

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Кафедра прикладної механіки

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять

з дисципліни

«Основи технології машинобудування»

для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка

Покровськ 2020

Методичні вказівки до практичних занять із дисципліни «Основи технології машинобудування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка [Електронний ресурс] / уклад. С.О. Вірич, М.О. Бабенко. – Покровськ : ДонНТУ, 2020. – 72 с.

Надані методичні вказівки складені згідно з робочою програмою з дисципліни «Основи технології машинобудування» та містять методичні рекомендації до виконання практичних занять. Методичні вказівки до кожного практичного заняття містять: тему, мету, короткі теоретичні основи, приклади розв'язання задач, завдання до виконання роботи, необхідний довідниковий матеріал. З метою забезпечення самостійної підготовки до занять для кожної теми практичного заняття наведені питання для самоконтролю.

Укладачі: С.О. Вірич, доц., к.т.н., завідувач кафедри прикладної механіки
М.О. Бабенко, к.пед.н., старший викладач кафедри прикладної механіки

Рецензент: Д.А. Семенченко, доц., к.т.н., доц. кафедри ОВПК

Відповідальний за випуск: С.О. Вірич, завідувач кафедри прикладної механіки

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ
протокол № 10 від 28.04.2020 р.

Розглянуто на засіданні кафедри прикладної механіки
протокол № 9 від 01.04.2020 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Практичне заняття №1.....	5
Аналіз вихідних даних для розробки технологічних процесів виготовлення деталей машин. Аналіз робочого креслення деталі. Характеристика матеріалу деталі.	
Практичне заняття №2.....	11
Визначення типу виробництва та його характеристика.	
Практичне заняття №3.....	18
Складання планів обробки поверхонь заготовки.	
Практичне заняття №4	21
Визначення міжопераційних припусків на механічну обробку поверхонь деталей.	
Практичне заняття №5.....	29
Складання та аналіз схем базування.	
Практичне заняття №6.....	39
Розрахунок похибок, що зумовлені пружними відтискуваннями.	
Практичне заняття №7.....	46
Забезпечення точності замикаючої ланки методом повної взаємозамінності.	
Практичне заняття №8.....	52
Забезпечення точності замикаючої ланки методом повної взаємозамінності.	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	58
Додатки.....	59

ВСТУП

Сучасний фахівець зі спеціальності Прикладна механіка має володіти комплексом знань і навичок щодо процесів проектування й конструювання технічних об'єктів, технологічних основ виготовлення.

Метою вивчення дисципліни «Основи технології машинобудування» є ознайомлення з основними засадами проектування технології виготовлення машинобудівних виробів. Основними завданнями при вивченні дисципліни є: отримання теоретичних знань щодо машинобудівних технологій, оволодіння практичними навичками зі складання технологічних процесів з урахуванням чинників впливу на формування якості продукції.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: визначення, види та структуру виробничого процесу; чинники формування якісних показників поверхонь виробів; поняття технологічності машинобудівного виробу; основні принципи обрання технологічного устаткування при проектування техпроцесів; основи обрання та розрахунку режимів обробки різанням відповідно до показників точності; призначення технологічної документації та правила її заповнення.

Навчальним планом дисципліни «Основи технології машинобудування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка передбачено практичні заняття, під час яких студент має закріпити отримані теоретичні знання та опанувати практичні навички з визначення чинників формування якості при виготовленні машинобудівних виробів.

Практичне заняття №1

Тема. Аналіз вихідних даних для розробки технологічних процесів виготовлення деталей машин. Аналіз робочого креслення деталі. Характеристика матеріалу деталі.

Мета: оволодіння практичними навичками щодо аналізу робочого креслення деталі, надання комплексної характеристики матеріалу деталі.

Завдання до виконання роботи

За кресленням деталі, що видається викладачем, необхідно:

1. Виконати аналіз робочого креслення деталі з урахуванням її призначення.
2. Навести характеристику матеріалу деталі з урахуванням його хімічного складу, механічних та технологічних властивостей.

Методичні вказівки до виконання роботи

Теоретичні відомості

Аналіз вихідних даних деталі є обов'язковою передумовою проектування технологічного процесу. Технологічному проектуванню передують детальне вивчення креслення деталі, технічних вимог до її виготовлення, умов роботи у виробі.

Аналіз вихідних даних для розробки технологічного процесу складається з наступних етапів:

- аналіз робочого креслення деталі;
- характеристика матеріалу деталі;
- визначення типу виробництва;
- аналіз технологічності конструкції деталі.

Аналіз робочого креслення деталі рекомендується виконувати у наступній послідовності:

- з'ясувати призначення деталі;
- визначити масу і габаритні розміри;
- провести аналіз технічних вимог до виготовлення деталі.

Аналіз технічних вимог здійснюють із урахуванням службового призначення деталі у виробі. Аналізуючи креслення деталі та технічні вимоги до її виготовлення, виявляють найбільш відповідальні поверхні, що характеризуються більш високими вимогами щодо шорсткості, точності розмірів і форми. Аналіз технічних вимог рекомендується здійснювати у наступній послідовності:

- 1) визначити параметри твердості (HB, HRC) та способи їх досягнення;
- 2) визначити точність геометричної форми поверхонь деталі (циліндричність, конусність та інше);
- 3) визначити точність взаємного розташування поверхонь деталі (співвісність, паралельність, перпендикулярність та биття поверхонь);
- 4) визначити шорсткість поверхонь;
- 5) указати точність виконання діаметральних та лінійних розмірів.

Вимоги стосовно точності розмірів та шорсткості поверхонь деталі навести у таблиці (табл. 1).

Характеристика матеріалу деталі

Характеристика матеріалу деталі включає в себе дані про хімічний склад, механічні властивості марки матеріалу, що рекомендується надавати у табличній формі (табл. 2, 3), попередньо вказавши марку матеріалу деталі, ГОСТ. Окрему увагу слід приділити технологічним властивостям матеріалу деталі, оскільки вони значно впливають на технологію формоутворення деталі.

Приклад аналізу вихідних даних для розробки технологічних процесів виготовлення деталей машин

Вихідні дані: креслення деталі (рис.1).

Розв'язок

1.1 Надана деталь – вал-шестірня (рис.1) відноситься до класу валів.

Деталь застосовується у редукторі стрічкового конвеєру та призначена для передачі обертового моменту. Надана деталь «вал-шестірня» працює на вигин та крутіння.

Об'єм деталі знайдемо сумуванням попередньо розрахованих об'ємів складових частин:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} \cdot 34 = 16690 \text{ мм}^3; V_2 = \frac{\pi \cdot 30^2}{4} \cdot 45 = 31809 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} \cdot 13 = 16336 \text{ мм}^3; V_4 = \frac{\pi \cdot 65^2}{4} \cdot 52 = 172465 \text{ мм}^3;$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} \cdot 5 = 6283 \text{ мм}^3; V_6 = \frac{\pi \cdot 25^2}{4} \cdot 15 = 7363 \text{ мм}^3;$$

$$V_D = \sum V_i = 250946 \text{ мм}^3 = 251 \text{ см}^3$$

Згідно з додатком А, табл. А.1: $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$

$$M_D = 7,85 \cdot 251 = 1970 \text{ г} = 1,97 \text{ кг}$$

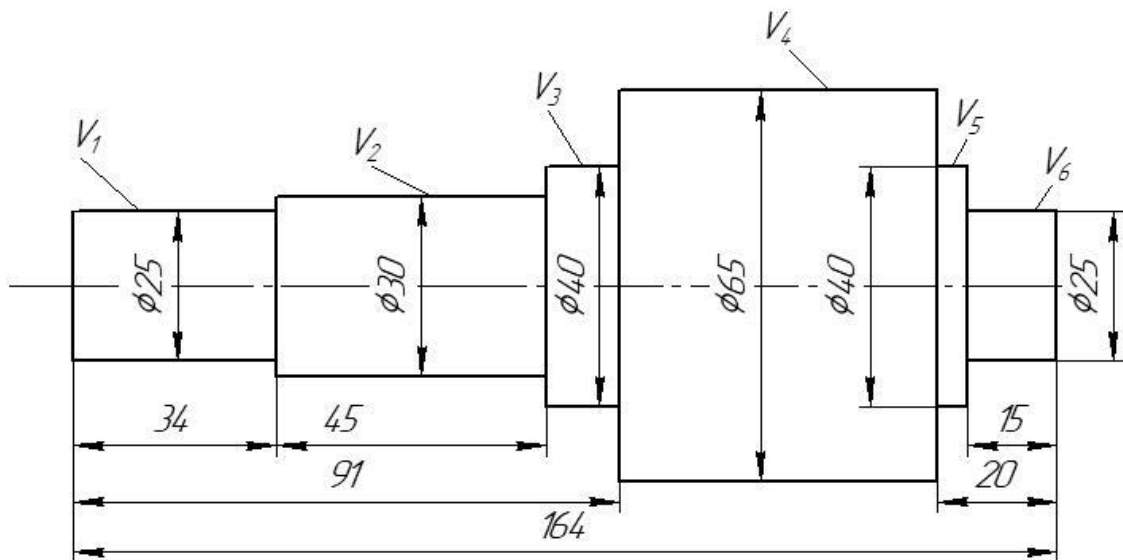


Рис. 2 – Спрощене представлення деталі для розрахунку об'єму
1.3 Аналіз технічних вимог.

Згідно з кресленням деталі дані щодо вимог шорсткості та точності зане-
семо до таблиці 1.

Таблиця 1 – Точність розмірів та шорсткість поверхонь деталі "вал-
шестірна"

Позначення поверхні деталі	Точність (квалітет)	Допуски (відхилення),мм	Шорсткість R_a ,мкм
циліндрична ступінь Ø 25k6 x 34			
Ø 25k6	6	+0,015 +0,002	Ra 0,8

Довжина 34	$\pm \frac{IT14}{2}$	Вільний розмір	Ra6,3(торці)
циліндрична ступінь Ø 30n6 x 45			
Ø 30n7	7	+0,036 +0,015	Ra 1,25
Довжина 45	$\pm \frac{IT14}{2}$	Вільний розмір	Ra6,3 (торці)
циліндрична ступінь Ø 40h14 x13			
Ø 36h14	14	+0,000 -0,620	Ra6,3
Довжина 13	$\pm \frac{IT14}{2}$	Вільний розмір	Ra3,2(лівий торець)
циліндрична ступінь Ø 40h14 x5			
Ø 36h14	14	+0,000 -0,620	Ra6,3
Довжина 5	$\pm \frac{IT14}{2}$	Вільний розмір	Ra3,2 (правий торець)
Циліндрична зубчата ступінь			
Діаметр кола виступів Ø 65	7	+0,000 -0,030	Ra2,5
Діаметр дільного кола Ø 60	8	+0,000 -0,046	Ra 3,2
Довжина 52	$\pm \frac{IT14}{2}$	Вільний розмір	Ra6,3
Шпонковий паз 4x8f9 x38			
Ширина 8P8	8	-0,015 -0,037	Ra3,2 - бокові поверхні
Глибина 3			Ra6,3- западина шпонкового паза
Довжина 38 H14	14	+0,620 +0,000	

Твердість поверхонь, що вимагається – 260 ÷ 280 МПа, досягається термічною обробкою – покращенням.

Вимоги щодо точності взаємного розташування поверхонь: допуски на перпендикулярність та співвісність поверхонь не перевищують 0,02 мм, допуск на циліндричність поверхонь – не перевищує 0,01 мм.

Виходячи з вимог точності розмірів та шорсткості поверхонь деталі (табл. 1), найбільш відповідальними поверхнями є циліндричні поверхні Ø 25k6 (Ra0.8), що призначені для посадки підшипників.

2.1 Матеріал деталі «вал-шестірня» (рис.1) – конструкційна сталь 45, середньо-вуглецева, нелегована, якісна, застосовується для виготовлення деталей, що витримують значні деформуючі навантаження. Хімічний склад та механічні властивості матеріалу наведені в таблицях 2 та 3.

Таблиця 2 – Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-88

Середній вміст елементів, %							
Залізо Fe	Вуглець C	Кремній Si	Марганець Mn	Хром Cr	Нікель Ni	Сірка S	Фосфор P
вміст	0,42-05	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,25	до 0,25	0,04	0,035

Таблиця 3 – Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-88

Твердість по Бри- неллю HB, МПа	Границя тимча- сового опору, $\sigma_{то}$, МПа	Відносне подов- ження, δ , %	Відносне звуження, Ψ , %
217	600	16	40

2.2 Технологічні властивості матеріалу наданої деталі: температура кування, °C – початку 1250, закінчення 700 (перерізи до 400 мм охолоджуються на повітрі); оброблюваність різанням – у гарячекатаному стані при HB 170-179 та $\sigma_b=640$ МПа; зварюваність матеріалу – важко зварювальна; способи зварювання – ручне дугове зварювання і контактне точкове зварювання; необхідний підігрів і подальша термообробка.

Питання для самоконтролю

1. Схарактеризуйте поняття «технічний об'єкт» у машинобудуванні?
2. Дати визначення понять: деталь, вузол, агрегат, машина, виріб.
3. Які основні дані необхідні для проектування технологічного процесу?
4. Назвіть основні складові аналізу вихідних даних для розробки технологічного процесу.
5. Схарактеризувати показники якості виробу і їх класифікація згідно ГОСТів, ДСТУ.
6. Охарактеризувати поняття: працездатність, надійність, довговічність.
7. Яким чином матеріал виробу впливає на формування складових технологій виготовлення?

8. У чому полягає сутність технологічної підготовки машинобудівного підприємства?

9. Основні задачі технологічної підготовки сучасного виробництва?

Література: [4–6], [7–9].

Практичне заняття №2

Тема. Визначення типу виробництва та його характеристика.

Мета: засвоєння знань щодо встановлення типу виробництва; набуття практичних навичок із визначення типу виробництва різними методами.

Завдання до виконання роботи

1. Використовуючи табличний метод, визначити тип виробництва, у разі необхідності розрахувати додаткові показники серійності виробництва (використати вихідні дані з практичного заняття №1).

2. Розрахувати умовну кількість однотипних операцій P_{oi} , що можуть бути виконані на кожному робочому місці, визначити тип виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій (для обрання варіанту завдання скористатися таблицею 6).

Методичні вказівки до виконання роботи

Теоретичні відомості

До вихідних даних при проектуванні технологічних процесів входить також встановлення типу виробництва. У машинобудуванні у залежності від обсягів та складності об'єктів виробництва розрізняють наступні типи виробництва: одиничне, малосерійне, середньосерійне, багатосерійне та масове.

Одиничне виробництво характеризується виготовленням великої номенклатури різнотипних за конструкцією виробів за рік. Обробляються деталі штучно або невеликими партіями, що впродовж року не повторюються. У цьому випадку цех або дільниця мають увесь перелік універсального технологічного обладнання, що розташовується в цеху за груповою ознакою. Деталі мають високу собівартість, оскільки норма штучно-калькуляційного часу на технологічних

операціях велика і при механічній обробці деталей задіяні працівники з високим професійним розрядом.

Технологічний процес розробляють тільки маршрутним описом. Заготовки в одиничному виробництві не наближені до форми деталі та мають великі припуски на механічну обробку (прокат, ковані поковки та неточні виливки). Різальний та вимірювальний інструменти – універсальні.

При *серійному* виробництві деталі виготовляють партіями. Партії складають із однотипних за конструкцією деталей, в яких форма та розміри не дуже відрізняються один від одного. Технологічний процес може бути з маршрутно-операційним описом. Верстати можуть бути застосовані різнотипні: універсальні та спеціальні. Широко поширюється автоматизація технологічного процесу. Застосовуються як універсальні, так і спеціальні різальні та вимірювальні інструменти.

У серійному виробництві крім універсальних пристосувань використовують універсально-складальні пристосування та спеціальні пристосування. Заготовки наближені до форми та розмірів готової деталі та мають нормативні припуски. Серійне виробництво є більш економічним у порівнянні з одиничним.

Масове виробництво характеризується тим, що в ньому виконується обробка однієї або дуже наближених за формою та розмірами деталей у великих обсягах. Кожна операція закріплена за певними верстатами. Виробництво оснащено спеціальними верстатами, що виконують увесь цикл обробки деталі в автоматичному режимі, включаючи установку та знімання деталі. Верстати розташовані чітко за ходом технологічного процесу. Технологічний процес виготовлення деталі докладно розписаний в операційних картах. Усі верстати оснащені спеціальними пристосуваннями, що забезпечують швидку установку, базування та затискання деталі на верстаті.

Кваліфікація робітників нижча, ніж в одиничному та серійному виробництві. Різальний та вимірювальний інструменти, як правило, спеціального виготовлення. Заготовки – штаповані поковки, виливки, отримані способами, що забезпечують максимальне наближення до форми та розмірів деталі з оптима-

льними припусками. Не зважаючи на великі капітальні витрати, ефективність масового виробництва дуже висока, тому що витрати швидко окупаються низькою собівартістю деталі, а великий обсяг виробництва збільшує ефективність.

На вибір типу виробництва впливають такі чинники:

- номенклатура виробів, що випускаються;
- обсяг випуску продукції;
- ступінь сталості товарної номенклатури підприємства;
- характер завантаження робочих місць.

Одним із способів визначення типу виробництва є застосування певних таблиць, наприклад таблиця 4. Для його використання необхідно знати річний (N_p) або місячний (N_m) обсяг випуску виробів та деякі допоміжні показники. Це може бути трудомісткість складання виробу ($T_{\text{скл}}$) або його маса (M).

Відповідно до ГОСТ 3.1108-74 ЄСТД, ГОСТ 14.004-74 ЄСТПВ однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій K_{30} , що характеризує кількість різних операцій, що приходяться в середньому на одне робоче місце за місяць, або ступінь спеціалізації робочих місць. Коефіцієнт закріплення операцій визначається як відношення кількості всіх різних операцій, що мають виконуватися в цеху впродовж місяця, до кількості робочих місць. При $K_{30} \leq 1$ виробництво масове, якщо $1 < K_{30} \leq 10$ – багатосерійне, $10 < K_{30} \leq 20$ – середньосерійне, $20 < K_{30} \leq 40$ – малосерійне. В одиничному виробництві K_{30} не регламентується.

Таблиця 4 – Таблиця для вибору типу виробництва

Маса деталі, кг	Кількість деталей, які підлягають обробці у виробництві, шт.				
	Одиничне	Малосерійне	Середньосерійне	Багатоосерійне	Масове
до 2,5	до 10	10...1000	1000...50000	50000...100000	100000 і більше
2,5–5,0	до 10	10...500	50...35000	35000...75000	75000 і більше

5,0 – 10,0	до 10	10...300	300...25000	25000...50000	50000 і більше
10 – 50	до 10	10...200	200...10000	10000...25000	25000 і більше
50 і більше	до 5	5...100	100...300	300...1000	5000 і більше

При розрахунках для діючого цеху (дільниці) [9]:

$$K_{zo} = \frac{\sum \Pi_0}{P_{я}} = \frac{K_B \cdot \Phi \cdot \sum \Pi_0}{\sum N_i \cdot T_i}, \quad (2)$$

де $\sum \Pi_0$ – сумарна кількість різних операцій;

$P_{я}$ – явочна кількість робітників підрозділу, що виконують різні операції;

K_B – коефіцієнт виконання норм ($K_B=1,3$) [9];

Φ – місячний фонд часу робітника при роботі в одну зміну, год.;

$\sum N_i \cdot T_i$ – сумарна трудомісткість програми випуску, год.;

N_i – програма випуску кожної i -ї позиції номенклатури, шт.;

T_i – трудомісткість i -ї позиції, год.

Для умов навчального проектування технології виготовлення при заданій річній програмі випуску N_p , шт., і відомій трудомісткості основних операцій технологічного процесу $T_{ш.к.}$, хв., явочна кількість робітників $P_{я}$ може бути прийнята рівною кількості робочих місць $P_{р.м.}$. А умовна кількість однотипних операцій Π_{oi} , що виконуються на одному робочому місці, може бути визначена за формулою:

$$\Pi_{oi} = \frac{\eta_n}{\eta_\phi}, \quad (3)$$

де η_n – нормативний коефіцієнт завантаження робочого місця усіма закріпленими за ними операціями;

η_ϕ – фактичний коефіцієнт завантаження даною операцією.

$$\eta_{\phi} = \frac{T_{ш.к.} \cdot N_p}{60 \cdot F_d \cdot K_B}, \quad (4)$$

де K_B – коефіцієнт виконання норм;

F_d – дійсний річний фонд часу роботи устаткування, год.

Прийнявши $K_B=1,3$; $\eta_n=0,8$; $F_d=4015$ год. [9] отримаємо:

$$P_{oi} = \frac{\eta_n \cdot 60 \cdot F_d \cdot K_B}{N_p \cdot T_{ш.к.}} = \frac{0,8 \cdot 60 \cdot 4015 \cdot 1,3}{N_p \cdot T_{ш.к.}} = \frac{250536}{N_p \cdot T_{ш.к.}} \quad (5)$$

$$K_{zo} = \frac{250536}{N_p \cdot P_{p.м.}} \sum_1^{P_{p.м.}} \frac{1}{T_{ш.к.}} \quad (6)$$

Якщо виробництво масове, то потрібно знаходити такт випуску за формулою:

$$T_B = \frac{\Phi_{дл}}{П_B} = \frac{(D_p - D_{вих} - D_{св}) \cdot K_3 \cdot t_3 \cdot K_p \cdot K_{II}}{П_B}, \text{ хв.}, \quad (7)$$

де $\Phi_{дл}$ – дійсний фонд часу роботи лінії за рік;

$D_p=365$ – кількість днів за рік;

$D_{вих}=104$ – суботні та вихідні дні;

$D_{св}=8$ – кількість святкових днів за рік;

$K_p = 0,93$ – коефіцієнт, що враховує витрати часу на ремонт;

$K_{II} = 0,95$ – коефіцієнт, що враховує регламентні перерви;

$K_3=2$ – кількість змін;

$t_3 = 8$ – кількість годин у робочій зміні;

$П_B$ – річна програма випуску, шт. (кількість деталей, що підлягають обробці).

Такт випуску деталей розраховується тільки в поточно-масовому виді виробництва, частіше всього на поточно-механізованих лініях, де верстати з'єднані послідовно жорстким міжопераційним транспортним зв'язком.

Якщо виробництво серійне, то потрібно знаходити партію запуску деталей за формулою:

$$P_{зан} = \frac{P_B}{P_D} g, \quad (8)$$

де $P_{зан}$ – величина партії запуску деталей, шт.;

P_B – річний об'єм випуску деталей, шт.,

P_D – кількість робочих днів за рік,

$$P_D = 365 - D_{вих} - D_{св} = 365 - 104 - 8 = 253 \text{ дні};$$

g – необхідний запас деталей на складі в днях, коливається від 5 до 8 днів (для дрібних і середніх деталей $g = 6...8$. Для великих $g = 5...7$).

Приклад визначення типу виробництва деталі:

1) табличним методом.

Вихідні дані: кількість деталей, що підлягають обробці $P_B = 10000$ шт., попередньо розрахована маса деталі $M_D = 1,97$ кг. Визначити тип виробництва та розрахувати додаткові показники серійності

Розв'язок

Згідно з таблицею 4, тип виробництва - середньосерійне.

Оскільки виробництво середньосерійне, знаходимо величину партії запуску за формулою (8):

$$P_{зан} = \frac{P_B}{P_D} \cdot g = \frac{10000}{253} \cdot 7 = 277 \text{ шт.}$$

2) за коефіцієнтом закріплення операцій.

Вихідні дані:

Таблиця 5 – Вихідні дані для розрахунку серійності виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій

№	Т _{ш.к.} на операцію						N _p , шт.
	005	010	015	020	025	030	
1	3,6	5,2	2,8	8,3	4,2	-	3000

Розв'язок

Розрахуємо умовну кількість однотипних операцій:

$$P_{o1} = \frac{250536}{N_p \cdot T_{ш.к.}} = \frac{250536}{3000 \cdot 3,6} = 23,2 \quad P_{o2} = \frac{250536}{N_p \cdot T_{ш.к.}} = \frac{250536}{3000 \cdot 5,2} = 16,1$$

$$П_{o3} = \frac{250536}{N_p \cdot T_{ш.к.}} = \frac{250536}{3000 \cdot 2,8} = 29,8 \quad П_{o4} = \frac{250536}{N_p \cdot T_{ш.к.}} = \frac{250536}{3000 \cdot 8,3} = 10,1$$

$$П_{o5} = \frac{250536}{N_p \cdot T_{ш.к.}} = \frac{250536}{3000 \cdot 4,2} = 19,9$$

1. Розрахуємо коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$ за формулою (2)

$$K_{зo} = \frac{250536}{N_p \cdot P_{p.m.}} \sum_1^{P_{p.m.}} \frac{1}{T_{ш.к.}} = \frac{250536}{3000 \cdot 5 \cdot 24,1} = 0,69$$

2. Оскільки $K_{зo}=0,69 \leq 1$, то тип виробництва – масове.

Оскільки виробництво масове, розрахуємо такт випуску за формулою (7):

$$T_B = \frac{\Phi_{ДЛ}}{П_B} = \frac{(365 - 104 - 8) \cdot 2 \cdot 8 \cdot 0,93 \cdot 0,95 \cdot 60}{3000} = 71,5 \text{ хв.}$$

Таблиця 6 – Варіанти завдань для розрахунку серійності виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій

Варіант	№ деталі	Т _{ш.к.} на операцію						N _p , шт.
		005	010	015	020	025	030	
1	1	3,3	4,8	4,6	5,9	6,3	7,5	4500
	2	2,1	5,3	8,8	7,5	1,8	11,2	10000
2	1	4,7	7,8	5,4	10,3	15,2	-	500
	2	5,2	4,3	12,4	4,8	1,2	3,8	7500
3	1	1,2	0,8	2,1	2,8	1,9	0,7	10000
	2	12,0	32,3	15,6	10,3	9,2	-	500
4	1	15,0	42,0	11,3	7,4	-	-	1000
	2	0,9	1,2	2,1	0,9	1,8	3,2	30000
5	1	3,0	4,5	6,3	5,4	1,2	1,7	3000
	2	1,2	2,1	0,9	1,8	3,2	-	700
6	1	5,0	6,2	4,2	7,8	8,3	5,4	100
	2	3,8	4,3	12,0	6,3	-	-	3800
7	1	7,0	6,5	8,3	5,4	7,8	2,4	100
	2	4,0	7,0	2,2	3,5	4,7	-	5000
8	1	2,7	1,8	3,9	4,6	6,6	-	1500
	2	7,0	8,0	9,0	10,0	7,5	8,5	500
9	1	13,5	6,8	7,5	14,0	3,5	-	1500
	2	3,0	4,5	2,9	7,4	1,8	-	12000
10	1	9,5	36,0	14,0	22,0	-	-	4000
	2	1,8	6,7	3,8	12,0	6,1	5,3	25000

Питання для самоконтролю

1. Опишіть класифікацію виробничих процесів.
2. Наведіть основні характеристики одиничного виробництва.
3. Види та особливості серійного виробництва?

4. Схарактеризуйте масове виробництво?
5. Яким чином визначається партія деталей?
6. Види виробництва за формою організації?
7. Які показники розраховують у потоковому виробництві?
8. Як визначається коефіцієнт закріплення операцій?
9. Яким чином визначення серійності виробництва впливає на складання технологічного процесу?

Література: [1], [6], [9].

Практичне заняття №3

Тема. Складання планів обробки поверхонь заготовки.

Мета: отримання навичок зі складання плану обробки поверхонь при проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі.

Завдання до виконання роботи

За кресленням деталі, що видається викладачем, необхідно за вимогами щодо точності та шорсткості поверхонь деталі скласти план обробки кожної поверхні заготовки.

Методичні вказівки до виконання роботи

Теоретичні відомості

При проектуванні маршрутного технологічного процесу орієнтуються на типовий технологічний процес виготовлення деталі, попередньо склавши план обробки поверхонь заготовки деталі.

Складання плану обробки для кожної поверхні заготовки полягає у призначенні послідовності способів обробки для досягнення необхідної точності розміру (якості допуску) та заданої шорсткості поверхонь. Кожний спосіб обробки характеризується економічною точністю.

У зв'язку з тим, що обраний метод заключної обробки окремих поверхонь деталі не завжди може забезпечити отримання необхідної точності та якості поверхні безпосередньо зі заготовки, виникає необхідність створення проміжних операцій та переходів, при виконанні яких досягається поступове покращення

точності та шорсткості заготовки до заданих параметрів поверхонь готової деталі. Економічно доцільним рекомендується підвищувати точність від операції до операції на 1–3 квалітети, а висотні параметри шорсткості зменшувати у 2–5 разів. Наприклад, якщо необхідно обробити вал по 5 квалітету із шорсткістю $R_a=0,05-0,08$ мкм, а заготовкою буде поковка, то в технологічному процесі буде недостатнім застосування однієї доводочної операції, яка забезпечує необхідну точність та якість поверхні. У цьому разі необхідно передбачити наступний ряд проміжних операцій та переходів:

- 1) точіння чорнове – 12 квалітет, $R_a=40-60$ мкм;
чистове – 10 квалітет, $R_a=2-3$ мкм;
- 2) шліфування: чорнове – 8 квалітет, $R_a=0,6-1,0$ мкм;
чистове – 6 квалітет, $R_a=0,2-0,16$ мкм;
- 3) суперфінішування або притирка – 5 квалітет, $R_a=0,05-0,08$ мкм.

Класи точності та шорсткості, що досягаються різними видами механічної обробки, надані у додатку Б. Обробку фасок, галтелей у плани обробок не включають. Вона буде врахована при розробці перехідної технології відповідних поверхонь.

Приклад складання планів обробки поверхонь заготовки

Вихідні дані: креслення деталі (рис. 1).

Розв'язок

Для обраної деталі визначимо поверхні, що підлягають механічній обробці. Користуючись табл. Б.1 додатка Б складемо план обробки визначених поверхонь. Отримані дані занесемо до таблиці 7.

Таблиця 7 – Призначення видів механічної обробки поверхонь деталі

Позначення розміру	Номер переходу	Послідовність обробки	Квалітет точності	Параметр шорсткості R_a , мкм
Ø25к6	1	Обточування чорнове	12	12,5

	2	Обточування чистове	9	3,2
	3	Шліфування чорнове	8	2,5
	4	Шліфування чистове	6	0,8
Ø30h7	1	Обточування чорнове	12	12,5
	2	Обточування чистове	9	3,2
	3	Обточування тонке	7	2,5
Ø40	1	Обточування чорнове	12	12,5
Ø65 _{-0,03}	1	Обточування чорнове	12	12,5
	2	Обточування чистове	9	3,2
	3	Обточування тонке	7	2,5
Зубці	1	Фрезерування черв'ячною фрезою	8	3,2
164	1	Торцеве фрезерування чорнове	14	12,5
Шпонковий паз 3x8P8 x38	1	Фрезерування кінцевою фрезою	8	6,3 (3,2)

Питання для самоконтролю

1. Описати структуру поверхневого шару заготовки після механічної обробки.
2. Які нерівності відносяться до шорсткості поверхні?
3. На які експлуатаційні властивості поверхні деталей та їх сполучень впливає шорсткість?
4. Як середньоекономічні значення R_z і R_a забезпечуються різними методами механічної обробки?
5. Які чинники впливають на формування показників шорсткості поверхонь при обробці?
6. За якими критеріями висувають вимоги щодо шорсткості поверхонь?
7. Яких правил необхідно дотримуватись при призначенні видів оброблення поверхонь?

Література: [1], [4], [7–8].

Практичне заняття №4

Тема. Визначення міжопераційних припусків на механічну обробку поверхонь деталей.

Мета: опанування методики розрахунку припусків опитно-статистичним та розрахунково-аналітичним методами.

Завдання до виконання роботи

За кресленням деталі, що видається викладачем, необхідно:

- 1) для поверхонь деталі, що підлягають токарній обробці, ураховуючи вид заготовки і попередньо визначені види механічної обробки, табличним методом призначити припуски на механічну обробку;
- 2) розрахувати міжопераційні розміри поверхонь, що підлягають токарній обробці;
- 3) виконати розрахунок міжопераційних припусків та розмірів для найбільш відповідальної поверхні розрахунково-аналітичним методом, зобразити схему розташування припусків і допусків.

Методичні вказівки до виконання роботи

Теоретичні відомості

Припуск – шар матеріалу, що видаляється з оброблюваної поверхні для досягнення заданих за кресленням або технічними умовами розмірів, форми, шорсткості поверхні тощо. Припуск на обробку може бути призначений за довідниковими таблицями або на підставі розрахунково-аналітичного методу.

Розрахунково-аналітичний метод полягає у визначенні величини мінімального припуску на обробку, що є достатнім для позбавлення похибок обробки.

Мінімальний припуск складає:

- при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь (двохсторонній припуск):

$$2Z_{i\min} = 2[(Rz_{i-1} + h_{i-1}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_y^2}], \quad (9)$$

- при обробці поверхонь обертання у центрах:

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}), \quad (10)$$

- при послідовній обробці протилежних поверхонь (односторонній припуск):

$$Z_{\min} = (Rz + h)_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_y, \quad (11)$$

- при паралельній обробці протилежних поверхонь

$$2Z_{\min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_y \right], \quad (12)$$

де Rz_{i-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході, визначається за таблицями В.1, В.3 додатка В;

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, визначається за таблицями В.1, В.3 додатка В;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарні відхилення поверхні (відхилення від паралельності, співвісності, перпендикулярності), у розрахунках часто використовують значення просторового відхилення ρ (додаток В, табл. В.3);

ε_y – похибка встановлення на переході обробки, що виконується; для узагальнених розрахунків можна використовувати табл. В.2, В.4 додатка В.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (13)$$

де ε_{δ} – похибка базування, що виникає при неспівпадінні вимірювальної та установочної бази, мм, визначається у залежності від схеми базування;

ε_3 – похибка закріплення, що виникає в результаті зміщення поверхонь, що оброблюються, під дією сили різання (додаток В, табл. В.2).

Величину $Z_{\max}$ використовують при призначенні глибини різання: $Z_{\max} \approx ti$. Глибина різання ураховується при розрахунку швидкості різання і подачі з метою подальшого обрання обладнання за потужністю.

При виконанні практичної роботи студенту пропонується визначення для поверхонь, план обробки яких передбачає токарні операції, міжопераційних розмірів та допустимих відхилень довідниковим (табличним) методом.

Опитно-статистичний метод визначення міжопераційних припусків полягає у використанні стандартизованих таблиць (додаток Г). Розрахунок починають вести з фінішної операції. За таблицями відповідних видів обробки встано-

включають розміри проміжних припусків на кожну операцію, а потім визначають проміжні розміри заготовки. Дані будуть застосовані при проектуванні операційного технологічного процесу, подальшому розрахунку режимів різання.

Результати призначення припусків та розрахунку межопераційних розмірів навести у табличній формі (таблиця 8).

Приклад призначення припусків

Вихідні дані: креслення деталі (рис. 1), ескіз штампованої поковки, отриманої штампуванням на кривошипних гарячештамповочних пресах способом закритого штампування (рис. 3), види механічної обробки для отримання поверхонь деталі (табл. 7).

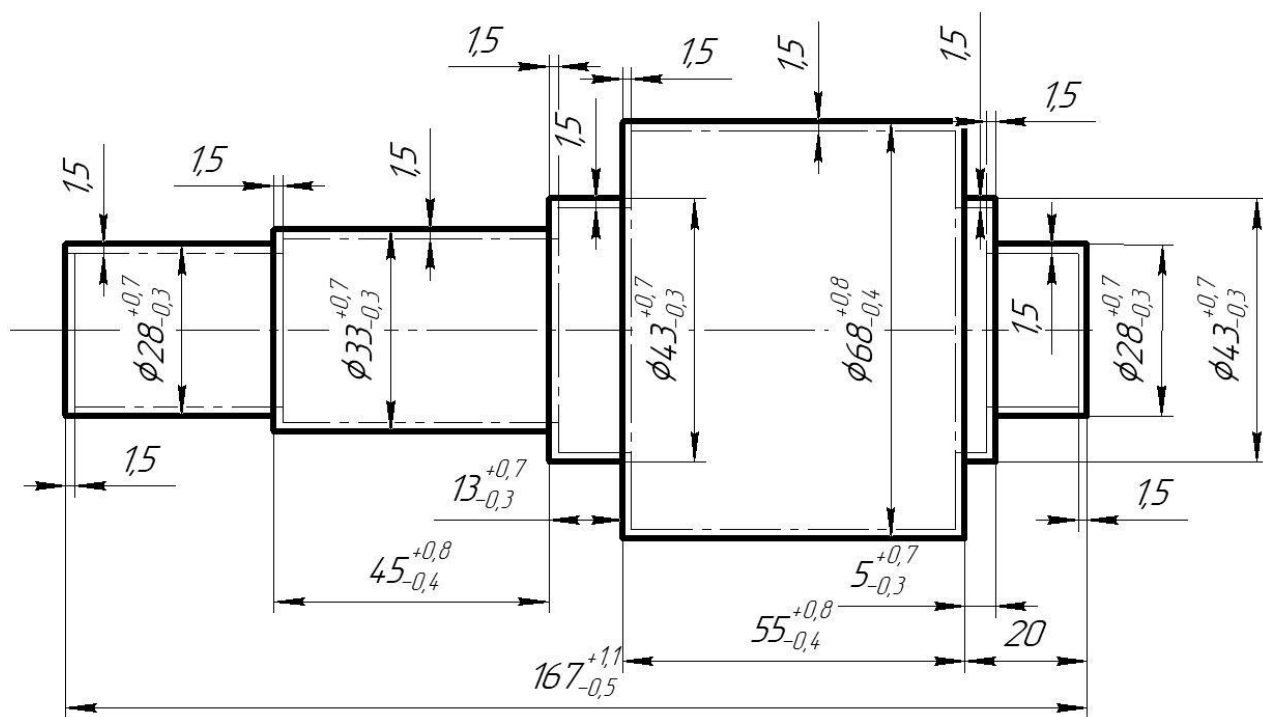


Рисунок 3 – Ескіз заготовки

Розв'язок

1) опитно-статистичним методом

Використовуючи дані з таблиць Г.1, Г.2, призначимо припуски для шліфування, тонкої, чистової токарної обробки. Припуски для чорнового точіння розрахуємо. Міжопераційні розміри розрахуємо, починаючи з фінішних операцій. Отримані дані зведемо до таблиці 8.

Таблиця 8 – Розрахунок міжопераційних розмірів деталі

Номінальний розмір поверхні заготовки	Номінальний розмір поверхні деталі	Сумарний припуск 2П	Міжопераційні припуски 2П	Міжопераційні розміри поверхні	Назва операції
$\varnothing 28^{+0,7}_{-0,3}$	$25^{+0,015}_{+0,002}$	3	1,4	$\varnothing 26,6^{+0,105}_{-0,105}$	Токарна чорнова
			1,0	$\varnothing 25,6^{+0,026}_{-0,026}$	Токарна чистова
			0,3	$\varnothing 25,3^{+0,0165}_{-0,0165}$	Колошліфувальна чорнова
			0,3	$\varnothing 25^{+0,015}_{+0,002}$	Колошліфувальна чистова
$\varnothing 33^{+0,7}_{-0,3}$	$\varnothing 30^{+0,036}_{+0,015}$	3	1,4	$\varnothing 31,6^{+0,125}_{-0,125}$	Токарна чорнова
			1,0	$\varnothing 30,6^{+0,031}_{-0,031}$	Токарна чистова
			0,6	$\varnothing 30^{+0,036}_{+0,015}$	Токарна тонка
$\varnothing 43^{+0,7}_{-0,3}$	$\varnothing 40^{+0,125}_{-0,125}$	3	3	$\varnothing 40^{+0,125}_{-0,125}$	Токарна чорнова
$\varnothing 68^{+0,8}_{-0,4}$	$\varnothing 65_{-0,030}$	3	1,4	$\varnothing 66,6^{+0,150}_{-0,150}$	Токарна чорнова
			1,0	$\varnothing 65,6^{+0,037}_{-0,037}$	Токарна чистова
			0,6	$\varnothing 65^{+0,015}_{-0,015}$	Токарна тонка

2) розрахунково-аналітичним методом

Розрахуємо припуск для найбільш відповідальної поверхні деталі на розмір $25^{+0,015}_{+0,002}$ мм.

План обробки поверхні (табл. 8):

- 1) чорнове обточування;
- 2) чистове обточування;
- 3) шліфування чорнове;
- 4) шліфування чистове.

Обточування поверхонь проводиться в центрах, приймаємо $\varepsilon_y = 0$.

Величина просторового відхилення:

$$\rho = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (14)$$

де ρ_{cm} – похибка заготовки зі зміщення у радіальному напрямку, за табл. В.10 додатка В $\rho_{cm} = 0,8 \text{ мм}$;

$\rho_{кор}$ – похибка короблення, визначається за формулою:

$$\rho_{кор} = \Delta k l, \quad (15)$$

де Δk – коефіцієнт короблення, визначається за табл. В.9 додатка В, $\Delta k = 2,4$;

l – довжина заготовки, мм.

$$\rho_{кор} = \Delta k l = 2,4 \cdot 167 = 400,8 \text{ мкм} = 0,4008 \text{ мм} .$$

$$\rho = \sqrt{0,8^2 + 0,4008^2} = 1,05 \text{ мм} = 1050 \text{ мкм}$$

Залишкова величина просторових відхилень:

$$\text{після чорнового обточування: } \rho_1 = 0,06 \cdot 1050 = 63 \text{ мкм}$$

$$\text{після чистового обточування: } \rho_2 = 0,04 \cdot 1050 = 42 \text{ мкм}$$

$$\text{після чорнового шліфування: } \rho_3 = 0,03 \cdot 1050 = 32 \text{ мкм}$$

Розрахунок мінімальних значень припусків проводиться за формулою (10):

Мінімальний припуск:

$$\text{- під чорнове обточування: } 2Z_{\min_1} = 2(150 + 250 + 1050) = 2900 \text{ мкм}$$

$$\text{- під чистове обточування: } 2Z_{\min_2} = 2(100 + 50 + 63) = 426 \text{ мкм}$$

$$\text{- під чорнове шліфування: } 2Z_{\min_3} = 2(25 + 30 + 42) = 194 \text{ мкм}$$

$$\text{- під чистове шліфування: } 2Z_{\min_3} = 2(20 + 30 + 32) = 124 \text{ мкм}$$

Графу «Розрахунковий розмір» (d_p) доповнюємо, починаючи з повного розміру:

$$d_{\min \text{ чист.шлі.}} = 25,002 \text{ мм}$$

$$d_{\min \text{ чор.шлі.}} = 25,002 + 0,124 = 25,126 \text{ мм}$$

$$d_{\min \text{ чист.точ.}} = 25,126 + 0,194 = 25,32 \text{ мм}$$

$$d_{\min \text{чорн.точ}} = 25,32 + 0,426 = 25,75 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}} = 25,746 + 2,9 = 26,8 \text{ мм}$$

Найменший граничний розмір визначаємо округливши до того ж знаку, що і у десяткового дробу, якій поставлено допуск. Найбільший граничний розмір знайдемо додаванням допуску до найменшого.

Розраховуємо значення припусків:

$$2Z_{\min i}^{np} = d_{\min i-1} - d_{\min i} \quad (16)$$

$$2Z_{\min 4}^{np} = 25,126 - 25,002 = 0,124 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 3}^{np} = 25,32 - 25,126 = 0,194 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 2}^{np} = 25,75 - 25,32 = 0,430 \text{ мм}$$

$$2Z_{\min 1}^{np} = 28,7 - 25,75 = 2,95 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{шл.чис.}} = 25,002 + 0,013 = 25,015 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{шл.чор.}} = 25,126 + 0,033 = 25,159 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{чист.точ}} = 25,32 + 0,052 = 25,372 \text{ мм}$$

$$d_{\max \text{чорн.точ}} = 25,75 + 0,21 = 25,96 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}} = 28,7 + 1,000 = 29,7 \text{ мм}$$

Розраховуємо значення припусків:

$$2Z_{\max i}^{np} = d_{\max i-1} - d_{\max i} \quad (17)$$

$$2Z_{\max \text{тон.точ}}^{np} = 25,159 - 25,015 = 0,144 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{тон.точ.}}^{np} = 25,372 - 25,159 = 0,213 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{чист.точ}}^{np} = 25,96 - 25,372 = 0,588 \text{ мм}$$

$$2Z_{\max \text{чорн.точ}}^{np} = 29,7 - 25,96 = 3,74 \text{ мм}$$

Загальні припуски $2Z_{o \min i}$ $2Z_{o \max}$ визначаємо, підсумовуючи проміжні припуски:

$$2Z_{o \min} = 124 + 194 + 430 + 2950 = 3698 \text{ мкм}$$

$$2Z_{o \max} = 144 + 213 + 588 + 3740 = 4685 \text{ мкм}$$

Виконаємо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$2Z_{o \max} - 2Z_{o \min} = 4685 - 3698 = 987 \text{ мкм}$$

$$\delta_3 - \delta_0 = 1000 - 13 = 987 \text{ мкм.}$$

Отримані дані занесемо до таблиці 9.

Таблиця 9 – Зведені дані з розрахунку припуску аналітичним методом

Технологічні переходи обробки по- верхні	Елементи припус- ку, мкм			Розра- ху- нко- вий при- пуск $2Z_{min}$	До- пуск δ , мкм	Граничний роз- мір, мм		Граничні зна- чення припу- сків, мкм	
	Rz	T	ρ			d_{min}	d_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготівка	150	25 0	10 50		1000	28,7	29,7		
Обточування чорнове	100	50	63	2900	210	25,75	25,96	2950	3740
Обточування чистове	25	30	42	426	52	25,32	25,372	430	588
Шліфування чорнове	20	30	32	194	33	25,126	25,159	194	213
Шліфування чистове				124	13	25,002	25,015	124	144

Відповідно до розрахованих даних зобразимо *схему розташування припусків і допусків* (рис. 8).

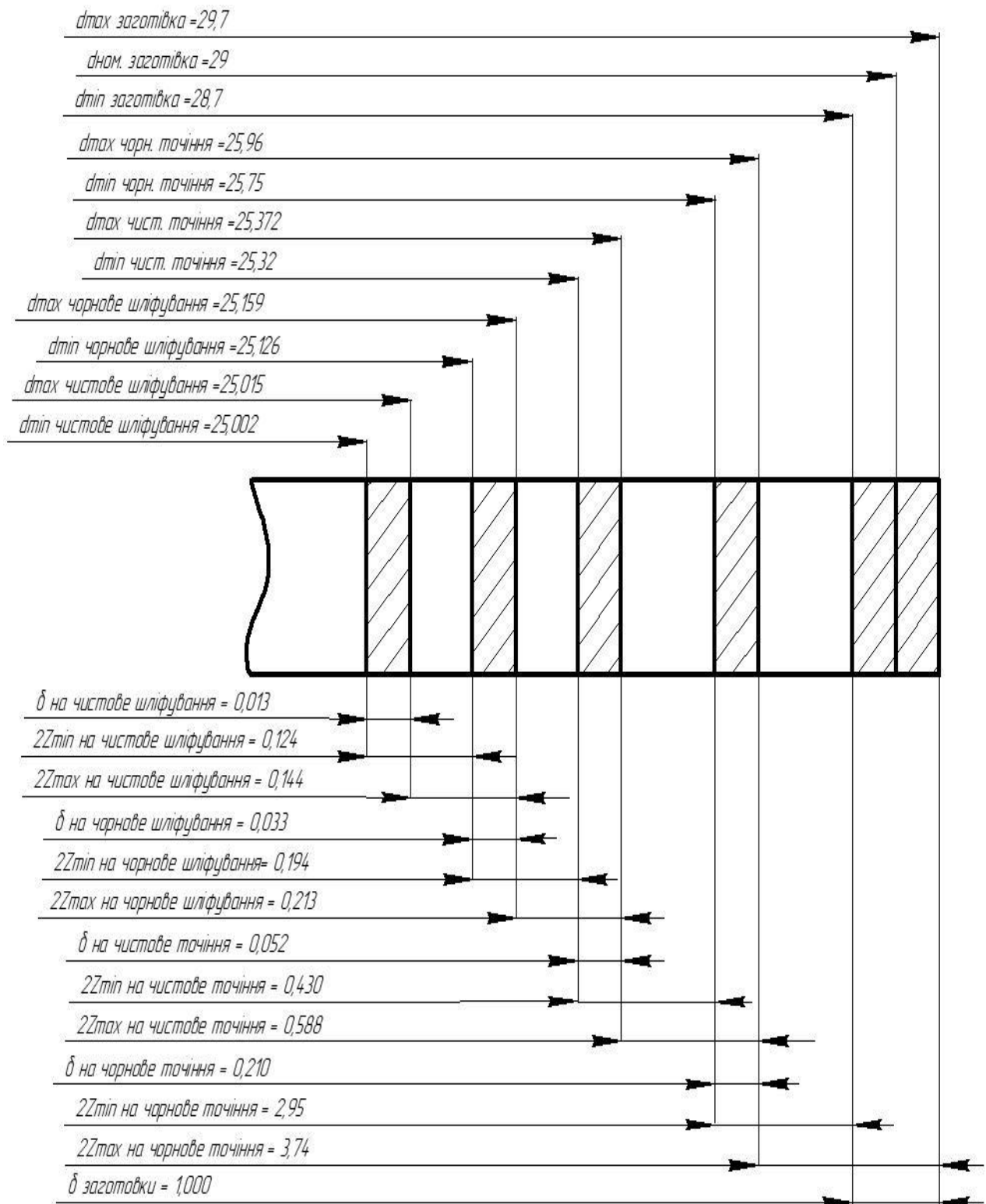


Рисунок 8 – Схема розташування припусків і допусків

Питання для самоконтролю

1. Надайте визначення таких понять: «припуск на механічну обробку», «проміжний припуск», «загальний припуск».

2. Які існують методи визначення припусків на обробку поверхонь?

3. Схарактеризуйте довідниковий метод визначення припусків, наведіть його переваги та недоліки.

4. У чому сутність розрахунково-аналітичного методу визначення припусків на механічну обробку?

5. Наведіть формули розрахунку мінімального припуску обробки поверхонь.

6. Які чинники впливають на величину мінімального припуску?

7. У яких розрахунках застосовується величина максимального припуску на механічну обробку?

8. Яким чином визначається величина просторового відхилення?

Література: [4], [7].

Практичне заняття №5

Тема. Складання та аналіз схем базування.

Мета: набути навичок зі складання схем базування та розрахунку дійсних похибок при установці деталей із використанням спеціальних пристроїв.

Завдання до виконання роботи

За кресленням деталі, що видається викладачем, для обраної операції необхідно:

- 1) скласти схему базування деталі, надати характеристику баз;
- 2) обрати пристосування для реалізації складеної схеми та розрахувати параметри точності базування.

Методичні вказівки до виконання роботи

Теоретичні відомості

Відповідно до ГОСТ 21495-80 *база* – це поверхня або сполучення поверхонь, вісь, точка, що належать заготовці або виробу і використовуються для базування.

Базування – надання заготовці або виробу потрібного положення відносно обраної системи координат: при складанні – надання деталі потрібного положення у виробі відносно інших, раніше встановлених, деталей або виробів;

при механічній обробці – надання заготовці потрібного положення на верстаті відносно траєкторії оброблювального інструменту, при вимірюванні – надання заготовці або деталі потрібного положення відносно вимірювального інструменту.

Базами можуть служити поверхні: площина (рис. 9, а), циліндр (рис. 9, б), сукупність поверхонь (рис. 9, в), лінія: вісь (рис. 9, г), коло (рис. 9, д), точка (точки) (рис. 9, е).

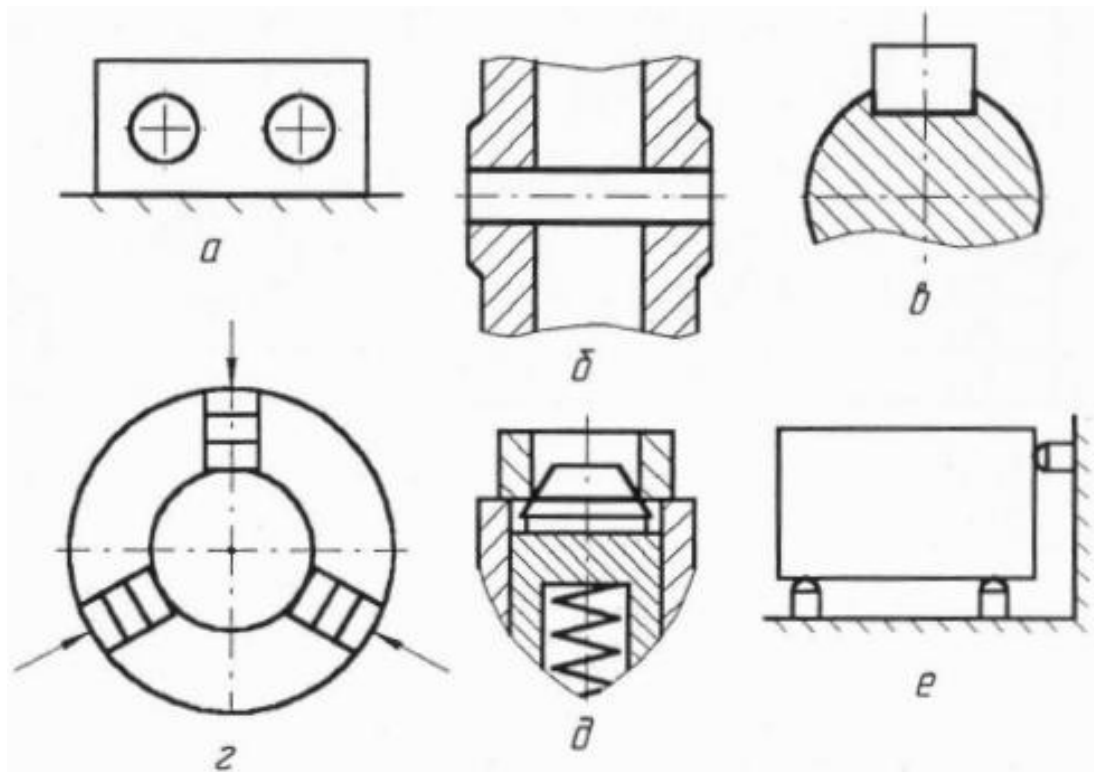


Рисунок 9– Види баз

Для забезпечення нерухомості заготовки або виробу у вибраній системі координат на них необхідно накласти шість зв'язків, для створення яких необхідний комплект баз, до якого входить шість опорних точок. Ця умова отримала назву *правила шести точок*.

Вважається, що здійснення необхідних зв'язків досягається контактом деталей по поверхнях, а наявність реальних зв'язків символізується опорними точками, що мають умовний теоретичний характер. Схема розміщення опорних точок на базах заготовки або виробу називають теоретичною схемою базування. На теоретичній схемі базування опорні точки зображають умовними знаками (рис. 10). Опорні точки нумеруються, починаючи з бази, на якій розташову-

ється їх найбільша кількість. Номер точки проставляється справа від умовного знака. Якщо в якій-небудь проекції одна опорна точка накладається на іншу, то зображується одна точка і біля неї проставляються номери суміщених точок.

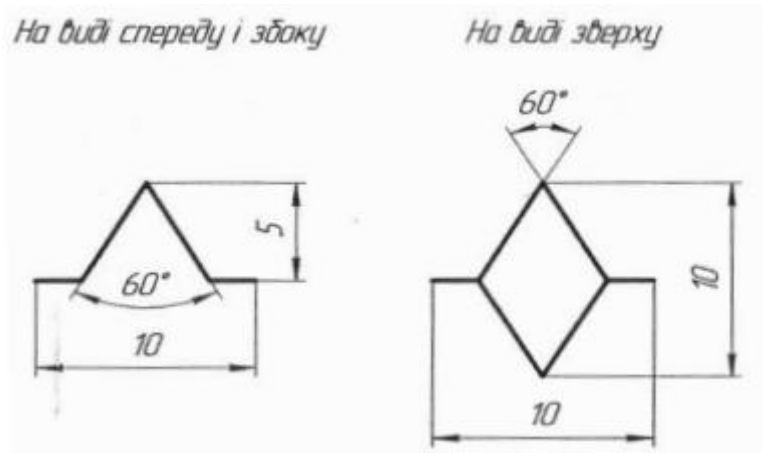


Рисунок 10 – Умовне зображення опорних точок

Залежно від кількості накладених зв'язків існує наступна класифікація баз:

установча – позбавляє тіло трьох ступенів рухомості (накладає три зв'язки), використовується при базуванні призматичних тіл (точки Z_1 , Z_2 , Z_3 на рис. 11, а) та дисків (точки Z_1 , Z_2 , Z_3 на рис. 12);

напрямна – позбавляє тіло двох ступенів вільності, використовується при базуванні призматичних тіл (точки Y_4 , Y_5 на рис. 11, а);

опорна – позбавляє тіло одного ступеня вільності (точка X_6 на рис. 11, а; точка X_5 на рис. 11, в);

подвійна напрямна – позбавляє тіло чотирьох ступенів вільності, використовується при базуванні циліндричних тіл (точки Z_1 , Z_2 , Y_3 , Y_4 на рис. 11, в);

подвійна опорна – позбавляє тіло двох ступенів вільності, використовується при базуванні тіл форми «диск» (точки X_6 , Y_5 на рис. 12).

Ураховуючи, що форму деталі можна схарактеризувати відповідно до стандартних геометричних форм, існують основні схеми базування. При базуванні *призматичних тіл* використовують установчу, напрямну та опорну бази (рис. 11, а). При базуванні циліндричних тіл використовують подвійну напрям-

ну та опорну бази (рис. 11, в). При базуванні дисків використовують установчу, подвійну опорну та опорну бази (рис. 12).

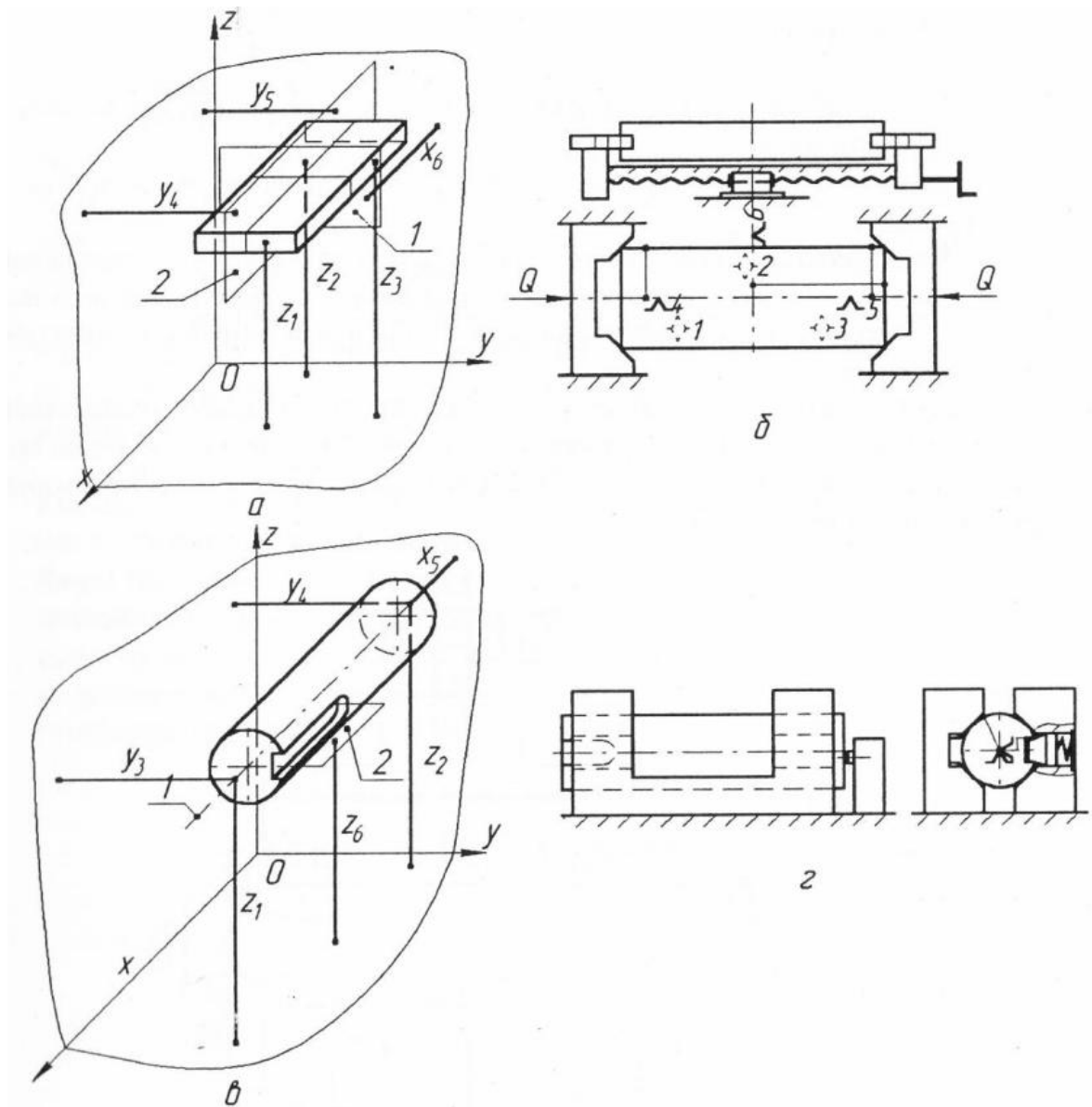


Рисунок 11 - Схеми базування: а) призматичного тіла; б) реалізація схеми базування призматичного тіла; в) циліндра; г) реалізація схеми базування циліндра

Реалізація теоретичних схем базування реалізується застосуванням спеціальних установчих елементів та пристосувань (рис. 11, б, г).

При установці заготовок у спеціальні пристрої виникають відхилення в просторовому розташуванні заготовок щодо інструмента. Це призводить до відповідних похибок обробки. Похибка базування – виникає при несумісності

вимірювальної і технологічної баз і є різницею граничних відстаней вимірювальної бази відносно встановленого на розмір інструмента.

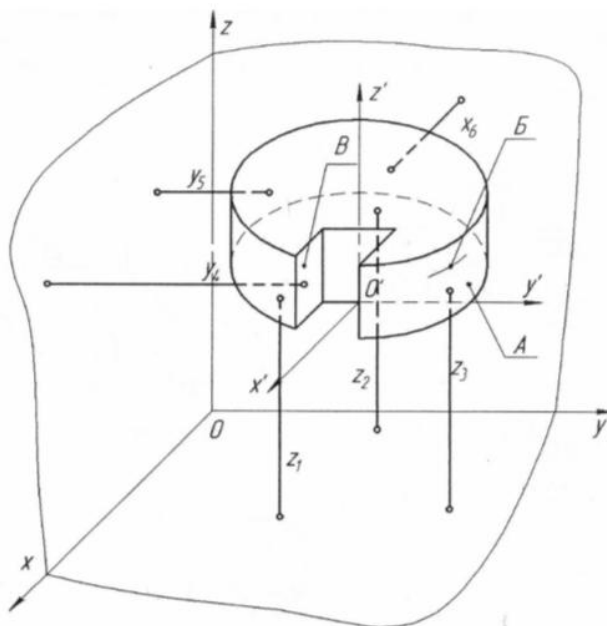


Рисунок 12 – Базування диска

Приклади визначення похибки базування показані на рис. 13. При партії заготовок за схемою (рис. 13,а) похибка базування відносно розміру А теоретично дорівнює нулеві ($\epsilon_{\delta A}$), тому що вимірювальна база розміру, що аналізується, суміщена з технологічною в площині 1, а похибка форми технологічної бази не враховувалась.

Похибка базування для розмірів В дорівнює відстані між граничними положеннями вимірювальної бази 2, що відмічена на рис. 13 суцільною та пунктирною лініями, дорівнює допуску δ на розмір заготовки ($\epsilon_{\delta B} = \delta$). У даному випадку вимірювальна база 2 не співпадає з технологічною.

Для розміру Е $\epsilon_{\delta E} = 0$. Фактично при суміщенні вимірювальної і технологічної баз похибка базування має місце в зв'язку з власною похибкою форми технологічної бази. Ця похибка приводить до фактичного несуміщення дійсної площини контакту Пк (рис. 13, б) заготовки з точковими опорами 1, 2, 3 пристрою і її вимірювальної площини Пв, що контактує з контрольною площиною виступаючими точками 4, 5, 6.

При установці заготовки на жорсткий циліндричний палець з гарантованим зазором (рис. 13, в) похибка базування для розміру А: $\epsilon_{\delta A} = \delta/2 + S_{\max}$. Роз-

міри В і С мають: $\varepsilon_{\delta B}=0$, $\varepsilon_{\delta C}=0$, тому що вони отримані мірним інструментом. При установці заготовки на розтискну оправку без зазору похибка $\varepsilon_{\delta A}$ зменшується на $S_{\max}$ і дорівнює $\varepsilon_{\delta A} = \delta/2$.

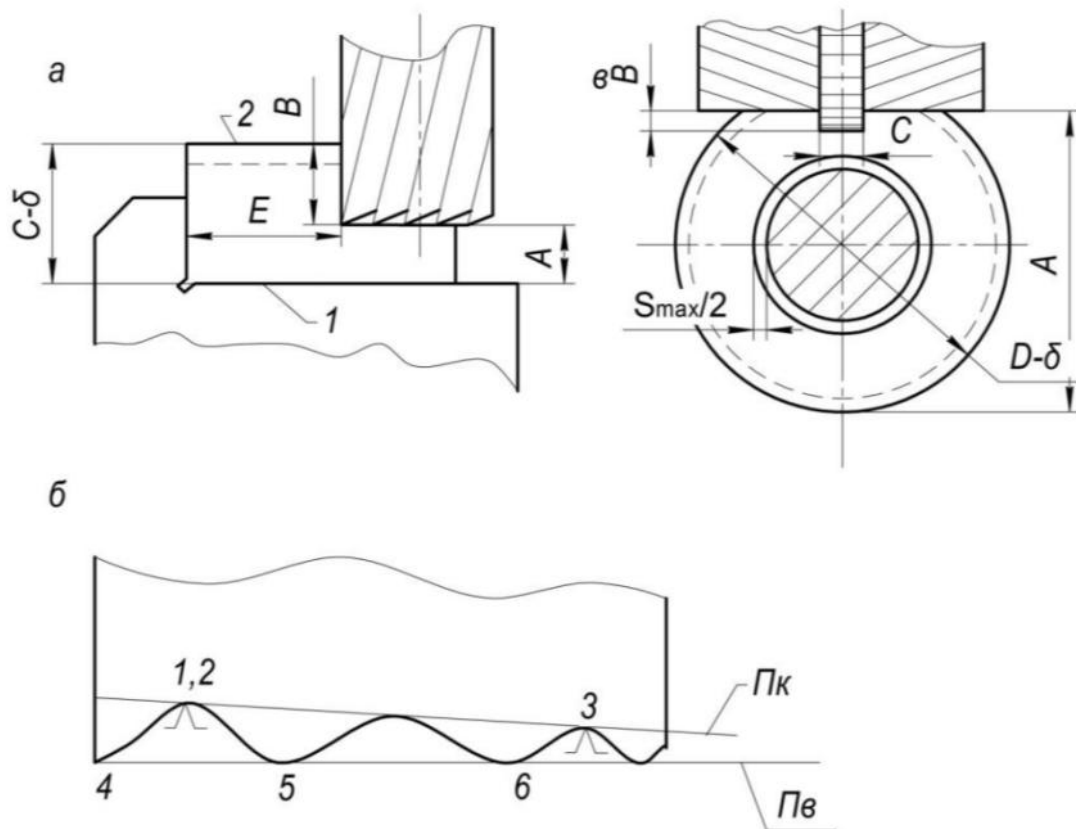


Рисунок 13 – Схеми установки деталей при обробці для розрахунку похибки базування

При базуванні циліндричних заготовок в призмі (рис. 14,а) вісь заготовки з найбільшим діаметром D знаходиться в точці O , а з найменшим $(D-\delta)$ – в точці O_1 . Зміщення осі дорівнює відрізку OO_1 . Варто відмітити, що різні точки циліндричної заготовки (A , O , B) при базуванні в призмі, зміщуються на різні величини. Якщо названі точки прийняті в якості вимірювальних баз розмірів, що аналізуються, то геометричні відрізки n , m , l дорівнюють похибкам базування відносно відповідних розмірів. Отже конструктор оснастки в кожному випадку установки заготовок чи виробів повинен знайти ці відрізки і, при необхідності, розрахувати їх. Припустимо, що необхідно обробити уступ на циліндричній частині заготовки, установленій в призмі (рис. 14, б), витримуючи один із трьох можливих варіантів завдання розміру H .

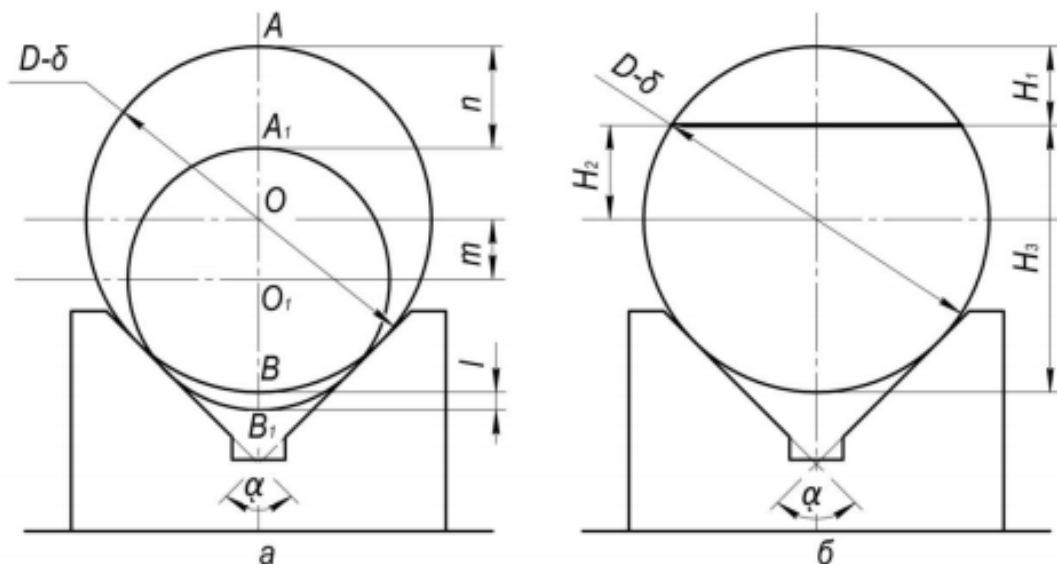


Рисунок 14 – Установка заготовок у призмі

Теоретичні похибки базування для цих розмірів при ідеальній циліндричній поверхні заготовки можна розрахувати за наступними формулами:

$$\varepsilon_{\delta_{H_1}} = \frac{Td}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right), \quad (18)$$

$$\varepsilon_{\delta_{H_2}} = \frac{Td}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (19)$$

$$\varepsilon_{\delta_{H_3}} = \frac{Td}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right), \quad (20)$$

де Td – допуск на діаметр заготовки;

α – кут призми.

Розробляючи технологічний процес механічної обробки, необхідно враховувати, що *похибка базування відсутня у таких випадках:*

1. Вимірювальна база розміру, на який визначається похибка базування, збігається з однією з технологічних баз, тобто виконується принцип суміщення баз.

2. Поверхні, що координуються розміром, на який визначається похибка базування, отримані обробкою за один установ заготовки. У цьому випадку вимірювальна база формується різальним інструментом в процесі механічної обробки безпосередньо в ході виконуваної операції і тому буде займати в усіх заготовках партії одне і те ж положення.

3. Похибка базування відсутня на всі діаметральні розміри. Обробка циліндричної поверхні є окремим випадком обробки за один установ, оскільки діаметральні розміри є розмірами між твірними циліндричної поверхні, а ці твірні завжди утворюються в процесі обробки тільки з одного установка.

Приклад розрахунку похибки базування

Вихідні дані: На свердлильній операції обробляються два отвори $\varnothing 20 \pm 0,3$ мм. При цьому мають бути забезпечені розміри: $20 \pm 0,2$ мм; $60 \pm 0,2$ мм; $30 \pm 0,1$ мм. Розмір $90 \pm 0,25$ мм отриманий на одній з попередніх операцій.

Розв'язок

1) Складемо схему базування для вертикально-свердлильної операції. В процесі оброблення основний рух і рух подачі здійснює свердло, тому деталь має бути цілком нерухома (позбавлена шести ступенів вільності). Форма деталі – призматична. При базуванні такої деталі використовують: установчу (точки 1, 2, 3), напрямну (точки 4, 5), опорну (точка 6) бази. Схему базування зображено на рис. 15.

2) На свердлильній операції обробляються два отвори $\varnothing 20 \pm 0,3$ мм. При цьому мають бути забезпечені розміри: $20 \pm 0,2$ мм; $60 \pm 0,2$ мм; $30 \pm 0,1$ мм. Розмір $90 \pm 0,25$ мм отриманий на одній з попередніх операцій. Необхідно визначити: $\varepsilon_{\varnothing 20}$; ε_{60} ; ε_{20} і ε_{30} .

Визначимо похибку базування на кожний із розмірів:

$\varepsilon_{\varnothing 20} = 0$, оскільки розмір $\varnothing 20$ мм є діаметральним;

$\varepsilon_{60} = 0$, оскільки обидва отвори $\varnothing 20$ мм обробляються з одного установка;

$\varepsilon_{20} = 0$, оскільки вимірювальна база цього розміру збігається з технологічною;

$\varepsilon_{30} \neq 0$, оскільки, в даному випадку, вимірювальна база (площина *A*) не збігається з технологічною (площина *B*).

Для визначення похибки базування на розмір $30 \pm 0,1$ мм з використанням вищенаведених правил будуюмо технологічний розмірний ланцюг (рис. 16).

Однією із складових ланок розмірного ланцюга є розмір, що визначає положення вершини налагодженого інструмента відносно опор пристрою. Цей розмір називають розміром налаштування різального інструмента і позначають латинською літерою C . Вважають, що допуск цього розміру дорівнює похибці налаштування, що входить у сумарну похибку механічної обробки як окрема складова. Тому, визначаючи похибку базування, умовно вважають, що допуск розміру C є рівним нулю.

Таким чином, похибка базування на розмір 30 мм складає:

$$\varepsilon_{630} = \delta(A\Sigma) = T(A_{90}) + T(C),$$

де $\delta(A\Sigma)$ – поле розсіювання ланки замикання;

$T(A_{90})$ – допуск на розмір 90 мм;

$T(C)$ – допуск розміру налаштування C .

Вважаючи, що $T(C) = 0$, остаточно отримаємо: $\varepsilon_{630} = 0,5 + 0 = 0,5$ мм.

Оскільки похибка базування на розмір $30 \pm 0,1$ мм більша, ніж допуск на цей розмір (0,2 мм), то необхідно змінити схему базування, сумістивши технологічну базу з вимірювальною базою за рахунок перенесення опорних точок 4 і 5 з поверхні B на поверхню A . За такої схеми базування $\varepsilon_{630} = 0$, оскільки виконуватиметься принцип суміщення баз.

Питання для самоконтролю

1. Дати визначення поняттям «база», «базування».
2. Розкрийте поняття «ступень вільності».
3. У чому полягає правило шести точок?
4. Опишіть класифікацію баз у залежності від призначення.
5. Опишіть класифікація баз у залежності від позбавлених ступенів вільності.
6. Опишіть класифікацію баз за характером виявлення.
8. Яким чином відбувається базування призматичного тіла?
9. Які бази використовують при базуванні циліндричного тіла?
10. Які бази використовують при базуванні диска?

Література: [1], [3], [6].

Практичне заняття №6

Тема. Розрахунок похибок, що зумовлені пружними відтискуваннями.

Мета: засвоїти методику розрахунку пружних відтискань, що виникають за причин непостійності глибини різання та твердості заготовок.

Завдання до виконання роботи

За вихідними даними (табл. 10):

- 1) розрахувати поле розсіювання похибок $\omega'_{\Delta d}$, що зумовлене нестабільністю глибини різання;
- 2) розрахувати поле розсіювання похибок $\omega''_{\Delta d}$, що спричинене нестабільністю значень σ_b ;
- 3) розрахувати сумарне поле розсіювання похибок $\omega_{\Sigma \Delta d}$, що зумовлене дією двох цих факторів;
- 4) рекомендувати настройкові розміри, що забезпечать відсутність чи мінімальне значення браку.

Методичні вказівки до виконання роботи

Теоретичні відомості

При обробці заготовок різанням виникають пружні відтиснення:

$$y = \frac{P_y}{j}, \quad (21)$$

де P_y – складова сили різання, Н;

j – жорсткість верстата, Н/мм.

При точінні складова сили різання:

$$P_y = 10 \cdot C_{P_y} \cdot t^{x_{P_y}} \cdot S^{y_{P_y}} \cdot V^{n_{P_y}} \cdot K_{P_y}, \quad (22)$$

де C_{P_y} , x_{P_y} , y_{P_y} , n_{P_y} – коефіцієнти, наведені в таблиці Д.1 додатка Д;

t – глибина різання, мм;

S – значення подачі, мм/об;

V – величина колової швидкості процесу різання, м/хв;

K_{P_y} – коефіцієнт, що розраховується за формулою:

$$K_{P_y} = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{TP}, \quad (23)$$

де K_{MP} – коефіцієнт, що можна визначити при використанні таблиць Д.2, Д.3 додатка Д;

$K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}$ – коефіцієнти, наведені в таблиці Д.4 додатка Д.

Непостійність сили P_y виникає в результаті непостійної глибини різання t або непостійного параметру границі міцності σ_e для сталей і твердості HB для чавунів. Глибина різання залежить від дійсного значення діаметру заготовки. Наприклад:

$$t_{HB} = \frac{d_{з\ HB} - d_{д\ НМ}}{2}, \quad (24)$$

$$t_{НМ} = \frac{d_{з\ НМ} - d_{д\ HB}}{2}, \quad (25)$$

$$\bar{t} = \frac{t_{HB} + t_{НМ}}{2}, \quad (26)$$

де d_z, d_d – відповідно, розмір вихідної і обробленої заготовки. У результаті зміни значень t від $t_{НМ}$ до t_{HB} змінюється від $P_{y\ НМ}$ до $P_{y\ HB}$, відтиснення y від $y_{НМ}$ до y_{HB} , і похибки – від $\Delta d_{НМ} = 2y_{НМ}$ до $\Delta d_{HB} = 2y_{HB}$.

При цьому поле розсіяння похибок, що спричинюється тільки непостійністю t , дорівнює:

$$\omega' \Delta d = \Delta d'_{HB} - \Delta d'_{НМ}. \quad (27)$$

Якщо ж при обробці заготовок $t = \text{const}$, то на розсіяння похибок буде діяти фактор непостійності показника міцності матеріалу σ_e . В результаті формується друге поле розсіяння похибок:

$$\omega'' \Delta d = \Delta d''_{HB} - \Delta d''_{НМ}. \quad (28)$$

Оскільки значення t і σ_e є випадковими величинами та діють при обробці кожної заготовки одночасно, то формується сумарне поле розсіяння похибок:

$$\omega_{\Sigma \Delta d} = \sqrt{(\omega' \Delta d)^2 + (\omega'' \Delta d)^2}, \quad (29)$$

Якщо $\omega_{\Sigma \Delta d} > Td$, то брак неминучий, якщо умови обробки залишаться незмінними. Для усунення браку необхідно прийняти ряд рішень, спрямованих на виконання умови $\omega_{\Sigma \Delta d} < Td$.

Рішення можуть бути такими.

1. Підвищення точності заготовок, що стабілізує глибину різання.

2. Стабілізація твердості заготовок, що робить постійною силу P_y .

3. Підвищення жорсткості верстата j , що веде до зменшення значень $\omega_{\Sigma\Delta d}$, при незмінних інших умовах обробки.

Можливі і інші рішення.

Якщо $\omega_{\Sigma\Delta d} < T_d$, то брак також можливий, але тільки за рахунок неправильної настройки на розмір. Коректуванням настройки можна повністю вилучити брак. Те чи інше рішення приймається в залежності від конкретної виробничої ситуації.

Приклад розрахунку похибок, що зумовлені пружними відтискуваннями

Вихідні дані: На налаштованому верстаті проточується шийка валу в розмір $\varnothing 90_{0,2}$. Розмір заготовки $\varnothing 100 \pm 3$. Матеріал – сталь ($\sigma_s = 750(\pm 50) \text{ МПа}$). Режим обробки: $V = 50 \text{ м/хв.}$; $S = 0,5 \text{ мм/об.}$ Матеріал різального інструмента – швидкоріжуча сталь. Кути різця: $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 20^\circ$, $\lambda = 0$. Радіус при вершині $r = 2 \text{ мм}$. Жорсткість верстата $j = 2500 \text{ Н/мм}$.

Розв'язок

1) розрахунок поля розсіяння похибок $\omega'_{\Delta d}$, що зумовлене нестабільністю глибини різання

1.1 Розраховуємо значення глибини різання (24, 25, 26):

$$t_{\text{НБ}} = \frac{103 - 89,8}{2} = 6,6 \text{ мм};$$

$$t_{\text{НМ}} = \frac{97 - 90}{2} = 3,5 \text{ мм};$$

$$\bar{t} = 5,05 \text{ мм}.$$

1.2 Розраховуємо значення коефіцієнта K_{MP} при різних значеннях σ_s , використовуючи таблиці Д.2 і Д.3 додатка Д:

$$K_{MP}^{\text{НМ}} = \left(\frac{700}{750} \right)^2 = 0,87$$

$$K_{MP}^{\text{НБ}} = \left(\frac{800}{750} \right)^2 = 1,14$$

$$\bar{K}_{MP} = \left(\frac{750}{750} \right)^2 = 1$$

1.3 Розраховуємо значення коефіцієнта K_{PY} , використовуючи формулу (23) та данні табл. Д.4 додатка Д при значенні коефіцієнтів: $K_{\varphi P} = 1$; $K_{\gamma P} = 1$; $K_{\lambda P} = 1$, $K_{rP} = 1$:

$$K_{Py}^{HM}=0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0,87;$$

$$K_{Py}^{HB}=1,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=1,14;$$

$$K_{Py}=1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=1;$$

1.4 Розраховуємо сили P_y при перемінній глибині різання t і постійному значенні $\sigma_\epsilon=\bar{\sigma}_\epsilon$ (що враховано в середньому значенні $\bar{K}_{Py}$), за формулою (22) і табл. Д.1 додатка Д:

$$P'_{yHB} = 10 \cdot 125 \cdot 6,6^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 50^0 \cdot 1 = 4860 \text{ Н}$$

$$P'_{yHM} = 10 \cdot 125 \cdot 3,5^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 50^0 \cdot 1 = 2580 \text{ Н}$$

1.5 Розраховуємо пружні відтиснення y і похибки Δd , що виникають тільки через непостійність t при жорсткості верстата $j=25000 \text{ Н/мм}$. Використовуємо формулу (21):

$$y'_{HB} = \frac{4860}{25000} = 0,194 \text{ мм}; \Delta d'_{HB} = 2 \cdot y'_{HB} = 0,388 \text{ мм};$$

$$y'_{HM} = \frac{2580}{25000} = 0,103 \text{ мм}; \Delta d'_{HM} = 2 \cdot y'_{HM} = 0,206 \text{ мм}$$

1.6 Поле розсіяння похибок, що зумовлене пружними відтисненнями, що виникають тільки через нестабільність значень t , дорівнює (27):

$$\omega_{\Delta d} = 0,388 - 0,206 = 0,182 \text{ мм}$$

2) *розрахунок поля розсіяння похибок $\omega''_{\Delta d}$, що спричинене нестабільністю значень σ_ϵ*

2.1 Розраховуємо сили P''_y при змінному σ_ϵ і постійному $t = \bar{t}$. Значення коефіцієнта K_{MP} наведено в п. 1.2. розв'язання цієї задачі.

$$P''_{yHB} = 10 \cdot 125 \cdot 5,05^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 50^0 \cdot 1,14 = 4270 \text{ Н}$$

$$P''_{yHM} = 10 \cdot 125 \cdot 5,05^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 50^0 \cdot 0,87 = 3240 \text{ Н}$$

При $\bar{t}$ і $\bar{\sigma}_\epsilon$ середнє значення сили різання:

$$\bar{P}_y = 10 \cdot 125 \cdot 5,05^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 50^0 \cdot 1 = 3740 \text{ Н}$$

2.2 Розраховуємо пружні відтиснення y'' і похибки $\Delta d''$ при $t = \bar{t} = \text{const}$ та змінному σ_ϵ :

$$y''_{HB} = \frac{4240}{25000} = 0,167 \text{ мм}; \Delta d''_{HB} = 2 \cdot y''_{HB} = 0,334 \text{ мм};$$

$$y''_{\text{HM}} = \frac{3240}{25000} = 0,127 \text{ мм}; \Delta d''_{\text{HM}} = 2 \cdot y''_{\text{HM}} = 0,254 \text{ мм};$$

2.3 Поле розсіяння погрішностей, зумовлене тільки непостійністю значення σ_v , дорівнює (28):

$$\omega''_{\Delta d} = 0,334 - 0,254 = 0,080 \text{ мм.}$$

3) *розрахунок сумарного поля розсіяння похибок $\omega_{\Sigma \Delta d}$, що зумовлене дією двох цих факторів*

3.1 Розраховуємо за формулою (29) сумарне (композиційне) поле розсіяння погрішностей:

$$\omega_{\Sigma \Delta d} = \sqrt{(0,182)^2 + (0,080)^2} = 0,199 \approx 0,2 \text{ мм}$$

3.2 Розраховуємо середні значення $\bar{y}$ і $\Delta \bar{d}$ із середнього значення $\bar{P}_y$ (п. 2.1):

$$\bar{y} = \frac{3740}{25000} = 0,149 \text{ мм}; \Delta \bar{d} = 2 \cdot \bar{y} = 0,298 \text{ мм}$$

4) *розрахунок настройкового розміру*

Перш за все відзначимо, що на даній операції немає запасу точності, оскільки $\omega_{\Sigma \Delta d} = 0,2 = Td$. Найліпше, чого можна досягти, це вилучити непоправний брак і мінімізувати поправний брак. Це можна забезпечити шляхом правильного вибору і забезпечення настройкового розміру d_H . Скористаємось для розрахунку d_H схемою (рис. 17). Для вилучення непоправного браку в процесі обробки необхідно забезпечити кривій розподілу погрішностей положення 1, при якому нижня трисигмальна межа поля $\omega_{\Sigma \Delta d}$ співпадає з нижньою границею допуску. Це положення буде забезпечуватись, якщо настройковий розмір при настройці буде:

$$d_H = d_{\text{HM}} + 3\sigma_{\Delta d} - \Delta \bar{d} = 89,8 + 0,1 - 0,298 = 89,602 \text{ мм.}$$

Очевидно, що впродовж обробки заготовки поле $\omega_{\Sigma \Delta d}$ почне за рахунок зношення інструмента зміщуватись в сторону верхньої границі поля допуску і з'явиться поправний брак. Це станеться зразу ж, оскільки запасу точності немає.

Виправити положення можна тільки зменшивши значення $\omega_{\Sigma \Delta d}$, зокрема, підвищенням точності заготовок. Розрахунки доводять, що при розмірі заготов-

ки $\varnothing 100 \pm 2$, замість $\varnothing 100 \pm 3$ поле розсіяння зменшується до значення $\omega_{\Sigma \Delta d} = 0,146 \text{ мм}$ ($\omega_{\Sigma \Delta d} < Td$), що забезпечує запас точності:

$$\Delta T = Td - \omega_{\Sigma \Delta d} = 0,2 - 0,146 = 0,054 \text{ мм.}$$

Щоб забезпечити для кривої розподілу положення 2 необхідно інструмент настроювати на розмір:

$$d_H = d_{HM} + 3\sigma_{\Delta d} - \Delta \bar{d} = 89,8 - 0,5 \cdot 0,146 - 0,298 = 89,575 \text{ мм.}$$

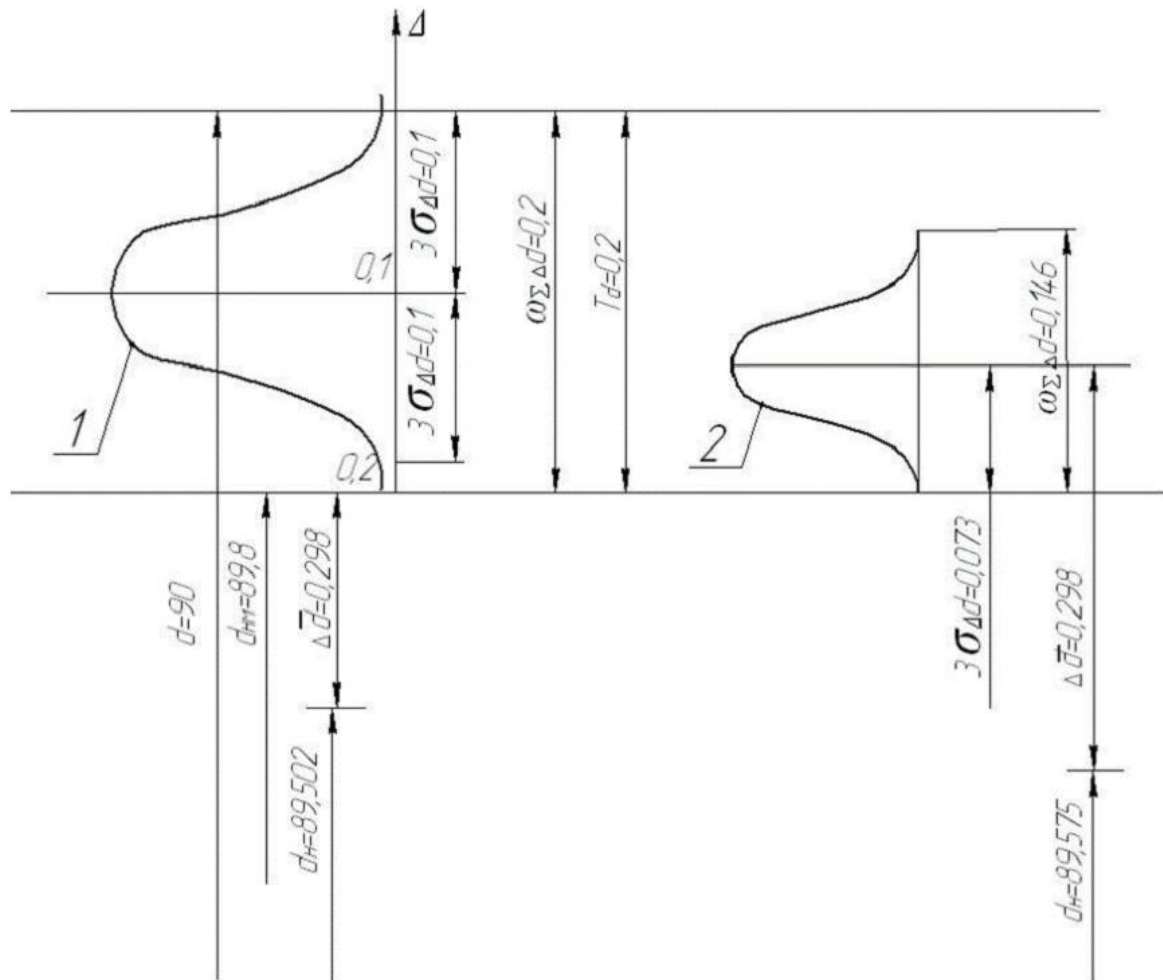


Рисунок 17 – Розрахункова схема для визначення настійкового розміру

Виконавчий розмір	Жорсткість верстата j, Н/мм	Режим		Мате інстру
		V	S	
заготовки	деталі	м/хв	мм/об	
100±5	90-0,3	50	0,3	Швидкс ста
100±4			0,5	
100±3				Твердіі
100±2				
100±4	90-0,2	70	0,4	Швидкс ста
100±3			0,7	
100±2				Твердіі
100±2				
100±3	90-0,3	50	0,5	Швидкс ста
100±2				
100±2				Твердіі
100±2				
100±4	90-0,3	70	0,5	Швидкс ста
100±3			0,3	
100±3				Твердіі
100±2				

Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під жорсткістю і податливістю системи верстат-приспосовування-інструмент-деталь?
2. Чому при обробці заготовок на наладнаних верстатах виникає явище розсіювання похибок?
3. Які основні шляхи зменшення сумарного поля розсіювання погрішностей?
4. Як розраховується настройковий розмір?
5. За рахунок чого можна забезпечити більш високу стабільність розмірів оброблюваних заготовок?
6. Основні розрахункові формули при оцінці поля розсіювання погрішностей?
7. Від яких чинників залежить показник точності при обробці різанням?

Література: [2], [7–8].

Практичне заняття №7

Тема. Вплив зношення інструмента на точність розміру при обробці партії заготовок на наладнаному верстаті.

Мета: оволодіти методикою розрахунку допустимої кількості оброблюваних заготовок при заданому допустимому значенні розмірного зношення інструменту і заданих умовах обробки.

Завдання до виконання роботи

За вихідними даними (табл. 12) розрахувати кількість деталей, що оброблюються на наладнаному токарному верстаті до моменту досягнення граничного значення величини розмірного зношення.

Методичні вказівки до виконання роботи

Теоретичні відомості

Розмірне зношення різця вимірюють по нормалі до оброблювальної поверхні (рис. 18). Похибка обробки, що спричиняється тільки зношенням дорівнює:

$$\Delta d = d_1 - d_2 = 2 \cdot \Delta u, \quad (30)$$

Це підтверджує розмірний ланцюг A , у якому замикаюча ланка A_Δ змінюється за рахунок зміни ланки A_1 при $A_2 = \text{const}$.

Залежність величини зношення від шляху L (рис. 19) має два характерних відрізки. Відрізок OA показує підвищену швидкість зношення на деякому шляху різання OL_H . Тут відбувається припрацювання леза різця. Другий відрізок AB — відрізок нормального зношення. Тут, на відрізку шляху $L_H L_K$ зношення відбувається з постійною швидкістю, яку прийнято позначати u_0 (мкм/км) і називати нормальним відносним зношенням.

Шлях різання при точінні однієї заготовки розраховується за формулою:

$$l_1 = V \cdot t_0, \quad (31)$$

де V — швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}, \quad (32)$$

t_0 – основний час:

$$t_0 = \frac{l_n}{s \cdot n}, \quad (33)$$

де l_n – довжина робочого ходу, мм.

Підставимо в (31) формули (32) та (33), отримаємо:

$$l_1 = \frac{\pi \cdot d \cdot l_n}{1000 \cdot s}, \quad (34)$$

де d – діаметр поверхні, що оброблюється, мм.

Для партії заготовок N шлях різання дорівнює:

$$l_N = l_1 \cdot N, \quad (35)$$

Щоб урахувати підвищене зношення в період припрацювання добавляють до значення l_N додатковий шлях різання $l = 1000$ м.

Тоді розрахункова довжина шляху різання дорівнює:

$$L = l_n + 1000, \quad (36)$$

Таким чином, для будь-якого шляху різання L значення розмірного зношення розраховується за формулою:

$$\Delta u = \frac{L}{1000} \cdot U_0, \quad (37)$$

де U_0 — відносне зношення, мкм/км (табл. Е.1, додаток Е).

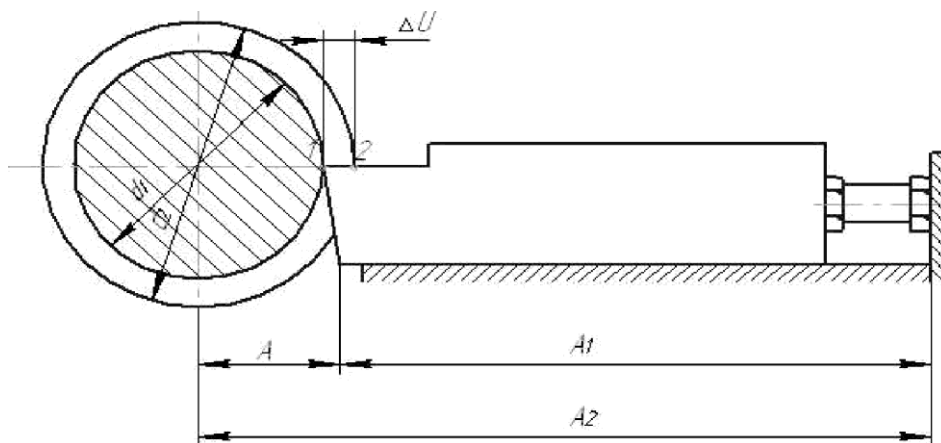


Рисунок 18 – Схема розмірного зношення різця

Розмірне зношення Δu суттєво впливає на точність розмірів в основному при чистовій і тонкій обробці, тому що допуски на розміри при такій обробці с

відносно малими величинами. При чорнових обробках допуски великі, і зношення інструмента призводить не стільки до втрати точності розміру, скільки до втрати різальної здатності інструменту.

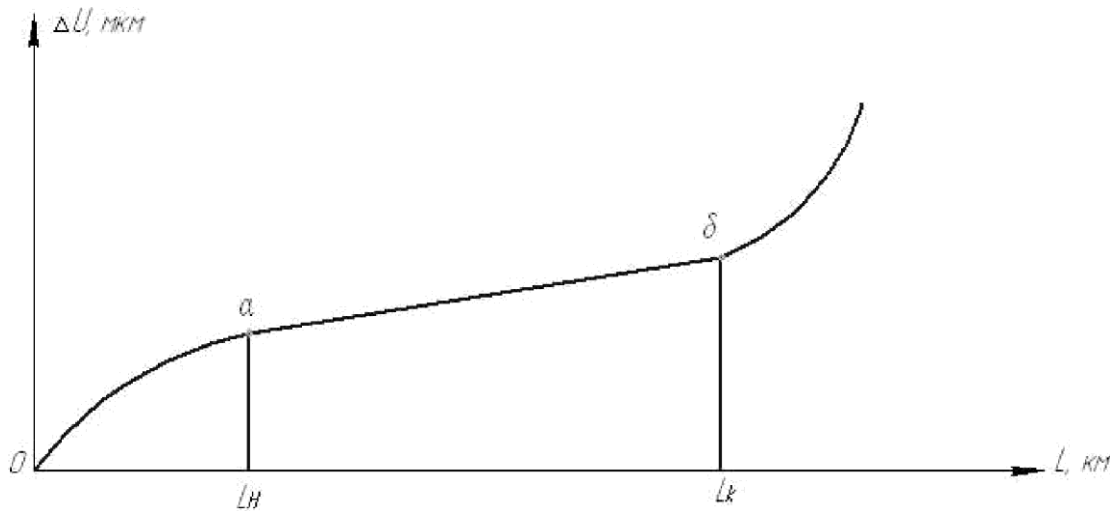


Рисунок 19 — Залежність зношення різця від шляху різання

Якщо відоме значення $[\Delta u]$, то за формулою (37) можна розрахувати допустимий шлях різання:

$$[L] = \frac{[\Delta u]}{u_0} \cdot 1000, \quad (38)$$

Тоді допустиме число заготовок, що можна обробити до піднастроювання, розраховується за формулою:

$$[N] = \frac{[L]}{l_1}, \quad (39)$$

Примітка: Допустиме значення $[\Delta u]$ зазвичай приймають, як чверть від загального допуску на розмір Td :

$$[\Delta u] = 0,25 \cdot Td, \quad (40)$$

Приклад розрахунку кількості деталей, що оброблюються на налаштованому токарному верстаті до моменту досягнення граничного значення величини розмірного зношення

Вихідні данні: Операція токарна. Чистовим точінням обробляється шийка вала $d = 100$ мм, $l_n = 100$ мм. Оброблюваний матеріал – вуглецева сталь; матеріал різального інструмента – сплав Т5К10; подача $s = 0,1$ мм/об; допустиме значення $[\Delta u] = 0,25 \cdot Td$.

Розв'язок

1. За формулою (34) розраховуємо шлях різання для однієї заготовки:

$$l_1 = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 100}{1000 \cdot 0,1} = 314 \text{ м.}$$

2. За таблицею Е.1 додатка Е встановлюємо значення відносного зношення U_0 мкм/км при обробці вуглецевої сталі сплавом Т5К10.

3. За табл. Е.2 додатка Е установлюємо допуск, що забезпечується чистовим точінням $Td = 70$ мкм. За формулою (40) визначаємо допустиме значення:

$$[\Delta u] = 0,25 \cdot 70 = 17,5 \text{ мкм.}$$

4. За формулою (38) розраховуємо допустимий шлях різання:

$$[L] = \frac{17,5 \cdot 1000}{8} = 2185 \text{ м.}$$

5. За формулою (39) розраховуємо допустиму кількість оброблених до піднастроювання заготовок:

$$[N] = \frac{2185}{314} = 6,95.$$

Приймаємо $[N] = 7$ шт.

6. Аналогічно, за пунктами 3–5 розраховуємо міжнастройковий період для тонкого точіння:

$$[\Delta u]_{\text{тонк}} = 0,25 \cdot Td_{\text{тонк}} = 0,25 \cdot 35 = 8,75 \text{ мкм.}$$

$$[L]_{\text{тонк}} = \frac{8,75 \cdot 100}{8} = 1094,8 \text{ м.}$$

$$[N]_{\text{тонк}} = \frac{1094,8}{314} = 3,48 \text{ шт.}$$

Приймаємо $[N]_{\text{тонк}} = 3$ шт.

7. Припустимо, що сплав Т5К10 замінено на більш стійкий сплав Т30К4. Тоді $u_0 = 4$ мкм/км (табл. Е.1, додаток Е).

$$\text{При цьому: } [L]_{\text{чист}} = \frac{17,5 \cdot 1000}{4} = 4370 \text{ м;}$$

$$[N]_{\text{чист}} = \frac{4370}{314} = 14 \text{ шт.};$$

$$[L]_{\text{тонк}} = \frac{8,75 \cdot 100}{4} = 2187,5 \text{ м;}$$

$$[N]_{\text{тонк}} = \frac{2187,5}{314} = 7 \text{ шт.}$$

Отже, заміна матеріалу ріжучої частини інструмента при інших незмінних умовах обробки збільшує тривалість міжнастройкового періоду в два рази.

Заповнюємо порівняльну таблицю 11:

Таблиця 11 — Результати розрахунку

Вид точіння	Міжнастройковий період деталей, для	
	T5K10	T30K4
Чистове	7	14
Тонке	4	7

Висновок: Обираємо матеріал різальної частини інструмента T30K4. Допустиме розмірне зношення $[\Delta U] = 17,5$ мкм, допустиме число $[N] = 14$. При $[N] = 14$ деталей похибка, що зумовлена зношенням дорівнює $\Delta d = 2 \cdot [\Delta U] = 35$ мкм. Іншу частину поля допуску, що дорівнює 35 мкм, призначено для решти складових сумарної похибки обробки.

Таблиця 12 — Вихідні дані за варіантами

Номер варіанту	Параметри заготовки, мм		Оброблюваний матеріал	Ріжучий матеріал	Подача S, мм/об
	d	l_n			
1	90	100	BC,ЛC	T5K10	0,3
2	80	100	BC,ЛC	T60K6	0,3
3	70	100	BC,ЛC	T30K4	0,3
4	60	90	BC,ЛC	T15K6	0,2
5	50	90	BC,ЛC	T5K10	0,2
6	100	70	BC,ЛC	T15K6	0,2
7	200	50	ЛC,СЧ	BK8	0,3
8	250	30	ЛC,СЧ	BK3	0,2
9	100	50	чавун HB 375.....400	BK4, BK2	0,2
10	60	100	СЧ, чавун HB 375.....400	BK3	0,2

11	30	50	ВС, ЛС	T15K6	0,3
12	20	50	ВС	T5K10, T30K4	0,3
13	40	100	ЛС	T5K10, BK8	0,2

Примітка: Умовні позначення ВС — вуглецева сталь;

ЛС — легована сталь;

СЧ — сірий чавун ИВ 187...207.

Питання для самоконтролю

1. Що розуміють під поняттям «розмірне зношення інструменту»?
2. Що розуміють під поняттям «відносне (питоме) зношення»?
3. Чому в період припрацювання відбувається інтенсивне зношення і яким чином воно враховується при розрахунках?
4. Яким чином можна зменшити вплив зношення на похибку обробки?
5. Чому величина $[\Delta U]$ встановлюється менше від допуску Td ?
6. Яким чином геометрія різального інструмента впливає на якість поверхні деталі та точність розмірів та форм?
7. Як впливає матеріал різального інструмента на точність деталі?

Література: [2], [7–8].

Практичне заняття №8

Тема. Забезпечення точності замикаючої ланки методом повної взаємозамінності.

Мета: засвоїти методику розв'язання проєктної задачі, сутність якої полягає у нормуванні точності складових ланок складального розмірного ланцюга, при цьому задана точність замикаючої ланки буде забезпечуватись при складанні вузла методом повної взаємозамінності (ПВЗ).

Завдання до виконання роботи

За вихідними даними (табл. 14, рис. 20, 22) необхідно:

- 1) призначити показники точності на складові ланки розмірного ланцюга заданого вузла для забезпечення складання методом ПВЗ;
- 2) записати виконавчі розміри складових ланок;

3) вибрати метод обробки деталей.

Методичні вказівки до виконання роботи

Теоретичні відомості

Суть методу ПВЗ полягає в тому, що в кожному з усіх вузлів однієї конструкції, що складаються, точність замикаючої ланки забезпечується без підбору, сортування, пригонки деталей чи регулювання вузла.

Метод ПВЗ може бути реалізованим при виконанні трьох умов за формулами (41) – (43).

Умова 1.

$$TA_{\Delta} = \sum_{j=1}^n TA_j, \quad (41)$$

де TA_{Δ} – допуск на розмір замикаючої ланки;

TA_j – допуск на розмір j -ої складової ланки;

n – число складових ланок розмірного ланцюга.

Умова 2.

$$\Delta_0 A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m \Delta_0 \vec{A}_i - \sum_{j=1}^k \Delta_0 \vec{A}_j, \quad (42)$$

де $\Delta_0 A_{\Delta}$ – координата середини поля допуску замикаючої ланки;

$\Delta_0 \vec{A}_i, \Delta_0 \vec{A}_j$ – відповідно координати середини поля допуску j -ої складової збільшуваної або j -ої зменшувальної ланки розмірного ланцюга;

m – кількість збільшуваних ланок;

k – число зменшувальних ланок.

Умова 3.

$$\left. \begin{aligned} ESA_{\Delta} &= \sum ESA_i - \sum EI\vec{A}_j \\ EIA_{\Delta} &= \sum EI\vec{A}_i - \sum ES\vec{A}_j \end{aligned} \right\} \quad (43)$$

При розв'язанні проектної задачі відомими є: номінальний розмір замикаючої ланки – A_{Δ} ; граничні відхилення $ESA_{\Delta}, EIA_{\Delta}$; номінальні розміри складових ланок (за варіантами табл. 1 4).

Для всіх складових ланок всі параметри: $ESA_j, EIA_j, TA_j, \Delta_0 A_j$ повинні бути призначені такими, щоб умови (41)...(43) задовольнялись.

Допуски TA_j можна встановлювати різними способами, в тому числі – по одному квалітету точності. Потрібний квалітет точності знаходиться за допомогою коефіцієнта a :

$$a = \frac{TA_{\Delta}}{\sum i_j}, \quad (44)$$

де i_j – одиниця допуску;

$$i_j = 0,45 \cdot \sqrt[3]{A_j} + 10^{-3} \cdot A_j, \quad (45)$$

де A_j – середнє значення розміру в інтервалі розмірів стандартного ряду.

Значення i та a наведено відповідно в табл. Ж.1, Ж.2 додатка Ж. В табл. Ж.3 додатка Ж наведено значення допусків на розміри в залежності від квалітету точності.

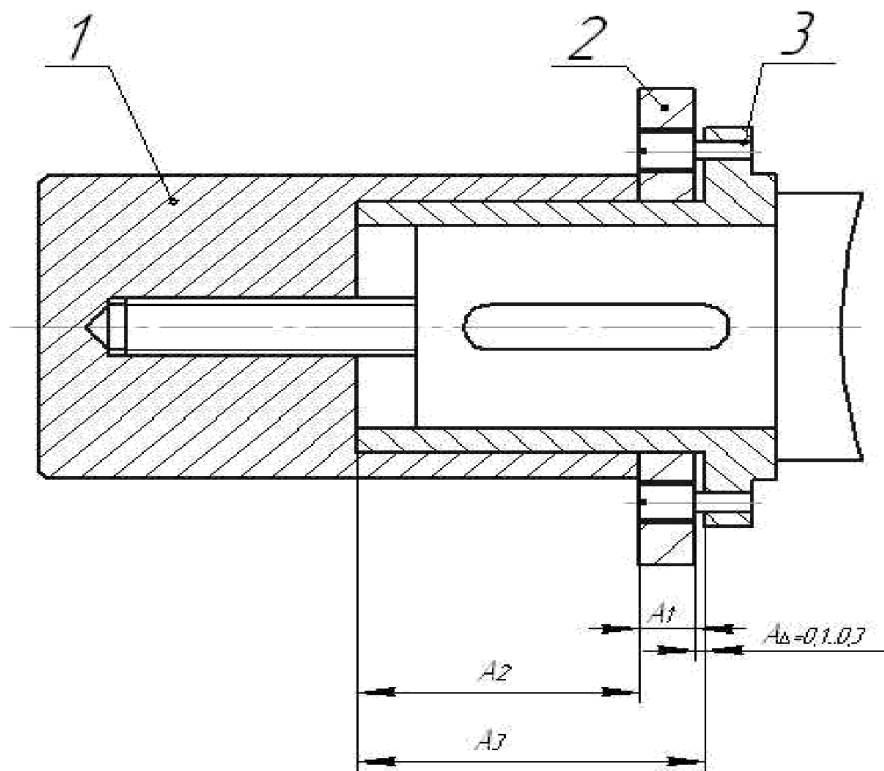
Приклад розв'язання проєктної задачі забезпечення точності замикаючої ланки методом повної взаємозамінності

Вихідні дані: Схема вузла кріплення диска та його розмірний ланцюг (рис. 20). При складанні зазор між диском 1 і втулкою 3 повинен забезпечуватись $A_{\Delta} = 0^{+0,3}_{+0,1}$ у межах 0,1...0,3 мм.

Розв'язок

1) призначення показників точності на складові ланки розмірного ланцюга заданого вузла для забезпечення складання методом ПВЗ

1.1 Виконаємо креслення вузла (рис. 20).



1 – гайка; 2 – диск; 3 – втулка

Рисунок 20 – Схема вузла для прикладу розв'язання задачі

Втулка 3 кріпиться ковпаком-гайкою 2. Номінальні розміри деталей у мм: диска $A_1 = 38$; гайки $A_1 = 42$; втулки $A_1 = 80$. Замикаюча ланка – зазор $A_{\Delta} = 0^{+0,3}_{-0,1}$

1.2 Накреслимо схему розмірного ланцюга (рис. 21).

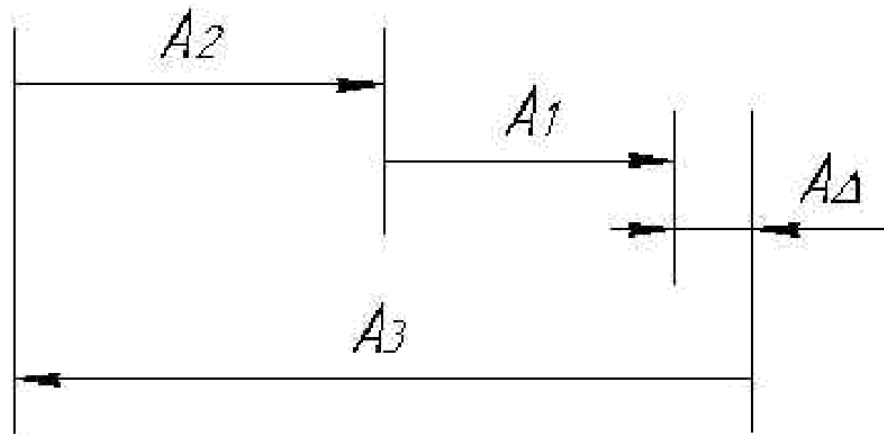


Рисунок 21 – Схема розмірного ланцюга

1.3 Складемо рівняння розмірного ланцюга:

$$A_{\Delta} = A_3 - (A_1 + A_2) = 80 - (38 + 42) = 0$$

1.4 Значення одиниць допуску оберемо за табл. Ж.1 додатка Ж.

1.5 Розрахуємо за формулою (44) значення коефіцієнта a , підставляючи допуск замикаючої ланки $TA_{\Delta} = 200$ мкм:

$$a = \frac{200}{4,98} = 40,16 \approx 40$$

1.6 Визначимо за табл. Ж.2 квалітет точності. Таке значення коефіцієнта відповідає 9-му квалітету точності.

1.7 За таблицею Ж.3 оберемо допуски на розміри $A_1 \dots A_3$. Встановлюємо $TA_1 = TA_2 = 62$ мкм; $TA_3 = 74$ мкм.

1.8 Перевіряємо умову рівності допусків за формулою (41):

$$200 \neq 62 + 62 + 74 = 198$$

Через те, що умова (41) не виконується, необхідно скоректувати значення одного з допусків. Наприклад, приймаємо $TA_2 = 64$ мкм. Прийняті значення $TA_1 = 62$, $TA_2 = 64$ та $TA_3 = 74$.

1.9 Отримані дані занесемо до таблиці 13.

Таблиця 13 – Результати розрахунку

Деталь	Позначення ланки	Номинальний розмір, мм	Одиниця допуску i	Допуск TA_j , мм	Координата $\Delta_0 A_j$, мкм
Диск	A_1	38	1,56	0,062	0
Гайка	A_2	42	1,56	0,064	0
Втулка	A_3	80	1,86	0,074	0,2
$\Sigma 4,98$				$\Sigma 0,200$	

1.10 Призначимо координати середини полів допусків на всі ланки, крім однієї, наприклад, A_3 .

Приймаємо $\Delta_0 A_1 = 0$, $\Delta_0 A_2 = 0$. Використовуючи формулу (42), знаходимо координату $\Delta_0 A_3$.

$$\text{Оскільки } \Delta_0 A_{\Delta} = \frac{ESA_{\Delta} + EIA_{\Delta}}{2} = \frac{300 + 100}{2} = 200 \text{ мкм,}$$

$$\text{то } 200 = \Delta_0 A_3 - 0 - 0 \text{ та } \Delta_0 A_3 = 200 \text{ мкм.}$$

Записуємо значення координат $\Delta_0 A_j$ в табл. 13.

1.11 Розраховуємо граничні відхилення ланки A_3

$$ESA_3 = \Delta_0 A_\Delta + \frac{TA_3}{2} = 200 + \frac{74}{2} = 237 \text{ мкм};$$

$$EIA_3 = \Delta_0 A_\Delta - \frac{TA_3}{2} = 200 - \frac{74}{2} = 163 \text{ мкм}.$$

2) записування виконавчих розмірів складових ланок

2.1 Записуємо виконавчі розміри:

$$A_1 = 38 \pm 0,031; \quad A_2 = 42 \pm 0,032; \quad A_3 = 80^{+0,237}_{+0,163}.$$

2.2 Виконуємо перевірку розрахунків, використовуючи формулу (43):

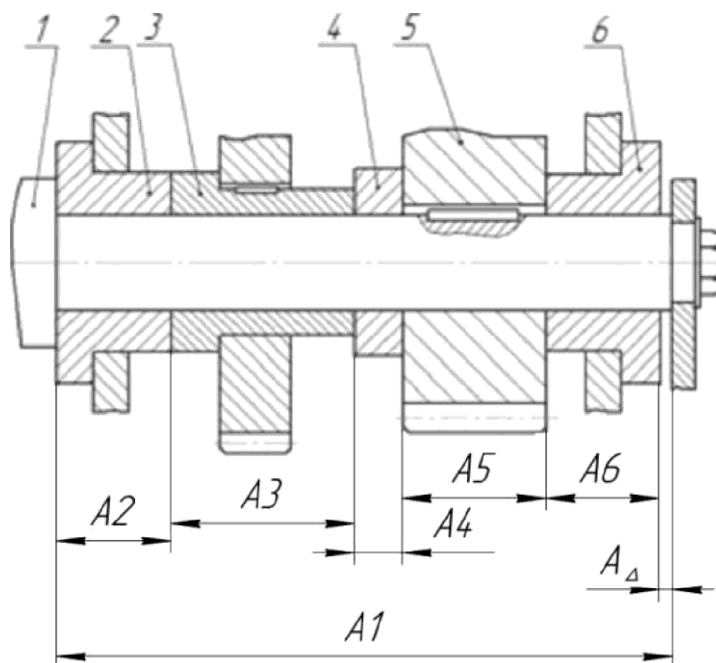
$$300 = 237 - (-3,1 - 32) = 300 = ESA_\Delta$$

$$100 = 167 = (31 + 32) = 100 = EIA_\Delta$$

Таким чином, усі розрахунки виконані правильно.

3) обрання метода обробки деталей

3.1 Призначаємо метод обробки, що забезпечує задану точність обробки деталей. Скориставшись таблицею Ж.4 додатка Ж, для обробки трьох деталей, що входять у розмірний ланцюг, призначаємо однократне шліфування.



1 – вал; 2,4,6 – втулки; 3 – ступиця (маточина); 5 – зубчате колесо

Рисунок 22 – Схема і складальний ланцюг вузла

Таблиця 14 — Вихідні дані для виконання практичної роботи №7

Варіанти	Замикаюча ланка A_Δ , мм	Розміри складових ланок, мм						Вузол
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	

1, 8	$0^{+0,2}_{+0,1}$	10 20	30 35	40 55				Рис. 20
2, 9	$0^{+0,4}_{+0,1}$	35 52	55 48	90 100				
3, 10	$0^{+0,5}_{+0,1}$	30 55	35 45	65 100				
4, 11	$0^{+0,4}_{+0,1}$	100 150	15 25	30 35	5 10	35 55	15 25	Рис. 22
5, 12	$0^{+0,6}_{+0,2}$	200 100	35 20	60 25	25 5	55 30	25 20	
6, 13	$0^{+0,5}_{+0,1}$	300 200	75 35	125 55	4 14	20 60	75 35	
7, 14	$0^{+0,4}_{+0,2}$	180	25	60	25	44	25	

Питання для самоконтролю

1. У чому полягає зміст проектної задачі при розрахунку розмірних ланцюгів?
2. Які існують методи розрахунку розмірних ланцюгів?
3. Як формулюють основне правило розмірних ланцюгів?
4. Якою формулою описується зв'язок граничних відхилень ланок розмірного ланцюга?
5. Якою формулою описується зв'язок координат середин полів допусків на розміри ланок розмірного ланцюга?
6. Які існують способи призначення допусків на розміри складових ланок?
7. Як визначається квалітет точності — загальний для всіх розмірів складових ланок?
8. Як перевіряється правильність розрахунків?

Література: [2], [6], [9].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бондаренко, С.Г. Основи технології машинобудування : навч. посіб. / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія-2006, 2014. – 500 с.
2. Гончар, Н.В. Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» для студентів напрямів підготовки 6.050502, 6.050503 спеціальностей: «Технологія машинобудування», «Металорізальні верстати та системи», «Колісні та гусеничні транспортні засоби» / Н.В. Гончар. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2015 – 53 с.
3. Технологія машинобудування : навч. посіб. / Є.О. Горбатюк, М.П. Мазур, А.С. Зенкін, В.Д. Каразей. – Львів : Новий Світ-2000, 2015. – 358 с.
4. Григурко, І.О. Технологія обробки типових деталей : курсове проектування / І.О. Григурко, М.Ф. Брендуля, С.М. Доценко . – Львів : Новий Світ-2000, 2014 . – 573 с.
5. Жигуц, Ю.Ю. Технологія машинобудування. Збірник лабораторних робіт : навч. посіб. / Ю.Ю. Жигуц, В.Ф. Лазар. – К. : Кондор, 2013. – 352 с.
6. Мельничук, П.П. Технологія машинобудування : підручник / П.П. Мельничук, А.І. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Петраков. – Житомир : ЖДТУ, 2005. – 882 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т.1 / [под. ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 912 с., ил.
8. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т.2 / [под. ред. А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 944 с., ил.
9. Юрчишин, І.І. Технологія машинобудування : посіб.-довід. для виконання кваліфікаційних робіт : навч. посіб. / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай та інш. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.

Додаток А

Довідникові матеріали для визначення маси деталі

Таблиця А.1 – Питома вага матеріалів

Матеріал	Питома вага, г/см ³	Матеріал	Питома вага, г/см ³
Алюміній прокат	2,73	Чавун сірий	6,6-7,8
Алюмінієва бронза	7,70	Цинк литий	6,89
Бронза олов'яниста	8,70	Гетинакс	1,32-1,4
Дюралюміній	2,85	Карболіт литий	1,16-
Латунь в прутах	8,50	Плексиглас Акри-	1,47
Олово біле	7,28	лат	1,18
Тверді сплави	14,4	Текстоліт ПТК ПТ	1,3-1,4
Типу ВК	14,9	Целулоїд	1,3
Тверді сплави	9,5	Фібра	1,28
Типу ВК	12,4	Гумові вироби	1,0-2,0
Сталь прокат	7,85		

Додаток Б

Довідникові дані для призначення видів обробки різанням

Таблиця Б.1 – Класи точності та шорсткості, які досягаються різними видами механічної обробки

МЕТОД ОБРОБКИ	КВАЛІТЕТ ТОЧНОСТІ	ЗНАЧЕННЯ ШОРСТКОСТІ R _a , мкм
1	2	3
ОБРОБКА ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН		
ОБТОЧУВАННЯ:		
чорнове	12-14	12-40
напівчистове	10-12	2,0-16
чистове	8-19	0,8-2,5
тонке	5-10	0,2-1,6
ТОРЦЕВЕ ТОЧІННЯ		
чорнове	12-13	6,3-32
чистове	9-11	1,6-6,4
тонке	6-8	0,32-1,6
ШЛІФУВАННЯ		
чорнове	8-9	1,0-2,5
чистове	6-7	0,2-1,25
тонке	5-6	0,05-0,25
ПОЛІРУВАННЯ	5-6	0,008-0,08
ОБРОБКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН		
ТОРЦЕВЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ		
чорнове	12-14	4,0-16,0
чистове	9-11	1,0-4,0
тонке	6-8	0,32-1,25
ЦИЛІНДРИЧНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ		
чорнове	12-14	3,2-10,0
чистове	9-11	0,8-3,2
тонке	6-8	0,20-1,6
СТРУГАННЯ		
чорнове	12-14	6,4-40,0
чистове	9-11	1,0-6,3
тонке	6-8	0,32-1,6
ШЛІФУВАННЯ		
чорнове	8-9	1,6-4,0
чистове	6-7	0,32-1,6
тонке	5-6	0,08-0,32
ПРОТЯГУВАННЯ		
чорнове	7-8	1,0-3,2
чистове	5-6	0,32-1,25

Продовження таблиці Б.1

1	2	3
СУПЕРФІНІШУВАННЯ ТА ПОЛІ- РУВАННЯ	5-6	0,05-0,32
ОБРОБКА ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН		
СВЕРДЛЕННЯ ТА РОЗСВЕРД- ЛЮВАННЯ	10-13	3,2-12
ЗЕНКЕРУВАННЯ		
чорнове	10-12	2,5-8,0
чистове	8-9	1,25-3,2
РОЗГОРТУВАННЯ		
чорнове	10-11	1,25-2,5
чистове	7-9	0,63-1,25
тонке	5-6	0,32-0,63
ПРОТЯГУВАННЯ		
чорнове	9-11	1,25-3,2
чистове	6-8	0,32-1,25
РОЗТОЧУВАННЯ		
чорнове	11-13	8-16
напівчистове	9-10	2,5-8
чистове	7-8	0,8-2,0
тонке	5-6	0,2-0,8
ШЛІФУВАННЯ		
чорнове	8-9	1,6-3,2
чистове	6-7	0,32-1,6
тонке	5-6	0,06-0,006
ХОНІНГУВАННЯ		
чорнове	6-7	1,25-3,2
чистове	5-6	0,25-1,25
тонке	4	0,04-0,25

Додаток В

Довідникові матеріали для розрахунку припусків розрахунково-аналітичним методом

Таблиця В.1 – Шорсткість та глибина дефектного шару поверхонь, що отримані різними методами

Метод обробки	Шорсткість, мкм	Дефектний шар, мкм
Лиття в пісчані форми при ручній формовці	100-500	200-600
Лиття в пісчані форми при машинній формовці	80-300	150-400
Лиття в кокіль	100-200	100-300
Відцентрове лиття	40-100	100-200
Лиття в оболонкові форми	20-80	150-250
Лиття по виплавлюваним моделям	10-40	80-150
Лиття під тиском	10-40	80-150
Ковка	300-500	400-600
Штамповка звичайної точності	100-250	200-400
Штамповка підвищеної точності	80-200	150-300
Прокат горячекатаний звичайної точності	80-150	100-150
Прокат підвищеної точності	50-100	80-150
Точіння чорнове	80-150	50-100
Точіння напівчистове	30-50	40-60
Точіння чистове	15-25	20-30
Точіння тонке	6-10	10-20
Свердління	80-150	50-100
Свердління глибоке	15-30	25-50
Зенкерування чорнове	30-50	40-50
Зенкерування чистове	20-30	30-40
Розвертання попереднє	10-20	15-25
Розвертання чистове	6-10	5-10
Розточування чорнове	40-80	50-100
Розточування чистове	10-20	15-30
Розточування алмазне	3,2-6,3	4-10
Шліфування чорнове	20-40	30-50
Шліфування чистове	5-10	15-25
Шліфування тонке	1,5-3,5	5-10
Хонінгування	1-3	3-6
Суперфініш	0,2-0,8	3-5
Притика попередня	0,8-3,2	3-5
Притирка кінцева	0,05-0,4	3-5
Полірування	0,05-0,4	2-3
Фрезерування обдирне	80-150	80-100
Фрезерування чистове	20-50	40-60
Фрезерування тонке	3,2-6,3	10-30

Таблиця В.2 – Похибка закріплення заготовок ε_z при установці в радіально-му напрямку для обробки на верстатах, мкм

Метод отримання заготовки	Поперечний розмір заготовки									
	6–10	10–18	18–30	30–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–360	360–500
Установка в затискній гільці (цанзі)										
Холоднотягнута калібрована	40	50	60	70	80	–	–	–	–	–
Попередньо оброблена	40	50	60	70	80	–	–	–	–	–
Чисто оброблена	20	25	30	35	40	–	–	–	–	–
Установка в трикулачковому патроні										
Установка в трикулачковому патроні										
Литво:										
у піщану форму машинного формування за металевою моделлю	220	270	320	370	420	500	600	700	800	900
у постійну форму	150	175	200	250	300	350	400	450	550	650
за моделлю, яка виплавляється під тиском	50	60	70	80	100	120	140	160	–	–
Гаряча штамповка	25	30	35	40	50	60	70	80	–	–
Гарячокатана	220	270	320	370	420	500	600	–	–	–
Попередньо оброблена	50	60	70	80	100	120	140	160	180	200
Чисто оброблена	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100
Установка в пневматичному патроні										
Литво:										
у піщану форму машинного формування за металевою моделлю	180	220	260	320	380	440	500	580	660	760
у постійну форму	120	140	170	200	240	280	320	380	440	500
за моделлю, яка виплавляється	40	50	60	70	80	90	100	120	–	–

Таблиця В.3 – Числові величини дефектів та похибок у залежності від виду та точності обробки

№ п/п	Вид заготовки або оброблення поверхні	Вид дефекта або похибки			Сума усіх похибок, мкм
		Rz_{i-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	$\Delta_{заг\ i-1}$
1	Лиття у пісково-глиняні форми при ручній формовці	500	600	800	1900
2	Лиття в кокіль	100	150	200	450
3	Вільне гаряче кування	500	600	2000	3100
4	Штампування	100	300	400	800
5	Прокат гарячекатаний звичайної точності	100	150	250	500
6	Прокат холодноотягнутий калібрований	60	80	150	290
7	Чорнова обробка (за 14...11 квалітетом) точінням або фрезеруванням	40	60	*0	190
8	Напівчистова обробка (за 9 квалітетом) точінням або фрезеруванням	10	40	45	95
9	Чистова обробка (за 7 квалітетом) шліфуванням	5	20	30	55

Таблиця В.4 – Числові величини похибки установки ε_y у залежності від пристосування та якості обробки базових поверхонь

№ п/п	Пристосування	Якість обробки базових поверхонь	Похибка установки
1	Лещата машинні	необроблена поверхня після лиття або вільного кування	1200
2		необроблена поверхня після холодного прокатування	500
3		після чорнкової обробки	200
4		після напівчистої обробки	50
5	трюхкулачковий самоцентруючий патрон нормальної точності	необроблена поверхня після лиття або вільного кування	1000
6		необроблена поверхня після холодного прокатування	100
7		після чорнкової обробки	100
8	трюхкулачковий самоцентруючий патрон підвищеної точності	після чорнкової обробки	60
9		після напівчистої обробки	30
10	цанговий патрон або розтискна оправка	після напівчистої обробки	5...10

Таблиця В.5 – Точність взаємного розташування поверхонь у виливках, мм

Лиття	Точність відстаней до отвору або між отворами				Відхилення від перпендикул. до бази /мкм на 1 мм довжини отвору/			
					Діаметр отвору			
	до 50	50-120	120-260	260-500	до 10	10-30	30-50	пон. 50
В пісчані форми	±1,0	±1,5	±2,0	±2,5	-	20-10	15-5,0	10-3,0
В кокіль	±0,3	±0,5	±0,75	±1,0	-	-	-	-
Під тиском в облонкові форми, по виплав. моделям	±0,15	±0,2	0,25	±0,35	4-2	3-1,5	2-1	1,5-0,7

Таблиця В.6 – Короблення виливків (мкм на 1 мм довжини поверхні)

Лиття	Діаметр або товщина відливки, мм		
	18-50	50-120	120-180
В пісчані форми	4,0	3,0	2,5
В кокіль	2,0	1,0	0,7

Таблиця В.7 – Відхилення від перпендикулярності торців відносно осі отвору виливків і бокових поверхонь відносно основи виливків (мкм на 1 мм довжини поверхні)

Лиття	Діаметр або товщина заготовки, мм				
	До 20	20-50	50-100	100-200	200-500
В пісчані форми	1,0-2,0	1,5-2,0	1,5-2,5	2,0-3,0	4,0-5,0
В кокіль	0,5-1,0	0,8-1,2	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-4,0

Таблиця В.8 – Точність взаємного розташування поверхонь у поковках, мм

Вид обробки	Точність відстаней до отвору або між отворами			
	До 50	50-120	120-260	260-500
Ковка	±1,5	±2,0	±2,5	±3,0
Штампока: звичайної точності підвищеної точності	±0,5	±0,7	±1,0	±1,5
	±0,3	±0,5	±0,75	±1,0

Таблиця В.9 – Короблення штампованих заготовок (мкм на 1 мм довжини поверхні)

Гаряча об'ємна штамповка	Діаметр або товщина заготовки, мм				
	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180
Без правки	2,4	2,0	1,6	1,2	0,8
Після правки	0,4	0,3	0,2	0,2	0,15

Таблиця В.10 – Відхилення від перпендикулярності торців відносно осі отвору виливків і бокових поверхонь відносно основи кованих і штампованих поковок (мкм на 1 мм довжини поверхні)

Вид обробки	Діаметр або товщина заготовки, мм				
	До 20	20-50	50-100	100-200	200-500
Ковка	2,0	2,0-3,0	3,0-6,0	5,0-7,0	7,0-10,0
Гаряча об'ємна штамповка	0,3-1,0	0,8-1,5	1,0-2,0	2,5-5,0	5,0-8,0

Додаток Г

Довідникові матеріали для призначення режимів різання опитно-статистичним методом

Операційні припуски на обточування і шліфування валів у масовому і крупно-серійному виробництві, мм

Таблиця Г.1 – Припуск на чистове точіння валів після чорнового точіння

Діаметр вала в мм	Довжина оброблюваної деталі в мм					
	до 100	від 100 до 250	від 250 до 500	від 500 до 800	від 800 до 1200	від 1200 до 2000
	Припуск 2П на діаметр в мм					
до 10	0,8	0,9	1,0	-	-	-
від 10 до 18	0,9	0,9	1,0	1,1	-	-
від 18 до 30	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	-
від 30 до 50	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7
від 50 до 80	1,1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8
від 80 до 120	1,1	1,2	1,2	1,4	1,6	1,9
від 120 до 180	1,2	1,2	1,3	1,5	1,7	2,0
від 180 до 260	1,3	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0
від 260 до 360	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1
від 360 до 500	1,4	1,5	1,5	1,7	1,9	2,2

Таблиця Г.2 – Припуски на шліфування валів

Діаметр вала, мм	Характеристика шліфування	Характеристика валу	Довжина валу, мм					
			до 100	від 100 до 250	від 250 до 500	від 500 до 800	від 800 до 1200	від 1200 до 2000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
до 18	Центрове	Сирий Загартований	0,2 0,3	0,3 0,3	0,3 0,4	0,3 0,5	- -	- -
			0,2 0,3	0,2 0,3	0,2 0,4	0,3 0,5	- -	- -
від 18 до 30	Центрове	Сирий Загартований	0,3 0,3	0,3 0,4	0,3 0,4	0,4 0,5	0,4 0,6	- -
			0,3 0,3	0,3 0,3	0,3 0,4	0,3 0,4	- -	- -
від 30 до 50	Центрове	Сирий Загартований	0,3 0,4	0,3 0,4	0,3 0,4	0,4 0,5	0,6 0,7	0,6 0,7
			0,3 0,4	0,3 0,4	0,3 0,5	0,4 0,5	- -	- -

Продовження таблиці Г.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
від 50 до 80	Центрове	Сирий Загартований	0,3 0,4	0,4 0,5	0,4 0,5	0,5 0,6	0,6 0,8	0,7 0,8
	Безцентрове	Сирий Загартований	0,3 0,4	0,3 0,5	0,3 0,5	0,4 0,6	- -	- -
від 80 до 120	Центрове	Сирий Загартований	0,4 0,5	0,4 0,5	0,5 0,6	0,5 0,6	0,6 0,8	0,7 0,8
	Безцентрове	Сирий Загартований	0,4 0,5	0,4 0,5	0,4 0,6	0,5 0,7	- -	- -
від 120 до 180	Центрове	Сирий Загартований	0,5 0,5	0,5 0,6	0,6 0,7	0,6 0,8	0,7 0,9	0,8 1,0
	Безцентрове	Сирий Загартований	0,5 0,5	0,5 0,6	0,5 0,7	0,5 0,8	- -	- -
від 180 до 260	Центрове	Сирий Загартований	0,5 0,6	0,6 0,7	0,6 0,7	0,7 0,8	0,8 0,9	0,9 1,1
від 260 до 380	Безцентрове	Сирий Загартований	0,6 0,7	0,6 0,7	0,7 0,8	0,7 0,9	0,8 1,0	0,9 1,1
від 380 до 500	Центрове	Сирий Загартований	0,7 0,8	0,7 0,8	0,8 0,9	0,8 0,9	0,9 1,0	1,0 1,2

Примітка. При обробці багатоступінчастих валів припуск приймають на кожен ступінь окремо, виходячи із діаметра ступені та загальної довжини вала.

Додаток Д
Довідникові данні для розрахунку похибок, що зумовлені пружними відтискуваннями

Таблиця Д.1 – Показники для розрахунку сили P_y при точінні

Оброблюваний матеріал	Матеріал ріжучої частини інструмента	Вид обробки	Коефіцієнт і показники			
			C_{py}	X_{py}	y_{py}	n_{py}
Сталь конструкційна $\sigma_B = 750$ МПа	Твердий сплав	Зовнішнє поздовжнє точіння	243	1,0	0,60	-0,3
	Швидкоріжуча сталь		125	1,0	0,75	0
Чавун сірий HB 190	Твердий сплав		54	1,0	0,75	0
Чавун ковкий HB 150			43	1,0	0,75	0

Таблиця Д.2 – Формули для розрахунку K_{MP}

Сталь конструкційна	Чавун	
	сірий	ковкий
$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_p}$	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{n_p}$	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{150} \right)^{n_p}$

Таблиця Д.3 – Показник ступеня n_p в формулах для K_{MP}

Оброблюваний матеріал	Показник	
	Твердий сплав	Швидкоріжуча сталь
Сталь конструкційна	1,0	2,0
Чавун сірий, ковкий	1,0	1,3

Таблиця Д.4 – Поправочні коефіцієнти, що враховують геометрію різального інструмента при розрахунку сили P_y

Кути та їх значення		Матеріал різального інструменту	Коефіцієнти та їх значення	
Головний кут, град φ	30	Твердий сплав	$K_{\varphi P}$	1,30
	45			1,00
	60			0,77
	90			0,50
	30	Швидкоріжуча сталь		1,60
	45			1,00
	60			0,71
	90			0,44
Передній кут, град γ	-15	Твердий сплав	$K_{\gamma P}$	2,00
	0			1,40
	10			1,00
	0	Швидкоріжуча сталь		2,00
	10-15			1,60
	20-25			1,00
Кут нахилу λ головного леза, град	-5	Твердий сплав*	$K_{\lambda P}$	0,75
	0			1,00
	5			1,25
	10			1,75
Радіус при вершині інструменту r , мм	0,5	Швидкоріжуча сталь**	K_{rP}	0,66
	1,0			0,82
	2,0			1,00
	3,0			1,14
Примітка: 1.* Для різців із швидкоріжучої сталі $K_{\lambda P} = 1$ 2.**Для різців із твердого сплаву $K_{rP} = 1$				

Додаток Е

Довідникові данні для визначення впливу зношення інструмента на точність розміру при обробці партії заготовок на наладнаному верстаті

Таблиця Е.1 – Значення відносного зношення різців

Ріжучий матеріал	Відносне зношення U_0 (мкм/км) при обробці матеріалів при чистовому точінні			
	Вуглецева сталь	Легована сталь	Сірий чавун	Чавун НВ 375...400
T60K6	1...4	0,4...1		
T30K4	3...4	4...6		
T16K6	5...7	9...10		
T5K10	7...8	12...13		
BK8	-	17...25	13...14	
BK6	-	-	14...15	
BK4	-	25...30		16
BK3	-	9...10	18...26	12
BK2				9

Таблиця Е.2 — Середні значення технологічних допусків при чистовому та тонкому точінні

Розмір оброблюваної заготовки, мм	Технологічні допуски T_d мкм при точінні	
	чистовому	тонкому
до 30	45	21
від. 30 до 50	50	25
від. 50 до 80	60	30
від. 80 до 120	70	35
від. 120 до 180	80	40
від. 180 до 280	90	47
від. 280 до 360	100	54

Додаток Ж

Довідникові дані до розв'язання проєктної задачі забезпечення точності закриваючої ланки методом повної взаємозамінності

Таблиця Ж.1 – Значення одиниці допуску i для інтервалів розмірів

Інтервали	до 3	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250
Значення	0,55	0,73	0,90	1,08	1,31	1,56	1,86	2,17	2,52	2,89

Таблиця Ж.2 – Значення коефіцієнта a

Коефіцієнт	16	25	40	64	100	160	250	400
Квалітет	7	8	9	10	11	12	13	14

Таблиця Ж.3 — Табличні значення допусків

Квалітет	Допуски, мкм для розмірів, мм										
	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250	250...315	315...400
7	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57
8	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89
9	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140
10	48	56	70	84	100	120	140	160	185	210	230
11	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360
12	120	130	150	210	250	300	350	400	460	520	570

Таблиця Ж.4 — Значення допусків при різних методах обробки

Метод обробки	Середньо-економічні допуски, мкм, на розміри									
	3...6	6...10	10...18	18...30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...250	250...315
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точіння:										
чорнове	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1350
напівчистове	160	200	240	280	340	400	460	530	600	680
чистове	48	58	70	84	100	120	140	160	185	215
Шліфування:										
однократне чистове	25	30	35	45	50	60	70	80	90	100
	12	15	18	21	25	30	35	40	47	54

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Основи технології машинобудування» для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка

Комп'ютерний набір і верстка: Бабенко Марина Олегівна
Баша Олена Олександрівна

Укладачі: С.О. Вірич, доц., к.т.н., завідувач кафедри прикладної механіки
М.О. Бабенко, к.п.н., старший викладач кафедри прикладної механіки

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
85300, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2.
