісі ординат – відповідні значення K_i .

9. Заповнити графі табл. 1, та визначити середнє квадратичне відхилення розмірів:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x_{\text{сер}})^2 m_i}{n}} \quad (13)$$

Якщо в формулі використовувати заокруглене значення $X' = X_{\text{сер}} \pm \alpha$ (α - різниця між дійсним та заокругленим значеннями $X_{\text{сер}}$), то середнє квадратичне відхилення розмірів матиме вигляд:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - x'_{\text{сер}})^2 m_i - a^2 n}{n}} \quad (14)$$

10. Побудувати криву нормального розподілу, сумістивши її з експериментальною (рис.2). При цьому:

а) Відкласти на вісі абсцис X_i значення центра групування розмірів $X_{\text{сер}}$ і провести вісь симетрії кривої нормального розподілу K_i .

б) Визначити X залежно від даного аргументу Y , виразивши X в частках σ і привести значення аргументу до дійсного масштабу.

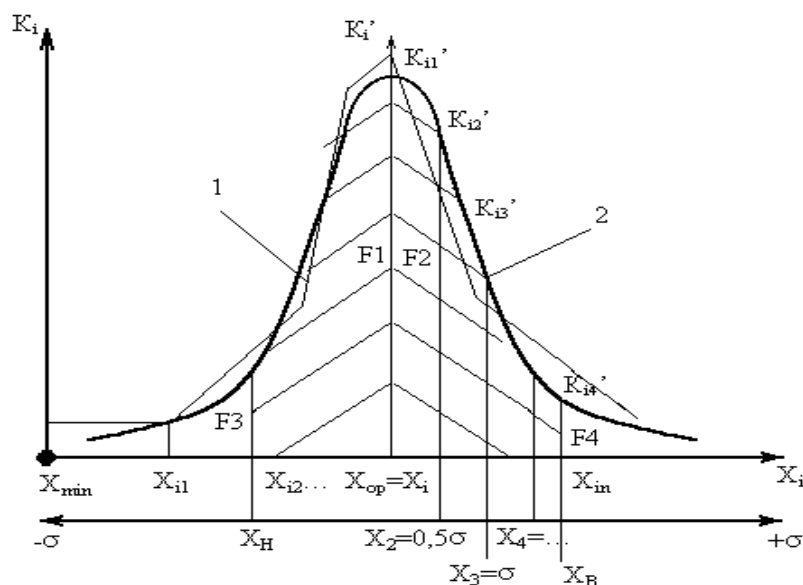


Рис.2. Експериментальна крива (1) і крива нормального розподілу розмірів (2).

Для $\sigma=1$ значення Y табульовані (табл.2). Але, так як на практиці значення σ рідко дорівнює одиниці, для приведення кривої до дійсного масштабу необхідно значення аргументу Y помножити на масштабний коефіцієнт:

$$K'_i = Y_i \frac{\Delta X}{\sigma} \quad (15)$$

де K'_i – ордината кривої в дійсному масштабі;

Y_i – табульоване (табл.2) значення аргументу при $\sigma=1$;

ΔX - інтервал, прийнятий при побудові експериментальної кривої (див. табл.1).

Таблиця 2

Значення абсциси і ординати нормального розподілу при $\sigma=1$

X	0	$\pm 0,5\sigma$	$\pm 1\sigma$	$\pm 1,5\sigma$	$\pm 2\sigma$	$\pm 2,5\sigma$	$\pm 3\sigma$
Y	0,4	0,35	0,24	0,13	0,054	0,018	0,004

Криву нормального розподілу будують, розташовуючи значення абсциси ліворуч і праворуч від вісі симетрії ($X_{\text{сер}}$); ордината на вісі симетрії кривої K'_i . Отримані точки з'єднують плавною кривою.

в) Зробити висновки про наближення експериментальної кривої до кривої нормального розподілу.

11. Визначити точність токарної операції механічної обробки втулки.

11.1. Нанести на вісь абсцис кривої нормального розподілу поле допуску деталі (визначене викладачем), відклавши нижнє X_n та верхнє X_v граничні відхилення.

11.2. Використовуючи залежності (6)...(8), і приймаючи $X_1=X_n$, $X_2=X_v$, визначити з таблиці 3 значення функції Лапласа $\Phi(t)$. При цьому площа $F_1=\Phi(t_1)$, а площа $F_2=\Phi(t_2)$,

11.3 Визначити (рис. 2), %:

- загальну кількість придатних деталей $F_r = F_1 + F_2$ (16)

$$\text{- загальну кількість браку } \sum F_{\text{бп}} = [1 - (F_1 + F_2)] \times 100\% \quad (17)$$

$$\text{- кількість непоправного браку } F_3 = (0,5 - F_1) \times 100\% \quad (18)$$

$$\text{- кількість виправного браку } F_4 = (0,5 - F_2) \times 100\% \quad (19)$$

11.4 Зробити висновок про точність технологічної операції, враховуючи допустимий відсоток браку.

12. Запропонувати заходи по зменшенню загальної кількості браку; невиправного браку.

Таблиця 3

Значення функції Лапласа

t	Φ(t)	t	Φ(t)	t	Φ(t)
0,00	0,000	1,00	0,3415	2,00	0,4775
0,05	0,020	1,05	0,3530	2,05	0,4800
0,10	0,040	1,10	0,3645	2,10	0,4820
0,15	0,0595	1,15	0,3750	2,15	0,4840
0,20	0,0795	1,20	0,3850	2,20	0,4860
0,25	0,0985	1,25	0,3945	2,25	0,4880
0,30	0,1180	1,30	0,4030	2,30	0,4895
0,35	0,1370	1,35	0,4115	2,35	0,4905
0,40	0,1555	1,40	0,4190	2,40	0,4920
0,45	0,1735	1,45	0,4265	2,45	0,4930
0,50	0,1915	1,50	0,4330	2,50	0,4940
0,55	0,2090	1,55	0,4395	2,55	0,4945
0,60	0,2255	1,60	0,4450	2,60	0,4955
0,65	0,2420	1,65	0,4505	2,65	0,4960
0,70	0,2580	1,70	0,4555	2,70	0,4965
0,75	0,2735	1,75	0,4600	2,75	0,4970
0,80	0,2880	1,80	0,4640	2,80	0,4975
0,85	0,3025	1,85	0,4680	2,85	0,4975
0,90	0,3160	1,90	0,4715	2,90	0,4980
0,95	0,3290	1,95	0,4745	2,95	0,4985

Примітка: Проміжні значення табл. 3 визначають екстраполяванням.

3. Зміст звіту

У звіті повинні бути наведені наступні дані:

1. Назва і мета роботи.
2. Загальні відомості.
3. Результати вимірів і обчислень наведені в таблиці 1.
4. Рисунок суміщених експериментальної кривої і кривої нормального розподілу.
5. Необхідні розрахунки та їх результати.
6. Висновки по роботі.

4. Запитання для самоперевірки

1. Фактори, що впливають на точність обробки.
2. Поняття похибок та їх різновиди.
3. Види систематичних похибок та шляхи їх зменшення
4. Розкрити суть метода оцінки точності технологічних операцій.
5. Навести приклади систематичної постійної, систематичної змінної та випадкової похибок.
6. Як залежать форма і розташування кривої нормального розподілу від параметрів $X_{сер}$ і σ ?
7. В чому полягає вибір плану систематичного регулювання?
8. Як визначити ймовірний процент бракованих та придатних деталей?
9. Шляхи підвищення точності технологічних операцій.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Визначення впливу похибок базування на точність механічної обробки

Мета роботи - практичне ознайомлення з впливом похибок базування на точність механічної обробки та засвоєння методики їх визначення.

1. Обладнання та інструменти

1. Викладена нижче методика передбачає виконання роботи на універсально-фрезерному верстаті моделі 676П.
2. Пристрій для установки і закріплення деталей
3. Фреза кінцева.
4. Мікрометр МР 0-25.
5. Оброблювані заготовки – 4шт.

Заготовки на торці повинні мати маркування у відповідності з табл.1. Діаметри валиків з маркуванням “НБ”, “НМ” виконані по граничним розмірам встановленого на діаметр D допуску ($\varnothing 24_{-0.28}$).

Таблиця 1

Дані для маркування заготовок

Дійсні діаметральні розміри валиків	Маркування валиків	Кількість
24,00	“НБ”	2
23,72	“НМ”	2

2. Загальні відомості

У відповідності з операційним ескізом (рис.1) необхідно обробити пов.1 на валику заданого діаметру – $D=24_{-0.28}$.

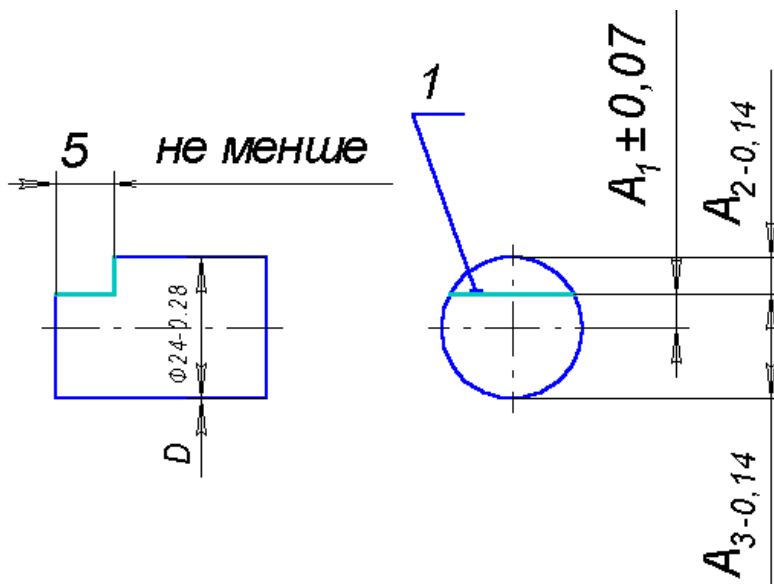


Рис.1. Операційний ескіз оброблюваної заготовки

Виходячи із службового призначення валика, конструктор може задати положення поверхні 1 з необхідною точністю одним з трьох розмірів: A_1 , A_2 , A_3 .

Технолог при обробці пов.1 може обрати декілька можливих варіантів схем базування, для матеріалізації яких потрібні різні пристрої. Завдання полягає у виборі найбільш раціональної схеми базування заготовок, як з точки зору забезпечення заданої точності, так і з точки зору простоти конструкції верстатного пристрою, що використовується.

При виконанні даної лабораторної роботи студенти повинні керуватися основними положеннями ГОСТ21495-76 "Базирование и базы в машиностроении", який регламентує такі поняття як "база", "базування", "похибка базування" і т. ін. [1].

Необхідно проаналізувати три можливих варіанти базування валика на операції, що виконується:

- установка в призму;
- установка в трикулачковому самоцентрувальному патроні;
- установка на площину (тобто у призму з кутом $\alpha = 180^\circ$).

На етапі проектування операції необхідно обрати схему базування і розрахувати похибку базування для заданого параметру точності.

Похибка базування ε_b є частиною похибки установки деталі при обробці чи складанні, тобто, згідно з вимогами, йдеться про відхилення фактично досягнутого положення заготовки при встановленні від заданого.

Похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2} \quad (1)$$

де ε_z – похибка закріплення деталі в напрямку вимоги точності;

ε_{np} – похибка пристрою в тому ж напрямку.

Похибка базування виникає у випадках несуміщення конструкторської і технологічної баз для заданого параметру точності [3].

При розробці операції технологічного процесу механічної обробки деталі, технолог повинен прагнути до принципу суміщення конструкторської і технологічної баз, але це можливо зробити не для всіх параметрів точності.

Відомо два методи визначення похибки базування: графічний і аналітичний.

Графічний заснований на зображенні схем установки заготовок, що базуються, з граничними розмірами базових поверхонь.

Аналітичний метод заснований на побудові розмірної схеми операції, що виконується, та її розмірному аналізі.

Найбільше застосування має перший метод, як найбільш простий, хоча і менш універсальний. В роботі розглядається лише перший метод визначення похибки базування.

Визначення похибки базування по першому варіанту

При встановленні вала у призму його положення по висоті буде змінюватись в залежності від допуску на діаметр вала – δD і кута призми – α (рис.2).

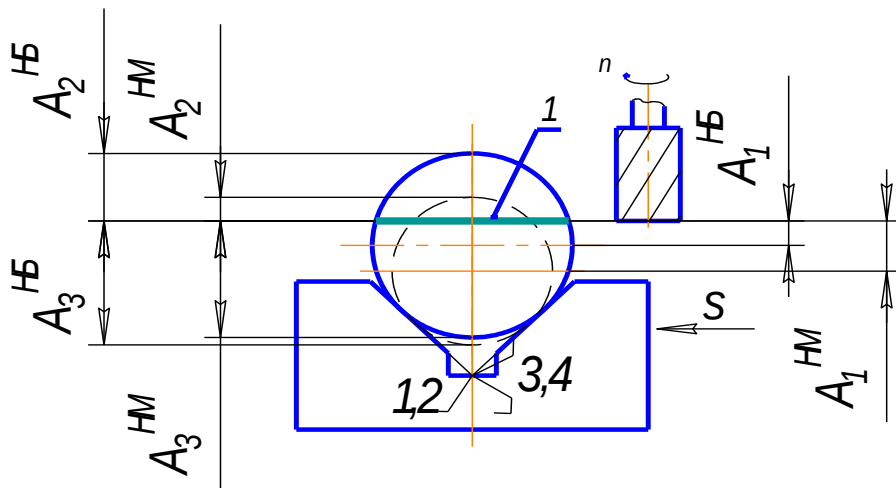


Рис.2. Схема установки вала в призму

При обробці поверхні 1 у вала найбільшого діаметра, отримуються розміри $A_1^{нб}$, $A_2^{нб}$, $A_3^{нб}$, а у вала найменшого діаметра - $A_1^{нм}$, $A_2^{нм}$, $A_3^{нм}$.

Різниця між найбільшим і найменшим розмірами і буде похибкою їх базування.

Для розмірів A_1, A_2, A_3 похибки базування $\varepsilon_{\delta}(A_1), \varepsilon_{\delta}(A_2), \varepsilon_{\delta}(A_3)$, що неважко встановити простими геометричними побудовами, становлять:

$$\varepsilon_{\delta}(A_1) = A_1^{нб} - A_1^{нм} = \frac{Td}{2\sin \alpha/2} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{\delta}(A_2) = A_2^{нб} - A_2^{нм} = \frac{Td}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) \quad (3)$$

$$\varepsilon_{\delta}(A_3) = A_3^{нб} - A_3^{нм} = \frac{Td}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right) \quad (4)$$

Як видно з формул (2)...(4) при обробці пов.1 на валах, що встановлюються у призму, у відповідності з першим варіантом базування, принцип єдності баз для розмірів A_1, A_2, A_3 не виконується. Знаючи Td з креслення заготовки і кут призми (як правило $\alpha=90^\circ$), можна аналітично розрахувати значення похибок базування для вказаних розмірів.

Визначення похибки базування по другому варіанту

При встановленні валів різних діаметрів (у межах допуску) в самоцентрувальний патрон технологічною базою є вісь зовнішньої поверхні валу, яка контактує з кулачками патрона (рис.3.).

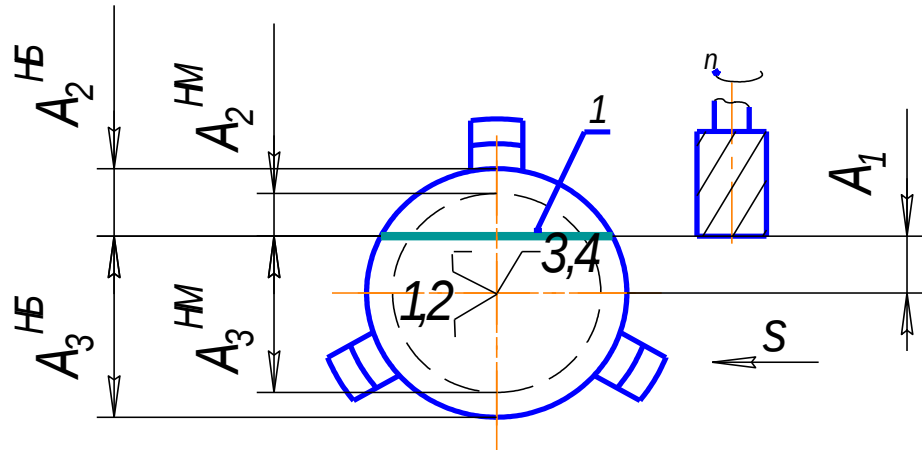


Рис.3. Схема установки вала в самоцентрувальний патрон

Похибки базування для розмірів A_1, A_2, A_3 у цьому випадку становлять:

$$\mathcal{E}_\delta(A_1) = 0 \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_\delta(A_2) = \mathcal{E}_\delta(A_3) = \frac{Td}{2} \quad (6)$$

Як видно із схеми, тільки для розміру A_1 виконується принцип єдності баз, тобто конструкторська і технологічна бази суміщені.

Визначення похибки базування по третьому варіанту

При встановленні валів різних діаметрів на площину (у призму з кутом $\alpha=180^\circ$) не змінює свого положення (тобто є технологічною базою) лише твірна зовнішньої поверхні валу, по якій вона контактує з площиною. (рис.4).

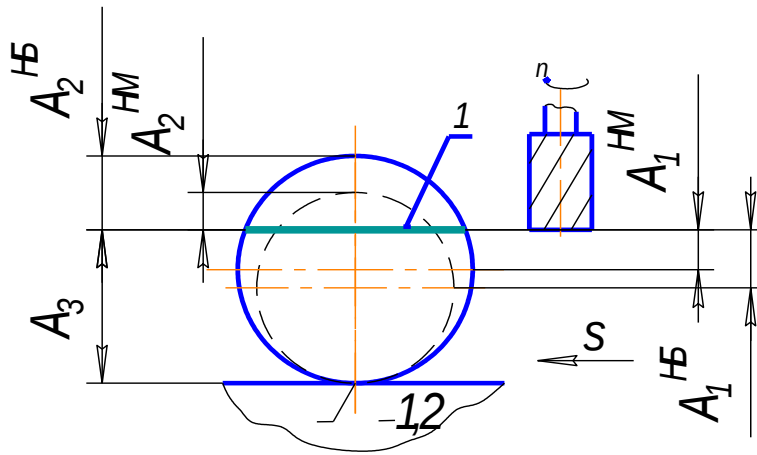


Рис. 4. Схема установки вала при на площину

Похибки базування для розмірів A_1, A_2, A_3 для цієї схеми становлять:

$$\varepsilon_{\delta}(A_1) = \frac{Td}{2} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{\delta}(A_2) = Td \quad (8)$$

$$\varepsilon_{\delta}(A_3) = 0 \quad (9)$$

Можливі також інші варіанти схем базування валів для виконання операції, яка розглядається.

Аналіз цих варіантів дозволяє вибрати найбільш раціональний.

3Порядок виконання роботи

1. Установити пристрій на стіл верстата і закріпити.

2. Установити і закріпити фрезу.

3. У відповідності з нормативами режимів різання при фрезеруванні кінцевими фрезами для глибини різання $t=(0,1...1,0\text{мм})$ вибрати, згідно із паспортними даними, подачу S_z у межах $S_z=(0,07...0,24\text{ мм/зуб})$ і швидкість різання V у межах $V=(40...60\text{м/хв.})$.

Визначити частоту обертання шпинделя n_p за формулою:

$$n_p = \frac{1000 V}{d_{fp} \pi} \quad (10)$$

де d_{fp} – діаметр фрези, мм.

Скоригувати згідно із паспортними даними верстата n_p (прийняти найближче значення n_d) і встановити n_d на верстаті.

Визначити дійсну швидкість різання V_∂ , м/хв.

$$V_\partial = \frac{\pi d_{fp} n}{1000}, \quad (11)$$

Визначити хвилинну подачу $S_{xв}$ за формулою:

$$S_{xв} = S_z \cdot n_\partial \cdot Z, \quad (12)$$

де n_d – дійсна частота обертання шпинделя;

Z – кількість зубів фрези;

Скоригувати за паспортними даними верстата $S_{xв}$ (прийняти найближче менше значення $S_{xв}$) і встановити $S_{xв}$ на верстаті.

4. Установити і закріпити заготовку у призмі пристрою.

Оброблювана деталь з боку фрези не повинна виступати більше ніж на 30 мм.

Оброблена лиска на валику повинна бути приблизно паралельна площині стола верстата з метою забезпечення зняття припуску по всій поверхні.

5. Налагодити верстат, забезпечивши потрібну ширину фрезерування (5...6мм) і вказану в п.3.3 глибину різання t . Закріпити стіл від можливих вертикальних і горизонтальних переміщень.

6. Не змінюючи режими різання, обробити пов.1 у всіх чотирьох валиків.

7. Виміряти мікрометром розміри A_1, A_2, A_3 у всіх оброблених валиків. Результати вимірювань занести до табл.2. у відповідності з маркуванням валиків і знайти поля розсіювання розмірів $\omega A_i = A_i^{нб} - A_i^{нм}$ для заготовок з різним маркуванням.

Значення A_1, A_2, A_3 по першому варіанту базування

Розмір, що контролюється	Маркування валиків				Поле розсіювання	Розрахункова похибка базування $\varepsilon_{\delta}(A_i)$
	НБ	НБ	НМ	НМ		
A_1						
A_2						
A_3						

8. Повторити п.п.3.4-3.7 для двох інших варіантів базування.

4. Зміст звіту

У звіті повинні бути наведені наступні дані:

1. Назва і мета роботи.
2. Відомості про верстат, пристрій, різальний інструмент
3. Операційний ескіз обробки та режими різання (t, S, V).
4. Схеми операції по трьох варіантах базування з наведеними формулами для визначення очікуваних похибок базування.
5. Результати вимірювань і розрахунків, зведені у табл.2.
6. Висновки про доцільність варіантів базування з точки зору забезпечення заданої точності обробки.
7. Висновки по роботі.

5. Запитання для самоперевірки

1. Дати визначення понять “базування”, “база”, “конструкторська база”, “технологічна база”.
2. Суть принципу єдності баз.
3. Поняття похибки базування і причини її утворення?

4. Теоретичні схеми базування валу у призмі, патроні, на площині.
5. На якому етапі механічної обробки виникає похибка базування?
6. Кількість позбавлених степенів рухомості при встановленні деталі по циліндричній поверхні
7. Поняття похибки установки заготовки при механічній обробці.
8. Поняття похибки базування. Значення похибки базування при автоматичному отриманні розмірів на металорізальних верстатах?
9. Чи всі компоненти загальної похибки деталі (розмірів, геометричної форми, взаємного розташування) викликають похибку базування заготовки?
10. Випадки, при яких похибка базування дорівнює нулю.
11. Суть принципу постійності баз.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Дослідження впливу зусилля затискування заготовки на похибку обробки

Мета роботи – визначення впливу пружних деформацій на точність обробки поверхонь обертання деталі типу кільця на токарному верстаті при закріпленні в патроні.

1. Обладнання та пристрої

1. Токарний верстат з трикулачковим патроном.
2. Кільце тонкостінне (товщина $h=0.2R$, рис. 2), шириною по довжині кулачків, із зовнішнім діаметром найбільш можливим для закріплення в патроні по цій поверхні.

3. Індикатор, закріплений на магнітній стійці, для вимірювання биття кільця.
4. Розточувальний різець для розточування кільця.
5. Тарувальний затискний ключ.

2. Загальні відомості

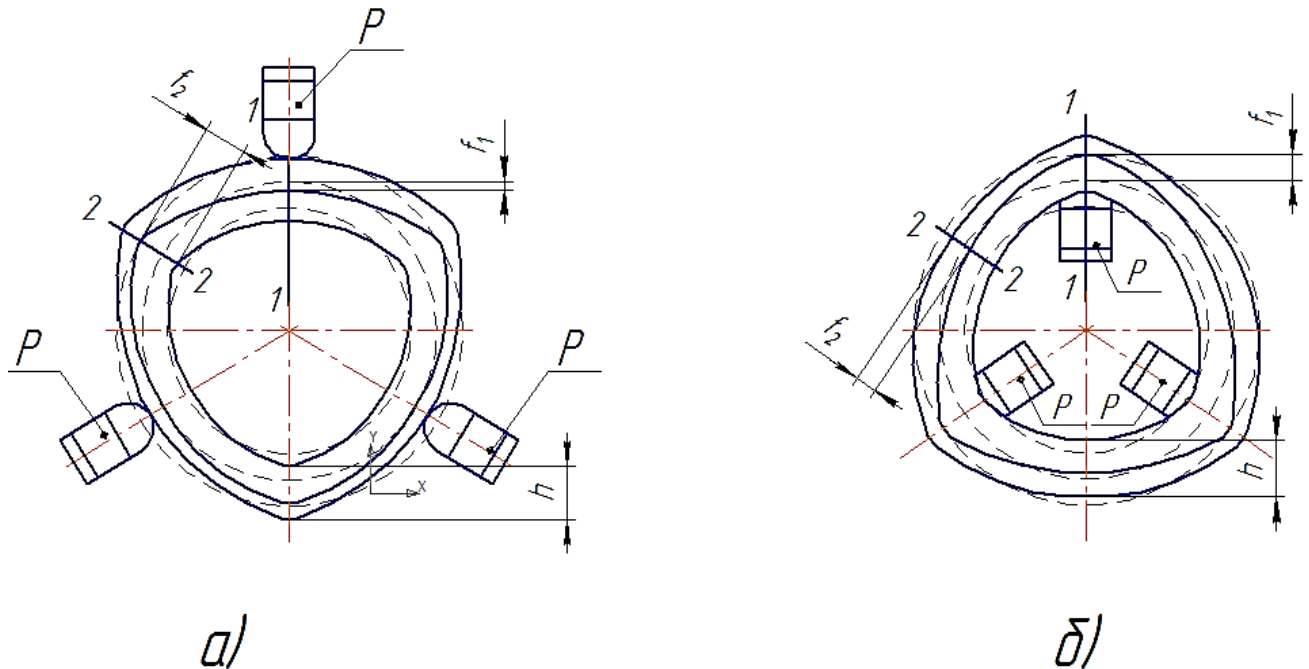
Зусилля затискування (закріплення) заготовок у пристроях, як і зусилля різання, викликають пружні деформації заготовок, що породжують похибки форми оброблених поверхонь. При закріпленні похибка форми отвору втулки в трикулачковому патроні досить суттєва. Для втулки 80x70x20мм при величині зусилля затиску на важелі ключа $Q=147\text{Н}$ похибка форми досягає 0,08мм.

Похибка форми оброблюваної заготовки, пов'язана з її пружною деформацією, при закріпленні в кулачкових патронах залежить від числа кулачків. За розрахунками проф. В.О. Корсакова при збільшенні числа затискних кулачків похибка геометричної форми втулки помітно зменшується. Якщо похибку геометричної форми тонкостінної втулки після обробки при затискуванні у двох кулачках прийняти за 100%, то при затискуванні в трьох кулачках вона складе 21%, у чотирьох кулачках – 8%, у шести – 2%.

Якщо форма кулачків відповідає формі заготовки і прилягання затискних поверхонь кулачків до поверхонь заготовки найщільніше, похибка геометричної форми втулки також зменшується.

Таким чином, на похибку форми оброблюваних заготовок більший вплив мають зусилля їх затискування в пристроях.

При дії сил тиску кулачків патрона на закріплене по зовнішній поверхні кільце, воно прогинається до центру в зоні дії на нього кожного кулачка і зміщується від центру в зоні між кулачками (рис. 1а). При закріпленні кільця в кулачковому патроні по внутрішній поверхні,



напрямок деформації по вказаних вище зонах кільця протилежний (рис. 1б).

Рис. 1 Деформація кільця при закріпленні його в трикулачковому патроні: а) – по зовнішній поверхні; б) – по внутрішній поверхні.

Вплив пружних деформацій заготовки під дією сил закріплення в трикулачковому патроні на точність розтискування кільця.

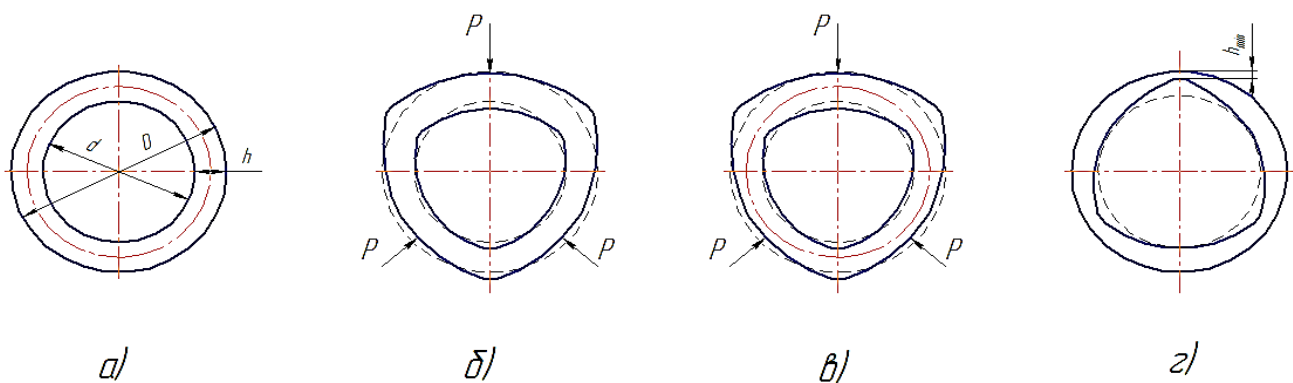


Рис.2. Види геометричної зміни форми заготовки

Розрахунок пружних деформацій тонкостінного кільця при закріпленні його в трикулачковому патроні в залежності від виду закріплення («взатиск» чи «врозтиск») виконують за наступними залежностями:

а) при кріпленні по зовнішній поверхні

$$f_1 = 0.016 \frac{P \cdot R^3}{E \cdot J} \quad (1)$$

$$f_2 = -0.014 \frac{P \cdot R^3}{E \cdot J} \quad (2)$$

б) при закріпленні по внутрішній поверхні

$$f_1 = 0.0159 \frac{P \cdot R^3}{E \cdot J} \quad (3)$$

$$f_2 = -0.0143 \frac{P \cdot R^3}{E \cdot J} \quad (4)$$

де P – сила тиску кулачка на кільце;

R – середній радіус кільця (рис. 2а);

E – модуль пружності матеріалу кільця;

J – момент інерції радіального поперечного перерізу кільця відносно осі симетрії його паралельної осі.

Знак мінус у формулах для перерізу 2-2 означає радіальний напрям деформації в бік, протилежний в перерізі 1-1. Величина биття деформованої поверхні дорівнює сумі абсолютних величин прогинів:

$$B = f_1 + f_2$$

3. Порядок виконання

Величина сили затиску (P) кулачка на заготовку створюється за допомогою тарувального затискного ключа.

При закріпленні кільця в трикулачковому патроні зміна геометричної форми оброблюваної поверхні вимірюється як биття за допомогою індикатора.

Перед закріпленням при дуже легкому натискуванні кулачків на кільце необхідно впевнитися, що биття оброблюваної поверхні не існує, аби уникнути впливу похибок установки на величину биття кільця після кінцевого закріплення.

Щоб звести до мінімуму вплив на похибку обробки пружних деформацій технологічної системи, що виникають під дією сил різання, поверхню кільця слід обробляти в кілька етапів з дуже малою глибиною різання на останньому проході.

При виконанні роботи необхідно:

1. Виміряти штангенциркулем діаметр і ширину B кільця, а товщину кільця h мікрометром. Знайти $h_{\max}$ і $h_{\min}$ і результати вимірювань записати в таблицю 1, визначити похибку товщини кільця, до розточування Δh_q , яка не повинна перебільшувати 0,03 мм (рис. 2а).

2. Закріпити кільце в кулачках за зовнішню поверхню (легко, щоб не викликати деформацію кільця) перевірити індикатором биття $B_{л.д.}$ внутрішньої поверхні. Результати контролю записати в табл. 2.

3. Не знімаючи кільця з патрона, закріпити його (для наступного розточування). Перевірити биття $B_{н.д.}$ отвору індикатором (рис. 2б), записати в табл. 2 і обчислити середнє значення биття.

4. Розточити кільце 2 рази із найменшою глибиною різання, перевірити після кожного проходу биття $B_{н1}$ і $B_{н2}$ і записати в табл. 2 (рис. 2в).

5. Послабити кріплення кулачків, залишивши його лише для можливості перевірки кільця індикатором (рис. 2г). Перевірити биття отвору кільця $B_{л.п.}$ і записати в табл. 2.

6. Зняти кільце, виміряти мікрометром найбільшу і найменшу товщину кільця по кожній його хвилі, записати в табл. 3.

7. Розрахувати величину прогину f_1 і f_2 , зрівняти суму їх із середньою величиною биття отвору перед розточуванням $B_{н.д.}$ при нормальному кріпленні, а також із середньою величиною биття $B_{д.н.}$ після розточування при легкому кріпленні із середньою похибкою товщини кільця Δh_q після розточування.

8. Якщо сила тиску кулачків не вимірювалася, треба тоді розраховувати величину з урахуванням отриманої експериментальної величини биття отвору кільця при нормальному закріпленні перед розточуванням $B_{н.д.}$ за формулами враховуючи при цьому, що $f_1 = f_2$.

9. Порівняти отримані експериментальні та розрахункові величини і зробити висновок за результатами роботи, а також запропонувати шлях підвищення точності обробки деталей типу кілець і втулок.

Таблиця 1

Розміри геометричних параметрів кільця до обробки

Вимірювання кільця до розточування					
D	d	B	$h_{\max}$	$h_{\min}$	$\Delta h_q = h_{\max} - h_{\min}$

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень

Биття кільця по отвору, мм					
Умови контролю	Позначення	№ хвилі за 1 оберт			Середнє значення
		1	2	3	
1	2	3	4	5	6
При легкому кріпленні до розточування	$B_{л.д.}$				
При нормальному кріпленні до розточування	$B_{н.д.}$				
При нормальному кріпленні	$B_{н.1}$				

кріплення після 1-го переходу					
При нормальному кріпленні після 2-го проходу	$B_{н.2}$				
При легкому кріпленні після розточування	$B_{л.п.}$				

Таблиця 3

Результати вимірювання кільця після обробки

Вимірювання кільця після розточування			
№ хвилі	h_{max}	h_{min}	$\Delta h_q = h_{max} - h_{min}$
1			
2			
3			
Середнє значення			

4. Зміст звіту

У звіті повинні бути наведені наступні дані:

1. Назва і мета роботи.
2. Відомості про верстат, пристрій, різальний та вимірювальний інструменти.
3. Схема деформації кільця при його закріпленні в трикулачковому патроні.
4. Види геометричної зміни форми заготовки та формули для визначення величини деформації
5. Результати геометричних параметрів кільця до обробки, зведені у табл. 1.
6. Результати вимірювань і розрахунків, зведені у табл.2, 3.
7. Розрахунок величин прогину f_1 і f_2
8. Порівняння розрахункових та експериментальних величин.

9. Висновки по роботі.

4. Запитання для самоперевірки

1. Які складові загальної похибки деталі (розміри, відхилення від геометричної форми, взаємне розміщення) викликає деформація заготовки під дією сил закріплення?

2. Які технологічні методи зменшення похибок обробки в результаті деформації заготовки, що виникають під дією сил закріплення?

3. Вплив методів обробки та способів установки заготовки на похибку форми оброблюваної деталі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Дослідження впливу режимів різання та геометрії різця на шорсткість поверхні

Мета роботи - дослідити вплив подачі S (мм/об), радіуса закруглення вершини різця r (мм), головного кута в плані ϕ (град), допоміжного кута в плані ϕ_1 (град) на шорсткість поверхні.

1. Обладнання та інструменти

1. Токарно-гвинторізний верстат.
2. Трикулачковий патрон.
3. Різці токарні: - прямі, прохідні з відповідними кутами та радіусами при вершині.
4. Заготовки у вигляді п'ятиступінчастих сталевих валиків.
5. Еталони шорсткості.

2. Загальні відомості

Термін служби та надійності роботи машин багато в чому залежить від якості обробки поверхонь деталей. Одним із головних критеріїв оцінки якості оброблених деталей є шорсткість обробленої поверхні, на яку впливають швидкість різання, подача, глибина, геометрія різальної частини інструменту та інші фактори.

Шорсткість обробленої поверхні визначається мікронерівностями, які виникають при різанні в результаті впливу різального інструменту на матеріал оброблюваної деталі.

На рис.1 показані теоретичні профілі оброблених поверхонь, які представляють собою сліди від різальних кромek різців.

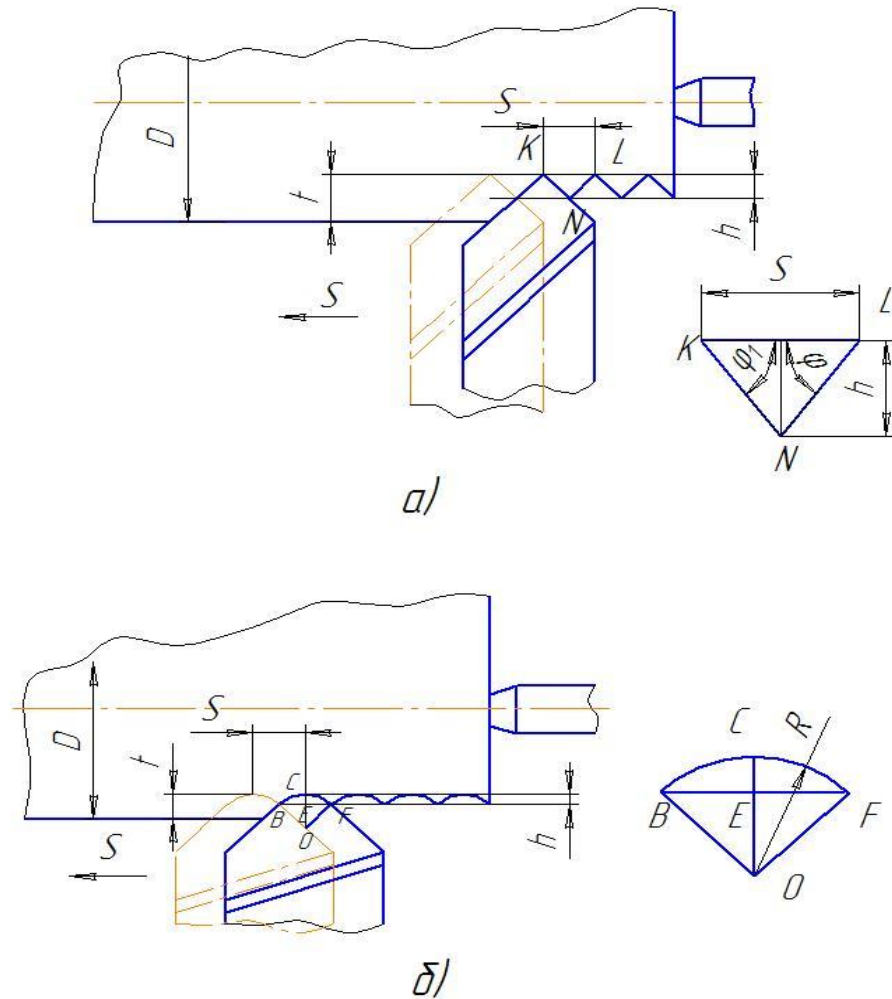


Рис.1. Теоретичний профіль обробленої поверхні:

а) - при $r = 0$; б) - при $r > 0$.

Висота мікронерівностей у випадку обробки різцем з радіусом біля вершини r , що дорівнює нулю, може бути визначена із співвідношень:

$$KO = ON \operatorname{ctg} \varphi_1 = h \operatorname{ctg} \varphi_1 ;$$

$$OL = ON \operatorname{ctg} \varphi = h \operatorname{ctg} \varphi ;$$

$$RO + OL = S = h (\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \varphi) = h \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \varphi_1} + \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi} \right) = h \frac{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi},$$

Звідки,

$$h = S \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi} \quad (1)$$

Коли теоретичний профіль відтворюється тільки як слід криволінійної ділянки кромки BCF з радіусом r (рис.1 б), то

$$h = CE = OC - OE ;$$

$$\text{З } \triangle OBE: OE = \sqrt{OB^2 - BE^2} = \sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}} ;$$

Тоді остаточно одержимо

$$h = r - \sqrt{r^2 - \frac{S^2}{4}} \quad (2)$$

З аналізу формул (1) та (2) виходить, що h зменшується із зменшенням подачі S , головного φ та допоміжного φ_1 кутів в плані, а також із збільшенням радіуса при вершині різця r .

Як показує досвід, висота h дійсного профілю обробленої поверхні значно більше теоретичного. Це результат пластичного та пружного деформування поверхневого шару обробленої поверхні в процесі різання.

Розрахункова максимальна висота гребінців на обробленій поверхні визначається залежно від співвідношення r та S :

$$\text{при } r < \frac{S}{2} \quad h = S \frac{\operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi} ;$$

$$\text{при } r \geq \frac{s}{2} \quad h = r - \sqrt{r^2 - \frac{s^2}{4}}.$$

3. Порядок виконання роботи

1. Ознайомитися з методичними вказівками до лабораторної роботи.

2. Накреслити заготовку ступінчастого валика та різець (схему обробки).

3. Дослідити шорсткість обробленої поверхні в залежності від величини подачі. Для цього обточити валик на кожній ступені з різними по величині подачами в робочому положенні при незмінній швидкості різання та геометрії різця. Умови обробки: $t = 1,0$ мм; $r = 1,0$ мм; $\varphi = 30^\circ$; $\varphi_1 = 5^\circ$; $S_1 = 0,08$; $S_2 = 0,19$; $S_3 = 0,38$; $S_4 = 0,66$; $S_5 = 1,0$ мм/об.

4. Визначити за відповідною формулою розрахункову висоту гребінців h . Встановити методом порівняння по еталонам чистоти клас шорсткості поверхні. Побудувати графік залежності $h = f(s)$.

5. Дослідити шорсткість обробленої поверхні в залежності від радіуса закруглення вершини різця при таких даних: $S = 0,38$ мм/об; $\varphi = 60^\circ$; $\varphi_1 = 10^\circ$; $r_1 = 0,3$; $r_2 = 0,5$; $r_3 = 0,8$; $r_4 = 1,5$; $r_5 = 2$ мм.

7. Визначити за відповідною формулою розрахункову висоту гребінців h та клас чистоти методом порівняння. Побудувати графік залежності $h = f(r)$.

8. Дослідити шорсткість обробленої поверхні залежно від кута в плані при таких умовах обробки: $t = 1,0$ мм; $r = 0,1$ мм; $S = 0,38$ мм/об; $\varphi_1 = 10^\circ$; $\varphi^1 = 30^\circ$; $\varphi^2 = 45^\circ$; $\varphi^3 = 60^\circ$; $\varphi^4 = 75^\circ$; $\varphi^5 = 85^\circ$.

9. Розрахувати за відповідною формулою висоту гребінців h . Встановити клас шорсткості поверхні. Побудувати графік залежності $h = f(\varphi)$ та з формулювати висновки, виходячи з аналізу побудованих графіків.

4. Зміст звіту

У звіті повинні бути наведені наступні дані:

1. Назва і мета роботи.
2. Обладнання та інструменти.
3. Схема формоутворення та формули для розрахунку висоти мікронерівностей.
4. Схема механічної обробки ступінчастого валика прохідним різцем.
5. Розрахунки та побудова графіків залежності висоти мікронерівностей від подачі, радіуса при вершині та кута в плані за результатами трьох дослідів.
6. Висновки по роботі.

5. Запитання для самоперевірки

1. Поняття якості поверхні?
2. Параметри, що характеризують якість поверхні.
3. Критерії та класифікація шорсткості поверхні .
4. Умовні графічні знаки позначення шорсткості поверхні.
5. Способи оцінки шорсткості.
6. Вплив подачі, кута в плані та радіусу при вершині різця на шорсткість оброблюваної поверхні

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Дослідження впливу способу установки інструмента на точність обробки деталі при налагоджуванні металорізального верстата

Мета роботи – дослідити вплив схеми установки різця в револьверній головці токарно-револьверного верстата на точність обробки діаметральних поверхонь деталей.

1. Обладнання та інструменти

1. Токарно-револьверний верстат мод. 1Г340П
2. Заготовка – пруток $\varnothing 10-40$ мм.
3. Мікрометр МР 0-25.
4. Опорки для закріплення прохідного різця у двох положеннях.
5. Опорки для установки і закріплення відрізного різця і свердла.

2. Методичні вказівки

Токарно-револьверні верстати з горизонтальною та вертикальною осями обертання револьверних головок дозволяють обробляти внутрішні і зовнішні поверхні обертання деталей різного класу. При необхідності обробки партії деталей такі верстати, як правило, забезпечують вищу продуктивність у порівнянні з універсальними токарними верстатами, завдяки можливості роботи їх з лінійними і діаметральними упорами, установкою в револьверну головку більшої кількості різальних інструментів та порівняно легкому керуванню і т.і.

Область використання токарно-револьверних верстатів – дрібно - та середньо-серійне виробництва, але при дотриманні певних умов їх експлуатують як в одиничному так і в багатосерійному виробництвах.

Відомо [1], що точність розмірів деталей, оброблених на металорізальних верстатах, залежить від ряду факторів випадкового чи систематичного характеру, серед яких можна вказати:

- похибку установки деталі;
- жорсткість технологічної системи;
- спрацювання різальних інструментів;
- температурні деформації елементів технологічної системи;
- точність виготовлення окремих вузлів і деталей верстата, у тому числі геометричну точність виготовлення напрямних;

- спосіб і точність статичного і динамічного налагоджування металорізального верстата, а також численні інші фактори: точність заготовки, що надходить на обробку; рівномірність припуску, що знімається; незмінність механічних властивостей матеріалу в межах оброблюваної партії заготовок; температурні умови в цеху; наявність адаптивних систем керування процесом обробки; точність вимірювань і т.і.

Необхідна точність обробки поверхні забезпечується в три етапи [2, с.12, 21]:

- установкою — включенням деталі в кінематичні і розмірні ланцюги технологічної системи ;

- статичним налагоджуванням розмірних і кінематичних ланцюгів верстата, тобто налагоджуванням інструменту без робочих навантажень;

- динамічним налагоджуванням розмірних і кінематичних ланцюгів верстата, тобто налагоджуванням інструменту з урахуванням діючих у технологічній системі сил, що впливають на положення кромки різального інструменту у координатній системі верстата чи оброблюваної деталі.

Вищенаведені фактори, що впливають на точність обробки ε , створюють на зазначених етапах досягнення точності свої випадкові і систематичні похибки, що сумарно і частково компенсуючи одна одну,

виявляються у вигляді результуючих похибок установки ε_y , статичного ε_c і динамічного ε_d налагодження технологічної системи:

$$\varepsilon = \varepsilon_c + \varepsilon_d + \varepsilon_y \quad (1)$$

В процесі виготовлення великих партій деталей характер впливу окремих факторів може змінюватися: випадковий переходить у систематичний і навпаки. На певному відрізку часу той чи інший систематичний фактор може домінувати. Виявлення ступеня і характеру впливу окремих факторів на точність виготовлення деталей у виробництві представляє великий практичний інтерес. З метою виділення внеску (частки) кожного з факторів у дисперсію випадкової величини, що визначає точність технологічної операції, у відповідних випадках експеримент планують з урахуванням використання методів кореляційного чи дисперсного аналізу.

У простіших випадках використовують спеціальні технічні прийоми, що дозволяють, по можливості, виділити дисперсію, обумовлену впливом одного досліджуваного фактора.

Мета даної лабораторної роботи – дослідити вплив способу встановлення інструмента на верстаті на точність обробки деталі, припускаючи під цим спосіб завдання положення різальної кромки інструмента, у координатній системі верстата в процесі обробки кожної чергової деталі в партії. В цьому розумінні налагодження токарних і токарно-револьверних верстатів найчастіше здійснюється методом пробних стружок з наступною обробкою партії деталей (чи навіть однієї деталі) по лімбу. Налагодження токарно-револьверних верстатів (а точніше, його упорів) здійснюється як методом пробних стружок, так і з використанням лімба з наступною обробкою партії деталей по налагоджуваних упорах з вибіркоким контролем в процесі обробки. При будь-яких відомих способах налагодження похибка виготовленої деталі (1) містить усі перераховані випадкові і систематичні фактори.

Варто враховувати, що лабораторну роботу виконують з виготовленням обмеженої кількості деталей (малий обсяг вибірки), обумовленим розкладом занять. Тому такі фактори, як спрацювання інструмента і температурні деформації в технологічній системі, не встигають себе виявити в достатньому ступені. Крім того, роботу виконують на одному і тому верстаті з властивими йому незмінними в межах лабораторної роботи похибками виготовлення, із застосуванням одного технологічного оснащення, незмінною за сортаментом і якістю заготовкою, зі зняттям однакових припусків на порівняно коротких деталях (довжиною не більше 10 мм і виступом заготовки не більше 30 мм). При дотриманні цих умов зміна жорсткості технологічної системи при різних варіантах кріплення інструмента залежить, головним чином, від самого інструменту і способу його установки. Таким чином, вплив усіх випадкових і систематичних факторів, крім способу визначення положення різальної кромки інструмента, в координатній системі верстата, якщо не виключена повністю, то зведена до мінімуму, і точність обробки деталей залежить від схеми завдання положення різальної кромки (вершини) різця в координатній системі верстата. У зв'язку з цим можна вказати на дві такі схеми, показані на рис.1. вони відрізняються положенням передньої поверхні різця відносно до лінії OO_1 , що з'єднує центр оброблюваної деталі (точка O) і центр обертання револьверної головки (точка O_1), а також по положенню траєкторії підведення інструмента по відношенню до оброблюваної поверхні. Перша схема (місце 1) характеризується тим, що траєкторія підведення інструмента до деталі, перетинаючи оброблювану поверхню, проходить через центр деталі. Друга схема (місце 2) характеризується тим, що траєкторія підведення інструмента є дотичною до оброблюваної поверхні.

На практиці більш широке застосування знайшла перша схема, яка забезпечує більшу жорсткість кріплення інструмента, що дуже важливо при виконанні чорнових операцій. Однак при виконанні чистових

операцій варто рекомендувати другу схему установки інструмента, яка забезпечує його більш точне положення відносно деталі.

Введемо такі позначення:

R_r – відстань від центра обертання револьверної головки до центра (вісі) оброблюваної деталі;

R_ϕ – відстань від центру руху револьверної головки до центра (вісі) фіксатора кутового положення револьверної головки;

l_ϕ – максимальна лінійна похибка фіксації револьверної головки на радіусі фіксації R_ϕ ;

d_n – номінальний діаметр пальця фіксатора;

d_o – номінальний діаметр отвору (фіксуючого гнізда) в револьверній голівці;

d_p – максимальна кутова похибка фіксації положення револьверної голівки;

DC – максимальна лінійна похибка фіксації положення вершини різця на радіусі R_r при його установці по першій схемі;

AB – те ж, але на радіусі $R_r - R_\delta$ при установці по другій схемі, де

R_δ – радіус деталі, що виготовляється;

D_3 – найменший діаметр оброблюваної деталі; точки C і A приймаємо як точки відліку для визначення неточності виготовлення деталі, що виникає внаслідок неточності встановлення різців за порівняльними схемами;

D_2 – найбільший діаметр оброблюваної деталі при установці по другій схемі;

D_1 – найбільший діаметр оброблюваної деталі при установці різця по першій схемі.

Схема і положення різального інструменту відносно деталі представлена на рис.1.

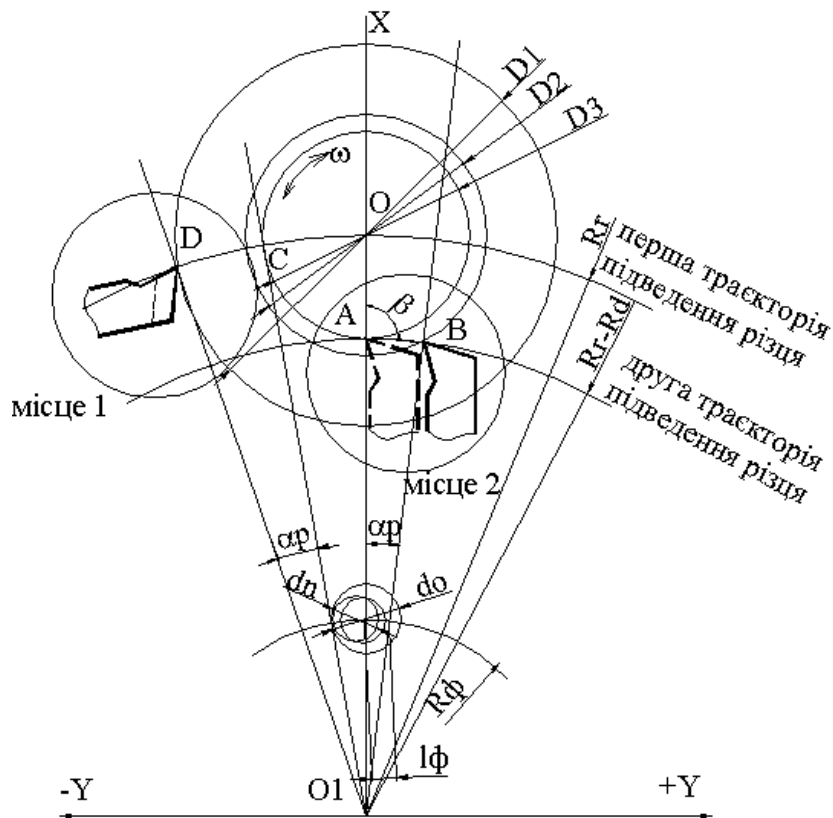


Рис.1. Схема відносного положення інструмента і деталі

З рис.1 і прийнятих позначень видно, що кутова похибка встановлення інструмента величиною α_p , що виникає в результаті сукупного впливу похибок фіксації, піддатливості технологічної системи і т.п., при встановленні різця по першій схемі безпосередньо впливає на діаметр оброблюваної поверхні деталі. Ця похибка ε_1 на діаметр, представлена відрізком DC, може бути визначена з виразу:

$$\varepsilon_1 = 2 \cdot DC \quad (2)$$

При встановленні різця по другій схемі відповідна помилка ε_2 може бути визначена з виразу

$$DC = 2R_r l_\phi / R_\phi \quad (3)$$

Тоді похибка:

$$\varepsilon_1 = 4 \cdot R_r \cdot l_\phi / R_\phi \quad (4)$$

Для підрахунку величини ε_2 необхідно визначити відрізки OA і OB та кут β , оскільки центральний кут α_p відомий, $\sin \alpha_p/2 = l_\phi/2R_\phi$ кут $O_1AB = (180 - \alpha_p)/2$. Сума кутів O_1AB і β дорівнює 180° , отже кут $\beta = 90 + \alpha_p/2$.

Аналогічно (3) визначимо довжину відрізка AB :

$$AB = 2(R_r - R_d)l_\phi/R_\phi \quad (5)$$

де $R_d = D_3/2$ – мінімальний радіус деталі.

Оскільки дві визначені сторони OA і AB косокутного трикутника OAB і кут β між ними, то

$$OB = \sqrt{OA^2 + AB^2 + 2 \cdot OA \cdot AB \cdot \cos \beta} \quad (6)$$

З огляду на те, що $\cos \beta = \cos(90 + \alpha_p/2) = -\sin \alpha_p/2$,

а також приведену раніше рівність для визначення синуса половинного кута через R_ϕ і l_ϕ , після нескладних перетворень одержуємо рівняння для визначення похибки:

$$\varepsilon_2 = 2 \cdot OB - D_3 = 2 \cdot \sqrt{\frac{D_3^2}{4} - \left[\frac{2 \cdot (R_r - R_d)l_\phi}{R_\phi} \right] - \frac{D_3(R_r - R_d)l_\phi^2}{R_\phi^2}} - D_3, \quad (8)$$

Нехай $R_r = 175$; $R_\phi = 160$ і $d_o = 18$ мм, а максимальний зазор між фіксуючим пальцем і отвором у револьверній голівці при виготовленні по п'ятому квалітету точності складає 65 мкм. Приймаючи 1,5 – кратне збільшення зазору між пальцем і отвором у результаті їхнього спрацювання, а також з огляду на (збільшенням на 30% зазору l_ϕ) можливий зсув центра обертання револьверної головки і пружні

деформації системи ВПД, приймаємо максимальну еквівалентну величину

$$l_{\phi}=0,065 \cdot 1,5 \cdot 1,3=0,126 \text{ мм} \quad (9)$$

Тоді по (5) маємо $\varepsilon_1=4 \cdot 175 \cdot 0,126/160=0,551$ мм, а при $D_3=30$ мм за формулою (8) $\varepsilon_2=0,004$ мм.

Порівнюючи розрахункові значення ε_1 і ε_2 , бачимо можливість істотного підвищення точності встановлення різальної кромки різця, у координатній системі верстата при різних способах встановлення інструмента.

Для підтвердження цієї можливості в конкретних умовах проведення лабораторної роботи їхні фактичні значення необхідно знайти експериментально.

3. Порядок виконання роботи

1. Налаштувати токарно-револьверний верстат на виготовлення партії деталей відповідно з рис. 2 і першою схемою кріплення інструмента; розміри $l \leq 10$ мм і $D \leq 35$ мм задає викладач, що проводить заняття.

2. Виготовити 5-7 деталей згідно рис. 2, знімаючи за кожний прохід однаковий припуск $\approx 0,6$ мм, і укласти їх в тару.

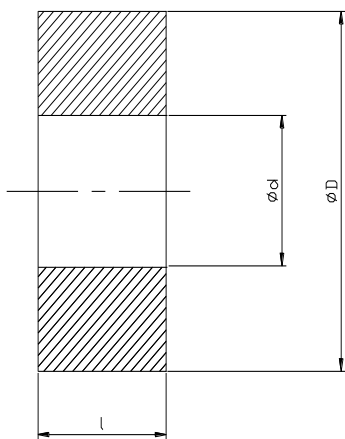


Рис. 2. Ескіз деталі для контролю точності виконання розміру.

3. Змінити схему закріплення інструмента.

4. Виготовити нову партію деталей у такій же кількості, але при другій схемі кріплення інструмента, і укласти їх в тару.

5. Виміряти зовнішні діаметри поверхонь в першій і другій партіях деталей і визначити поле розсіювання як різницю між максимальним і мінімальним розмірами деталей у партіях.

6. Зробити висновки про порівняльну точність обробки обох партій деталей.

Примітка: Для порівняння точності технологічної системи при виготовленні зазначених партій деталей приймаємо значення поля розсіювання [1]. Припустити, що в умовах виконання лабораторної роботи всі інші, крім досліджуваного, фактори вносять мінімальний і однаковий внесок у поле розсіювання розмірів діаметра D в обох партіях, тому різницю між їх значеннями можна пов'язати зі зміною схеми встановлення і налагодження різця.

4. Зміст звіту

У звіті повинні бути наведені наступні дані:

1. Назва і мета роботи.
2. Обладнання та інструменти.

3. Ескіз встановлення в двох положеннях.

4. Розрахунок за теоретичними формулами, наведеними у роботі, похибок ε_1 і ε_2 при заданому діапазоні похибки l_ϕ (не менше п'яти точок) і конкретних значеннях R_r , R_ϕ і D . Діапазон значень l_ϕ і конкретні значення R_r , R_ϕ і D задає викладач в залежності від моделі верстату, на якому виконується робота.

5. Ескізи деталі, виготовленої на верстаті, а також результати вимірів, поле розсіювання діаметральних розмірів і вигляді точкових діаграм.

6. Висновки по роботі.

5. Запитання для самоперевірки

1. Поняття точності.

2. Поняття жорсткості технологічної системи.

3. На підставі яких даних можна оцінити точність технологічної системи?

4. Область застосування і технологічні можливості токарно-револьверних верстатів.

Література

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
2. Боженко Л.І. Стандартизація, метрологія та кваліметрія у машинобудуванні: Навч. посібник. – Львів: Світ, 2003. – 328 с.
3. Колесов И.М. Основы технологии машиностроения. Учебник для машиностроительных вузов. – М.: Высшая школа, 2001. – 591 с.
4. Маталин А.А. Технология механической обработки. – Л.: Машиностроение, 1997. – 462 с.
5. Маталин А.А. Технология машиностроения. Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с., ил.
6. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроении. – М.: Машиностроение, 1972. – 216 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.1, 4-е изд. перераб. и доп. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. т.2, 4-е изд. перераб. и доп./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.
9. Теоретичні основи машинобудування. Навчальний посібник. Гевко Б.М., Матвійчук А.В., Артюхов А.М., Павельчук А.Ф. – Тернопіль, Крок, 2011. – 205 с.
10. Технология машиностроения: учебник для студ. машиностроит. спец. вузов / А.В. Якимов и др.. – О.: Астропринт, 2001. – 602 с.

Зміст

Передмова.....	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1	
Дослідження точності токарної операції методом математичної статистики.....	8
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2	
Визначення впливу похибок базування на точність механічної обробки.....	17
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3	
Дослідження впливу зусилля затискування заготовки на похибку обробки.....	25
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4	
Дослідження впливу режимів різання та геометрії різця на шорсткість поверхні.....	32
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5	
Дослідження впливу способу установки інструмента на точність обробки деталі при налагоджуванні металорізального верстата.....	37
Література.....	47

ДЛЯ НОТАТКІВ

