

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення  
вала 09.412

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41  
спеціальності 131 "Прикладна механіка"

(шифр і назва спеціальності)

	<hr/>	Поліщук В.Р.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	<hr/>	Марущак П.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<hr/>	Ткаченко І.Г.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<hr/>	Окіпний І.Б.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	<hr/>	
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

## РЕФЕРАТ

У першому розділі визначено, що деталь «Вал» 09.412 є технологічною за кількісними та якісними показниками в умовах середньосерійного типу виробництва і не потребує виконання змін у кресленнях. Матеріал деталі – легована сталь 40Х із середнім вмістом хрому 1%.

Базовий технологічний процес спроектовано для умов дрібносерійного типу виробництва із використанням токарно-гвинторізних, шпонково-фрезерних, круглошліфувальних, шліцефрезерного та координатно-розточного верстатів, що характеризуються широкою універсальністю. Для виготовлення деталі в умовах середньосерійного типу виробництва виникає необхідність у підвищенні продуктивності обладнання.

У другому розділі визначено тип виробництва для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 09.412 із врахуванням програми випуску  $N = 2200$  шт, маси вала  $m = 25$  кг та витрат часу базового технологічного процесу. Встановлено, що відповідно до стандартів при  $K_{з.о.} = 12,1$  тип виробництва – середньосерійний. Проведено порівняльний розрахунок двох способів виготовлення заготовок деталі «Вал» 09.412: поковка, одержана вільним куванням на молотах; штамповка на горизонтально-кувальній машині. Розроблено операційну технологію виготовлення деталі «Вал» 09.412. Представлено схеми базування, визначено рипуски для обробки деталі за табличними і розрахунковими даними, розраховано режими різання.

У третьому розділі для обробки восьми отворів  $\varnothing 14H9$  в деталі «Вал» 09.412 на свердлильному верстаті з ЧПК розроблено спеціальний пристрій для базування та закріплення заготовки., проведено його розрахунок.

# ЗМІСТ

<b>Вступ .....</b>	
<b>1 Загально-технічна частина</b>	
1.1. Службове призначення деталі .....	
1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....	
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....	
1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....	
<b>2 Технологічна частина</b>	
2.1. Визначення типу виробництва.....	
2.2. Вибір способу одержання заготовки.....	
2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....	
2.5. Визначення припусків на оброблення.....	
2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу.....	
<b>3 Конструкторська частина</b>	
3.1. Розрахунок похибки пристосування для механічного оброблення деталі.....	
3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування.....	
<b>4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</b>	
4.1. Захист обладнання від статичної електрики.....	
4.2. Вентиляція виробничих приміщень. Основні вимоги до неї.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

## ВСТУП

У кваліфікаційній роботі спроектовано технологічний процес оброблення вала 09.412. Деталь використовується для передачі крутного моменту у циліндричному редукторі. Виготовляється з легованої сталі 40Х, що забезпечує її міцність при навантаженнях у редукторі.

Базовий технологічний процес механічного оброблення вала 09.412 спроектовано для умов дрібносерійного типу виробництва із використанням токарно-гвинторізних, шпонково-фрезерних, круглошліфувальних, шліцефрезерного та координатно-розточного верстатів, що характеризуються широкою універсальністю. Для затиску деталі використано стандартне оснащення з ручними механізмами приводу, що підвищує штучний час обробки деталі порівняно із механізованим приводом. Для обробки поверхонь деталі застосовано стандартні інструменти, а для контролю - універсальні вимірювальні інструменти. Для виготовлення деталі в умовах середньосерійного типу виробництва виникає необхідність у підвищенні продуктивності обладнання.

У проектному технологічному процесі виготовлення деталі «Вал» 09.412 внесено такі зміни: токарну обробку поверхонь деталі запропоновано проводити на токарних верстатах з ЧПК як заміну токарно-гвинторізних верстатів; обробку восьми отворів запропоновано проводити на свердлильному верстаті з ЧПК як заміну координатно-розточного верстата; запропоновано використовувати спеціальне свердло-зенківку на вертикально-свердлильній операції, що дозволяє обробляти отвір і фаску за один перехід в межах однієї операції; запропоновано використовувати пристрої з механізованим затиском.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Службове призначення деталі

Деталь «Вал» 09.412 використовується для передачі крутного моменту у циліндричному редукторі.

Основними поверхнями вала є: зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 65k6^{(+0,021}_{+0,002})$ ;  $\varnothing 70k6^{(+0,021}_{+0,002})$ ;  $\varnothing 90k6^{(+0,025}_{+0,003})$ ; Ra1,25 призначені для встановлення на три опори, якими є підшипники кочення; зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 50k7^{(+0,027}_{+0,002})$ ; Ra1,6 призначена для встановлення механізму приводу насоса; зовнішня різева поверхня M64×2-6g, 23±0,5 – для загвинчування стопорної гайки; паз 8H14; 60h12<sub>(-0,3)</sub>; Ra12.7 призначений для встановлення стопорної шайби, яка фіксує стопорну гайку; зовнішня шліцева поверхня D-10×82×88h7×7h9; Ra1,6; Ra3,2 призначена для встановлення зубчастого колеса; вісім отворів  $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$ ; Ra6,3 призначені для кутового розміщення приводу насоса. Решта поверхонь виконують допоміжні функції.

Деталь «Вал» 09.412 виготовляється з легованої сталі 40X, що забезпечує її міцність при навантаженнях у редукторі.

Таблиця 1.1 – Хімічний сталі 40X, %

C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni	As
				не більше				
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,8	0,8-1,0	0,035	0,04	0,25	0,25	0,08

Таблиця 1.2 – Механічні і сталі 40X

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$a_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ
не менше						гарячекатаної
785	980	10	45	7,85	55	217-248

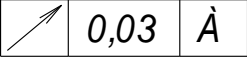
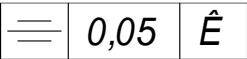
## 1.2. Аналіз технічних вимог деталі

Для аналізу технічних вимог до деталі «Вал» 09.412 проведена порядкова нумерація на кресленні усіх поверхонь деталі, визначено розміри цих поверхонь, допуски на розміри, шорсткість поверхонь, допуски на радіальне биття та симетричності розташування окремих елементів. Результати проведеного аналізу представлено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних вимог вала 09.412

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1, 18	Торцева поверхня 298h14 <sub>(-1,3)</sub>	14	Ra25
2, 35	Зовнішня фаска 1,6×45°	14	Ra25
3	Зовнішня циліндрична поверхня Ø63,9 <sub>-0,2</sub> під різь М64×2-6g, 23±0,5	11	Ra3,2
4	Зовнішня різь М64×2-6g, 23±0,5	6 ступінь	Ra6,3
5	Зовнішня циліндрична поверхня Ø65k6 <sup>(+0,021/+0,002)</sup> 	6	Ra1,25
6	Зовнішня циліндрична поверхня Ø70k6 <sup>(+0,021/+0,002)</sup> 	6	Ra1,25
7	Зовнішня циліндрична поверхня Ø77h14 <sub>(-0,74)</sub>	14	Ra25
8	Зовнішня циліндрична поверхня під шліци Ø88h7	7	Ra1,6
9	Зовнішня циліндрична поверхня Ø90k6 <sup>(+0,025/+0,003)</sup> 	6	Ra1,25
10	Зовнішня циліндрична поверхня Ø95h14 <sub>(-0,87)</sub>	14	Ra25
12	Вісім отворів Ø14H9 <sup>(+0,043)</sup> ; Ø72±0,1	9	Ra6,3
15	Торцева поверхня 56±0,2	14	Ra25

### Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
16	Вісім внутрішніх фасок 1,6×45°	14	Ra25
17	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 50k7^{(+0,027)}_{(+0,002)}$ 	7	Ra1,6
19	Паз b=8H14; 60h12 <sub>(-0,3)</sub> 	14	Ra12.7
20	Зовнішня шліцева поверхня D-10×82×88h7×7h9	7	Ra1,6
21	Канавка зовнішня b=5H14; $\varnothing 89h14$ ; 45°	14	Ra12.7
22	Торцева поверхня 231±0,2	11	Ra 2.7
23	Канавка зовнішня b=2H14; $\varnothing 49h14$ ; 45°	14	Ra12.7
24	Канавка зовнішня b=5H14; $\varnothing 69h14$ ; 45°	14	Ra12.7
25	Торцева поверхня 78±0,15	11	Ra 2.7
26	Канавка зовнішня b=1,6H14; $\varnothing 69h14$ ; 45°	14	Ra12.7
27	Торцева поверхня 43±0,15	11	Ra 2.7
28	Канавка зовнішня b=5H14; $\varnothing 64h14$ ; 45°	14	Ra12.7
29,32,33, 34	Зовнішня фаска 1×45°	14	Ra25

### 1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

На основі аналізу креслень, матеріалу та річної програми випуску 2200 шт деталі «Вал» 09.412 проведено аналіз її технологічності.

Матеріал деталі – легована сталь 40X із середнім вмістом хрому 1%. Границя текучості та міцності такого матеріалу відповідає вимогам навантаження та експлуатації вала у редукторі. Матеріал піддається різанню усіма методами механічної обробки базового та проектного технологічних процесів. Раціональний метод отримання заготовки – прокат або обробка тиском, зокрема вільним куванням.

В конструкції деталі наявні штучні технологічні бази – два центрові отвори В 6,3, що використовуються на токарних та шліфувальних операціях. Оброблення деталі не вимагає застосування дорогих і складних методів. Доступ до поверхонь відритий для ріжучих та вимірювальних інструментів. Для обробки деталі можливе використання верстатів з ЧПК. Відповідно за якісними показниками деталь є технологічною і не потребує виконання змін у кресленнях.

Для кількісного аналізу технологічності деталі «Вал» 09.412 визначено стандартні показники: коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості та коефіцієнт уніфікації на основі параметрів із таблиці 1.3.

Коефіцієнт точності обробки

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 25 + 11 \cdot 4 + 9 \cdot 8 + 7 \cdot 3 + 6 \cdot 4}{44} = 11,61;$$

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{11,61} = 0,91.$$

При  $K_{т.ч.} = 0,91 > 0,8$  деталь «Вал» 09.412 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{2 \cdot 19 + 3 \cdot 6 + 4 \cdot 9 + 5 \cdot 4 + 6 \cdot 6}{44} = 3,36,$$

$$K_{ш} = \frac{1}{3,36} = 0,29.$$

При  $K_{ш} = 0,29 > 0,16$  деталь «Вал» 09.412 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{y.e.} = \frac{N_{y.e.}}{N_e} = \frac{42}{44} = 0,95,$$

При  $K_{y.e.} > 0,80$  деталь «Вал» 09.412 є технологічною.



Отже, деталь «Вал» 09.412 є технологічною за кількісними та якісними показниками в умовах середньосерійного типу виробництва.

#### **1.4. Аналіз базового технологічного процесу**

Операції, технологічне обладнання та оснащення базового технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 09.412 внесено у таблицю 1.4, що дозволяє провести аналіз базового технологічного процесу.

Базовий технологічний процес спроектовано для умов дрібносерійного типу виробництва із використанням токарно-гвинторізних, шпонково-фрезерних, круглошліфувальних, шліцефрезерного та координатно-розточного верстатів, що характеризуються широкою універсальністю. Для затиску деталі використано стандартне оснащення з ручними механізмами приводу, що підвищує штучний час обробки деталі порівняно із механізованим приводом. Для обробки поверхонь деталі застосовано стандартні інструменти, а для контролю - універсальні вимірювальні інструменти. Для виготовлення деталі в умовах середньосерійного типу виробництва виникає необхідність у підвищенні продуктивності обладнання.

#### **1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу**

Деталь «Вал» 09.412 є технологічною за кількісними та якісними показниками в умовах середньосерійного типу виробництва.

Оброблення деталі не вимагає застосування дорогих і складних методів. Доступ до поверхонь відритий для ріжучих та вимірювальних інструментів. Для обробки деталі можливе використання верстатів з ЧПК. Відповідно деталь не потребує виконання змін у кресленнях. Базовий технологічний процес спроектовано для умов дрібносерійного типу виробництва. Для виготовлення деталі в умовах середньосерійного типу виробництва виникає необхідність у підвищенні продуктивності обладнання. Тому у базовому технологічному процесі запропоновано внести зміни:

- токарну обробку поверхонь деталі «Вал» 09.412 доцільно проводити на токарних верстатах з ЧПК як заміну токарно-гвинторізних верстатів.
- обробку восьми отворів запропоновано проводити на свердлильному верстаті з ЧПК як заміну координатно-розточного верстата.
- запропоновано використовувати спеціальне свердло-зенківку на вертикально-свердлильній операції, що дозволяє обробляти отвір і фаску за один перехід в межах однієї операції.
- запропоновано використовувати пристрої з механізованим затиском.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 09.412 визначаємо із врахуванням програми випуску  $N = 2200$  шт, маси вала  $m = 25,0$  кг та витрат часу базового технологічного процесу. Попередньо за показниками програми випуску та маси деталі – тип виробництва середньосерійний.

Використаємо розрахунково-аналітичний метод визначення типу виробництва, що ґрунтується на витратах часу для операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 09.412 (таблиця 2.1) за коефіцієнтом закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}. \quad (2.1)$$

Таблиця 2.1 – Витрати часу для операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 09.412

Операція	( $T_{шт.к}$ ), хв.	Операція	( $T_{шт.к}$ ), хв.
005 Токарно-гвинторізна	3,62	025 Круглошліфувальна	7,73
010 Токарно-гвинторізна	3,62	030 Круглошліфувальна	4,37
015 Токарно-гвинторізна	25,4	035 Шліцефрезерна	11,7
020 Шпонково-фрезерна	2,8	040 Координатно-розточна	24,87

Кількість верстатів необхідних для виконання операції [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}}, \quad (2.2)$$

де  $F_d = 3979$  год. при двох змінах роботи;

$\eta_{зн.} = 0,75$  – нормативний коефіцієнт завантаження.

Визначаємо необхідну кількість робочих місць Р:

$$m_{p005} = \frac{2200 \cdot 3,62}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,04. P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{2200 \cdot 3,62}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,04. P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{2200 \cdot 25,4}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,31. P_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p020} = \frac{2200 \cdot 2,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,03. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{2200 \cdot 7,73}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,095. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{2200 \cdot 4,37}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,054. P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p035} = \frac{2200 \cdot 11,7}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,14. P_{035} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p040} = \frac{2200 \cdot 24,87}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,31. P_{040} = 1 \text{ верстат.}$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (2.3)$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,04}{1} = 0,04.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,04}{1} = 0,04.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,31}{1} = 0,31.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,03}{1} = 0,03.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,095}{1} = 0,095.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,054}{1} = 0,054.$$

$$\eta_{з.ф.035} = \frac{0,144}{1} = 0,144.$$

$$\eta_{з.ф.040} = \frac{0,31}{1} = 0,31.$$

Кількість операцій на робочому місці [1]:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (2.4)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,04} = 18,75. \quad O_{005} = 19 \text{ операцій.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,04} = 18,75. \quad O_{010} = 19 \text{ операцій.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,31} = 2,4. \quad O_{015} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,03} = 25. \quad O_{020} = 25 \text{ операцій.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,095} = 7,9. \quad O_{025} = 8 \text{ операцій.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,054} = 13,9. \quad O_{030} = 14 \text{ операцій.}$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,14} = 5,4. \quad O_{035} = 6 \text{ операцій.}$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,31} = 2,4. \quad O_{040} = 3 \text{ операції.}$$

Коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{97}{8} = 12,1.$$

Відповідно до стандартів при  $K_{з.о.}=12,1$  типу виробництва – середньосерійний.

Такт випуску деталей [1]:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_D}{N}, \quad (2.5)$$

$$t_B = \frac{60 \cdot 3979}{2200} = 108,5 \text{ хв.}$$

Величину оптимальної партії [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.6)$$

де  $F=257$  днів.

$$n = \frac{2200 \cdot 5}{257} = 42,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо 43 шт.

Коректуємо розмір партії для досягнення кратної кількості змін [1]:

$$T_{шт.к.сп.} = \frac{3,62 + 3,62 + 25,4 + 2,8 + 7,73 + 4,37 + 11,7 + 24,87}{8} =$$
$$= \frac{84,11}{8} = 10,51 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{T_{шт.к.сп.} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{10,51 \cdot 43}{476 \cdot 0,8} = 1,19 \text{ зміни.}$$

Приймаємо  $C_{пр} = 2$  зміни.

Відкоректована кількість деталей в партії [1]:

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{пр.}}{T_{шт.к.сп.}}, \quad (2.9)$$

$$n_{пр} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 2}{10,51} = 73 \text{ шт.}$$

## 2.2. Вибір способу одержання заготовки

Проведемо порівняльний розрахунок двох способів виготовлення заготовок деталі «Вал» 09.412:

1. Поковка, одержана вільним куванням на молотах.

2. Штамповка на горизонтально-кувальній машині.

Клас точності штамповки – Т4 [7];

Група сталі – М2 [7].

Ступінь складності штамповки [7]:

$$C = \frac{m_{ш}}{m_{ф}}. \quad (2.10)$$

Орієнтовна маса штамповки:

$$m_{ш} = m_{д} \cdot k_p, \quad (2.11)$$

де  $k_p = 1,3$  [7].

$m_{д} = 25$  кг – маса деталі.

Тоді орієнтовна маса штамповки:

$$m_{ш} = m_{д} \cdot k_p = 25 \cdot 1,3 = 32,5 \text{ кг}.$$

Згідно [7] для  $C = 0,16$  ступень складності штамповки С4.

Вихідний індекс – 18.

Для точного розрахунку маси двох варіантів заготовок виконуємо їх креслення, що представлені на рис. 2.1 та 2.2.

У таблицю 2.2. вносимо розраховані припуски.

Таблиця 2.2 – Припуски заготовок деталі «Вал» 09.412

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) Поковка				
Торцева поверхня 298h14 <sub>(-1,3)</sub>	Ra25	15	15 × 2 = 30	328±7,5
Зовнішня циліндрична поверхня Ø50k7 <sub>(+0,050 +0,004)</sub>	Ra1,6	4,0	4 × 2 = 8	Ø58 ±2,0
Зовнішня циліндрична поверхня Ø95h14	Ra25	6,0	4,5 × 2 = 9	Ø104 ±3,0
Торцева поверхня 56±0,2	Ra25	4,0	6,0	56±2,0 (на кресленні 65±2,0)
2) Штамповка				
Торцева поверхня 298h14 <sub>(-1,3)</sub>	Ra25	6,3	3 × 2 = 6	304 <sup>+4,2</sup> <sub>-2,1</sub>
Зовнішня циліндрична поверхня Ø50k7 <sub>(+0,050 +0,004)</sub>	Ra1,6	4,5	3,0 × 2 = 6,0	Ø56 <sup>+3,0</sup> <sub>-1,5</sub>
Зовнішня циліндрична поверхня Ø95h14	Ra25	5,0	2,4 × 2 = 4,8	Ø99,8 <sup>+3,3</sup> <sub>-1,7</sub>
Торцева поверхня 56±0,2	Ra25	4,5	2,4	58,4 <sup>+3,0</sup> <sub>-1,5</sub> (на кресленні 56,6 <sup>+3,0</sup> <sub>-1,5</sub> )

Визначаємо масу заготовки як добуток об'єму металу та його густини:

$$Q = V_3 \cdot \rho. \quad (2.12)$$

Об'єм заготовки першого методу:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 104^2 \cdot 261}{4} = 2216036,2 \text{ мм}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 58^2 \cdot 67}{4} = 176929,6 \text{ мм}^3.$$



$$V_{\text{зар1}} = \Sigma V_i = 2216036,2 + 176929,6 = 2392965,8 \text{ мм}^3 = 2392,9 \text{ см}^3.$$

Маса заготовки першого варіанту:

$$Q_1 = 2392,9 \cdot 7,85 = 28665 \text{ г} \approx 28,67 \text{ кг}.$$

Об'єм заготовки другого методу:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 99,8^2 \cdot 247,4}{4} = 1934329,4 \text{ мм}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 56^2 \cdot 56,6}{4} = 139335,6 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{зар1}} = \Sigma V_i = 1934329,4 + 139335,6 = 2073665 \text{ мм}^3 = 2073,7 \text{ см}^3.$$

Маса заготовки другого варіанту:

$$Q_2 = 2073,7 \cdot 7,85 = 26174,6 \text{ г} = 26,17 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}. \quad (2.13)$$

– для поковки:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{25}{28,67} = 0,87.$$

– для штамповки:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{25}{26,17} = 0,95.$$

Таким чином для виготовлення деталі «Вал» 09.412 вибираємо штампування на горизонтально-кувальній машині з високим коефіцієнтом використання матеріалу.

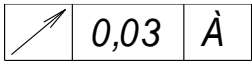
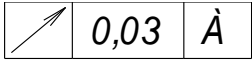

## 2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Можливі маршрути обробки деталі «Вал» 09.412 представлено у таблиці 2.4.

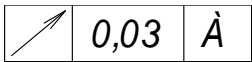
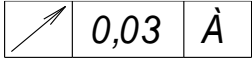
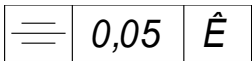
Таблиця 2.4 – Методи і маршрути обробки поверхонь деталі

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1, 18	Торцева поверхня 298h14 <sub>(-1,3)</sub>	14	Ra25	Точіння чорнове	Фрезерування чорнове

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
2, 35	Зовнішня фаска 1,6×45°	14	Ra25	Точіння чорнове	
3	Зовнішня циліндрична поверхня Ø63,9 <sub>-0,2</sub> під різь M64×2-6g, 23±0,5	11	Ra3,2	Точіння чорнове	
4	Зовнішня різь M64×2-6g, 23±0,5	6	Ra6,3	Фрезерування	Нарізання різі різцем
5	Зовнішня циліндрична поверхня Ø65k6 <sup>(+0,021 +0,002)</sup> 	6	Ra1,25	Чорнове точіння	Напівчистове точіння
6	Зовнішня циліндрична поверхня Ø70k6 <sup>(+0,021 +0,002)</sup>  	6	Ra1,25	Чорнове точіння Напівчистове	Напівчистове точіння Чистове
8	Зовнішня циліндрична поверхня під шліці Ø88h7	7	Ra1,6	Напівчистове точіння Напівчистове шліфування	Чорнове точіння Напівчистове
7	Зовнішня циліндрична поверхня Ø77h14	14	Ra25	Чорнове точіння	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
9	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 90k6^{(+0,025}_{+0,003})$ 	6	Ra1,25	Чистове шліфування	Тонке точіння
10	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 95h14$	14	Ra25	Чорнове точіння	
12	Вісім отворів $\varnothing 14H9^{(+0,052)}$	9	Ra6,3	Зенкерування Розвертання	Розвертання
15	Торцева поверхня $56\pm 0,2$	14	Ra25	Точіння чорнове	
16	Вісім внутрішніх фасок $1,6\times 45^\circ$	14	Ra25	Зенкування фаски	
17	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 210k7^{(+0,050}_{+0,004})$ 	7	Ra1,6	Чистове шліфування	Тонке точіння
19	Паз $b=8H14$ ; $60h12^{(-0,3)}$ 	14	Ra12.7	Фрезерування пазовою фрезою	
20	Зовнішня шлі- цева поверхня D- $10\times 82\times 88h7\times 7h9$	7	Ra1,6	Чистове шліфування	Тонке точіння

## Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
21	Канавка зовнішня b=5H14; Ø89h14; 45°	14	Ra12.7	Точіння чорнове	
22	Торцева поверхня 231±0,2	11	Ra 2.7	Шліфування торцем круга	Чистове точіння
23	Канавка зовнішня b=2H14; Ø209h14; 45°	14	Ra12.7	Точіння чорнове	
24	Канавка зовнішня b=5H14; Ø69h14; 45°	14	Ra12.7	Точіння чорнове	
25	Торцева поверхня 78±0,15	11	Ra 2.7	Шліфування торцем круга	Чистове точіння
26	Канавка зовнішня b=1,6H14; Ø69h14; 45°	14	Ra12.7	Точіння чорнове	
27	Торцева поверхня 43±0,15	11	Ra 2.7	Шліфування торцем круга	Чистове точіння
28	Канавка зовнішня b=5H14; Ø64h14; 45°	14	Ra12.7	Точіння чорнове	
29,32, 33,34	Зовнішня фаска 1×45°	14	Ra25	Чорнове точіння	

На основі аналізу таблиці 2.7 розробляємо операційну технологію виготовлення деталі «Вал» 09.412.

## 005 Фрезерно-центрувальна

1. Фрезерувати торці 1, 18, витримуючи розмір  $298 \pm 0,5$  одночасно.

2. Центрувати два центрові отвори 30, витримуючи розміри  $\varnothing 6,3^{+0,15}$ ;  $15,36^{+0,43}$  одночасно.

010 Токарна з ЧПК.

1. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 17 з підрізанням попереднім торця 15, витримуючи розміри  $\varnothing 52_{-0,87}$ ;  $56 \pm 0,2$ ; точити остаточно зовнішню фаску 35, витримуючи розмір  $1,6 \times 45^\circ$  послідовно по програмі.

2. Точити остаточно зовнішню фаску 31, витримуючи розмір  $2,5 \times 45^\circ$ ; точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 17, витримуючи розміри  $\varnothing 51_{-0,22}$  послідовно по програмі.

3. Точити остаточно канавку 23, витримуючи розміри  $b=2^{+0,25}$ ;  $\varnothing 49_{-1,15}$ ;  $45^\circ$

Перевірити розміри:  $\varnothing 51_{-0,22}$ ;  $2,5 \times 45^\circ$ ;  $1,6 \times 45^\circ$ ;  $56 \pm 0,2$ .

015 Токарна з ЧПК.

1. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 10, витримуючи розмір  $\varnothing 95_{-0,87}$  послідовно по програмі.

2. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 9 з підрізанням попереднім торця 22, витримуючи розміри  $\varnothing 92_{-0,87}$ ;  $229,5 \pm 0,5$ ; точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розміри  $\varnothing 89,4_{-0,87}$ ;  $188 \pm 0,5$ ; точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 7 за два проходи з точінням попереднім фаски 33, витримуючи розміри  $\varnothing 83_{-0,87}$ ;  $\varnothing 77_{-0,74}$ ;  $138 \pm 0,5$ ;  $1,7 \times 45^\circ$ ; точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 6 з підрізанням попереднім торця 25, витримуючи розміри  $\varnothing 70,67_{-0,74}$ ;  $77,7 \pm 0,3$ ; точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 5 з підрізанням попереднім торця 27, витримуючи розміри  $\varnothing 66,67_{-0,74}$ ;  $42 \pm 0,3$ ; точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 3, витримуючи розміри  $\varnothing 64,67_{-0,74}$ ;  $23 \pm 0,5$  послідовно по програмі.

3. Точити остаточно зовнішню фаску 2, витримуючи розмір  $2 \times 45^\circ$ ; точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 3, витримуючи розмір  $\varnothing 63,9_{-0,2}$ ;  $23 \pm 0,5$ ; точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 5 з підрізанням остаточно торця 27 з точінням остаточно фаски 29, витримуючи розміри  $\varnothing 65,67_{-0,19}$ ;  $42,7 \pm 0,3$ ;  $1,1 \times 45^\circ$ ; точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню

6 з підрізанням остаточною торця 25 та точінням остаточною фаски 32, витримуючи розміри  $\varnothing 70,17_{-0,19}$ ;  $77,7 \pm 0,3$ ;  $1 \times 45^\circ$  послідовно по програмі.

4. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 8 з підрізанням остаточною фаски 34, витримуючи розміри  $\varnothing 88,6_{-0,22}$ ;  $1 \times 45^\circ$ ; точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 9 з підрізанням остаточною торця 22, витримуючи розміри  $\varnothing 91_{-0,22}$ ;  $230,5 \pm 0,5$  послідовно по програмі.

5. Точити остаточно зовнішню канавку 28, витримуючи розміри  $b = 5^{+0,3}$ ;  $\varnothing 64_{-0,74}$ ;  $45^\circ$ .

6. Точити остаточно зовнішню канавку 24, витримуючи розміри  $b = 5^{+0,3}$ ;  $\varnothing 69_{-0,74}$ ;  $45^\circ$ .

7. Точити остаточно зовнішню канавку 21, витримуючи розміри  $b = 5^{+0,3}$ ;  $\varnothing 89_{-0,87}$ ;  $45^\circ$ .

8. Точити остаточно зовнішню канавку 26, витримуючи розміри  $1,6^{+0,25}$ ;  $\varnothing 69_{-0,74}$ ;  $45^\circ$ .

9. Нарізати різь 4, витримуючи розміри  $M64 \times 2-6g$ ,  $23 \pm 0,5$  за п'ять проходів.

10. Перевірити розміри:  $\varnothing 95_{-0,87}$ ;  $242 \pm 0,5$ ;  $1,6 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 63,9_{-0,2}$ ;  $23 \pm 0,5$ ;  $\varnothing 65,67_{-0,19}$ ;  $42,7 \pm 0,3$ ;  $1,1 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 70,17_{-0,19}$ ;  $77,7 \pm 0,3$ ;  $\varnothing 88,6_{-0,22}$ ;  $1 \times 45^\circ$ ;  $\varnothing 91_{-0,22}$ ;  $230,5 \pm 0,5$ ;  $5^{+0,3}$ ;  $\varnothing 64_{-0,74}$ ;  $\varnothing 69_{-0,74}$ ;  $\varnothing 89_{-0,87}$ ;  $\varnothing 89_{-0,87}$ ;  $45^\circ$ ;  $1,6^{+0,25}$ ;  $\varnothing 69_{-0,74}$ ;  $45^\circ$ ;  $M64 \times 2-$

$6g$ ,  $23 \pm 0,5$ ; 

/	0,03	A
---	------	---

.

020 Шпонково-фрезерна.

Фрезерувати шпонковий паз 19, витримуючи розміри  $b = 8^{+0,36}$ ;  $60_{-0,3}$ .

025 Круглошліфувальна

1. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 5 з підшліфовкою остаточною торця 27, витримуючи розміри  $\varnothing 65,2_{-0,046}$ ;  $43 \pm 0,15$ .

2. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 5, витримуючи

розмір  $\varnothing 65_{+0,021}^{+0,002}$ 


/	0,03	A
---	------	---

.

3. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 6 з підшліфовкою остаточною торця 25, витримуючи розміри  $\varnothing 70,062_{-0,046}$ ;  $78 \pm 0,15$ .

4. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 6, витримуючи

розмір  $\varnothing 70_{+0,002}^{+0,021}$ 

	0,03	A
---	------	---


5. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір  $\varnothing 88,2_{-0,054}$ .

6. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір  $\varnothing 88_{-0,035}$ .

7. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 9 з підшліфовкою остаточною торця 22, витримуючи розміри  $\varnothing 90,4_{-0,054}$ ;  $231 \pm 0,2$ .

8. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 9, витримуючи

розмір  $\varnothing 90_{+0,003}^{+0,025}$ 

	0,03	A
---	------	---

 .

030 Круглошліфувальна

1. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 17, витримуючи розмір  $\varnothing 51,4_{-0,072}$ .

2. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 17, витримуючи розмір  $\varnothing 50_{+0,002}^{+0,027}$  .

035 Шліцефрезерна.

Фрезерувати шліци 20, витримуючи розміри  $z=10$ ;  $\varnothing 82_{-0,87}$ ;  $7_{-0,036}$ ;  $0,5 \times 45^\circ$ .

040 Вертикально-свердлильна з ЧПК.

1. Центрувати вісім отворів 12, витримуючи розміри  $\varnothing 4^{+0,12}$ ;  $8,9^{+0,15}$  послідовно по програмі.

2. Свердлити вісім отворів 12 з формуванням фасок 16, витримуючи розміри  $\varnothing 12^{+0,52}$ ;  $2,6 \times 45^\circ$  послідовно по програмі.

3. Зенкерувати вісім отворів 12, витримуючи розміри  $\varnothing 13,8^{+0,13}$  послідовно по програмі.

4. Розвертати вісім отворів 12, витримуючи розміри  $\varnothing 14^{+0,043}$ ;  $\varnothing 72 \pm 0,1$  послідовно по програмі.



## 2.5. Визначення припусків на оброблення

Припуски для обробки деталі «Вал» 09.412 визначено за табличними і розрахунковими даними та представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски обробки деталі «Вал» 09.412

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 298h14 <sub>(-1,3)</sub>					
Фрезерування	14	Ra25	1,3	3 × 2 = 6	298h14 <sub>(-1,3)</sub>
Заготовка	4 клас	Rz 320	6,3	–	304 <sup>+4,2</sup> <sub>-2,1</sub>
Торцева поверхня 56±0,2					
Точіння чорнове поперечною подачею	14	Ra 25	0,4	2,2	30±0,2
Заготовка	4 клас	Rz 320	4,0	–	58,4 <sup>+3,0</sup> <sub>-1,5</sub>
Торцева поверхня 43±0,15					
Шліфування напівчистове	11	Ra 2.7	0,30	0,3	43±0,15
Точіння напівчистове	12	Ra 12.7	0,6	0,7	42,7±0,3
Точіння чорнове	14	Ra 25	0,6	1,5	42,0±0,3
Заготовка	4 клас	Rz 320	–	2,5	Суцільний матеріал
Торцева поверхня 78±0,15					
Шліфування напівчистове	11	Ra 2.7	0,30	0,3	78±0,15
Точіння напівчистове	12	Ra 12.7	0,6	0,7	77,7±0,3
Точіння чорнове	14	Ra 25	0,6	1,5	77,0±0,3
Заготовка	4 клас	Rz 320	–	2,5	Суцільний матеріал
Торцева поверхня 231±0,2					
Шліфування напівчистове	11	Ra 2.7	0,4	0,5	231±0,2

## Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Точіння напівчистове	12	Ra 12.7	1,0	1,0	230,5±0,5
Точіння чорнове	14	Ra 25	1,0	2,0	229,5±0,5
Заготовка	4 клас	Rz 320	–	3,5	Суцільний матеріал
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 50k7^{(+0,027/+0,002)}$					
Шліфування чистове	7	Ra 1,6	0,046	$0,2 \times 2 = 0,4$	$\varnothing 50^{+0,027/+0,002}$
Шліфування напівчистове	8	Rz 10	0,072	$0,3 \times 2 = 0,6$	$\varnothing 50,4_{-0,072}$
Напівчистове точіння	11	Rz 20	0,29	$0,6 \times 2 = 1,2$	$\varnothing 51_{-0,29}$
Чорнове точіння	14	Rz 100	0,75	$2,4 \times 2 = 4,8$	$\varnothing 52,2_{-0,75}$
Заготовка	4 клас	Rz 320	4,5	$3 \times 2 = 6$	$\varnothing 56^{+3,0/-1,5}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 95h14_{(-0,87)}$					
Чорнове точіння	14	Ra 25	0,87	$2,4 \times 2 = 4,8$	$\varnothing 95_{-0,87}$
Заготовка	4 клас	Rz 320	5,0	–	$\varnothing 99,8^{+3,3/-1,7}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 90k6^{(+0,025/+0,003)}$					
Шліфування чистове	6	Ra 1,25	0,022	$0,2 \times 2 = 0,4$	$\varnothing 90^{+0,025/+0,003}$
Шліфування напівчистове	8	Rz 10	0,054	$0,3 \times 2 = 0,6$	$\varnothing 90,4_{-0,054}$
Напівчистове точіння	11	Rz 20	0,22	$0,5 \times 2 = 1,0$	$\varnothing 91_{-0,22}$
Чорнове точіння	14	Ra 25	0,87	$1,5 \times 2 = 3,0$	$\varnothing 92_{-0,87}$
Заготовка	14	Ra 25	0,87	$2,5 \times 2 = 5,0$	$\varnothing 95_{-0,87}$
Зовнішня циліндрична поверхня під шліці $\varnothing 88h7_{(-0,035)}$					
Шліфування чистове	7	Ra 1,6	0,035	$0,1 \times 2 = 0,2$	$\varnothing 88_{-0,035}$
Шліфування напівчистове	8	Rz 10	0,054	$0,2 \times 2 = 0,4$	$\varnothing 88,2_{-0,054}$
Напівчистове точіння	11	Rz 20	0,22	$0,4 \times 2 = 0,8$	$\varnothing 88,6_{-0,22}$
Чорнове точіння	14	Ra 25	0,87	$1,3 \times 2 = 2,6$	$\varnothing 89,4_{-0,87}$
Заготовка	14	Ra 25	0,87	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 92_{-0,87}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 77h14_{(-0,74)}$					
Чорнове точіння	14	Ra 25	0,74	$3 \times 2 = 6,0$	$\varnothing 77_{-0,74}$
Чорнове точіння (зняття напуску)	14	Ra 25	0,87	$3,2 \times 2 = 6,4$	$\varnothing 83_{-0,87}$
Заготовка	14	Ra 25	0,87	$6,2 \times 2 = 12,4$	$\varnothing 89,4_{-0,87}$

На рисунку 2.3 зображено схему розташування припусків для одержання поверхні  $\varnothing 70k6$  деталі «Вал» 09.412 методами токарної обробки та шліфування.

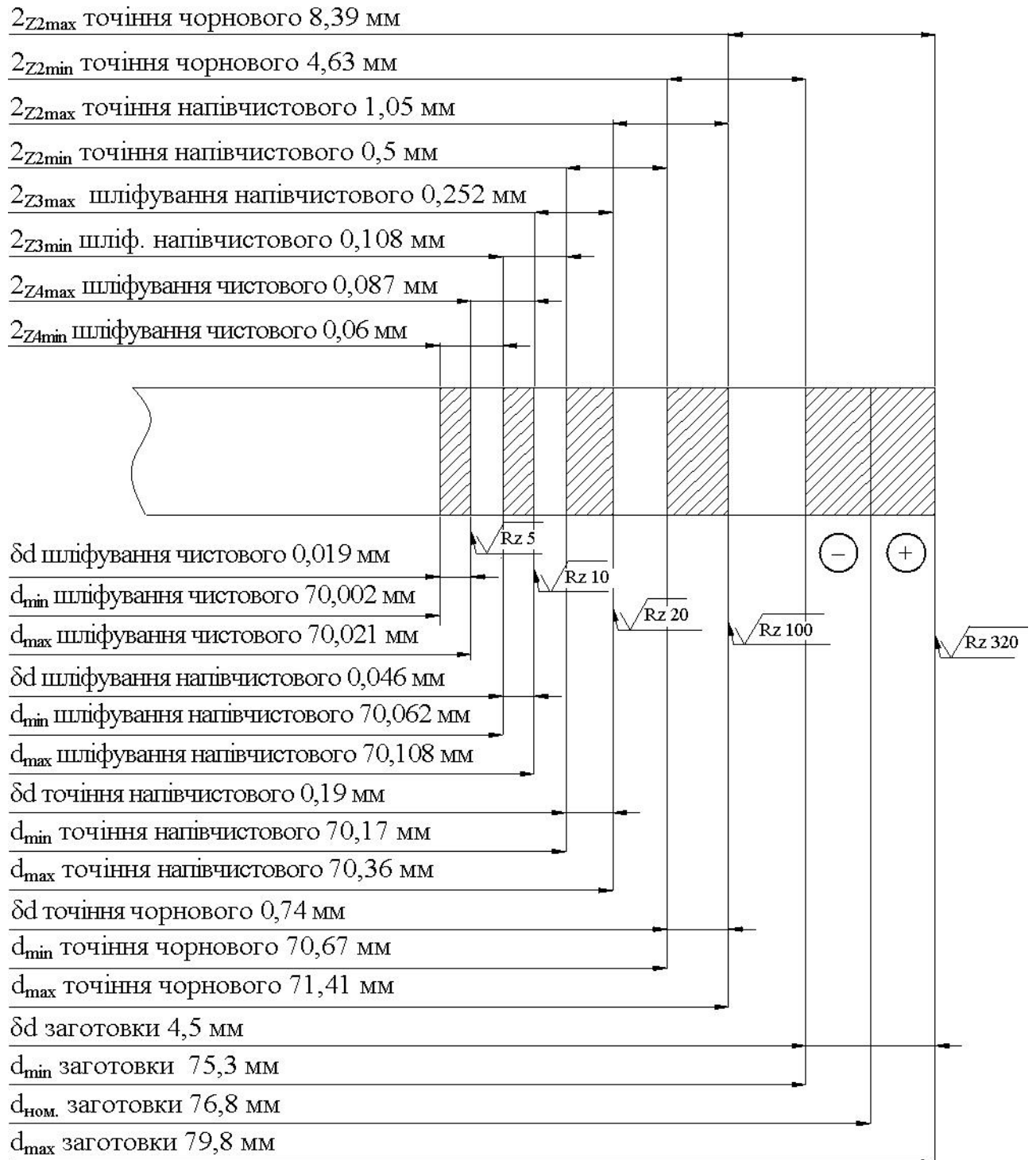


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків для одержання поверхні  $\varnothing 70k6$  деталі «Вал» 09.412

## Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 65k6^{(+0,021/+0,002)}$					
Шліфування чистове	6	Ra 1,25	0,019	$0,1 \times 2 = 0,2$	$\varnothing 65^{+0,021/+0,002}$
Шліфування напівчистове	8	Rz 10	0,046	$0,235 \times 2 = 0,47$	$\varnothing 65,2_{-0,046}$
Напівчистове точіння	11	Rz 20	0,19	$0,5 \times 2 = 1,0$	$\varnothing 65,67_{-0,19}$
Чорнове точіння	14	Ra 25	0,74	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 66,67_{-0,74}$
Заготовка	14	Ra 25	0,74	$2,835 \times 2 = 5,67$	$\varnothing 70,67_{-0,74}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 63,9_{-0,2}$ під різь M64×2-6g, $23 \pm 0,5$					
Напівчистове точіння	11	Ra 3,2	0,2	$0,385 \times 2 = 0,77$	$\varnothing 63,9_{-0,2}$
Чорнове точіння	14	Ra 25	0,74	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 64,67_{-0,74}$
Заготовка	14	Ra 25	0,74	$1,385 \times 2 = 2,77$	$\varnothing 66,67_{-0,74}$
Вісім отворів $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$ ; $\varnothing 72 \pm 0,1$					
Розвертання однократне	9	Ra 6,3	0,052	$0,1 \times 2 = 0,2$	$\varnothing 14^{+0,043}$
Зенкерування однократне	11	Ra 12.7	0,13	$0,9 \times 2 = 1,8$	$\varnothing 13,8^{+0,13}$
Свердління з формуванням фаски	14	Ra 25	0,52	$6 \times 2 = 12$	$\varnothing 12^{+0,52}$
Центрування	14	Ra 25	0,12	$2 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 4^{+0,12}$
Заготовка	4 клас	Rz 320	–	$7 \times 2 = 14$	Суцільний матеріал

## 2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Результати розрахунку режимів різання розрахунково-аналітичним та табличними методами для операцій технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 09.412 представлено у таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Режими різання технологічного процесу виготовлення деталі

«Вал» 09.412

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T <sub>м</sub> , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S <sub>м</sub> , мм/хв	T <sub>о</sub> , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005Фрезерно-центрувальна										
Перехід 2 Фрезерувати торці 1, 18, витримуючи розмір 298±0,5 одночасно	3	250	1	122	0,04 мм/ зуб	271	330	402	0,624	6,4
Перехід 3 Центрувати два центрові отвори 30, витримуючи розміри Ø6,3 <sup>+0,15</sup> ; 15,36 <sup>+0,43</sup>	3,1	18	1	152	0,031	1127	22,3	33,74	0,54	2,04
010 Токарна з ЧПК										
Перехід 2 Точити попередньо зовнішню циліндричну поверх- ню 17 з підрізанням попереднім торця 15, витримуючи розміри Ø52,2 <sub>-0,75</sub> ; 56±0,2;	1,9	62	1	67	0,62	164	106,5	97	0,374	2,41
точити остаточно зовнішню фаску 35, витримуючи розмір 1,6×45°;	1,6	4	1	67	0,41	127	125,7	51	0,08 1	0,5
Перехід 3 Точити остаточно зовнішню фаску 31, витримуючи розмір 2,5×45°;	2,5	6,7	1	67	0,4	162	105	65	0,106	2,8
точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 17, витримуючи розміри Ø51 <sub>-0,29</sub>	0,6	58	1	60	0,4	200	132,5	80	0,4	1,12

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 4 Точити остаточно канавку 23, витримуючи розміри $b=2^{+0,25}$ ; $\varnothing 209_{-1,15}$ ; $45^\circ$	1	3	1	67	0,2	102	65,5	21	0,16	1,3
015 Токарна з ЧПК										
Перехід 2 Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 10 витримуючи розмір $\varnothing 95_{-0,87}$ послідовно по програмі	2,4	367	1	67	0,7	316	95	188	1,95	4,8
Перехід 3 Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 9 з підрізанням попереднім торця 22, витримуючи розміри $\varnothing 92_{-0,87}$ ; $229,5 \pm 0,5$ ;	1,5	237	1	67	0,61	356	102,5	214	1,12	3,4
точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розміри $\varnothing 89,4_{-0,87}$ ; $188 \pm 0,5$ ;	1,3	195	1	67	0,61	356	99,6	214	0,91	3,2
точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 7 за два проходи з точінням попереднім фаски 33, витримуючи розміри $\varnothing 83_{-0,87}$ ; $\varnothing 77_{-0,74}$ ; $138 \pm 0,5$ ; $1,7 \times 45^\circ$ ;	3,2 3,0	145	1	67	0,61	452	109	271	0,54	4,2
точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 6 з підрізанням попереднім торця 25, витримуючи розміри $\varnothing 70,67_{-0,74}$ ; $77,7 \pm 0,3$ ;	3,165	84,7	1	67	0,61	452	107	271	0,31	4,1

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 5 з підрізанням попереднім торця 27, витримуючи розміри $\varnothing 66,67_{-0,74}$ ; $42 \pm 0,3$ ; послідовно по програмі	2,0	49	1	67	0,61	451	94,1	272	0,18	2,8
точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 3, витримуючи розміри $\varnothing 64,67_{-0,74}$ ; $23 \pm 0,5$	1,0	30	1	67	0,61	451	91,1	272	0,11	1,7
Перехід 4 Точити остаточно зовнішню фаску 2, витримуючи розмір $2 \times 45^\circ$ ;	2	6	1	67	0,51	561	116	282	0,02	1,1
точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 3, витримуючи розмір $\varnothing 63,9_{-0,2}$ ; $23 \pm 0,5$ ;	0,385	30	1	67	0,51	561	112,5	282	0,11	0,2
точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 5 з підрізанням остаточно торця 27 з точінням остаточно фаски 29, витримуючи розміри $\varnothing 65,67_{-0,19}$ ; $42,7 \pm 0,3$ ; $1,1 \times 45^\circ$ ;	0,5 0,7 1,1	27	1	67	0,51	561	115,6	282	0,1	0,3
точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 6 з підрізанням остаточно торця 25 та точінням остаточно фаски 32, витримуючи розміри $\varnothing 70,17_{-0,19}$ ; $77,7 \pm 0,3$ ; $1 \times 45^\circ$ послідовно по програмі	0,25 0,7 1,0	42	1	67	0,51	561	123,4	282	0,15	0,28

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 5 Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 8 з підрізанням остаточною фаскою 34, витримуючи розміри $\varnothing 88,6_{-0,22}$ ; $1 \times 45^\circ$ ;	0,4	58,5	1	67	0,51	452	125,1	226	0,26	0,3
точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 9 з підрізанням остаточною торця 22, витримуючи розміри $\varnothing 91_{-0,22}$ ; $230,5 \pm 0,5$ послідовно по програмі	0,5	49,5	1	67	0,5	451	128,7	226	0,22	0,4
Перехід 6 Точити остаточно зовнішню канавку 28, витримуючи розміри $b=5^{+0,3}$ ; $\varnothing 64_{-0,74}$ ; $45^\circ$	0,835	4	1	67	0,21	352	81	71	0,06	0,8
Перехід 7 Точити остаточно зовнішню канавку 24, витримуючи розміри $b=5^{+0,3}$ ; $\varnothing 69_{-0,74}$ ; $45^\circ$	0,585	5	1	67	0,21	350	75,7	71	0,08	0,6
Перехід 8 Точити остаточно зовнішню канавку 21, витримуючи розміри $b=5^{+0,3}$ ; $\varnothing 89_{-0,87}$ ; $45^\circ$	1,0	4	1	67	0,21	257	71	51	0,08 5	0,7
Перехід 9 Точити остаточно зовнішню канавку 26, витримуючи розміри $1,6^{+0,25}$ ; $\varnothing 69_{-0,74}$ ; $45^\circ$	0,585	4	1	67	0,21	354	75,6	71	0,06	0,6
Перехід 10 Нарізати різь 4, витримуючи розміри M64×2-6g, $23 \pm 0,5$ за п'ять проходів	1,08	30	5	72	2,0	102	20,12	201	0,76	0,9



Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 020 Шпонково-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати шпонковий паз 19, витримуючи розміри $b=8^{+0,36}$ ; $60_{-0,3}$	0,308	28	14	51	0,12 мм/зуб	1002	25,0	241	1,54	0,8
Операція 025 Круглошліфувальна										
Перехід 2 Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 5 з підшліфівкою остаточною торця 27, витримуючи розміри $\varnothing 65,2_{-0,046}$ ; $43\pm 0,15$	0,235	61	1	–	$S_{\Pi}=0,0251$ мм/об $S_o=25$ мм/об	73	$V_{s.кол.}=14$ м/хв $V_{s.позд.}=3$ м/хв	–	0,38	3,3
Перехід 3 Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 5, витримуючи розмір $\varnothing 65^{+0,021}_{+0,002}$	0,1	60	1	–	$S_{\Pi}=0,0051$ мм/об $S_o=15$ мм/об	147	$V_{s.кол.}=31$ м/хв $V_{s.позд.}=5$ м/хв	–	0,71	–
Перехід 4 Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 6 з підшліфівкою остаточною торця 25, витримуючи розміри $\varnothing 70,062_{-0,046}$ ; $78\pm 0,15$	0,054	75	1	–	$S_{\Pi}=0,0251$ мм/об $S_o=25$ мм/об	68	$V_{s.кол.}=14$ м/хв $V_{s.позд.}=3$ м/хв	–	0,14	2,4
Перехід 5 Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 6, витримуючи розмір $\varnothing 70^{+0,021}_{+0,002}$	0,03	75	1	–	$S_{\Pi}=0,0051$ мм/об $S_o=15$ мм/об	136	$V_{s.кол.}=31$ м/хв $V_{s.позд.}=5$ м/хв	–	0,28	–

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 6 Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір $\varnothing 88,2_{-0,054}$	0,1	90	1	–	$S_{\Pi} = 0,0251$ мм/об $S_o = 24$ мм/об	56	$V_{s.кол.} = 14$ м/хв $V_{s.позд.} = 3$ м/хв	–	0,31	2,9
Перехід 7 Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 8, витримуючи розмір $\varnothing 88_{-0,035}$	0,05	90	1	–	$S_{\Pi} = 0,0051$ мм/об $S_o = 15$ мм/об	109	$V_{s.кол.} = 31$ м/хв $V_{s.позд.} = 5$ м/хв	–	0,74	–
Перехід 8 Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 9 з підшлифівкою остаточною торця 22, витримуючи розміри $\varnothing 90,4_{-0,054}$ ; $231 \pm 0,2$	0,15	51	1	–	$S_{\Pi} = 0,0251$ мм/об $S_o = 25$ мм/об	53	$V_{s.кол.} = 14$ м/хв $V_{s.позд.} = 3$ м/хв	–	0,23	3,1
Перехід 9 Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 9, витримуючи розмір $\varnothing 90_{+0,025}^{+0,003}$	0,1	51	1	–	$S_{\Pi} = 0,0051$ мм/об $S_o = 15$ мм/об	106	$V_{s.кол.} = 31$ м/хв $V_{s.позд.} = 5$ м/хв	–	0,8	–
Операція 030 Круглошліфувальна										
Перехід 2 Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 17, витримуючи розмір $\varnothing 50,4_{-0,072}$	0,15	70	1	–	$S_{\Pi} = 0,0251$ мм/об $S_o = 24$ мм/об	45	$V_{s.кол.} = 31$ м/хв $V_{s.позд.} = 3$ м/хв	–	0,45	3,1
Перехід 3 Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 17, витримуючи розмір $\varnothing 210_{+0,004}^{+0,050}$	0,1	70	1	–	$S_{\Pi} = 0,0051$ мм/об $S_o = 17$ мм/об	76	$V_{s.кол.} = 51$ м/хв $V_{s.позд.} = 5$ м/хв	–	1,6	–

## Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 035 Шліцефрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати шліци 20, витримуючи розміри $z=10$ ; $\varnothing 82_{-0,87}$ ; $7_{-0,036}$ ; $0,5 \times 45^\circ$	4,3 5	81	1	244	1,22	97	31	115,1	7,03	1,58
Операція 040 Вертикально-свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Центрувати вісім отворів 12, витримуючи розміри $\varnothing 4^{+0,12}$ ; $8,9^{+0,15}$ попередньо по програмі	2,0	10,6	8	14	0,116	1401	17,5	163,4	0,51	0,15
Перехід 3 Свердлити вісім отворів 12 з формуванням фасок 16, витримуючи розміри $\varnothing 12^{+0,52}$ ; $2,6 \times 45^\circ$ попередньо по програмі	6	34	8	21	0,39	502	37	191	1,44	5,25
Перехід 4 Зенкерувати вісім отворів 12, витримуючи розміри $\varnothing 13,8^{+0,13}$ попередньо по програмі	0,9	31	8	47	0,51	356	27,7	177,6	1,4	2,1
Перехід 5 Розвертати вісім отворів 12, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0,043}$ ; $\varnothing 72 \pm 0,1$ попередньо по програмі	0,1	42	8	47	0,81	184	14	145	2,3	1,3

Проведемо розрахунок технічних норм часу на 040 операцію свердлильну з ЧПК технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 09.412. Штучний час для верстатів з ЧПК [20].

Для свердлильного верстата з ЧПК  $S_{\text{хв.прискор.}} = 4000$  мм/хв.

$T_{\text{доп.}}$  – допоміжний час ручної роботи [20]:

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{доп.уст.}} + T_{\text{доп.пер.}} + T_{\text{доп.вим.}} ; \quad (2.19)$$

040 Свердлильна з ЧПК.

1. Основний час автоматичної обробки:

$$T_{\text{o.a.}} = 0,52 + 1,43 + 1,4 + 2,3 = 5,65 \text{ хв.}$$

2. Час автоматичних допоміжних ходів:

$$T_{\text{доп.а.х.х.}} = \frac{1465 + 1617 + 1617 + 1673}{4000} = \frac{6372}{4000} = 1,6 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на обробку:

$$T_{\text{доп.а.}} = T_{\text{доп.а.х.х.}} = 1,6 \text{ хв.}$$

3. Час циклу автоматичної обробки:

$$T_{\text{ц.а.}} = 5,65 + 1,6 = 7,25 \text{ хв.}$$

4. Допоміжний час ручної роботи:

$$T_{\text{доп.}} = T_{\text{доп.уст.}} + T_{\text{доп.пер.}} + T_{\text{доп.вим.}}$$

$$T_{\text{доп.пер.}} = 0,6 + 0,2 + 0,04 = 0,84 \text{ (хв).}$$

4.3. Час на контроль  $T_{\text{доп.вим.}}$ :

– вимірювання калібр-пробкою:  $\varnothing 25^{+0,052}$  –  $t_{1в} = 0,11$  хв.

– вимірювання калібром:  $\varnothing 265 \pm 0,5$  –  $t_{2в} = 0,2$  хв.;

– вимірювання кутоміром:  $2,6 \times 45^\circ$  –  $t_{3в} = 0,2$  хв.;

$$T_{\text{доп.вим.}} = \sum t_{\text{ів}} = 0,11 + 0,2 + 0,2 = 0,51 \text{ (хв).}$$

При 30% контролі:

$$T_{\text{доп.вим.дійсн.}} = T_{\text{доп.вим.}} \cdot 0,3 = 0,51 \cdot 0,3 = 0,153 \text{ (хв).}$$

Допоміжний час:

$$T_{\text{доп.}} = 0,25 + 0,84 + 0,153 = 1,243 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц.а.}} + T_{\text{доп.}}, \quad (2.21)$$

$$T_{\text{оп.}} = 7,25 + 1,243 = 8,493 \text{ хв.}$$

$$K = 9 \cdot 8,493 = 76,437.$$

7. Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 8,493 \cdot \left(1 + \frac{76,437}{100}\right) = 14,985 \text{ хв.}$$

8. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (2.22)$$

де  $n = 73$  шт.

Підготовчо-заключний час:

$$T_{\text{п.з.}} = 18 + 20,6 + 10 = 40,6 \text{ хв.}$$

Отже, на 040 операцію:

$$T_{\text{шт.к.}} = 14,985 + \frac{40,6}{73} = 15,54 \text{ хв.}$$

005 Фрезерно-центрувальна операція.

1. Основний час  $T_o = 0,625 + 0,53 = 1,155$  хв.

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,84 \cdot 1,155 = 2,13 \text{ хв.}$$

010 Токарна з ЧПК.

1. Основний час  $T_o = 0,375 + 0,08 + 0,58 + 0,105 + 0,4 + 0,15 = 1,69$  хв.

$$T_{шт.к} = 2,14 \cdot 1,69 = 3,62 \text{ хв.}$$

015 Токарна з ЧПК.

1. Основний час  $T_o = 1,94 + 3,3 + 0,38 + 0,48 + 0,06 + 0,07 + 0,08 + 0,06 + 0,75 = 7,12$  хв.

$$T_{шт.к} = 2,14 \cdot 7,12 = 15,24 \text{ хв.}$$

020 Шпонково-фрезерна.

1. Основний час  $T_o = 1,52$  хв.

$$T_{шт.к} = 1,84 \cdot 1,52 = 2,8 \text{ хв.}$$

025 Круглошліфувальна.

1. Основний час  $T_o = 0,39 + 0,71 + 0,12 + 0,29 + 0,32 + 0,72 + 0,29 + 0,84 = 3,68$  хв.

$$T_{шт.к} = 2,1 \cdot 3,68 = 7,73 \text{ хв.}$$

030 Круглошліфувальна.

1. Основний час  $T_o = 0,47 + 1,61 = 2,08$  хв.

$$T_{шт.к} = 2,1 \cdot 2,08 = 4,37 \text{ хв.}$$

035 Шліцефрезерна.

1. Основний час  $T_o = 7,03$  хв.

$$T_{шт.к} = 1,66 \cdot 7,03 = 11,7 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку технічних норм часу технологічного процесу виготовлення деталі «Вал» 09.412 представлено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку технічних норм часу

Номер та назва операції	T <sub>о</sub> , хв	Допоміжний час, T <sub>д</sub> хв			T <sub>оп</sub> , хв	Час обслуговування, T <sub>об</sub> , хв			T <sub>шт</sub> , хв.	T <sub>п.з.</sub> , хв.	n	T <sub>шт.к.</sub> , хв
		T <sub>у</sub> .	T <sub>пер</sub>	T <sub>вим</sub>		T <sub>тех.об.</sub>	T <sub>орг.об.</sub>	T <sub>відп.</sub>				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
005 Фрезерно-центрувальна	1,155	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73	2,13
010 Токарна з ЧПК	1,69	–	–	–	–	–	–	–	–	–		3,62
015 Токарна з ЧПК	7,12	–	–	–	–	–	–	–	–	–		15,24
020 Шпонково-фрезерна	1,52	–	–	–	–	–	–	–	–	–		2,8
025 Круглошліфувальна	3,68	–	–	–	–	–	–	–	–	–		7,73
030 Круглошліфувальна	2,08	–	–	–	–	–	–	–	–	–	73	4,37
035 Шліцефрезерна	7,03	–	–	–	–	–	–	–	–	–		11,7
040 Вертикально-свердлильна з ЧПК	5,65	0,25	0,84	0,153	8,493	76,437			14,985	40,6		15,54

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розрахунок похибки пристосування для механічного оброблення деталі

Для обробки восьми отворів  $\varnothing 14H9$  в деталі «Вал» 09.412 на свердлильному верстаті з ЧПК розроблено спеціальний пристрій для базування та закріплення заготовки.

Деталь у пристрої базується на дві призми 12 зовнішніми циліндричними поверхнями  $\varnothing 70k6$  мм,  $\varnothing 90k6$  мм і на базу 16 – торцевою плоскою поверхнею. Затиск здійснюється від пневмоциліндра через шток із клином, ролик, повзун прихватом 15 по зовнішній циліндричній поверхні заготовки  $\varnothing 88$ мм.

Визначаємо похибку установки заготовки [3]:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_6^2 + \Delta\varepsilon_3^2 + \Delta\varepsilon_{\text{пр}}^2}. \quad (3.1)$$

У кресленні деталі «Вал» 09.412 встановлено допустимі величини відхилення розмірів оброблюваних отворів, що визначають допустиму похибку установки  $\Delta\varepsilon_{y,\text{доп}}$ . Ця похибка повинна бути більшою за реальну похибку установки з метою забезпечення необхідної точності обробки, тобто повинна виконуватись умова:

$$\Delta\varepsilon_y \leq \Delta\varepsilon_{y,\text{доп}}. \quad (3.2)$$

Тобто, похибка установки розраховується для конкретного розміру, що отримується на даній операції.

На 040 свердлильній операції з ЧПК проводиться послідовно за програмою обробка восьми отворів  $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$ ; глибиною  $l = 10$  мм з розташуванням відносно центра деталі  $72 \pm 0,1$ .

Точність розмірів  $\varnothing 14H9^{(+0,043)}$  залежить від точності інструменту а також від характеристик шпинделя верстату. Похибка базування деталі у пристрої для



забезпечення цього розміру буде рівна нулю ( $\Delta\varepsilon_{y\varnothing 14} = 0$ ).

Похибка установки в пристрої на розмір  $72\pm 0,1$ , при базуванні у призмах відповідно до розрахункової схеми рис. 3.1 визначається за формулою:

$$\Delta\varepsilon_{\delta.15} = 0,5TD \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right), \quad (3.3)$$

де TD – допуск на розмір  $\varnothing 90k6 \begin{smallmatrix} +0,025 \\ +0,003 \end{smallmatrix}$ , TD = 0,019 мм.

$\alpha$  – кут призми, при  $2\alpha = 90^\circ$ ,  $\alpha = 45^\circ$ .

$$\text{Тоді, } \Delta\varepsilon_{\delta.72} = 0,5 \cdot 0,019 \left( \frac{1}{\sin 45^\circ} + 1 \right) = 0,023 \text{ мм} = 23 \text{ мкм}.$$

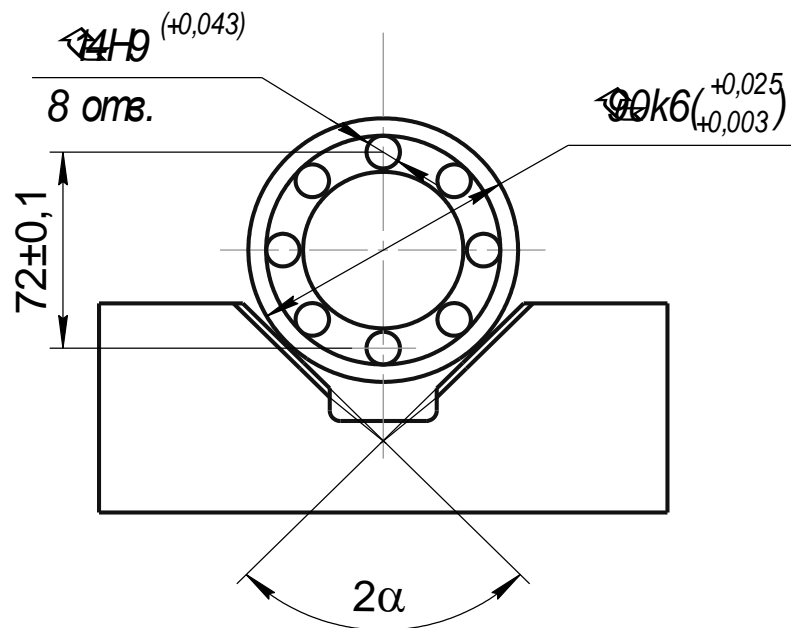


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення похибки установки деталі «Вал» 09.412 на призму

Похибка закріплення у пристрої  $\Delta\varepsilon_{\delta.15} = 80$  мкм.

Похибка виготовлення пристрою:  $\Delta\varepsilon_{\text{пр}} = 0,015$  мм = 15 мкм.

Отже, на основі формули (3.1) маємо:

$$\Delta\varepsilon_{y72} = \sqrt{\Delta\varepsilon_{\delta}^2 + \Delta\varepsilon_{\delta.3}^2 + \Delta\varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{23^2 + 80^2 + 15^2} = 85 \text{ мкм} = 0,085 \text{ мм}.$$

Відхилення розміру  $72 \pm 0,1$  оброблюваних отворів, що визначають допустиму похибку установки  $\Delta \varepsilon_{y, \text{доп}}$  буде становити:

$$\Delta \varepsilon_{y, \text{доп}} = \delta = 0,2 \text{ мм.}$$

Отже,  $\Delta \varepsilon_{y72} = 0,085 \text{ мм} < \Delta \varepsilon_{y, \text{доп.72}} = 0,2 \text{ мм.}$ , тому точність оброблення отворів у пристрої забезпечується.

### 3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування

Проведемо розрахунок силових параметрів при затиску заготовки деталі «Вал» 09.412 під час свердління отвору  $\varnothing 12H12^{(+0,18)}$ ;  $l = 10 \text{ мм}$  на операції 040 у спеціальному пристрої свердлильного верстата з ЧПК. Для цього розроблено розрахункову схему і представлено на рис. 3.2.

Заготовка закріплюється у двох призмах з контактом із поверхнею  $\varnothing 90k6^{(+0,025}_{+0,003})$ ; передача сил затиску виконується через поверхню  $\varnothing 88h7_{(-0,035)}$ , притискач, клиновий механізм від пневмоциліндра. Під час свердління отвору виникає момент різання  $M_{\text{кр}}$ , якому протидіють моменти тертя між заготовкою та призмою та між заготовкою і притискачем.

На основі рівняння рівноваги виведено формулу розрахунку сили затиску заготовки [20]:

$$P_3 = \frac{2K_1 \cdot M_{\text{кр}}}{D_8 \cdot \left( \frac{f_2 + f_1}{\sin \chi} \right)}. \quad (3.4)$$

Визначаємо момент різання при свердлінні отвору  $\varnothing 12H12^{(+0,18)}$  [20]:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.5)$$

де

$$D = 12 \text{ мм;}$$

$$S = 0,38 \text{ мм/об.}$$

Отже,  $M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12^{2,0} \cdot 0,38^{0,8} \cdot 1,22 = 2,795 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Коефіцієнт запасу  $K=3,7$  [20].

Отже, підставляючи дані у формулу (3.4), маємо:

$$P_3 = \frac{2 \cdot 3,7 \cdot 2,795}{0,088 \cdot \left( \frac{0,16}{\sin 45} \right)} = 1042 \text{ Н.}$$

Для ефективного затиску заготовки потрібно, щоб необхідна сила затиску заготовки  $P_3$  була меншою за реальну силу, що виникає при дії пневмоциліндра через передаточний клиновий механізм:

$$P_3 \leq W \cdot K, \quad (3.8)$$

де  $K$  – коефіцієнт зміщення притискача, визначається за формулою:

$$K = 1 - \frac{3l_2}{L} \cdot f.$$

де  $l_2 = 54 \text{ мм}$ ;  $L = 117 \text{ мм}$  відповідно до рахункової схеми рис. 3.2.

$$K = 1 - \frac{3 \cdot 0,054}{0,117} \cdot 0,1 = 0,86.$$

Визначаємо силу на притискачі із врахуванням передаточного відношення клинового механізму і сили тяги на штоці пневмоциліндра за формулою:

$$W = \frac{F_{шт}}{\left( \text{tg} \left( \chi + \text{arctg} \left( \varphi \cdot \frac{d_1}{D_1} \right) \right) + \text{tg} \chi_1 \right)}. \quad (3.9)$$
$$W = \frac{2689}{\left( \text{tg} \left( 10 + \text{arctg} \left( 6 \cdot \frac{12}{24} \right) \right) + \text{tg} 6 \right)} = 4644 \text{ Н.}$$

Із врахуванням коефіцієнта зміщення притискача  $K$  сила на притискачі буде становити:

$$W \cdot K = 4644 \cdot 0,86 = 3994 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову (3.8) ефективного затиску заготовки:

$$KW = 3994 \text{ Н} > P_3 = 1042 \text{ Н.}$$

Отже, заготовка деталі «Вал» 09.412 буде ефективно закріплена під час свердління отвору  $\varnothing 12\text{H}12^{(+0,18)}$ ;  $l = 10$  мм на операції 040.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1. Захист обладнання від статичної електрики**

Величина потенціалів зарядів штучної статичної електрики на ремінних передачах і стрічках конвеєрів може досягати 40 кВ, при механічній обробці пластмас і дерева до 30 кВ, при розпиленні фарб до 12 кВ. За відповідних умов відбувається пробій повітряного прошарку, що супроводиться іскровим розрядом (пробивний опір абсолютно сухого повітря складає 3000 кВ/м), що може ініціювати вибух або пожежу.

Основні заходи, що використовуються для захисту від статичної електрики виробничого походження включають методи, що виключають або зменшують інтенсивність генерації зарядів, і методи, що знімають утворені заряди. Інтенсивність генерації зарядів можна зменшити відповідним підбором пар тертя або змішуванням матеріалів таким чином, що в результаті тертя один із змішаних матеріалів створює заряд одного знаку, а інший – протилежного. В даний час створений комбінований матеріал з нейлону і дакрону, що забезпечує захист від статичної електрики за цим принципом.

Зміною технологічного режиму обробки матеріалів також можна добитися зниження кількості зарядів, що генеруються (зменшення швидкостей обробки, швидкостей транспортування і зливу діелектричних рідин, зменшення сил тертя).

При заповненні сипкими речовинами або рідинами (діелектриками) резервуарів на вході в них застосовують ємності релаксацій, частіше всього у вигляді заземленої ділянки трубопроводу збільшеного діаметра, що забезпечує стікання всього заряду статичної електрики в землю.

Заряди утвореної статичної електрики усувають частіше всього шляхом заземлення електропровідних частин виробничого обладнання. Опір такого заземлення повинен бути не більше 100 Ом. При неможливості встановлення пристрою заземлення практикується підвищення відносної вологості повітря в приміщенні. Також збільшують об'ємну провідність діелектрика, для чого в нього вносять графіт, ацетиленову сажу, алюмінієву пудру, а в рідкі

діелектрики – спеціальні добавки. Для ряду машин і агрегатів знайшли застосування нейтралізатори статичної електрики (коронного розряду, радіоізотопні, аеродинамічні і комбіновані). У всіх типах цих пристроїв шляхом іонізації повітря поблизу елемента конструкції, що накопичує заряд статичної електрики, утворюються іони, у тому числі із знаком, протилежним знаку заряду, що і викликає його нейтралізацію.

До засобів індивідуального захисту від статичної електрики відносяться електростатичні халати і спеціальне взуття, підошва якого виконана з шкіри або електропровідної гуми, а також антистатичні браслети.

Значно більшу небезпеку представляє атмосферна статична електрика, ефективним засобом захисту від якого є захист від блискавок. Вона включає комплекс заходів і пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, запобіганню вибухів, загорянь і руйнувань будівель, споруд, обладнання і матеріалів від вибухів, можливих при дії блискавок.

Для всіх будівель і споруд, не пов'язаних з виробництвом і зберіганням вибухових речовин, а також для ліній електропередач і контактних мереж проектування і виготовлення захисту від блискавок повинне виконуватися згідно «Інструкції по захисту від блискавок будівель і споруд» РД 34.21.122–87.

Для створення зон захисту застосовують одиночний стрижньовий громовідвід; подвійний стрижньовий громовідвід; багатократний стрижньовий громовідвід; одиночний або подвійний тросовий громовідвід. Контроль за засобами забезпечення електробезпеки, і зокрема за відповідністю їх вимогам безпеки, покладений на службу головного енергетика і електриків підрозділів.

#### **4.2. Вентиляція виробничих приміщень. Основні вимоги до неї**

Системи вентиляції і кондиціонування повітря повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм. Залежно від умов виробництва на об'єктах повинні бути встановлені терміни проведення профілактичних оглядів та очищення повітроводів, фільтрів, вогнезатримуючих клапанів, іншого обладнання вентиляційних систем, а також визначений порядок відключення вентиляційних систем і дій обслуговуючого персоналу у разі виникнення

пожежі або аварії.

Особа, призначена відповідальною за технічний стан та справність вентиляційних систем, зобов'язана забезпечити додержання вимог пожежної безпеки під час їх експлуатації.

Не допускається робота технологічного обладнання у вибухонебезпечних та пожежонебезпечних приміщеннях у разі несправних або відключених гідрофільтрів, сухих фільтрів, пиловідсмоктуючих, пиловловлюючих та інших пристроїв систем вентиляції.

У тамбур-шлюзах при приміщеннях категорій А і Б, в яких виділяються вибухонебезпечні пари, гази та пил, слід постійно (на весь період роботи, зберігання товарів, речовин) забезпечувати необхідний підпір повітря. Вентиляційне обладнання, що забезпечує підпір в тамбур-шлюзи при приміщеннях категорій А і Б, має розміщуватися в приміщеннях для вентиляційного обладнання, відокремлених від сусідніх приміщень і коридорів протипожежними стінами з межею вогнестійкості 0,75 години.

Повітря, яке містить горючий пил або горючі відходи, повинно очищуватися до надходження у вентилятор. Для цього перед ним слід встановлювати каменевловлювачі, а для вилучення металевих предметів магнітні вловлювачі.

Повітроводи, якими переміщаються вибухо- пожежонебезпечні гази, пари і пил, не допускається розміщати в підвальних приміщеннях та в каналах під підлогою.

Усередині повітроводів та на їх стінках не дозволяється розміщати газопроводи і трубопроводи з горючими речовинами, кабелі, електропроводку й каналізаційні трубопроводи; не дозволяється також перетинання повітроводів цими комунікаціями.

Матеріали, з яких виготовляються повітроводи, мають відповідати вимогам будівельних норм. Виготовлення повітроводів із азбестоцементних матеріалів забороняється.

Усі металеві повітроводи, трубопроводи, фільтри та інше обладнання витяжних установок, що транспортують горючі та вибухонебезпечні речовини, повинні бути заземлені та захищені від статичної електрики.

Вентиляційні камери, циклони, фільтри, повітроводи повинні регулярно очищатися від горючого пилю, відходів виробництва, жирових відкладень пожежобезпечними засобами. Перевірка й очищення вентиляційного обладнання повинні проводитися за графіком, затвердженим адміністрацією об'єкта. Результати огляду обов'язково заносяться до спеціального журналу.

Для відвернення засмічування території підприємства горючими відходами бункери під циклонами повинні мати суцільну огорожу з негорючого матеріалу з воротами, які зачиняються. В інструкції щодо заходів пожежної безпеки підприємства необхідно визначити максимально допустиму кількість відходів у бункерах, порядок та періодичність їх очищення.

Витяжні повітроводи, якими транспортуються горючі та вибухонебезпечні речовини (пил, волокна тощо), повинні мати пристрої для очищення (люки, розбірні з'єднання тощо).

При встановленні вибухозахищених вентиляторів поза приміщеннями для них слід влаштувати спеціальне укриття з негорючих матеріалів, як правило, у вигляді металевих навісів і сітчастого огороження, що замикається на замок.

Вогнезатримні пристрої, магнітні вловлювачі у вентиляційних повітроводах, пристрої блокування вентиляційних систем з пожежною сигналізацією та системами пожежогасіння, а також автоматичні пристрої відключення вентиляції у разі пожежі повинні перевірятися у встановлені адміністрацією підприємства терміни, але не рідше одного разу на півроку, та утримуватися у справному робочому стані.

Під час експлуатації вентиляційних систем забороняється:

- відключати або знімати вогнезатримні пристрої;
- випалювати накопичені в повітроводах, зонтах жирові відкладення та інші горючі речовини;
- закривати витяжні канали, отвори й решітки;
- залишати двері вентиляційних камер відчиненими, зберігати в камерах різні матеріали, устаткування тощо;
- використовувати припливно-витяжні повітроводи й канали для відведення газів від приладів опалення, газових колонок, кип'ятильників та інших нагрівальних приладів;



- складувати впритул (на відстані менше 0,5 м) до повітроводів і устаткування горючі матеріали або негорючі матеріали в горючій упаковці;
- видаляти за допомогою тієї самої системи відсосів різні гази, пар, пил та інші речовини, котрі при змішуванні можуть викликати спалахи, горіння або вибух;
- експлуатувати переповнені циклони.

Не дозволяється:

- розміщення холодильних установок систем кондиціонування повітря в житлових будинках, будинках лікувально-профілактичних закладів, інтернатах для людей похилого віку та інвалідів, дитячих закладах і готелях;
- розміщення холодильних установок компресійного типу з місткістю масла у будь-якій з холодильних машин 250 кг і більше над або під приміщеннями з масовим постійним або тимчасовим перебуванням людей.

Застосування аміачних холодильних установок дозволяється тільки для холодопостачання систем кондиціонування повітря виробничих приміщень; у такому разі установки потрібно розміщувати в окремих будівлях, прибудовах або в окремих приміщеннях одноповерхових виробничих будівель.

Пд. час експлуатації калориферів необхідно дотримуватися таких вимог:

- відстань між калориферами і конструкціями з горючих та важкогорючих матеріалів має бути не менше 1,5 м за наявності вогневого або електричного підігріву і не менше 0,1 м, коли теплоносієм є вода або пара;
- тримати постійно справними контрольно-вимірювальні прилади;
- не допускати виникнення зазорів між калориферами, а також між калориферними і будівельними конструкціями камер, а виявлені зазори зашпаровувати негорючими матеріалами;
- систематично проводити пневматичним або гідравлічним способом очищення калориферів від забруднень;
- стежити за тим, щоб транзитні канали, якими подається нагріте в калорифері повітря, не мали отворів, крім каналів, призначених для подавання повітря у приміщення.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра визначено, що деталь «Вал» 09.412 використовується для передачі крутного моменту у циліндричному редукторі. Виготовляється з легованої сталі 40Х, що забезпечує її міцність при навантаженнях у редукторі.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Вал» 09.412 спроектовано для умов дрібносерійного типу виробництва із використанням токарно-гвинторізних, шпонково-фрезерних, круглошліфувальних, шліцефрезерного та координатно-розточного верстатів, що характеризуються широкою універсальністю. Для затиску деталі використано стандартне оснащення з ручними механізмами приводу, що підвищує штучний час обробки деталі порівняно із механізованим приводом. Для обробки поверхонь деталі застосовано стандартні інструменти, а для контролю - універсальні вимірювальні інструменти. Для виготовлення деталі в умовах середньосерійного типу виробництва виникає необхідність у підвищенні продуктивності обладнання.

У проектному технологічному процесі виготовлення деталі «Вал» 09.412 внесено такі зміни: токарну обробку поверхонь деталі запропоновано проводити на токарних верстатах з ЧПК як заміну токарно-гвинторізних верстатів; обробку восьми отворів запропоновано проводити на свердлильному верстаті з ЧПК як заміну координатно-розточного верстата; запропоновано використовувати спеціальне свердло-зенківку на вертикально-свердлильній операції, що дозволяє обробляти отвір і фаску за один перехід в межах однієї операції; запропоновано використовувати пристрої з механізованим затиском.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Паливода Ю.Є, Дячун А.Є. Технологія виготовлення деталей класу «Порожністі циліндри» (втулки) : методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Технологія обробки типових деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування» Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 56с.
3. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 148 с.
6. Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б., Паливода Ю.Є., Ткаченко І.Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль: ТНТУ, 2016. 75с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131

“Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 53 с.

11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

12. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б., Ткаченко І.Г. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. 132 с.

13. Основи технології складання: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” / Укладачі: Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун. Тернопіль, 2017. 82 с.

14. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка, системи верстатних пристосувань / М.Г. Дичковський. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 121 с.

15. Дичковський М.Г. Розроблення та реалізація схем базування деталей при конструюванні пристосувань / М.Г. Дичковський, М.Д. Радик. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. 60 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

18. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.