

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-
шестерня»»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-111сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

КІШКІН М.Р.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ТРИШИН П.Р.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет машинобудівний
 Кафедра «Технологія машинобудування»
 Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

КІШКІНУ Михайлу Романовичу

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня»

керівник проєкту (роботи) к.т.н., ТРИШИН Павло Романович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 28 » березня 2024 року №97

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=3000шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3. Розробка планування ділянки; 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки; 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 Креслення деталі, заготовки, графічне зображення етапів підготовки
 управляючої програми та розрахунків на міцність, креслення робочого
 пристосування.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	ТРИШИН П.Р., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтр.	ДЯДЯ С.І., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 01 травня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	20.05.2024	
2	Конструкторська частина	27.05.2024	
3	Розробка планування ділянки	29.05.2024	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	03.06.2024	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2024	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2024	
7	Захист дипломного проекту	11.06.2024	

Студент

_____ Михайло КІШКІН
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

_____ Павло ТРИШИН
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 85 с., 19 рис., 21 табл., 2 додатки, 10 джерел.

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – вал-шестерня.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня».

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення «Вал-шестерні», розраховано економічний ефект від впровадження верстатів з ЧПК, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму на операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцнісні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі..	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	11
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	14
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	17
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	19
1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу.....	23
1.6.1 Операція 010 – фрезерно-центрувальна.....	23
1.6.2 Операція 080 – шліфувальна.....	27
1.6.3 Операція 035 – фрезерна.....	29
1.7 Технічне нормування операцій.....	32
1.7.1 Технічне нормування операції 010	32
1.7.2 Технічне нормування операції 080.....	34
1.7.3 Технічне нормування операції 035.....	35
1.8 Розробка керуючої програми на фрезерну операцію з ЧПК.....	37
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	40
2.1 Проектування свердлильного пристосування.....	40
2.1.1 Конструкція та принцип роботи.....	40
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	40
2.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску.....	42

2.2	Проектування контрольного пристосування.....	46
2.2.1	Конструкція і принцип роботи.....	46
2.3	Розрахунок деталі на міцність.....	47
3	РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	50
4	ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ.....	53
5	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	65
5.1	Загальні положення та основні поняття електробезпеки.....	65
	ВИСНОВКИ.....	69
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	70
	Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	72
	Додаток Б. Технологічні карти.....	74

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технологічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КГШП – кривошипний горячештамповальний прес

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

ТО – термічна обробка

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

В сучасному індустріальному середовищі, де швидкість, ефективність та якість є визначальними факторами конкурентоспроможності, розробка оптимальних технологічних процесів та впровадження передових технологій стають стратегічним завданням для підприємств. У рамках даного дипломного проєкту було вирішено ці проблеми через комплексний підхід до розробки технологічного процесу виготовлення «Вал-шестерні». В роботі проведено аналіз та розрахунок економічного ефекту від впровадження верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПК), а також встановлено оптимальні режими різання та норми часу для забезпечення максимальної продуктивності та якості виготовлення. Науково-технічний аспект роботи підкріплено дослідженням міцносних характеристик деталі та проведенням розрахунків організаційних питань, включаючи потреби в технологічному обладнанні та кількість персоналу на ділянці. Не менш важливим є врахування аспектів безпеки роботи персоналу, для чого передбачені відповідні заходи та рекомендації. В результаті цілеспрямованих досліджень та розробок реалізовано комплексну систему, спрямовану на підвищення продуктивності та конкурентоспроможності виробництва.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Вал-шестерня (рис. 1.1) виконує ключову функцію передачі механічної енергії від одного елемента системи до іншого. Матеріалом вал-шестерні є легувана конструкційна сталь 40Х. У редукторах вал-шестерні зазвичай використовуються для зменшення швидкості обертання та збільшення крутного моменту.

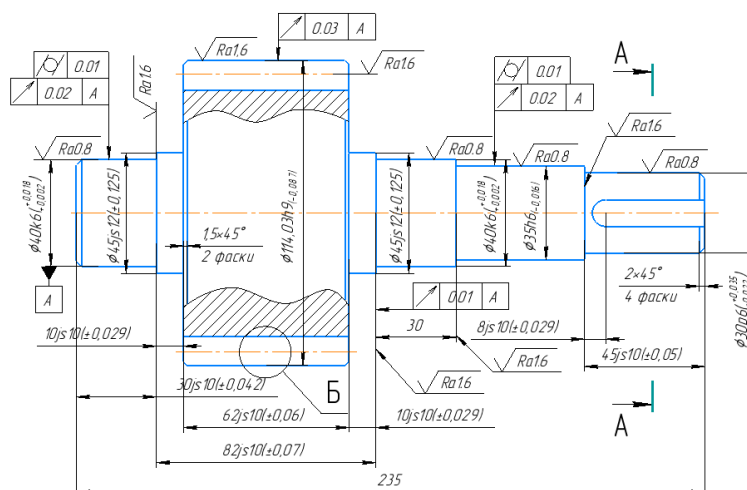


Рисунок 1.1 – Вал-шестерня

Редуктори застосовуються у різних механічних системах, таких як автомобілі, промислові машини, транспортні засоби тощо. Вал-шестерня відіграє роль передачі моменту з одного валу на інший за допомогою зубчастих зачеплень. Цей процес дозволяє ефективно керувати швидкістю та моментом обертання відповідно до вимог конкретної програми.

Сталь 40Х (таблиця 1.1), що зазвичай використовується для виготовлення таких компонентів, характеризується високою міцністю і зносостійкістю, що робить її відповідним матеріалом для роботи в умовах високих навантажень і тертя, характерних для редукторів.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад у % для сталі 40Х [1]

С	Fe	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
0,31-0,39	основа	0,17-0,37	0,5-0,8	0,45-0,75	1,0-1,4	Не більше		
						0,3	0,035	0,035

Зубчасте зачеплення вал-шестерні має 20 зубців модулем 5 мм. Точність виготовлення зубчатого зачеплення 7-С за ГОСТ 1643-81. Найбільш точними поверхнями є шийки для встановлення підшипників виконаних по 6 квалітету допуску з шорсткістю Ra0,8, які легко можна обробити на токарних та шліфувальних верстатах.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також техніко-економічних умов виробничого процесу всі різні виробництва умовно поділяються на три основні види: одиничні, серійні та масові.

Тип виробництва для деталі «Вал-шестерня» призначаємо згідно програми випуску (3000 штук) та маси деталі (5,4 кг) як серійний [2].

Кількість партії оброблюваних деталей:

$$n = \frac{a \cdot N}{A}, \text{ шт} \quad (1.1)$$

де N – річна програма випуску, N=3000 шт;

α – періодичність запуску партій деталей в виробництво, $\alpha=3 \dots 5$ днів;

A – кількість робочих днів на рік, A=251 дні.

$$n = \frac{3 \cdot 3000}{251} = 36 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Згідно аналіз конструкції деталі її маси та матеріалу проаналізуємо наступні методи отримання заготовки:

- штампування на кривошипному горячештамповочному пресі (КГШП);
- прокат.

Масу заготовок визначено за допомогою програми NX CAD (рис. 1.2, 1.3). Припуски, допуски, радіуси та нахили для штамповки приймаємо за ГОСТ 7505-89.

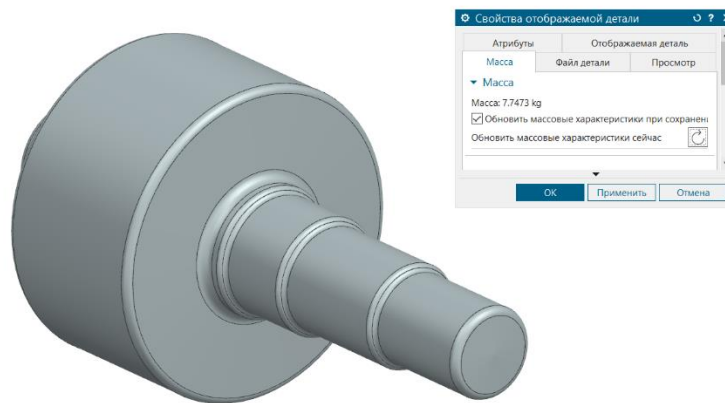


Рисунок 1.2 – Штамповка отримана на КГШП

Собівартість виготовлення однієї заготовки B , грн, розраховується за формулою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \frac{B_{в\text{ідх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

B_B – базова собівартість виготовлення 1 т заготовок, грн. [3];

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки [3];

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі [3];

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки [3];

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [3];

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки [3];

$V_{\text{відх}}$ – вартість 1 т стружки [3].

$$V_{\text{кгшп}} = \frac{3500}{1000} \cdot 7,7 \cdot 1,05 \cdot 1,23 \cdot 0,9 \cdot 0,74 \cdot 0,83 - (7,7 - 5,4) \cdot \frac{140}{1000} = 18,9 \text{ грн}$$

$$V_{\Pi} = \frac{1260}{1000} \cdot 21,6 - (21,6 - 5,4) \cdot \frac{140}{1000} = 24,9 \text{ грн}$$

Показники методів заготовки заносяться в таблиці 1.2.

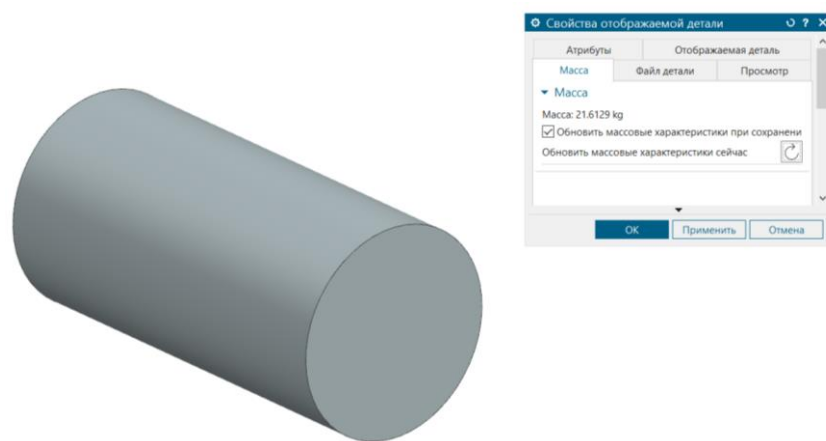


Рисунок 1.3 – Заготовка з прокату

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ):

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

$$\eta_{\text{кгшп}} = \frac{5,4}{7,7} = 0,7$$

$$\eta_{\Pi} = \frac{5,4}{21,6} = 0,25$$

Річні заощадження:

$$E_B = (B_K - B_{ПФ}) \cdot N, \quad (1.4)$$

$$E_B = (24,9 - 18,9) \cdot 3000 = 18000 \text{ грн}$$

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			КГШП	Прокат
Вага заготовки	Q	кг	7,7	21,6
Базова вартість 1 т заготовки	B _Б	грн	3500	1260
Коефіцієнти	K _Т		1,05	1
	K _М		1,23	1
	K _С		0,9	1
	K _З		0,74	1
	K _П		0,83	1
Вартість стружки	B _{відх}	грн	140	140
Собівартість заготовки	B _з	грн	18,9	24,9
КВМ	η		0,7	0,25

Заощадження на металі при виготовленні заготовки литтям в кокіль:

$$M_e = \frac{q(\eta_{КГШП} - \eta_{П})}{\eta_{КГШП} \cdot \eta_{П}} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{5,4 \cdot (0,7 - 0,25)}{0,7 \cdot 0,25} \cdot 3000 = 41657,1 \text{ кг}$$

Так як собівартість отримання заготовки штампуванням менше ніж у прокату та КВМ більший, то обираємо даний метод для отримання заготовки.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

На першій механічній операції – фрезерно-центрувальній виконуються базові центрові отвори для послідуючих операцій. На токарних операціях в якості установчих баз центрові отвори, циліндричні поверхні Ø114, Ø45 та крайні торці. При фрезеруванні пазу в якості баз використовуються циліндричні поверхні Ø30, Ø40 та торець. При шліфуванні, зубофрезеруванні, зубошліфуванні в якості установчих баз обираємо центрові отвори.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Складаємо маршрут обробки поверхонь (МОП), яка складається з послідовності переходів обробки.

Загальне уточнення розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.6)$$

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.7)$$

де Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (1.8)$$

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні – Ø40k6:

$$\varepsilon_d = \frac{2,4}{0,016} = 150$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{0,8} = 62,5$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,5}{0,02} = 25$$

Кількість переходів розраховується по формулі:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.9)$$

$$k = 2 \cdot \lg 150 = 4,4$$

Приймаємо $k=4$ переходи: $IT=IT17-k6=11=3+3+2$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ): для допуску – $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow h6$; для шорсткості – $Ra50 \rightarrow Ra6.3 \rightarrow Ra3.2 \rightarrow Ra1.6 \rightarrow Ra0.8$.

Точіння чорнове: $T_{D1}=250$ мкм; $T_{Ra1}=6.3$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2400}{250} = 9,6$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{6,3} = 7,9$$

Точіння чистове: $T_{D2}=100$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{250}{100} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,9$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 9,6 \cdot 2,5 = 24 < \varepsilon_d = 150$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,9 \cdot 1,9 = 15 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Шліфування чорнове: $T_{D4}=39$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{100}{39} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 24 \cdot 2,5 = 61,5 < \varepsilon_d = 150$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15 \cdot 2 = 30 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Шліфування чистове: $T_{D5}=16$ мкм; $T_{Ra5}=1,6$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d5} = \frac{39}{16} = 2,4$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{1,6}{0,8} = 2$$

Перевірка:

$$\Pi \varepsilon_{di} = 61,5 \cdot 2,4 = 147,6 < \varepsilon_d = 150$$

$$\Pi \varepsilon_{Ra} = 30 \cdot 2 = 60 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Розрахунок МОП інших поверхонь заносено до таблиці 1.3.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Етапний виготовлення деталі (МВД «Вал-шестерня» має наступний вигляд:

- 1) етап – отримання заготовки, термічна обробка (ТО);
- 2) етап – механічна обробка:
 - фрезерно-центрувальна обробка;
 - токарна чорнова обробка;
 - токарна чистова обробка;
 - фрезерна обробка;
 - зубофрезерна обробка
 - слюсарна обробка
- 3) етап – мийна обробка;
- 4) етап – контроль;
- 5) етап – механічна обробка:
 - шліфування чорнове;
 - шліфування чистове;
 - зубошліфування;
- 6) етап – мийна обробка,
- 7) етап – контроль;

Повний МВД наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 721003.007.

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхонь	Параметри заготовки		Параметри деталі		МОП		Допуски, мкм			Уточнення		
	T _{d3}	T _{Ra3}	T _{dД}	T _{RaД}	IT	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Биття	Розмір	шорсткість	Биття
Ø40k6 Ra=0,8 ↑=0,02	2,4	50	0,016	0,8	17	Заготовка	2400	50	0,8	-	-	-
					12	Точіння чорнове	250	6,3	0,2	9,6	7,9	4
					10	Точіння чистове	100	3,2	0,1	2,5	1,9	4
					-	Термічна обробка	-	-	-	-	-	-
					8	Шліфування чорнове	39	1,6	0,05	2,5	2	2
					6	Шліфування чистове	16	0,8	0,02	2,4	2	2
Ø35h6 Ra=0,8 ↑=0,02	2,4	50	0,016	0,4	17	Заготовка	2400	50	0,8	—	—	-
					12	Точіння чорнове	250	6,3	0,2	9,6	7,9	4
					10	Точіння чистове	100	3,2	0,1	2,5	3,9	2
					-	Термічна обробка	-	-	-	-	-	-
					8	Шліфування чорнове	39	1,6	0,04	2,5	2	2,5
					6	Шліфування чистове	16	0,8	0,02	2,4	2	2
82±0,07	2,6	50	0,14	1,6	17	Заготовка	2600	50	0,5	-	-	-
					14	Точіння чорнове	870	6,3	0,1	3	7,9	5
					12	Точіння чистове	350	3,2	0,025	2,5	1,9	4
					-	Термічна обробка	-	-	-	-	-	-
					10	Шліфування	140	1,6	0,01	2,5	2	2,5

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунок припусків виконаємо розрахунково-аналітичним методом.
Для поверхні Ø40k6 шорсткість поверхні та глибина дефектного шару згідно [6]:

- 1) для заготовки значення: $Rz_1 = 200$ мкм та $h_1 = 250$ мкм [4];
- 2) для чорнового точіння: $Rz_2 = 40$ мкм та $h_2 = 40$ мкм [4];
- 3) для чистового точіння: $Rz_5 = 20$ мкм та $h_5 = 20$ мкм [4];
- 4) для шліфування: $Rz_5 = 10$ мкм та $h_5 = 15$ мкм [4];
- 5) для шліфування: $Rz_6 = 6,3$ мкм та $h_6 = 5$ мкм [4].

Просторові відхилення для заготовки:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.10)$$

де $\rho_{зм}$ – відхилення від соосності, $\rho_{зм} = 0,8$ мм [4];

$\rho_{кор}$ – похибка від короблення.

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (1.11)$$

де $\Delta_{кор}$ – кривизна штамповки, $\Delta_{кор} = 0,002$ мм [4].

$$\rho_{кор} = 0,002 \cdot 235 = 0,47 \text{ мм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,8^2 + 0,47^2} = 0,92 \text{ мм}$$

Просторові похибки для ТО:

$$\rho_k = \Delta_k \cdot L \quad (1.12)$$

де Δ_k – кривизна після ТО, $\Delta_k = 0,001$ мм [4].

$$\rho_k = 0,001 \cdot 235 = 0,235 \text{ мм}$$

Просторові похибки для механічних переходів розраховуються за формулою:

$$\rho_j = K_{yT} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.13)$$

де K_{yT} – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки [4].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 920 = 55 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 55 = 2,2 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 0,03 \cdot (2,2 + 235) = 7 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 0,02 \cdot 7 = 0 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_i = K_{yT} \cdot \varepsilon_{i-1} \quad (1.14)$$

Похибка зацентрування визначається за такою формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \sqrt{T d_{\text{заг}}^2 + 1} \quad (1.15)$$

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{2,4^2 + 1} = 0,65 \text{ мм} \quad (1.16)$$

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 650 = 26 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_4 = 0,03 \cdot 26 = 0,8 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_5 = 0,04 \cdot 0,8 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.17)$$

$$2z_2^{\min} = 2(200 + 250 + \sqrt{920^2 + 650^2}) = 3152 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(40 + 40 + \sqrt{55^2 + 26^2}) = 280 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{2,2^2 + 0,8^2}) = 84 \text{ мкм}$$

$$2z_6^{\min} = 2(10 + 15 + \sqrt{7^2 + 0^2}) = 50 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі розраховується за формулою:

$$d_{6\max} = d_{\text{ном6}} + ES \quad (1.18)$$

$$d_{6\max} = 40 + 0,018 = 40,018 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.19)$$

$$d_{5\max} = 40,018 + 0,05 + 0,039 = 40,107 \text{ мм}$$

$$d_{3\max} = 40,107 + 0,084 + 0,1 = 40,291 \rightarrow 40,29 \text{ мм}$$

$$d_{2\max} = 40,29 + 0,28 + 0,25 = 40,82 \text{ мм}$$

$$d_{1\max} = 40,82 + 2,4 + 3,152 = 46,372 \rightarrow 46,4 \text{ мм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.20)$$

$$d_{6\min} = 40,018 - 0,016 = 40,002$$

$$d_{5\min} = 40,107 - 0,039 = 40,068$$

$$d_{3\min} = 40,29 - 0,1 = 40,19 \text{ мм}$$

$$d_{2\min} = 40,82 - 0,25 = 40,57$$

$$d_{1\min} = 46,4 - 2,4 = 44 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.21)$$

$$2z_{2\max} = 46,4 - 40,57 = 5,83 \text{ мм}$$

$$2z_{3\max} = 40,82 - 40,19 = 0,63 \text{ мм}$$

$$2z_{5\max} = 40,29 - 40,068 = 0,222 \text{ мм}$$

$$2z_{6\max}=40,107-40,002=0,105 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.22)$$

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (1.23)$$

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.24)$$

$$2z_0^{\max} = 46,4 - 40,002 = 6,398 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 44 - 40,018 = 3,982 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 2,4 + 0,016 = 2,416 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 6,398 - 3,982 = 2,416 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 44,8^{+1,6}_{-0,8}$ мм.

Розрахунок припусків та технологічних розмірів наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуску		Виконавчий розмір
	I T	Метод обробки	Td, мм	$d_i^{\max}$, мм	$d_i^{\min}$, мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø40k6 Ra=0,8 ↑=0,02	17	Заготовка	2400	46,4	44	-	-	Ø 44,8 ^(+1,6) _(-0,8)
	12	Точіння чорнове	250	40,82	40,57	5830	3180	Ø 40,82 _{-0,25}
	10	Точіння чистове	100	40,29	40,19	630	280	Ø 40,29 _{-0,1}
	-	Термічна обробка	-	-	-	-	-	-
	8	Шліфування чор.	39	40,107	40,068	222	83	Ø 40,1 _{-0,039}
	6	Шліфування чис.	16	40,018	40,002	105	50	Ø40 ^(+0,018) _(+0,002)
		6,398-3,982=2,4+0,016 2,416=2,416				6,398	3,982	

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø35h6 Ra=0,8 ↑=0,02	17	Заготовка	2400	42,3	39,9	-	-	Ø 40,7 ^(+1,6) _(-0,8)
	12	Точіння чорнове	250	36,9893	36,739	5650	3000	
	10	Точіння чистове	100	5,739	35,639	1350	1000	Ø 36,98 _{-0,25}
	-	Термічна обробка	-	-	-	-	-	Ø 35,73 _{-0,1}
	8	Шліфування чор.	39	35,239	35,2	539	400	-
	6	Шліфування чис.	16	35	34,984	255	200	Ø 35,24 _{-0,039}
	8,19-5,63=2,4+0,16 2,56=2,56					8,19	5,63	Ø35

1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу

1.6.1 Операція 010 – фрезерно-центрувальна

Операцію виконуємо на фрезерно-центрувальному верстаті моделі НГ-1500. Ескіз операції зображено на рис. 1.4. Технічні характеристики верстата:

- 1) Найбільший діаметр деталі – 150 мм;
- 2) Найбільша товщина деталі – 600 мм;
- 3) Частота обертання свердлильного шпинделя – 15...3000 об/хв.
- 4) Частота обертання фрезерного шпинделя – 30...1500 об/хв.
- 5) Подача свердління – 0,09...1,35 мм/об.
- 6) Подача фрезерування – 20....400 мм/хв;
- 7) Пришвидшена подача – 15 м/хв;
- 8) Потужність – 7,5 кВт

Ріжучий інструмент:

- 1) Фреза торцева с пластинами з твердого сплаву Т5К10, ГОСТ 24359-80, D = 100 мм, L = 50 мм ,d = 32 мм, z = 8 [5];
- 2) Свердло центрувальне D=3,15 мм, L=49 мм, l=18 мм ГОСТ 14952-75 [5].

Вимірювальний інструмент: шаблон, штангенциркуль ШЦ - III-500-0,1

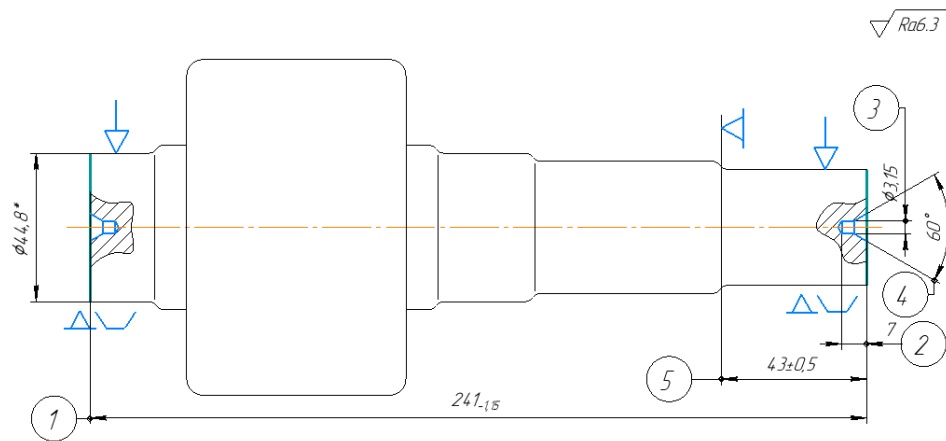


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз

Операція складається з 2 переходів:

- 1) Перший перехід – підрізати торці;
- 2) Другий перехід – центрувати торці.

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t_{\text{св}} = \frac{D_{\text{св}}}{2} \quad (1.25)$$

де $D_{\text{св}}$ – діаметр свердла.

$$t_{\text{св}} = \frac{3,15}{2} = 1,6 \text{ мм}$$

Для свердління подачу розраховуємо згідно формули:

$$S = S_T \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.26)$$

де S_T – табличне значення подачі, $S_T = 0,06$ мм/хв [6];

K_1 – поправочний коефіцієнт на величину подачі в залежності від матеріалу оброблюваної деталі, $K_1 = 1$ [6];

K_2 – поправочний коефіцієнт величину подачі залежно від виду обробки, $K_2 = 1$ [6].

$$S_{\text{сверл.}} = 0,06 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,06 \text{ мм/об}$$

Приймаємо по паспорту верстату $S_{\text{сверл.}} = 0,06$ мм/об.

Для фрезерування торців:

де S_T – табличне значення подачі, $S_T = 0,035$ мм/зуб [6];

K_1 – поправочний коефіцієнт на величину подачі в залежності від матеріалу оброблюваної деталі, $K_1 = 1,25$ [6];

K_2 – поправочний коефіцієнт величину подачі залежно від виду обробки, $K_2 = 0,95$ [6].

$$S_{\text{фр.}} = 0,035 \cdot 1,25 \cdot 0,95 = 0,042 \text{ мм/зуб}$$

Приймаємо $S_{\text{фр.}} = 0,05$ мм/зуб.

Для фрезерування визначаємо швидкість різання згідно формули:

$$V_P = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n \quad (1.27)$$

де V_T – табличне значення швидкості, $V_T = 150,2$ м/хв [6];

K_1 – поправочний коефіцієнт, що залежить від охолодження, $K_1 = 1$ [6];

K_2 – коефіцієнт, який залежить від кута у плані, $K_2 = 0,8$ [6];

K_3 – коефіцієнт, який залежить від стану поверхні, що обробляється, $K_3 = 1$ [6];

K_4 – поправочний коефіцієнт при поперечному фрезеруванні, $K_4 = 1$ [6];

K_5 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу різальної частини інструменту, $K_5 = 1,1$ [6];

K_6 – коефіцієнт, який залежить від твердості оброблюваного матеріалу, $K_6 = 0,83$ [6];

K_7 – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, $K_7 = 1$ [6];

K_8 – коефіцієнт, що залежить від подачі, $K_8 = 0,87$ [6];

K_9 – коефіцієнт, що залежить від стійкості інструменту, $K_9 = 1,1$ [6].

$$V_P = 150,2 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,1 = 105 \text{ м/хв}$$

Для свердління визначаємо швидкість різання згідно формули (1.22):

де V_T – табличне значення швидкості, $V_T = 10,2$ м/хв [6];

K_1 – поправочний коефіцієнт, що залежить від охолодження, $K_1 = 0,55$ [6];

K_2 – коефіцієнт, який залежить від кута у плані, $K_1 = 0,55$ [6];

K_3 – коефіцієнт, який залежить від стану поверхні, що обробляється $K_3 = 1,15$ [6];

K_4 – поправочний коефіцієнт при свердлінні, $K_4 = 1$ [6];

K_5 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу різальної частини інструменту, $K_5 = 1,85$ [6];

K_6 – коефіцієнт, який залежить від твердості оброблюваного матеріалу $K_6 = 0,82$ [6];

K_7 – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, $K_7 = 1$ [6];

K_8 – коефіцієнт, що залежить від подачі, $K_8 = 0,83$ [6];

K_9 – коефіцієнт, що залежить від стійкості інструменту, $K_9 = 1,1$ [6].

$$V_p = 10,2 \cdot 0,55 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,85 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 0,83 = 10,2 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.28)$$

$$n_{\text{св}} = \frac{1000 \cdot 10,2}{3,14 \cdot 3,15} = 1031 \text{ об/хв}$$

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 100} = 759 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_{\text{св}} = 1000$ об/хв, $n_{\text{фр}} = 750$ об/хв.

Визначаємо хвилинну подачу фрези за формулою:

$$S_m = S_z \cdot n \cdot z \quad (1.29)$$

$$S_m = 0,05 \cdot 750 \cdot 8 = 300 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $S_m = 300$ мм/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (1.30)$$

$$V_{д\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 1000 \cdot 3,15}{1000} = 10 \text{ м/хв}$$

$$V_{д\text{фр}} = \frac{3,14 \cdot 750 \cdot 100}{1000} = 105 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l+l_2+l_1}{S_M} \cdot i \cdot n, \text{ хв} \quad (1.31)$$

де $l=44,8$ мм – довжина фрезерування, мм;

$l_{2\text{фр}}=2+110=102$ мм – величина перебігу при фрезеруванні, мм;

$l_{2\text{св}}=0$ мм – величина перебігу при свердління, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

$$l_{1\text{фр}} = 0,5 \cdot D_\phi \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot t}{D_\phi} \right) \right), \text{ мм} \quad (1.32)$$

$$l_{1\text{фр}} = 0,5 \cdot 100 \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot 3}{100} \right) \right) = 17,1 \text{ мм};$$

$$l_{1\text{св}} = \frac{D_{\text{св}}}{2 \operatorname{tg} 60}, \text{ мм} \quad (1.33)$$

$$l_{1\text{св}} = \frac{3,15}{2 \operatorname{tg} 60} = 0,9 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{44,8+17,1+102}{300} + \frac{7+0,9}{1080 \cdot 0,06} = 0,67 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 080 – шліфувальна

Шліфування виконується на круглошліфувальному верстаті моделі URS 500 N. Інструмент: шліфувальне круг 1 600х63х305 15А 40Н СТ1 6 К8 А 50м/с ГОСТ 2424-83 [5]. Пристосування: оправка, центр, хомутик повідковий.

Операційний ескіз зображено на рис. 1.5.

Технічні характеристики верстата:

- 1) Діаметр зовнішнього шліфування – 8...200 мм;
- 2) Висота центру – 350 мм;
- 3) Відстань між центрами – 500 мм;
- 4) Швидкість обертання шліфувального шпинделя – 1670 об/хв;
- 5) Швидкість обертання шпинделя – 25...220 об/хв;
- 6) Потужність – 4 кВт.

Припуск на обробку: $Z=0,105/2=0,52$ мм.

Так як ширина круга більше ширини шліфування то повздовжня подача не використовується.

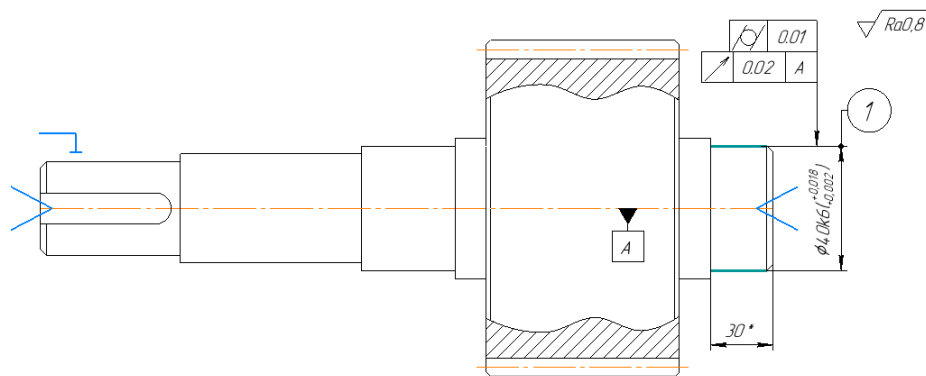


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз

Подача радіальна розраховуємо по формулі (1.26):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,008$ мм/об [6];

K_D – коефіцієнт враховуючий діаметр круга, $K_D = 0,82$ [6];

K_R – коефіцієнт враховуючий радіус галтелі, $K_R = 0,85$ [6];

K_T – коефіцієнт враховуючий стійкість круга, $K_T = 1,0$ [6];

K_h – коефіцієнт враховуючий припуск на обробку, $K_h = 1,0$ [6];

K_{IT} – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру, $K_{IT} = 0,75$ [6];

K_M – коефіцієнт враховуючий матеріал деталі, $K_M = 1,0$ [6].

$$S = 0,008 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,004 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S_{\pi}=0,005$ мм/об.

Табличне значення швидкості обертання деталі – $V_{ш.дет.}=50$ м/хв [6]:

Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.28):

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 40} = 398 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_{ш.кр.}=1670$ об/хв, $n_{дет.}=220$ об/хв.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.30):

$$V_{ш.кр.} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (1.34)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 220}{1000} = 27 \text{ м/хв}$$

$$V_{ш.кр.} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1670}{1000 \cdot 60} = 50 \text{ м/с}$$

Визначаємо основний час:

$$t_o = \frac{z \cdot k}{n_{дет.} \cdot S_{\pi}}, \text{ хв} \quad (1.35)$$

де $k=1,7$ – коефіцієнт уточнення,

$$t_o = \frac{0,052 \cdot 1,7}{220 \cdot 0,005} = 0,08 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 035 – фрезерна

Фрезерування шпонкового пазу виконується на фрезерному верстаті з ЧПК моделі Comak MILL 650 PREMIUM LINE. В якості інструменту

обираємо кінцеву фрезу, діаметром $D=10$ мм з числом зубів $z=4$ з P6M5 за ГОСТ 17026-71. Операційний ескіз представлений на рис. 1.6.

Технічна характеристика верстата:

- 1) Відстань шпинделя від поверхні столу – 120-620 мм;
- 2) Відстань осі шпинделя від колони – 510 мм;
- 3) Швидка подача – 30/30/24 м/хв;
- 4) Швидкість подачі – 2,5-4000 мм/хв;
- 5) Конус шпинделя – BT40;
- 6) Частота обертів шпинделя – 40-8000 об/хв;
- 7) Потужність двигуна шпинделя – 5.5 кВт.

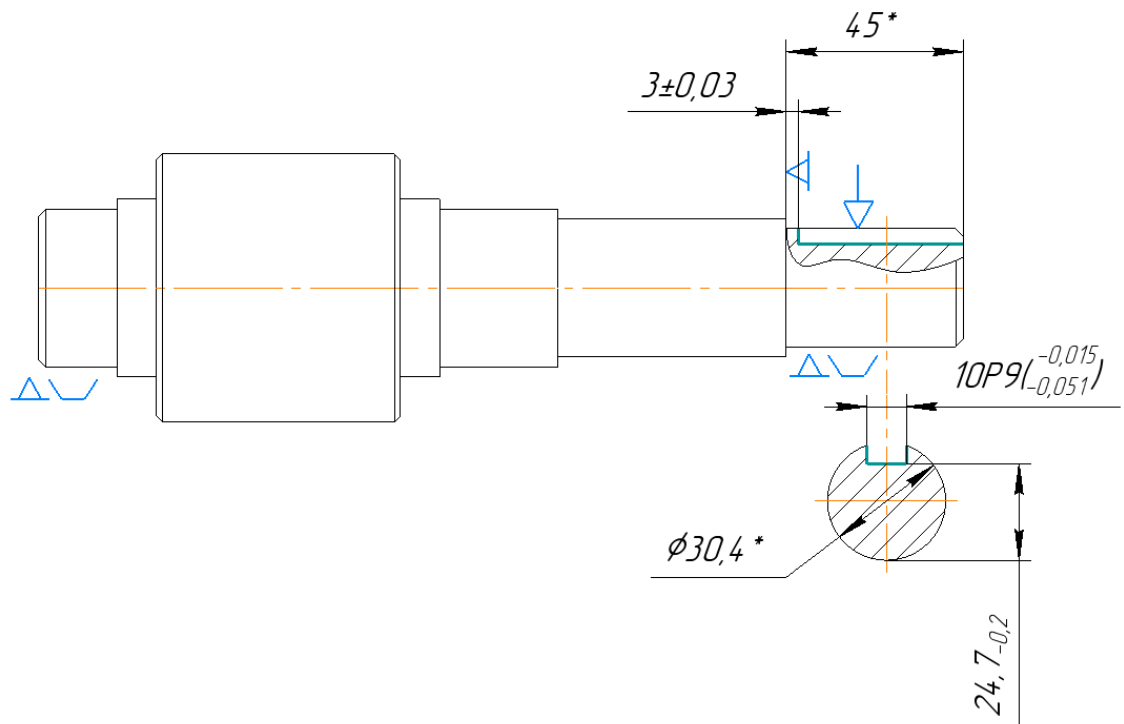


Рисунок 1.6 – Ескіз операції

Глибина різання: $t=5,7$ мм.

Подача згідно формул (1.26):

$$S_p = 0,022 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,022 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання по формулі (1.27):

$$V_p = 53 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1 = 35 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.28):

$$n = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 10} = 1114 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату: $n=1100$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.30):

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 1100}{10000} = 31 \text{ м/хв}$$

Визначення хвилинної подачі інструменту за формулою (1.29):

$$S_m = 0,022 \cdot 1100 \cdot 4 = 96,8 \text{ мм/хв}$$

Вибираємо значення: $S_m=90$ мм/хв

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{t+l_1}{S_m} + \frac{l-D}{S_m} \cdot i; \quad (1.36)$$

де $l=42-10=32$ мм – довжина фрезерування;

l_1 – величина врізання;

$i=3$ – число проходів;

$$l_1 = 0,5D \sin(\arccos(1 - \frac{2t}{D})) \quad (1.37)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 10 \cdot \sin(\arccos(1 - \frac{2 \cdot 2}{10})) = 4 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{4 + 32}{90} \cdot 3 = 1,2 \text{ хв}$$

Режими різання для інших операцій наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати розрахунку режимів різання

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання t , мм	кіль- кість прохо- дів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертів шпинделя n , об/хв
010 Фрезерно-центрувальна	01	2	1	300мм/хв	105	750
	02	1,6	1	0,06	10	1000
015 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,3	120	330
020 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,3	120	330
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	150	420
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	150	420
035 Фрезерна з ЧПК	01	5,7	3	90мм/хв	34	1100
040 Зубофрезерна	01	11	20	0,8	35/30	350/200
065 Круглошліфувальний	01	0,3	3	0,005	27/49	1670/220
070 Круглошліфувальний	01	0,3	2	0,005	27/49	1670/220
075 Круглошліфувальний	01	0,05	3	0,005	27/49	1670/220
080 Круглошліфувальний	01	0,052	1	0,005	27/50	1670/220
085 Зубошліфувальний	01	0,2	20	0,2	37/49	1200/120

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Технічне нормування операції 010

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{мд}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.38)$$

де $t_{\text{вст}} = 0,3$ хв – час на встановлення та зняття деталі [7];

$t_{\text{мд}} = 0,5$ хв – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням

допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь [7];

$t_{\text{контр}}$ – час на контроль деталі, хв.

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (1.39)$$

де $t_{\text{вим}} = 0,25$ хв – час на вимірювання [7];

$K_n = 0,4$ – періодичність вимірювань [7].

$$t_{\text{контр}} = 0,25 \cdot 0,4 = 0,1 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,3 + 0,5 + 0,1 = 0,9 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.40)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,67 + 0,9 = 1,57 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.41)$$

де $\alpha = 10\%$ – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [7].

$$t_{\text{дод}} = 1,57 \cdot 0,1 = 0,16 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.42)$$

$$t_{\text{шт}} = 1,57 + 0,16 = 1,73 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} \quad (1.43)$$

де $t_{пз1} = 12$ хв – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни [7];

$t_{пз2} = 13$ хв – час на додаткові прийоми, що не ввійшли в комплекс [7];

$$t_{пз} = 12 + 13 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \quad (1.44)$$

$$t_{шт-к} = 1,73 + \frac{25}{36} = 2,42 \text{ хв}$$

1.7.2 Технічне нормування операції 080

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.38), (1.39):

$$t_{контр} = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ хв}$$

$$t_{доп} = 0,4 + 0,7 + 0,1 = 1,2 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.40):

$$t_{оп} = 0,08 + 1,2 = 1,28 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.41):

$$t_{дод} = 1,28 \cdot 0,1 = 0,13 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.42):

$$t_{шт} = 1,28 + 0,13 = 1,41 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.43):

$$t_{пз} = 12 + 13 + 5 = 30 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.44):

$$t_{шт-к} = 1,41 + \frac{30}{36} = 2,24 \text{ хв}$$

1.7.3 Технічне нормування операції 035

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.38), (1.39):

$$t_{контр} = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ хв}$$

$$t_{доп} = 0,3 + 0,4 + 0,1 = 0,8 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.40):

$$t_{оп} = 1,2 + 0,8 = 2 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.41):

$$t_{дод} = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.42):

$$t_{шт} = 2 + 0,2 = 2,2 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.43):

$$t_{пз} = 12 + 13 + 2 = 27 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.44):

$$t_{шт-к} = 2,2 + \frac{27}{36} = 2,95 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для інших операцій наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Результати розрахунку норм часу

Номер та назва операції	t_o , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{дод}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{пз}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
010 Фрезерно-центрувальна	0,67	0,9	0,16	1,73	25	2,42
015 Токарна з ЧПК	20	1,6	2,16	23,76	20	24,32
020 Токарна з ЧПК	15	1,6	1,66	18,26	20	18,82
025 Токарна з ЧПК	12	1,6	1,36	14,96	20	15,52
030 Токарна з ЧПК	8	1,6	0,96	10,56	20	11,12
035 Фрезерна з ЧПК	1,2	0,8	0,20	2,20	27	2,95
040 Зубофрезерна	45	1,5	4,65	51,15	18	51,65
065 Круглошліфувальний	3,5	1,2	0,47	5,17	30	6,00
070 Круглошліфувальний	3	1,2	0,42	4,62	30	5,45
075 Круглошліфувальний	2,5	1,2	0,37	4,07	30	4,90
080 Круглошліфувальний	0,08	1,2	0,13	1,41	30	2,24
085 Зубошліфувальний	30	0,6	3,06	33,66	22	34,27

1.8 Розробка керуючої програми на фрезерну операцію з ЧПК

Для фрезерування пазу на верстаті з ЧПК Cormak MILL 650 PREMIUM LINE керуючу програму (КП) розробимо в програмі NX CAM.

Створюємо в програмі NX CAM модель деталі та заготовки для операції фрезерування пазу (рис. 1.7).

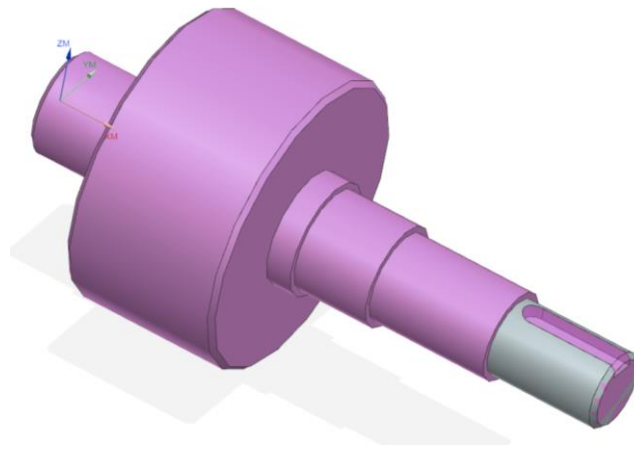


Рисунок 1.7 – Модель

Створюємо кінцеву фрезу для виконання операції (рис. 1.8).

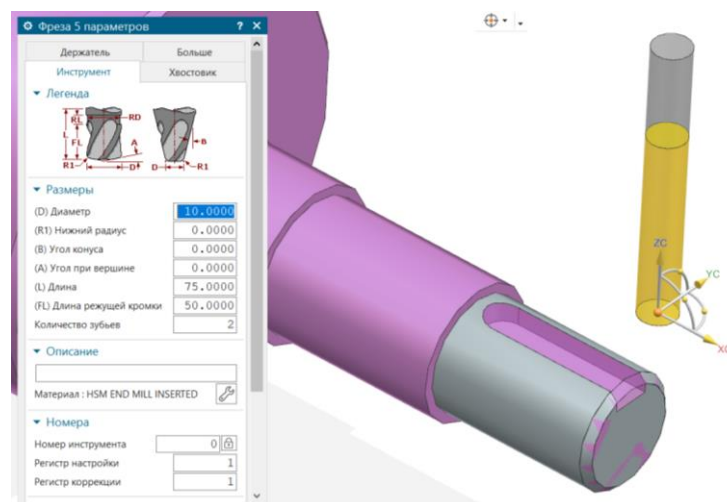


Рисунок 1.8 – Створення інструменту

Створюємо саму операцію фрезерування пазу, завдаємо всі необхідні параметри різання. Після чого генеруємо траєкторію (рис. 1.9).

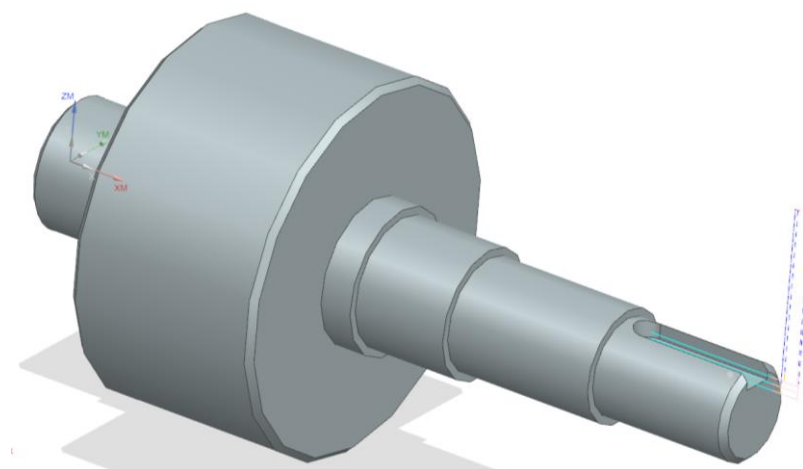


Рисунок 1.9 – Створення фрезерування пазу

Проводимо візуалізацію обробки (с. 1.10) та генеруємо КП (рис. 1.11).

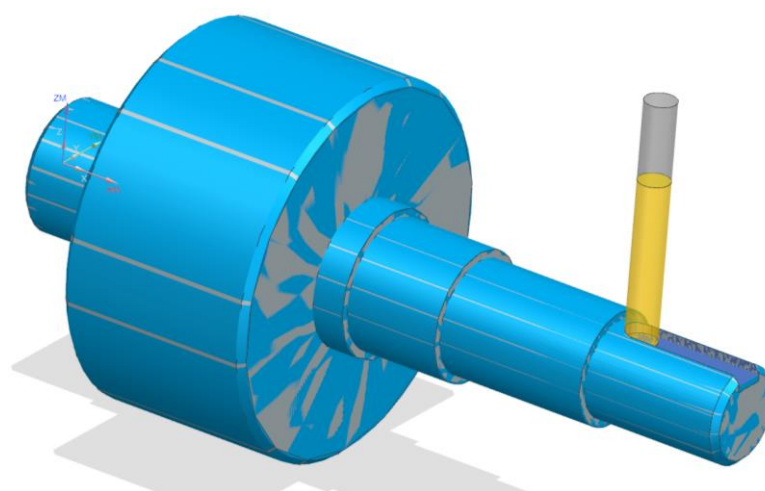
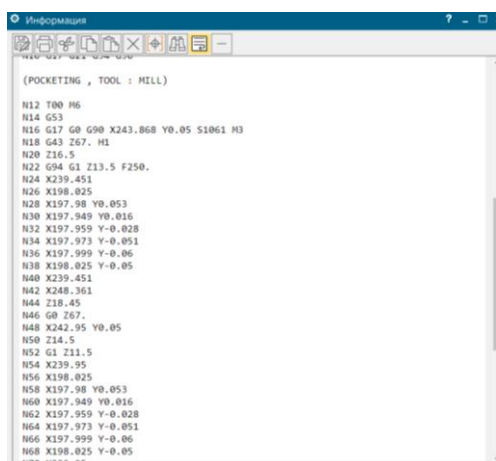


Рисунок 1.10 – Траєкторія обробки



```

(POCKETTING , TOOL : MILL)
N12 T00 M6
N14 G53
N16 G17 G0 G90 X243.868 Y0.05 S1061 M3
N18 G43 Z67. M1
N20 Z16.5
N22 G94 G1 Z13.5 F250.
N24 X239.451
N26 X198.025
N28 X197.98 Y0.053
N30 X197.949 Y0.016
N32 X197.959 Y-0.028
N34 X197.973 Y-0.051
N36 X197.999 Y-0.06
N38 X198.025 Y-0.05
N40 X239.451
N42 X248.361
N44 Z18.45
N46 G0 Z67.
N48 X242.95 Y0.05
N50 Z14.5
N52 G1 Z11.5
N54 X239.95
N56 X198.025
N58 X197.98 Y0.053
N60 X197.949 Y0.016
N62 X197.959 Y-0.028
N64 X197.973 Y-0.051
N66 X197.999 Y-0.06
N68 X198.025 Y-0.05
N70 X239.95
  
```

Рисунок 1.11 – G-код

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування та розрахунок робочого пристосування

2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи пристосування

Робоче пристосування (рис. 2.1) використовується для фрезерування пазу в вал-шестерні. У корпусі 1 встановлений гідроциліндр. Перед обробкою деталь встановлюється на призми 2, 13. В гідроциліндр подається мастило під тиском, поршень 3 та шток 4 рухаються вліво. Через клин 8 шток 4 рухає прижими 6, які затискають деталь. Після закінчення обробки поршень 3 та шток 4 гідроциліндра переміщається вправо. За допомогою пружини 9 прижими 6 розжимаються та звільняють оброблену деталь. Для налаштування фрези використовується установ 14.

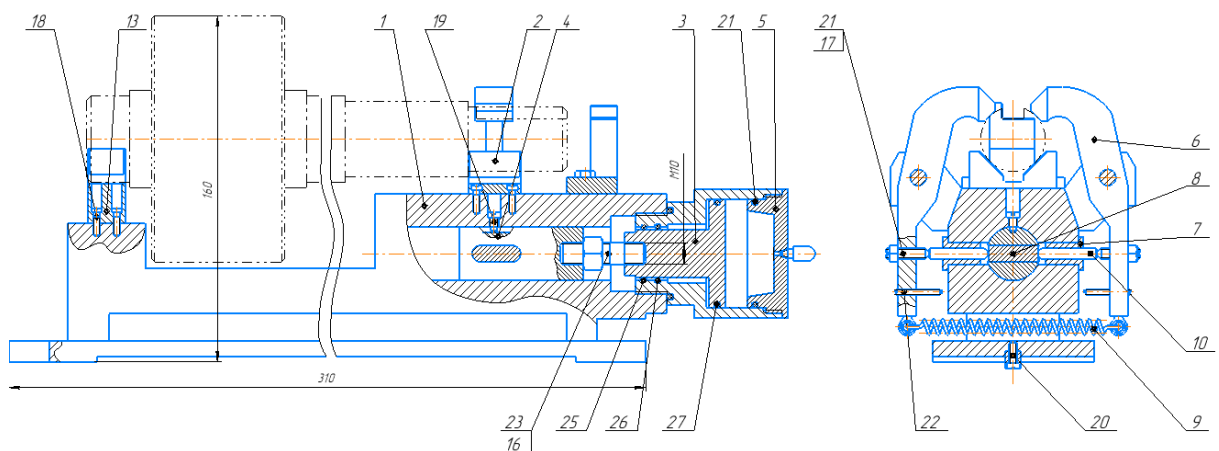


Рисунок 2.1 – Пристосування робоче

2.1.2 Обґрунтування способу базування деталі

Похибка встановлення розраховується за формулою [8]:

$$\varepsilon_{\delta} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.1)$$

де ε_{δ} – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення

Деталь встановлюється на призму з кутом 90° по шийці $\varnothing 30,5_{-0,1}$ (рис. 2.2). Для такого базування похибка дорівнює [8]:

$$\varepsilon_{\delta} = K_1 \cdot TD \quad (2.2)$$

де $T_D = 0.1 \text{ мм}$ – допуск на шийку;

$K_1 = 0.21$ – коефіцієнт базування.

$$\varepsilon_{\delta} = 0.21 \cdot 0,1 = 0,021 \text{ мм}$$

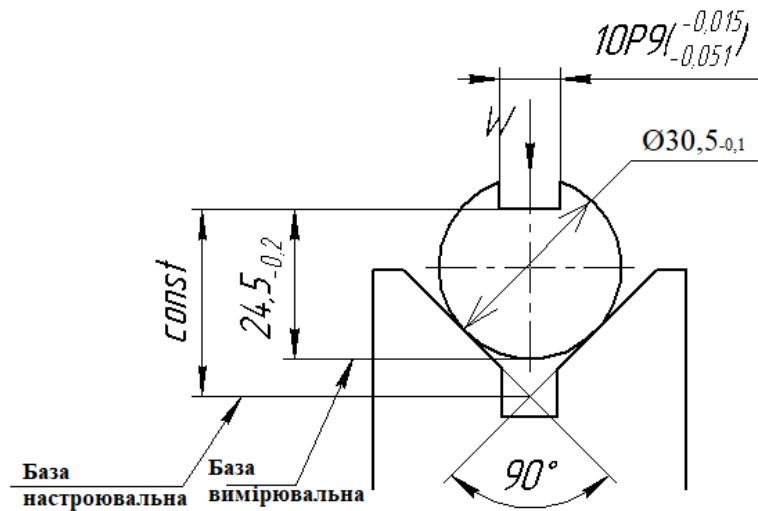


Рисунок 2.2 – Схема встановлення у призму

Похибка закріплення дорівнює [8]:

$$\varepsilon_3 = R \cdot \sin 45 \quad (2.3)$$

де $R=0.04 \text{ мм}$ – похибка закріплення для горизонтальних площин.

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot \sin 45 = 0.03 \text{ мм}$$

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,021^2 + 0,03^2} = 0,036 \text{ мм}$$

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску деталі

Сила затиску дорівнює [8]:

$$W = \frac{P_z \left(R - \frac{h}{2} \right) \sin(\alpha/2)}{fR} \quad (2.4)$$

де P_z – сила різання;

R, h – конструктивні розміри пристосування;

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя.

Дійсна сила затиску [8]:

$$W_D = W \cdot k \quad (2.5)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.6)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу;

$k_1 = 1,7$ – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці;

$k_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту.

$k_3 = 1$ – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

$k_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує мінливість сил затиску, що розвиваються приводами;

$k_5 = 1$ – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток;

$k_6=1$ – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту.

$$k=1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,06$$

Визначення сили різання при фрезеруванні:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^z \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{mp} \quad (2.7)$$

де, t , S_z , B , z , D , n – параметри різання (п. 1.6.2);

C_p , x , y , z , q , w , K_{mp} – коефіцієнти сили різання [6].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{540}{750} \right)^{0.35} = 0,89 \quad (2.8)$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 2^{0.75} \cdot 0,022^{0.6} \cdot 10^{1.4}}{10^{0.86} \cdot 1100^0} \cdot 0,89 = 677 \text{ H}$$

Дійсна сила закріплення по формулі (2.4):

$$W = \frac{677 \cdot \left(0.01525 - \frac{0.0055}{2} \right) \sin 45}{0.15 \cdot 0.01525} = 2615,5 \text{ H}$$

$$W_d = 2615,5 \cdot 3,06 = 6673,7 \text{ H}$$

Сила на штоку гідроциліндра згідно схеми пристосування (рис. 2.3) [8]:

$$Q = 2 P_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta); \quad (2.9)$$

$$P_1 = \frac{P \cdot (L + f \cdot \sin \gamma \cdot R) + P_{\text{пр}} \cdot (h - f \cdot R)}{L_1 - f \cdot (R - h_1)} \quad (2.10)$$

$$P = \frac{W}{2 \cos 70} \quad (2.11)$$

$$P = \frac{6673,7}{2 \cos 45} = 4719 \text{ H}$$

$$P_1 = \frac{4719 \cdot (0.043 + 0.15 \sin 45 \cdot 0.004) + 4 \cdot (0.069 - 0.15 \cdot 0.004)}{0.035 - 0.15(0.004 - 0.0034)} = 5879 \text{ H}$$

$$Q = 2 \cdot 5879 \cdot \operatorname{tg}(20) = 6251,8 \text{ H};$$

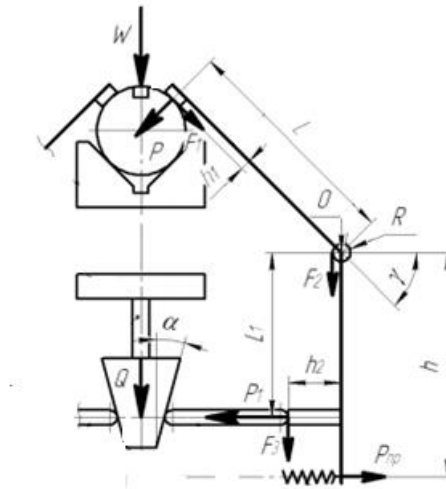


Рисунок 2.3 – Схема важільного механізму [8]

Мінімальний діаметр штока [8]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.12)$$

де α – коефіцієнт затягування, $\alpha=2,25$ [8];

$[\sigma]=100$ МПа – допустима напруга на розтяг для сталі 40Х, $[\sigma]=100$ МПа [1].

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 6251,8}{3,14 \cdot 100}} = 13,4 \rightarrow 22_{мм}$$

Діаметр циліндра [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} \quad (2.13)$$

де η – коефіцієнт корисної дії (ККД), що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85 \dots 0,9$ [8];

p – тиск в гідросистемі, $p=5 \dots 10$ МПа [8];

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6251,8}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,85}} = 43,2 \rightarrow 50_{мм}$$

2.1.4 Розрахунок пристосування на точність

Налаштування інструменту на розмір обробки здійснюється за допомогою установу (рис. 2.4). Розміри установу розраховуємо за формулою [8]:

$$D_{cp} = D - TD/2 \quad (2.14)$$

$$D_{cp} = 30,5 - 0,1/2 = 30,45 \text{ мм}$$

$$R_{cp} = D_{cp}/2 \quad (2.15)$$

$$R_{cp} = 30,45/2 = 15,225 \text{ мм}$$

$$B_{1cp} = R_{cp}/\sin 45 \quad (2.16)$$

$$B_{1cp} = 15,225/0,7 = 21,721 \text{ мм}$$

$$TB_{1cp} = \pm TD/4 \sin 45 \quad (2.17)$$

$$TB_{1cp} = \pm 0,1/4 \sin 45 = \pm 0,009 \rightarrow \pm 0,01 \text{ мм}$$

$$B_{2cp} = A_{cp} - R_{cp} \quad (2.18)$$

$$B_{2cp} = 24,4 - 15,014 = 9,386 \text{ мм}$$

$$T_{B2} = TA - TR = TA - TD/2 \quad (2.19)$$

$$T_{B2} = 0,2 - 0,013/2 = 0,194 \text{ мм} \rightarrow \pm 0,097 \rightarrow \pm 0,05 \text{ мм}$$

$$S_{cp} = S - TS/2 \quad (2.20)$$

$$S_{cp} = 3 - 0,006/2 = 2,997 \text{ мм}$$

$$H = B_{1cp} + B_{2cp} - S_{cp}$$

$$H = 21,721 + 9,386 - 2,997 = 28,110 \text{ мм}$$

Відстань до заснування призми

$$H = H_{уст} + a \quad (2.21)$$

де $a = 9 \text{ мм}$ - відстань в центрі призми

$$H = 28,110 + 9 = 37,110 \text{ мм}$$

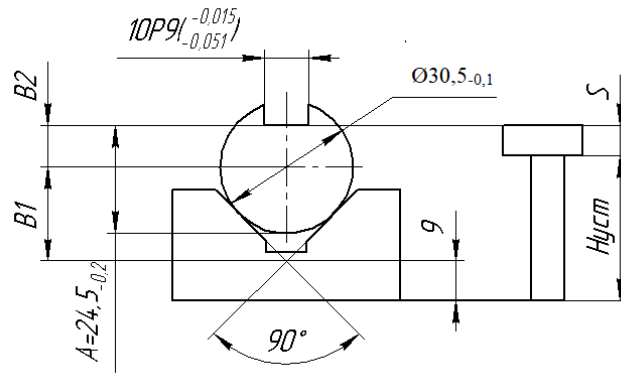


Рисунок 2.4 – Схема розрахунку на точність

Визначення допуску на установ [8]:

$$TH_{уст} \leq TA - (K_1 \cdot \varepsilon_{\bar{o}} + \varepsilon_z + K_2 \cdot \omega) \quad (2.22)$$

де TA - допуск на розмір обробки;

K_1 - коефіцієнт, що враховує реальну похибку базування, $K_1=0,8..0,85$ [8];

K_2 - коефіцієнт, що враховує частку середньої економічної точності обробки і залежить від конструкції пристосування, $K_2=0,6..0,65$ [8];

ω - середня економічна точність обробки, $\omega=0,016\text{мм}$ [8].

$$TH_{уст} \leq 0,2 - (0,8 \cdot 0,021 + 0,03 + 0,6 \cdot 0,016) = 0,166 \rightarrow \pm 0,05\text{мм}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначене для контролю радіального биття. Під час контролю перевіряють радіальне биття діаметра $\text{Ø}35\text{мм}$ рівне $0,03\text{мм}$ відносно вісі центрів (база А). Контрольне пристосування (рис. 2.5) має корпус із встановленою на ньому центрами, в які встановлюється деталь по центровим отворах. Вимірювання радіального биття проводиться індикаторним

годинником, який кріпиться на штанзі. Штанга розташована збоку від деталі на корпусі. Вона має можливість повороту навколо осі на 360 градусів та може змінювати висоту кріплення індикаторного годинника.

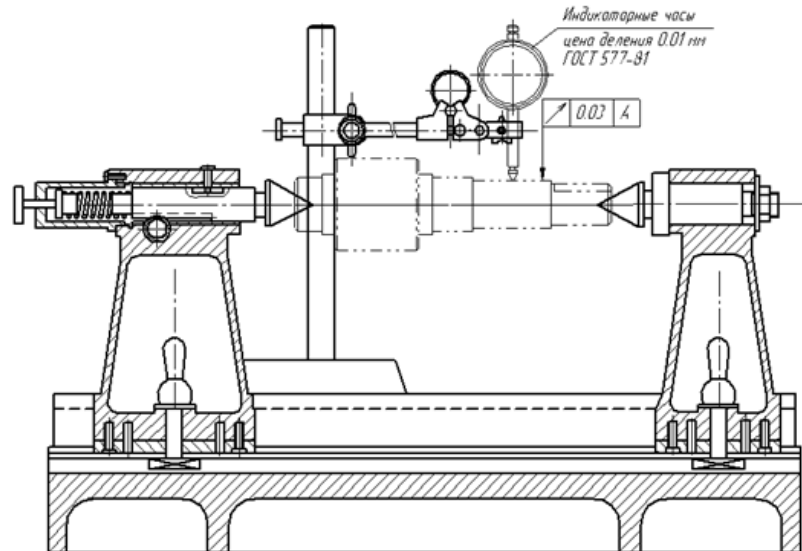


Рисунок 2.5 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок деталі на міцність

При роботі вал-шестерні у редукторі, вона отримує через зубчасте зачеплення крутний момент та передає його через шпонкове з'єднання на шестерню. В зубчастому зачепленні виникає тенденційна та радіальна сила.

Перевірку на міцність вал-шестерні виконаємо методом кінцевих елементів (рис. 2.6) в програмному забезпеченні NX CAE. Оцінки міцності визначимо шляхом порівняно розрахованого коефіцієнта запасу міцності з табличним значення.

Коефіцієнт запасу міцності розраховується за формулою [2]:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.23)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі міцності для сталі 40Х, $[\sigma]=785$ МПа [1];
 $\sigma_{\max}$ – максимальне напруження згідно комп'ютерного розрахунку.

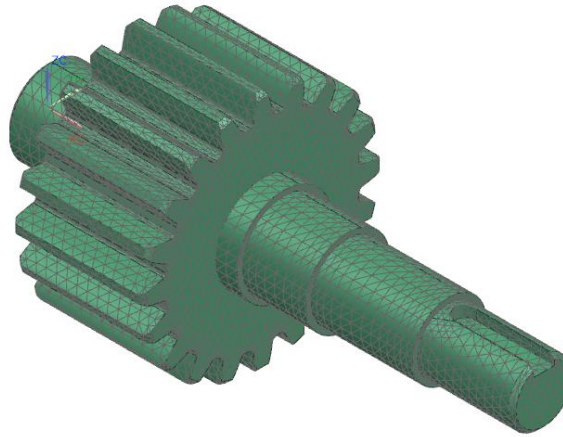


Рисунок 2.6 – Вал-шестерня розбита на сітку кінцевих елементів

Обмеження на деталь у вигляді закріплення накладаємо по шпонковому отвору, а на зубці прикладаємо радіальну та тангенціальну силу (рис. 2.7).

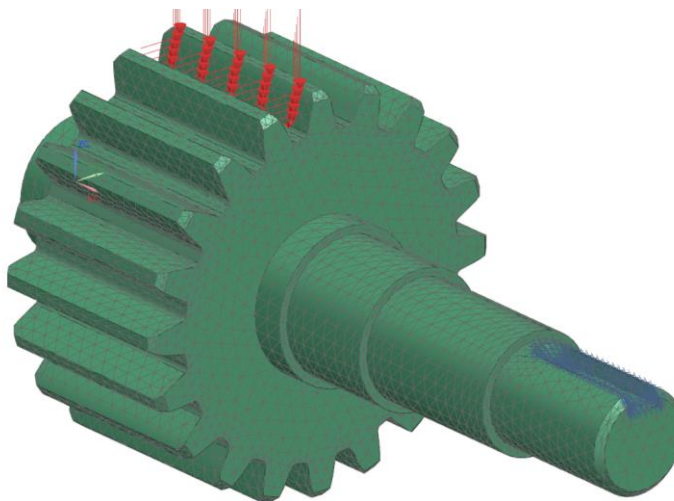


Рисунок 2.7 – Модель деталі з накладеними обмеженнями

Після розрахунку в програмі NX CAE було отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.8). Максимальне напруження знаходиться на перетині шийок діаметром $\varnothing 35$ мм та $\varnothing 30$ мм. Максимальне значення напружень сягає 407,5 МПа.

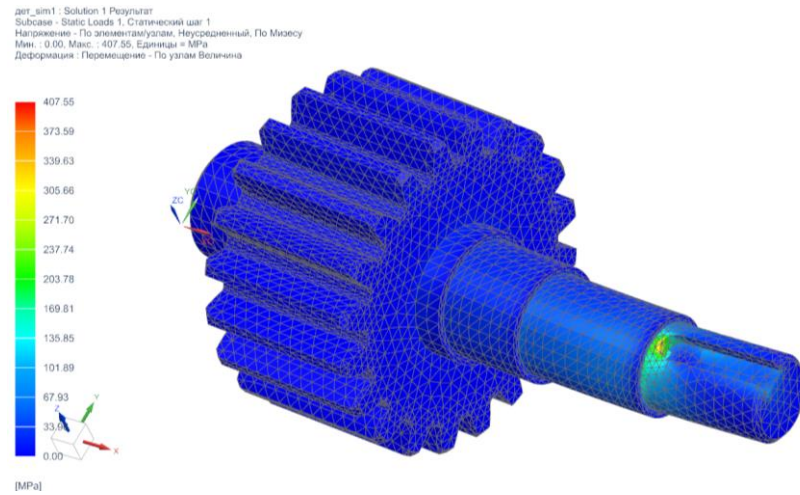


Рисунок 2.8 – Розподіл напружень

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності згідно формули (2.23):

$$k = \frac{785}{407,5} = 1,9$$

Згідно результатів розрахунку коефіцієнт запасу міцності в 1,9 рази перевищує допустимі напруження, тому конструкцію вал-шестерні можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

$$S_{pj} = \frac{\sum_{j=1} t_{ш-кj} \cdot N_j}{F_g \cdot m \cdot 60} \quad (3.1)$$

де $F_g \cdot m = 4000$ год – фонд часу роботи верстата за рік.

Результати розрахунку за формулою (3.2) приведено в таблиці 3.1.

Річна верстатоемність розраховуємо для кожної операції за формулою:

$$T_j = t_{ш-кj} \cdot N \quad (3.2)$$

Результати розрахунку за формулою (3.1) приведено в таблиці 3.1.

Значення розрахункової кількості верстатів (S_p) округлюємо до цілого значення і приймаємо його (S_n) для подальших розрахунків.

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

$$K_{3j} = \frac{S_p}{S_n} \quad (3.3)$$

Результати розрахунку за формулою (3.3) приведено в таблиці 3.1.

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

$$\overline{K_3} = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} \quad (3.4)$$

$$\overline{K_3} = \frac{2,25}{12} = 0,19$$

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку

Номер операції	Модель верстата	$t_{ш-к}$, хв	T, хв	S_p , шт	S_n , шт	K_3
010	HG-1500	2,42	7260	0,03	1	0,03
015	CK7150 LT12	24,32	72960	0,3	1	0,3
020	CK7150 LT12	18,82	56460	0,24	1	0,24
025	CK7150 LT12	15,52	46560	0,19	1	0,19
030	CK7150 LT12	11,12	33360	0,14	1	0,14
035	Cormak Mill 650	2,95	8850	0,04	1	0,04
040	GearSpect SF 160	51,65	154950	0,65	1	0,65
065	URS 500 N	6	18000	0,08	1	0,08
070	URS 500 N	5,45	16350	0,07	1	0,07
075	URS 500 N	4,9	14700	0,06	1	0,06
080	URS 500 N	2,24	6720	0,03	1	0,03
085	KAPP KX 1	34,27	102810	0,43	1	0,43

Розрахована кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей дорівнює $O=12$ деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів (операції 015...030). Токарній операції 015 відповідає максимальний основний час токарної групи – 20 хв.

Розрахуємо кількість верстатів, яке може обслужити один оператор, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{o\max} + t_{\text{доп}}}{t_{\text{доп}} + t_{\text{пер}}} \quad (3.5)$$

де $t_{o\max}$ – максимальний основний час на верстатах об'єднаних в багатOVERстатну зону обслуговування, хв;

$t_{\text{пер}}=0,15$ хв – час на перехід від верстата до верстата.

$$m_s = \frac{20 + 1,6}{2,16 + 0,15} = 9,3 \text{ верстатів}$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

$$R_j = \frac{\sum S_n}{m_{sj}} \quad (3.6)$$

$$R_1 = \frac{4}{9,3} = 0,43 \text{ чоловік}$$

Згідно розрахунків для роботи на чотирьох токарних верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування 12 верстатів необхідно $M=9$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

$$K_{30} = \frac{0}{M} \quad (3.7)$$

$$K_{30} = \frac{12}{9} = 1,33$$

Так як $1 < K_{30} < 10$, то остаточно тип виробництва приймаємо серійним.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня» було запропоновано змінити базову обробку на універсальних токарно-гвинторізних верстатах обробкою на токарних верстатах з ЧПК згідно таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія						Нова технологія			
Модель верстата	1K20	1K20	1K20	1K20	1K20	1K20	CK7150 LT12	CK7150 LT12	CK7150 LT12	CK7150 LT12
Штучний час $t_{шт}$, хв	25	20	15	12	10	12	23,76	18,26	14,96	10,56
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	57,5	57,5	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7
Число змін m	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Оптова ціна верстата F , грн	285000						1500000			
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань N_a , %	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N , кВт	11	11	11	11	11	11	12	12	12	12

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі [9]:

$$Z_o = \frac{\sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шт-кі} \cdot C_{тар} \cdot K_6 \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{60} \quad (4.1)$$

де $m_{оп}$ – кількість операцій у технологічному процесі;

$t_{шти}$ – норма штучного часу виконання і-ой операції, год;

$C_{тар}$ – годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції, грн/год;

K_6 – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERстатному обслуговуванні, $K_6=0,39$;

$k_{доп}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату, $k_{доп} = 1,2$;

$k_{соц}$ – коефіцієнт, що враховує страхові внески, $k_{соц} = 1,4$.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатника за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
010	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
015	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
020	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
025	Токарна	12	76,6	1,2	1,4	25,74
030	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
035	Токарна	12	76,6	1,2	1,4	25,74
					Σ	201,61

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
015	Токарна	23,76	57,5	1,2	1,4	38,25
020	Токарна	18,26	57,5	1,2	1,4	29,40
025	Токарна	14,96	57,5	1,2	1,4	24,09
030	Токарна	10,56	57,5	1,2	1,4	17,00
					Σ	108,74

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою [9]:

$$З_o = \frac{\Phi_p \cdot C_{\text{тар}} \cdot Ч_n \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{соц}}}{N} \quad (4.2)$$

де $C_{\text{тар.н}}$ – годинна тарифна ставка, грн;

$Ч_n$ – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

Φ_p – річний фонд часу одного, $\Phi_p = 2096$ год;

m_{on} – кількість операцій у технологічному процесі.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	Φ_p , год	$C_{\text{тар}}$, грн	$Ч_n$	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$З_o$, грн
015	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	9,48
020	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	9,48
025	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	9,48
030	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	9,48
						Σ	37,93

Визначимо амортизацію на обладнання за формулою [9]:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{on}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{\text{шт-кі}}}{100 \cdot F_d \cdot 60} \quad (4.3)$$

де K_i – первісна вартість обладнання на i -ої операції, грн;

H_{ai} – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання на i -ої операції, %.

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.5, 6.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою [9]:

$$S_{\text{ін}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ін}}} \frac{Ц_{\text{ін}ij} \cdot t_{\text{шт}ij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)} \quad (4.4)$$

де C_{inij} – ціна інструменту j -го виду на i -ої операції, грн/шт;

t_{umij} – штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв;

η_m – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення t_{mach}/t_{um} ;

T_{ij} – період стійкості інструменту j -го виду на i -ої операції, хв;

n_{in} – номенклатура інструментів на i -ої операції;

n_j – число переточок інструменту j -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.7, 4.8.

Таблиця 4.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
010	Токарна	25	285000	14,2	4015	4,20
015	Токарна	20	285000	14,2	4015	3,36
020	Токарна	15	285000	14,2	4015	2,52
025	Токарна	12	285000	14,2	4015	2,02
030	Токарна	10	285000	14,2	4015	1,68
035	Токарна	12	285000	14,2	4015	2,02
					Σ	15,79

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
015	Токарна	23,76	1500000	12,2	4015	18,05
020	Токарна	18,26	1500000	12,2	4015	13,87
025	Токарна	14,96	1500000	12,2	4015	11,36
030	Токарна	10,56	1500000	12,2	4015	8,02
					Σ	51,31

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{ін}	T, хв	n _j	η _{мі}	S _{ін} Грн
010	Токарна	25	Різець прохід.	250	3	60	10	0,4	3,79
015	Токарна	20	Різець прохід.	250	3	60	10	0,4	3,03
020	Токарна	15	Різець прохід.	250	3	60	10	0,4	2,27
025	Токарна	12	Різець прохід.	250	3	60	10	0,4	1,82
030	Токарна	10	Різець прохід.	250	3	60	10	0,4	1,52
030	Токарна	12	Різець прохід.	250	3	60	10	0,4	1,82
								Σ	14,24

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{ін}	T, хв	n _j	η _{мі}	S _{ін} грн
015	Токарна	23,76	Різець прохід.	250	3	240	1	0,4	4,95
020	Токарна	18,26	Різець прохід.	250	3	240	1	0,4	3,80
025	Токарна	14,96	Різець прохід.	250	3	240	1	0,4	2,97
030	Токарна	10,56	Різець прохід.	250	3	240	1	0,4	2,20
								Σ	13,93

Визначимо витрати на електроенергію за формулою [9]:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_q \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t_{шт-к}}{\eta \cdot k_B \cdot 60} \cdot C_e \quad (4.5)$$

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

k_N – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК – 0,9, для решти обладнання – 0,8);

k_q – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК – 0,7, для решти обладнання – 0,6);

$k_{од}$ – середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК – 1, для решти обладнання – 0,6);

k_w – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії, $k_w = 1,08$;

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_g – коефіцієнт виконання норм часу;

C_e – вартість електроенергії, $C_e = 3,45$ грн/кВт×год.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	$S_e,$ грн
010	Токарна	25	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,97
015	Токарна	20	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,97
020	Токарна	15	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,98
025	Токарна	12	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,38
030	Токарна	10	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,99
035	Токарна	12	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,38
										Σ	18,68

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	$S_e,$ грн
020	Токарна	23,76	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	12,68
025	Токарна	18,26	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	9,74
030	Токарна	14,96	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	7,98
035	Токарна	10,56	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	5,63
										Σ	36,03

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою [9]:

$$S_p = \frac{C_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (4.6)$$

де C_{mo} – залишкова вартість обладнання, грн

K_p – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду, $K_p = 0,02$.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.11, 4.12.

Таблиця 4.11 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$C_{го}$, грн	K_p	C_p	S_p , грн
010	Токарна	285000	0,02	0,64	1,22
015	Токарна	285000	0,02	0,64	1,22
020	Токарна	285000	0,02	0,64	1,22
025	Токарна	285000	0,02	0,64	1,22
030	Токарна	285000	0,02	0,64	1,22
035	Токарна	285000	0,02	0,64	1,22
				Σ	7,3

Таблиця 4.12 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$C_{го}$, грн	K_p	C_p	S_p , грн
015	Токарна	1500000	0,02	0,78	7,80
020	Токарна	1500000	0,02	0,78	7,80
025	Токарна	1500000	0,02	0,78	7,80
030	Токарна	1500000	0,02	0,78	7,80
				Σ	31,2

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули [9]:

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{гн} \cdot t_{ін} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60} \quad (4.7)$$

де φ – коефіцієнт, що враховує випадковий спад інструменту, $\varphi = 1,3$;

$C_{гн}$ – середньогодинна заробітна плата наладчиків, грн./год;

$t_{ін}$ – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ($t_{ін} = 4$ хв – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{ін} = 5$ хв – для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп).

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв;

K_m – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі;

T_m – середня стійкість інструменту, хв.;

m – число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

№ опер	Найменування операції	Тип інструменту	t_o , хв	$C_{гн}$, грн/год	n_i	$t_{ін}$, хв	K_T	T_M	m	S_n , грн
015	Токарна	Різець прохід.	20	50,9	6	4	0,9	240	4	0,08
020	Токарна	Різець прохід.	15	50,9	6	4	0,9	240	4	0,06
025	Токарна	Різець прохід.	12	50,9	6	4	0,9	240	4	0,05
030	Токарна	Різець прохід.	8	50,9	6	4	0,9	240	4	0,03
									Σ	0,23

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [9]:

$$I_n = Z_o \cdot k_{заг} \quad (4.8)$$

де $k_{заг}$ – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників, $k_{заг} = 0,20 \dots 0,25$.

$$I_{н1} = 201,61 \cdot 0,2 = 40,32 \text{ грн}$$

$$I_{н2} = 108,74 \cdot 0,2 = 21,75 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [9]:

$$C_T = Z_o + Z_n + A_{\text{від}} + S_{\text{ін}} + S_e + S_p + S_n + I_n \quad (4.9)$$

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за двома варіантами наведено у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Заробітна плата верстатника	Z_o	201,61	108,74
Заробітна плата наладчика	Z_n		37,93
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	15,79	51,31
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	14,24	13,93
Витрати на електроенергію	S_e	18,68	36,03
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	7,3	31,2
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_n		0,23
Витрати інші	I_n	40,32	21,75
Технологічна собівартість	C_T	328,72	270,34

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [9]:

$$E_{\text{ур}} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N \quad (4.10)$$

$$E_{\text{ур}} = (328,72 - 270,34) \cdot 3000 = 175140 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 175140 грн., що свідчить про ефективність запропонованої технологічної інновації.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для випадку придбання технологічного обладнання. Зіставимо величини капітальних витрат за варіантами.

Капітальні вкладення обладнання, віднесені до одиниці продукції, визначаються за наступним рівнянням:

$$K_o = \frac{C_{об} \cdot t_{шт.к.}}{60 \cdot F_d} \quad (4.11)$$

У таблицях 4.15-4.16 розраховані капітальні витрати за формулою (4.11).

Таблиця 4.15 - Капітальні витрати на обладнання за базовим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
010	Токарна	25	285000	4015	29,58
015	Токарна	20	285000	4015	23,66
020	Токарна	15	285000	4015	17,75
025	Токарна	12	285000	4015	14,20
030	Токарна	10	285000	4015	11,83
035	Токарна	12	285000	4015	14,20
		Σ	1710000	Σ	111,21

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за новим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
015	Токарна	23,76	1500000	4015	147,95
020	Токарна	18,26	1500000	4015	113,70
025	Токарна	14,96	1500000	4015	93,15
030	Токарна	10,56	1500000	4015	65,75
		Σ	6000000	Σ	420,55

Оскільки капітальні витрати є суттєво різними, оцінювати ефективність варіантів ТП слід на основі мінімуму наведених витрат за формулою:

$$B_{\text{нав}} = C + E_n K, \quad (4.12)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності, показує, яка частина капітальних вкладень має окупатися за один рік. Для застосування вибирається варіант із мінімальним значенням $B_{\text{нав}}$.

У таблиці 4.17 наведено результати порівняння.

Таблиця 4.17 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Технологічна собівартість деталі	C_T	328,72	270,34
Капітальні витрати на деталь	K_o	111,21	420,55
Наведені витрати на деталь	W_o	345,40	333,42
Собівартість річної програми	C_p	986160,00	811020,00
Капітальні витрати на програму	$K_{\text{оріч}}$	333623,91	1261643,84
Наведені витрати на програму	$W_{\text{річ}}$	1000266,58	1036203,59
Річна економія (збиток), грн	ΔW	-35937,01	

Аналіз таблиці 4.17 показує, що придбання та використання високотехнологічного дорогого обладнання з найменшими поточними витратами на виробництво продукції в умовах багатосерійного типу виробництва часто є перешкодою для впровадження нових інноваційних технологій.

Розрахуємо критичний обсяг виробництва, при якому наведені витрати за варіантами рівні за формулою:

$$N_{\text{кр}} = \frac{(C_{2\text{пост}} - C_{1\text{пост}}) + 0,15 \cdot (K_2 - K_1)}{C_{13\text{м}} - C_{23\text{м}}} = \text{шт} \quad (4.13)$$

де $N_{\text{кр}}$ – критичний обсяг діяльності;

$C_{1\text{пост}}$ - умовно-постійні витрати на річний обсяг виробництва;

$C_{2\text{пост}}$ - умовно-постійні витрати на річний обсяг виробництва;

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності;

K_1 – капітальні витрати за першим варіантом;

K_2 – капітальні витрати за другим варіантом;

$C_{1\text{зм}}$ – умовно-змінні витрати на 1 деталь за першим варіантом;

$C_{2\text{зм}}$ – умовно-змінні витрати на 1 деталь за другим варіантом.

$$N_{\text{кр}} = \frac{0,15 \cdot (6000000 - 1710000)}{328,72 - 270,34} = 11022,61 \text{ шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{\text{кр}}$, то більш вигідний базовий варіант ТП. Якщо більше – 11022,61 шт, то більш вигідний новий варіант ТП.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення та основні поняття електробезпеки

Електробезпека – система організаційних та технічних заходів та засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електроструму, електродуги, електромагнітного поля та статичної електрики [10].

Електроустановка – сукупність машин, апаратів, ліній та допоміжного обладнання (разом із спорудами та приміщеннями, в яких вони встановлені), призначених для виробництва, перетворення, трансформації, передачі, розподілу електричної енергії та перетворення її на інший вид енергії.

Персонал електротехнічний – адміністративно-технічний, оперативний, оперативно-ремонтний, ремонтний персонал, який організовує та здійснює монтаж, налагодження, технічне обслуговування, ремонт, управління режимом роботи електроустановок.

Персонал електротехнологічний – персонал, у якого в керованому ним технологічному процесі основною складовою є електрична енергія (наприклад, електрозварювання, електродугові печі, електроліз та ін.), який використовує в роботі ручні електричні машини, переносний електроінструмент та світильники та інші працівники, для яких посадовий (виробничою) інструкцією або інструкцією з охорони праці встановлено знання правил з охорони праці під час експлуатації електроустановок (де потрібна II або вища група з електробезпеки).

Роботодавець зобов'язаний забезпечити:

- 1) утримання електроустановок у працездатному стані та їх експлуатацію відповідно до вимог нормативно-технічних документів;
- 2) своєчасне та якісне проведення технічного обслуговування, планово-попереджувального ремонту, випробувань, модернізації та реконструкції електроустановок та електрообладнання;

- 3) підбір електротехнічного та електротехнологічного персоналу, періодичні медичні огляди працівників, проведення інструктажів з безпеки праці, пожежної безпеки;
- 4) навчання та перевірку знань електротехнічного та електротехнологічного персоналу;
- 5) надійність роботи та безпека експлуатації електроустановок;
- 6) охорону праці електротехнічного та електротехнологічного персоналу;
- 7) охорону навколишнього середовища під час експлуатації електроустановок;
- 8) облік, аналіз та розслідування порушень у роботі електроустановок, нещасних випадків, пов'язаних з експлуатацією електроустановок, та вжиття заходів щодо усунення причин їх виникнення;
- 9) подання повідомлень до органів держенергонагляду про аварії, смертельні, важкі та групові нещасні випадки, пов'язані з експлуатацією електроустановок;
- 10) розроблення посадових, виробничих інструкцій та інструкцій з охорони праці для електротехнічного персоналу;
- 11) укомплектування електроустановок захисними засобами, засобами пожежогасіння та інструментом;
- 12) облік, раціональне витрачання електричної енергії та проведення заходів щодо енергозбереження;
- 13) проведення необхідних випробувань електрообладнання, експлуатацію пристроїв блискавкозахисту, вимірювальних приладів та засобів обліку електричної енергії;
- 14) виконання розпоряджень органів державного енергетичного нагляду.

Безпека обслуговуючого персоналу та сторонніх осіб повинна забезпечуватись виконанням наступних заходів:

- 1) дотримання відповідних відстаней до струмопровідних частин або шляхом закриття, огороження струмопровідних частин;
- 2) застосування блокування апаратів та огорожувальних пристроїв для запобігання помилковим операціям та доступу до струмоведучих частин;
- 3) застосування попереджувальної сигналізації, написів та плакатів;
- 4) застосування пристроїв для зниження напруженості електричних та магнітних полів до допустимих значень;
- 5) використання засобів захисту та пристроїв, у тому числі для захисту від впливу електричного та магнітного полів в електроустановках, у яких їх напруженість перевищує допустимі норми.

Роботодавець в залежності від місцевих умов може передбачати додаткові заходи безпеки праці, не проти що працюють діючі правила з охорони праці під час експлуатації електроустановок. Ці заходи безпеки мають бути внесені до відповідних інструкцій з охорони купу, доведені до персоналу у вигляді розпоряджень, вказівок, інструктажу.

Електроустановки повинні знаходитись у технічно справному стані, що забезпечує безпечні умови праці.

Працівники, які приймаються до виконання робіт в електроустановках, повинні мати професійну підготовку, що відповідає характеру роботи. Електротехнічний (електротехнологічний) персонал зобов'язаний пройти перевірку знань норм і правил роботи в електроустановках в межах вимог, що пред'являються до відповідної посади або професії, і мати відповідну групу з електробезпеки. Працівнику, який пройшов перевірку знань з охорони купу під час експлуатації електроустановок, видається посвідчення встановленого зразка, до якого вносяться результати перевірки знань.

Працівники, які мають право проведення спеціальних робіт, повинні мати про це запис у посвідченні. Під спеціальними роботами у разі слід розуміти:

- 1) верхолазні роботи;

2) роботи під напругою на струмопровідних частинах, обмив та заміна ізоляторів, ремонт проводів, контроль вимірювальною штангою ізоляторів та сполучних затискачів, мастило тросів;

3) випробування обладнання підвищеною напругою (за винятком робіт із мегаомметром).

Перелік спеціальних робіт може бути доповнено зазначенням роботодавця з урахуванням місцевих умов.

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня». Було економічно обґрунтовано отримання заготовки штампуванням на КГШП, розраховано масу заготовки $Q_{\text{заг}}=7,7$ кг, коефіцієнт використання матеріалу $\eta=0,7$. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки штампуванням на КГШП становив 18000 грн.

Був розроблений удосконалений маршрут виготовлення деталі, який містив замість токарної обробки на універсальних верстатах обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення.

Для операції фрезерування пазу була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано робоче пристосування для фрезерування шпонкового пазу. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний гідроциліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для перевірки радіального биття шийок деталі.

Розроблено планування ділянки з виробництва деталі «Вал-шестерня». Було визначено кількість технологічного обладнання – 12 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 9 чоловік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 2. / [под. ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема]. – М. : Машиностроение, 1976, – 720 с.
2. Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. : Гончар Н.В., Тришин П.Р. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 61 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.– 652 с.
6. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания при нормировании работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 472с.
7. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.
8. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.
9. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології

машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023 – 43 с.

10. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (укр) [Текст] : 12. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – 66 с.

[illegible]

ДОДАТОК Б
Технологічні карти

Дод.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.124.007	Листів 4	Лист 4	

					НУЗП	НУЗП 721323.007		М-111сп.1014.1.000001

А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
А 01				095	0200 Контрольна				ЮП №008							
Б 02	XXXXXX				Контрольний стіл	2	13063	5	1	1	1	шт	36	1		
03																
04																
05																
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																

1981-2-1953-6	1953-7-1954-6	1954-7-1955-6	1955-7-1956-6	1956-7-1957-6

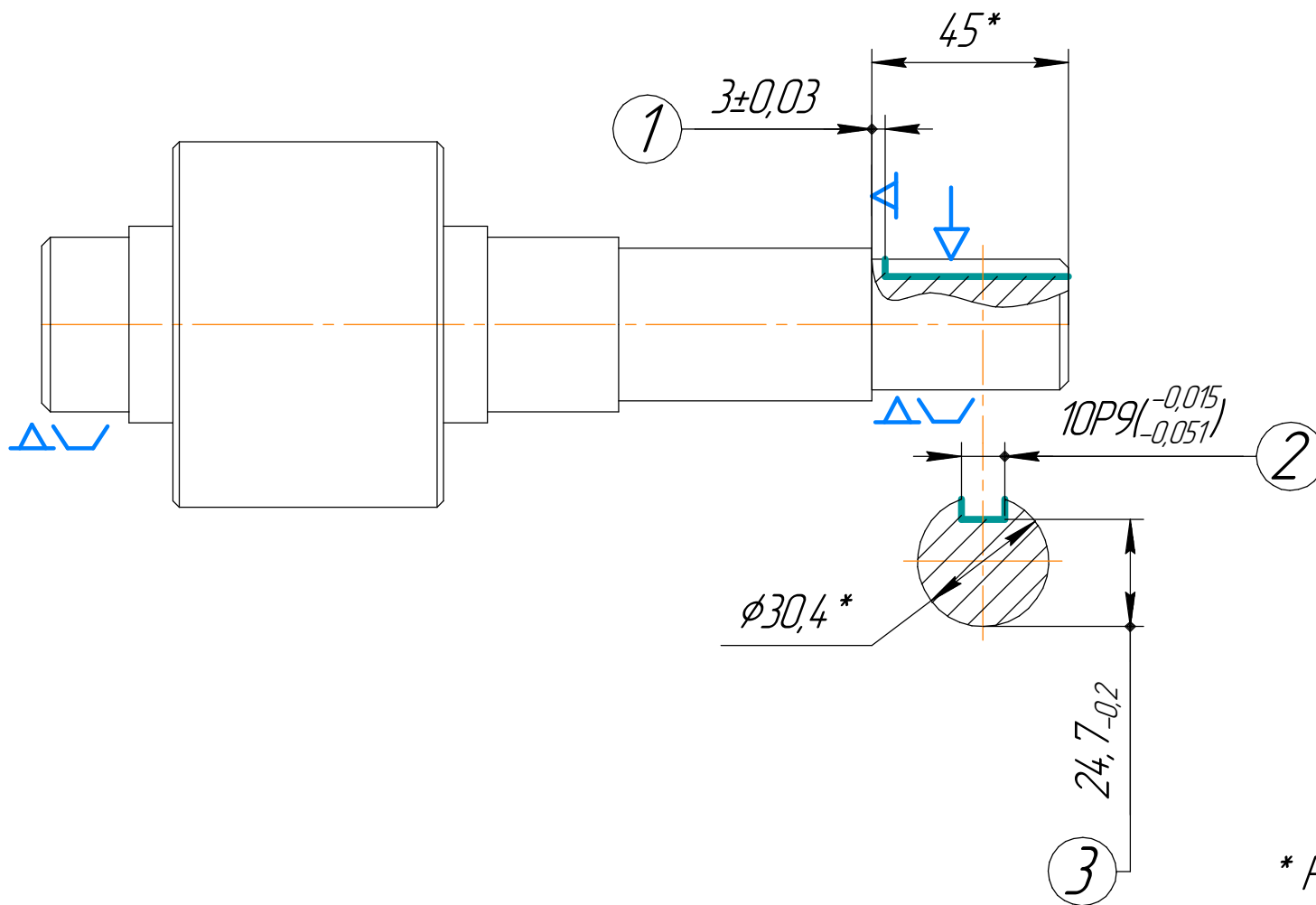
Розроб.	Кішкін			НУЗП	НУЗП 721323.007		М-111сп.2014.1.00010					
Перевір.	Тришин											
Н. контр.	Дядя				Вал-шестерня							010



* Розмір довідок

1001 3.1105-04			Формы 7	

					НУЗП 0214.124.007		1	1
Розроб.	Кішкін			НУЗП	НУЗП 721323.007		М-111сп.2014.1.00035	
Перевір.	Тришин							
Н. контр.	Дядя			Вал-шестерня				035



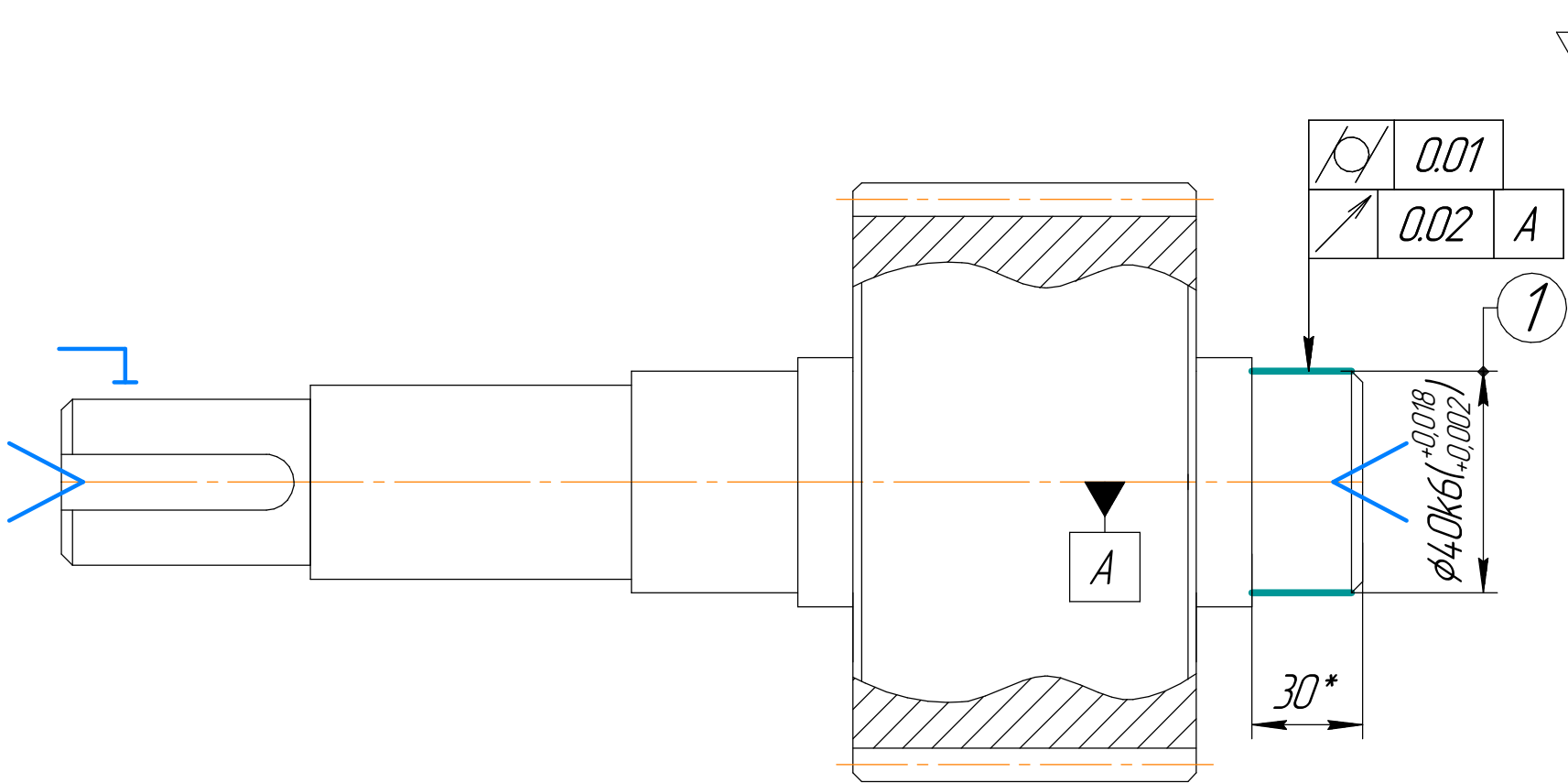
* Розмір довідок

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

							НУЗП 0214.124.007	1	1	
Розроб.	Кішкін			НУЗП	НУЗП 721323.007		М-111сп.2014.1.00080			
Перевір.	Тришин									
Н. контр.	Дядя				Вал-шестерня					080



* Розмір довідок

КЗ			
----	--	--	--

