

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технології машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення вал-шестерні»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-110сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технологія машинобудування

Жабіна Є.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Тришин П.Р.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Широкобоков В.В.

(прізвище 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 _____
 « _____ » _____ 20__ року

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

Жабіна Євгенія Олександрівна
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення вал-шестерні

керівник проєкту (роботи) Тришин П.Р.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » квітня 2023 року №83

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 05 червня 2023

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3. Розробка планування дільниці; 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	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	Тришин П.Р.		
4	Пухальська Г.В.		
нормоконтр.	Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання 01 травня 2023 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	15.05.2023	
2	Конструкторська частина	22.05.2023	
3	Розробка планування ділянки	27.05.2023	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	29.05.2023	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2023	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2023	
7	Захист дипломного проекту	08.06.2023	

Студент

_____ Жабіна Э.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ Тришин П.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 96 с., 30 рис., 24 табл., 3 додатки, 13 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 вал-шестерні.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення вал-шестерні, передбачено економічні ризики виробництва, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму для операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцносні 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 позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт.....	9
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	11
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	15
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	15
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	15
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	19
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	19
1.6 Розрахунок режимів різання.....	27
1.6.1 Операція 025 - токарна.....	27
1.6.2 Операція 100 – шліфувальна.....	31
1.6.3 Операція 045 – зубофрезерна.....	34
1.7 Технічне нормування операцій.....	37
1.7.1 Технічне нормування токарної операції 025.....	37
1.7.2 Технічне нормування шліфувальної операції 100.....	39
1.7.3 Технічне нормування зубофрезерної операції 045.....	40
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.....	42
2 Конструкторська частина.....	49
2.1 Проектування робочого пристосування.....	49
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	49
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосувань на точність.....	50
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	53
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	56

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	56
2.3 Розрахунок на міцність деталі	57
3 Розробка планування ділянки.....	60
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки.....	63
5 Охорона праці.....	73
5.1 Вентиляція виробничих приміщень	73
Висновки	76
Перелік джерел посилання	77
Додаток А. Визначення ваги деталі та заготовок за допомогою масово- центрувальних характеристик програмного забезпечення «КОМПАС-3D»	79
Додаток Б. Специфікація робочого пристосування.....	81
Додаток В. Технологічні карти	84

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- КВМ – коефіцієнт використання матеріалу
КГШП – кривошипний гарячештампований прес
КП – керуюча програма
МВД – маршрут виготовлення деталі
МОП – маршрут обробки поверхні
РТК – розрахунково-технологічна карта
САПР – системи автоматизованого проектування
ТО – термічна обробка
ТП – технологічний процес
ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Сукупність всіх процесів робітників і знарядь виробництва, пов'язаних з переробкою сировини і напівфабрикатів в заготівлі, готові деталі, складальні одиниці і готові вироби називається виробничим процесом. Головною частиною виробничого процесу є технологічний процес, який є процесом обробки заготівлі на верстатах з метою перетворення її в готову деталь.

Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці та якості виробів за одночасного зниження витрат на їх виготовлення. Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови процесу обробки, використаного обладнання, інструменту та оснащення, а також обґрунтованого призначення припусків на обробку та допусків операційних розмірів.

Технологія машинобудування – наука про способи виготовлення деталей машин, а також складання їх у вузли та готові машини. Предметом вивчення у технології машинобудування є виготовлення виробів заданої якості у встановленій програмі випуску кількості за найменших витрат матеріалів, мінімальної собівартості та високої продуктивності праці.

Відповідно до загальних правил розробки технологічних процесів комплексу завдань розмірного аналізу передують такі найважливіші етапи, як вибір виду вихідної заготовки, методу її виготовлення та технологічних баз, розробка варіанта технологічного маршруту обробки, а також вибір засобів технологічного оснащення.

Розроблені технологічні процеси оформляються як технологічної документації, до складу якої входять: маршрутна карта, операційна карта, карта ескізів, карта контролю та інші.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40X13 [1]

C	Si	Mn	Ni	Cr	Fe	S	P
0,35...0,44	<0,6	<0,6	<0,6	12...14	основа	<0,025	<0,03

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості сталі 40X13 [1]

Властивість	Значення
Щільність	7870 кг/м ³
Межа міцності при розтягуванні	810 МПа
Межа плинності	685 МПа
Відносне подовження	10 %
Ударна в'язкість	590 кДж/м ²

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Визначення типу виробництва та форми організації робіт виконуємо на основі маси деталі та програми випуску згідно методики [2]. Так як маса деталі дорівнює 2 кг, а річна програма випуску – 3000 штук, згідно таблиці 1.2 тип виробництва можна визначити як серійний.

Таблиця 1.2 – Тип виробництва [2].

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей на рік		
	важкі, m>100 кг	середні, m=10...100 кг	легкі, m<10 кг
одиничне	до 5	до 10	до 100
дрібносерійне	5...10	10...200	100...500
серійне	100...300	200...500	500...5000
крупносерійне	300...1000	500...5000	5000...50000
масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

Форми організації робіт згідно [3] залежить від встановленого порядку виконання операцій технологічного процесу (ТП), кількості партії

оброблюваних деталей (n), розміщення верстатів тощо. Для обробки заданої деталі обираємо поточну форму організації робіт.

Кількість партії оброблюваних деталей розраховується за формулою (1.1):

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

де N – річна програма випуску, шт;

α – періодичність запуску партій деталей в виробництво;

A – кількість робочих днів на рік.

$$n = \frac{3 \cdot 3000}{250} = 36 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Згідно аналізу креслення деталі, маси, матеріалу та технологічних вимог до виготовлення, програми випуску заготовку можна отримати наступними методами:

- штампування на кривошипному гаряче штампованому пресі (КГШП);
- штампування на молоті.

Для штампованої заготовки згідно рекомендацій [4] встановлюємо наступні хар

- клас точності – Т2;
- група сталі – М2;
- ступінь складності – С1;
- нахили для зовнішніх поверхонь – 5°;
- зовнішні радіуси заокруглень – 2 мм, внутрішні радіуси заокруглень – 6

Припуски на всі поверхні штамповки приймаються в залежності від їх маси згідно [5]: для КГШП – 1,9...2,5 мм; для молота – 2,0...2,6 мм.

Маси заготовок визначаємо за допомогою програмного забезпечення

Компас-3D шляхом виміру масово-центровочних характеристик (Додаток А). Ескізи заготовок отриманих методом штамповки на молоті та КГШП наведений на рис. 1.2, 1.3.

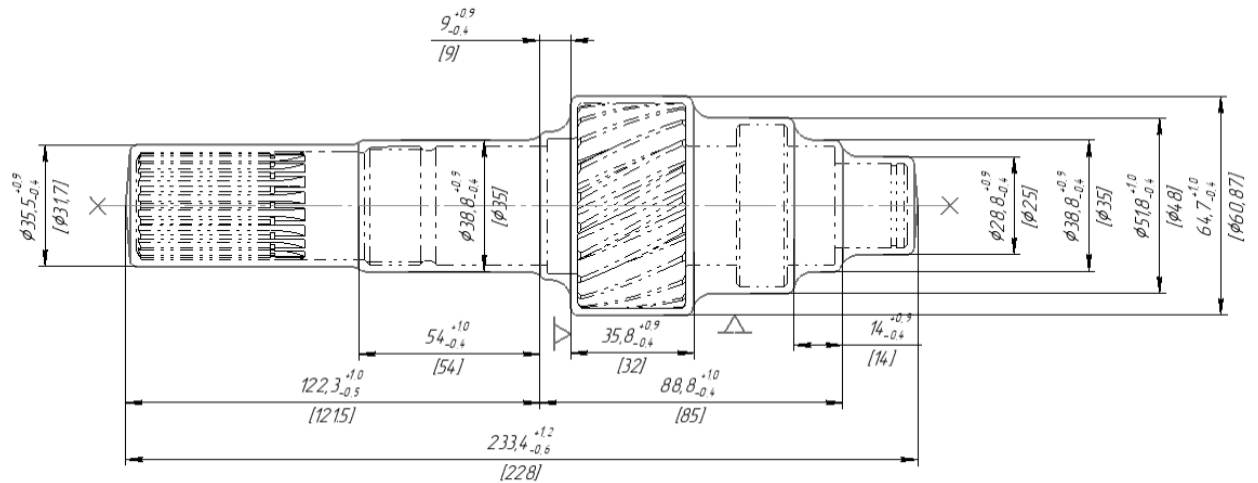


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, що отримується на КГШП

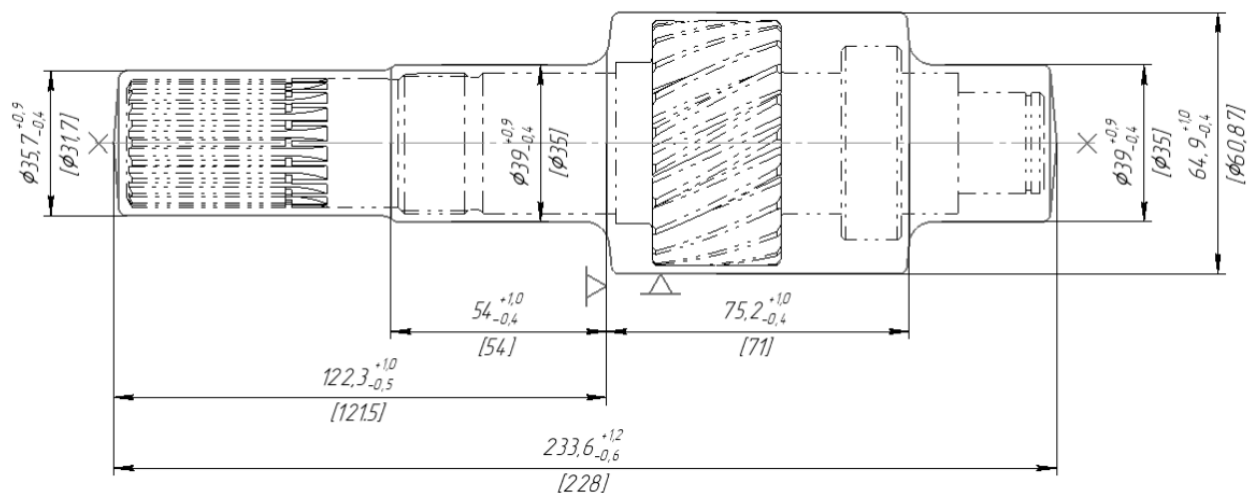


Рисунок 1.3 – Ескіз заготовки, що отримується на молоті

Для техніко-економічне обґрунтування методу отримання заготовок оцінимо собівартість їх виготовлення. Собівартість виготовлення однієї заготовки В, грн, розраховується за формулою:

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

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

B_B – базова собівартість виготовлення 1 т заготовки заготовок, грн. [5];

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки [5];

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі [5];

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки [5];

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [5];

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки [5];

$B_{\text{відх}}$ – вартість 1 т стружки [5].

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 2,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 - (2,8 - 2) \cdot \frac{140}{1000} = 14,36 \text{ грн}$$

$$B_M = \frac{3500}{1000} \cdot 3,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 - (3,3 - 2) \cdot \frac{140}{1000} = 16,87 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

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

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{2}{2,8} = 0,71$$

$$\eta_M = \frac{2}{3,3} = 0,6$$

Порівняльні показники обраних методів заготовки заносяться в таблицю 1.3.

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок розраховується за формулою:

$$E_B = (B_M - B_{\text{КГШП}}) \cdot N, \quad (1.4)$$

де N – річна програма випуску, шт.

$$E_B = (16,87 - 14,36) \cdot 3000 = 7530 \text{ грн}$$

Таблиця 1.3 – Результати розрахунків показників економічного вибору заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			КГШП	Молот
Вага заготовки	Q	кг	2,8	3,3
Базова вартість 1 т заготовки	B_B	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K_T		1,0	1,0
	K_M		1,51	1,51
	K_C		0,77	0,77
	K_3		1,27	1,27
	K_P		1,0	1,0
Вартість 1 т стружки	$B_{\text{відх}}$	грн	140	140
Собівартість виготовлення заготовки	B_3	грн	14,36	16,87
Коефіцієнт використання матеріалу	η		0,71	0,6

Річні заощадження витрат матеріалу розраховується за формулою:

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

$$M_e = \frac{2 \cdot (0,71 - 0,6)}{0,71 \cdot 0,6} \cdot 3000 = 1549,3 \text{ кг}$$

В якості оптимального методу отримання заготовки обираємо штампування на КГШП, тому що коефіцієнтом використання матеріалу при цьому буде вищим, а собівартість виготовлення меншою в порівнянні з заготовкою отриманою штампуванням на молоті.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

В якості чорнових баз, на першій токарній обробці, обираємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 60,8$ та лівий торець 32 (рис. 1.1), тому що ці бази забезпечують найменшу похибку установки, мають достатню площу поверхні і відносну точність форми.

В процесі токарної обробки готують проміжні бази: центрові отвори, зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 31,7$ та $\varnothing 25$, крайні торці. Ці бази збігаються з конструкторськими базами та використовуються для чистової обробки. Дані бази будуть використані для подальшої обробки: шліфувальної, фрезерної, зубофрезерної. При такому виборі чистових баз забезпечується більша точність обробки, оскільки суміщені установочні та вимірювальні бази. Протягом усього технологічного процесу для механічних операцій зберігається принцип сталості баз, що забезпечує точність обробки.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) містить кількість технологічних переходів, послідовність цих переходів, способи обробки поверхонь. Для спрощення проектування МОП проведемо нумерацію поверхонь деталі (рис. 1.4).

Загальне уточнення за показниками точності та шорсткості поверхні розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{\tau d_n}{\tau d_n} \quad (1.6)$$

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

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

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

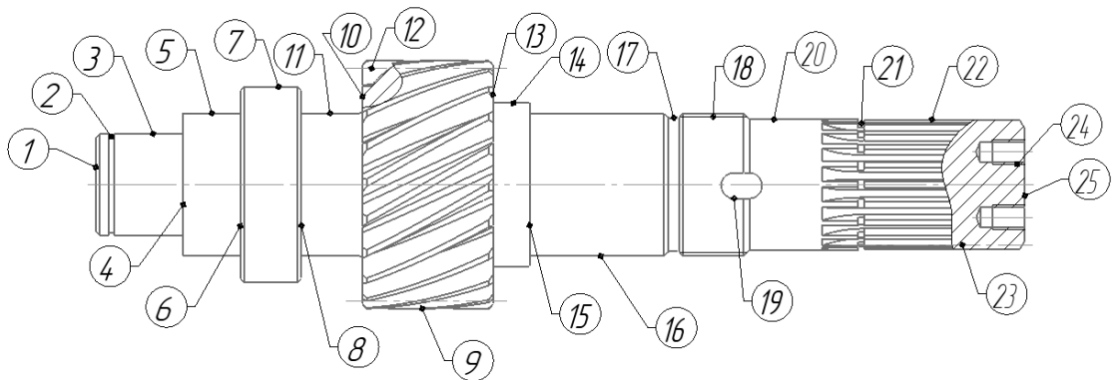


Рисунок 1.4 – Технологічна розмітка поверхонь деталі

Для поверхні 20 – $\varnothing 32h6(-0,016)$:

$$\varepsilon_d = \frac{1,3}{0,016} = 81,2$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0,4} = 62,5$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,5}{0,012} = 41,7$$

Кількість переходів розраховується по превалюючому показнику за формулою:

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

$$k = 2 \cdot \lg 81,2 = 3,8$$

Приймаємо $k=4$ переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k=4$ переходами за законом прогресивного зменшення: $IT=IT_{17}-h_6=11=5+2+2+2$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

- 1) Для допуску – $IT_{17} \rightarrow h_{12} \rightarrow h_{10} \rightarrow TO \rightarrow h_8 \rightarrow h_6$
- 2) Для шорсткості – $Ra_{25} \rightarrow Ra_{3,2} \rightarrow Ra_{1,6} \rightarrow TO \rightarrow Ra_{0,8} \rightarrow Ra_{0,4}$

МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння чистове, шліфування чорнове, шліфування чистове.

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=250$ мкм; $T_{Ra1}=3,2$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1300}{250} = 5,2$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{3,2} = 7,81$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D2}=100$ мкм; $T_{Ra2}=1,6$ мкм [6].

Уточнення:

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

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 5,2 \cdot 2,5 = 13 < \varepsilon_d = 81,2$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,82 \cdot 2 = 15,64 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Четвертий перехід – шліфування чорнове: $T_{D4}=39$ мкм; $T_{Ra4}=0,8$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{100}{39} = 2,57$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 13 \cdot 2,56 = 33,4 < \varepsilon_d = 81,2$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15,64 \cdot 2 = 31,28 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

П'ятий перехід – чистове шліфування: $T_{D5}=16$ мкм; $T_{Ra5}=0,4$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d5} = \frac{39}{16} = 2,43$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{0,8}{0,4} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 33,4 \cdot 2,43 = 81,4 \geq \varepsilon_d = 81,2$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 31,28 \cdot 2 = 62,56 \geq \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Таким же методом робимо розрахунки і для інших поверхонь. Отримані дані заносимо до таблиці 1.4.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі можна розділити на наступні етапи: заготівельний, чорновий, чистовий, фінішний та доводочний. Складаємо етапний маршрут виготовлення деталі:

- 1) I етап – отримання заготовки, термічна обробка (ТО);
- 2) II етап – механічна обробка:
 - токарна обробка (чорнова, чистова);
 - шліцефрезерна обробка;
 - фрезерна обробка;
 - зубофрезерна обробка;
 - свердлильна обробка
 - слюсарна обробка
- 3) III етап – ТО (ТВЧ);
- 4) IV етап – механічна обробка:
 - шліфування (чорнове, чистове);
 - зубошліфування;
- 5) V етап -мийка, контроль.

Графічне зображення маршруту виготовлення деталі «Вал-шестерня» наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 715003.011.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунок припусків на поверхні деталі виконаємо розрахунково-аналітичним методом. Для зовнішньої циліндричної поверхні 20 – Ø32h6(-0.016):

- 1) для заготовки значення $R_{Z1} = 160$ мкм та $h_1 = 200$ мкм [6]

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня 2 $\varnothing 25h6_{(-0,016)}$ Ra0,4	Td Ra	81,2 62,5	4	4	$\Delta IT = IT17 - h6 = 11$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$ $\rightarrow h6$ $Ra25 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow$ $Ra0,8 \rightarrow Ra0,4$	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-
						2	Точіння чорнове	250	3,2	5,2	7,81
						3	Точіння чистове	100	1,6	2,5	2
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування чорнове	39	0,8	2,57	2
						6	Шліфування чистове	16	0,4	2,43	2
Зовнішня циліндрична поверхня 3 $\varnothing 25js6_{(\pm 0,0065)}$ Ra0,4	Td Ra	100 62,5	4	4	$\Delta IT = IT17 - js6 = 11$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$ $\rightarrow js6$ $Ra25 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow$ $Ra0,8 \rightarrow Ra0,4$	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-
						2	Точіння чорнове	210	3,2	6,2	7,81
						3	Точіння чистове	84	1,6	2,5	2
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування чорнове	33	0,8	2,6	2
						6	Шліфування чистове	13	0,4	2,5	2

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Зовнішня циліндрична поверхня 5 Ø35h14 Ra6,3	Td	2,1	1,2	2	$\Delta IT = IT17 - h14 = 3$ $IT17 \rightarrow h14 \rightarrow h14$ $Ra25 \rightarrow Ra12,5 \rightarrow Ra6,3$	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-	
	Ra	3,9				2	Точіння чорнове	620	12,5	2,1	2	
						3	Точіння чистове	620	6,3	1	2	
						4	Термічна обробка	-	-	-	-	
Зовнішня циліндрична поверхня 16 Ø35js6(±0,008) Ra0,4	Td	81,2	3,6	4	$\Delta IT = IT17 - h7 = 11$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8 \rightarrow$ $js6$ $Ra25 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow$ $Ra0,8 \rightarrow Ra0,4$	1	Заготовка-штамповка	1300	25	-	-	
	Ra	62,5					2	Точіння чорнове	250	3,2	5,2	7,81
							3	Точіння чистове	100	1,6	2,5	2
							4	Термічна обробка	-	-	-	-
							5	Шліфування чорнове	39	0,8	2,57	2
							6	Шліфування чистове	16	0,4	2,43	2

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

де $\rho_{зм} = 0,6$ мм – відхилення від соосності [6];

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

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

де $\Delta_{кор} = 1,5$ мкм/мм кривизна поковки [6].

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 228 = 342 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,6^2 + 0,342^2} = 0,69 \text{ мм}$$

2) для чорнового точіння: $Rz_2=20$ мкм та $h_2=20$ мкм [6];

Просторові похибки для механічних переходів розраховуються з урахуванням коефіцієнту уточнення за формулою:

$$\rho_j = K_{ут} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.12)$$

де $K_{ут} = 0,06$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [6].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 690 = 41 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1} \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{1,3^2 + 1} = 0,41 \text{ мм}$$

3) для чистового точіння: $Rz_3=10$ мкм та $h_3=15$ мкм [6];

Просторова похибка:

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 41 = 1,6 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_2 = K_{yT} \cdot \varepsilon_{i-1} \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 410 = 16,4 \text{ мкм}$$

4) ТО:

Просторова похибка:

$$\rho_4 = \Delta_K \cdot L \quad (1.15)$$

де $\Delta_{кор} = 0,1$ мкм/мм кривизна після ТО [6].

$$\rho_4 = 0,1 \cdot 228 = 22,8 \text{ мкм}$$

5) для шліфування чорнового: $Rz_5=6,3$ мкм та $h_5=10$ мкм [6];

Просторова похибка:

$$\rho_5 = 0,03 \cdot (22,8 + 1,6) = 0,7 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 16,4 = 0,5 \text{ мкм}$$

6) для шліфування чистового $Rz_6=3,2$ мкм та $h_6=5$ мкм [6];

Просторова похибка:

$$\rho_6 = 0,02 \cdot 0,7 = 0 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_6 = 0,02 \cdot 0,5 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.16)$$

$$2z_2^{\min} = 2(160 + 200 + \sqrt{690^2 + 410^2}) = 2325 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{41^2 + 16,4^2}) = 168 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2 \left(10 + 15 + \sqrt{22,8^2 + 0,5^2} \right) = 95 \text{ мкм}$$

$$2z_6^{\min} = 2 \left(6,3 + 10 + \sqrt{0,7^2 + 0^2} \right) = 34 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховується за формулою:

$$d_6^{\max} = d_4^{\min} + ES_{d4} \quad (1.17)$$

$$d_6^{\max} = 32 + 0 = 32 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.18)$$

$$d_5^{\max} = 32 + 0,034 + 0,039 = 32,073 \text{ мкм}$$

$$d_3^{\max} = 32,268 + 0,095 + 0,1 = 32,268 \text{ мкм}$$

$$d_2^{\max} = 32,268 + 0,168 + 0,25 = 32,686 \text{ мкм}$$

$$d_1^{\max} = 32,686 + 2,325 + 1,3 = 36,311 \rightarrow 36,3 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.19)$$

$$d_6^{\min} = 32 - 0,016 = 31,984 \text{ мм}$$

$$d_5^{\min} = 32,073 - 0,039 = 32,034 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 32,268 - 0,1 = 32,168 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 32,686 - 0,25 = 32,436 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 36,3 - 1,3 = 35 \text{ мм}$$

Мінімальні припуски розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\min} = d_{i-1}^{\min} - d_i^{\max} \quad (1.20)$$

$$2z_2^{\min} = 35 - 32,686 = 2,314 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\min} = 32,436 - 32,268 = 0,168 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\min} = 32,168 - 32,073 = 0,095 \text{ мм}$$

$$2z_6^{\min} = 32,034 - 32 = 0,034 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

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

$$2z_2^{\max} = 36,3 - 32,436 = 3,864 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 32,686 - 32,168 = 0,518 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 32,268 - 32,034 = 0,652 \text{ мм}$$

$$2z_6^{\max} = 32,073 - 31,984 = 0,089 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 35,4_{-0,4}^{+0,9}$ мм.

Схема розташування допусків припусків та технологічних розмірів наведено на рис. 1.5 и таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуска		Виконавчий розмір
	ІТ	Метод обробки	Td, мм	$d_i^{\max}$, мм	$d_i^{\min}$, мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
2) $\varnothing 32h6$ $Ra=0,4$ $\uparrow=0,012$	17	Заготовка	1,3	36,3	35	-	-	$\varnothing 35,4_{-0,4}^{+0,9}$
	12	Точен. чорн.	0,25	32,686	32,436	3864	2325	$\varnothing 32,68_{-0,25}$
	10	Точен. чист.	0,1	32,268	32,168	518	168	$\varnothing 32,26_{-0,1}$
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	8	Шлиф. чорн.	0,039	32,073	32,034	652	95	$\varnothing 32,073_{-0,039}$
	6	Шлиф. чист	0,016	32	31,984	89	34	$\varnothing 32_{-0,016}$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

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

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

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

$$2z_0^{\max} = 36,3 - 31,984 = 4,316 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 35 - 32 = 3 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 1,3 + 0,016 = 1,316 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 4,316 - 3 = 1,316 \text{ мм}$$

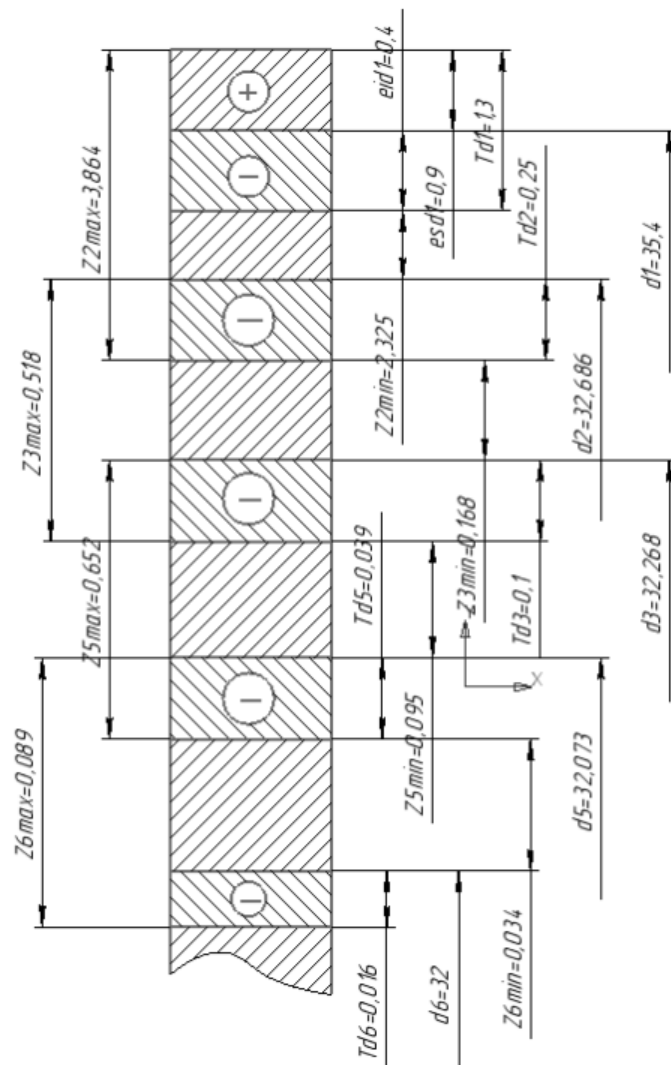


Рисунок 1.5 – Схема розташування допусків, припусків та технологічних розмірів

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 025 – токарна з ЧПК

Обробка виконується на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) HAAS ST-10. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 1.6. Операційний ескіз 10 токарної операції наведений на рис. 1.6. В якості пристосування використовується патрон трьохкулачковий.

Операція складається із трьох переходів:

- Перший перехід – точити всі поверхні начисто;
- Другий перехід – точити канавку начисто;
- Третій перехід – точити канавку під стопорне кільце.

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика верстата

Параметри	Значення
Найбільший розмір оброблюваної деталі, мм	305
Найбільше повздовжнє переміщення супорта, мм	406
Діаметр патрона, мм	165
Потужність привода шпинделя, кВт	11,2
Частота обертання шпинделя, хв^{-1}	6000
Швидкість руху подачі, мм/хв	
-повздовжня	1-1200
-поперечної	0,5-600
Швидкість прискореного переміщення, м/хв, супорту	
-повздовжнього	30,5
-поперечного	30,5
Система ЧПУ	HAAS
Позицій інструмента	12
Вага, кг	3585

Інструмент:

- 1) різець прохідний 2112-0006 $\varphi=95^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; r=1\text{ мм}, 25 \times 16 \times 140$, Т15К6 ГОСТ 18880-73 [7];
- 2) різець прорізний 2120-0514 $a=10\text{ мм}, 12 \times 12 \times 70$ ГОСТ 18874-73 [7];
- 3) різець канавочний спеціальний $a=1,4\text{ мм}, 12 \times 12 \times 70$.

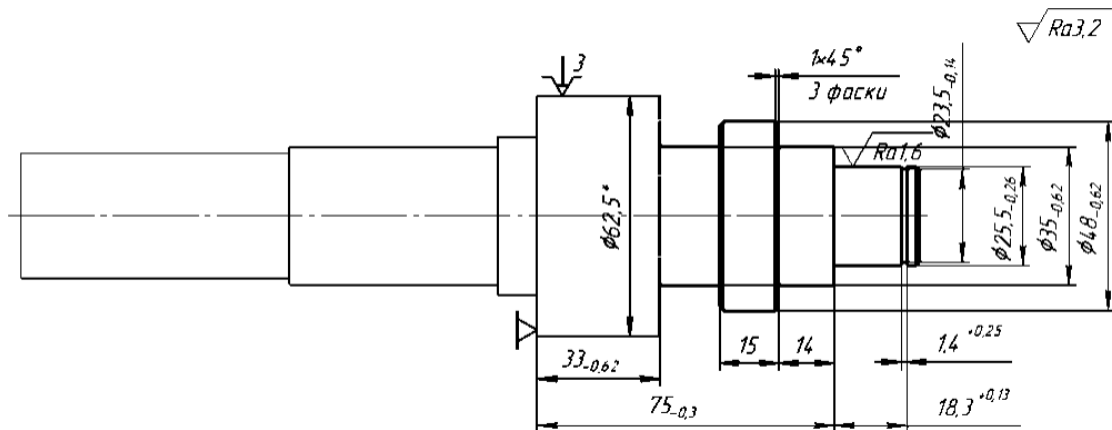


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз 25 токарної операції

Виконаємо розрахунок першого переходу – чистове точіння.

Припуск на обробку зовнішніх поверхонь розраховується за формулою:

$$h = \frac{D_{\text{заг}} - D_{\text{дет}}}{2}, \quad (1.25)$$

де $D_{\text{заг}}$ – розмір заготовки, мм;

$D_{\text{дет}}$ – операційний розмір деталі, мм.

$$h = \frac{50 - 48}{2} = 1 \text{ мм}$$

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (1.26)$$

де i – кількість проходів.

$$t = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (1.27)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі $S_{0T} = 0,17 \text{ мм/об}$ [8];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{Sk} \cdot K_{Sy} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{Sr} \cdot K_{SM} \quad (1.28)$$

де K_{Sk} – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки, $K_{Sk} = 1,0$ [8];

K_{Sr} – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця, $K_{Sr} = 0,85$ [8];

$K_{S\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані, $K_{S\varphi} = 1,0$ [8];

K_{Sy} – коефіцієнт, що враховує схему встановлення заготовки, $K_{Sy} = 1,2$ [8];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу
 $K_{SM} = 0,8$ [8].

$$K_S = 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 0,81$$

$$S_0 = 0,17 \cdot 0,81 = 0,14 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S = 0,1 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.29)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 487 \text{ м/хв}$ [8];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{Vm} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vj} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vc} \cdot K_{V\varphi} \cdot K_{Vж} \quad (1.30)$$

де K_{Vc} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{Vc} = 1,0$ [8];

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{Vi} = 0,8$ [8];

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{Vj} = 0,7$ [8];

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{Vo} = 1,0$ [8];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{VT} = 0,6$ [8];

K_{VM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу
 $K_{VM} = 0,7$ [8];

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V\phi} = 1,0$ [8];

$K_{Vж}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{Vж} = 1,0$ [8].

$$K_V = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,23$$

$$V = 487 \cdot 0,23 = 114 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.31)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 114}{3,14 \cdot 62,5} = 580 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 550$ об/хв.

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою:

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (1.32)$$

$$V_d = \frac{550 \cdot 3,14 \cdot 62,5}{1000} = 108 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу L_{px} , мм розраховується за формулою:

$$L_{px} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (1.33)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання [8];

$l_{пер}$ – перебігу [8].

$$L_{px} = 21,5 + 5 + 14 + 6,5 + 30 + 6,4 + 2 + 0,5 = 85,9 \text{ мм}$$

Режими різання на інші переходи розраховуються аналогічно. Результати розрахунків режимів різання за переходами наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Режими різання за переходами на операцію токарну з ЧПК

Перехід	D мм	t, мм	S мм/об	V _д , м/хв	n _д , хв ⁻¹	ℓ _{обр} , мм	L _{рх} , мм	i, шт
1	62,5	0,25	0,1	108	550	83,4	89,5	4
2	62,5	0,5	0,1	108	550	12,9	14,9	2
3	25,5	1,4	0,05	120	1500	1	3	1

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{хв} \quad (1.34)$$

$$t_{o1} = \frac{89,5}{0,1 \cdot 550} \cdot 4 = 6,5 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{14,9}{0,1 \cdot 550} \cdot 2 = 0,54 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = \frac{3}{0,05 \cdot 1500} \cdot 1 = 0,04 \text{ хв}$$

$$\Sigma T_o = 6,5 + 0,54 + 0,04 = 7,08 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 100 – шліфувальна

Інструмент: шліфувальне круг 1 600х63х305 15А 40Н СТ1 6 К8 А 50 м/с
ГОСТ 2424-82

Пристосування – центр, хомутик повідковий

Верстат – круглошліфувальний верстат 3А151;

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 200мм;

- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 700 мм;
- 3) частота обертання круга – 1272 об/хв;
- 4) частота обертання шпинделя (безступінчаста) – 63...400 об/хв;
- 5) потужність – 7,5 кВт.

Операційний ескіз зображено на рис. 1.7.

Припуск на обробку $Z=0,034$ мм згідно таблиці 1.5.

Подача радіальна розраховуємо по формулі (1.27):

де ST – табличне значення подачі, $ST = 0,008$ мм/об [8];

KD – коефіцієнт враховуючий діаметр круга, $KD = 0,42$ [8];

KR – поправочний коефіцієнт враховуючий радіус галтелі, $KR = 0,85$ [8];

KT – поправочний коефіцієнт враховуючий стійкість круга, $KT = 1,0$ [8];

Kh – поправочний коефіцієнт враховуючий припуск на обробку,
 $Kh = 1,0$ [8];

KlT – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру, $KlT = 0,5$ [8];

KM – поправочний коефіцієнт враховуючий матеріал деталі, $KM = 1,0$ [8].

$$S_{\text{поп}} = 0,008 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,0014 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S_{\text{поп}}=0,001$ мм/об.

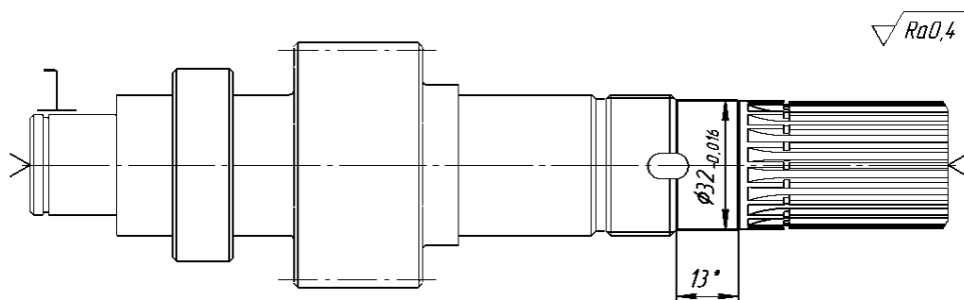


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз

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

Табличне значення швидкості різання визначаємо за довідковою

літературою [8]:

- швидкість обертання круга – $V_{ш.кр.}=50$ м/с;
- швидкість обертання деталі – $V_{ш.дет.}=50$ м/хв.

Частоту обертання розраховуємо за формулою:

$$n_{ш.кр.}^p = \frac{1000 \cdot V_{ш.кр.} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (1.35)$$

$$n_{ш.кр.}^p = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 60}{3,14 \cdot 600} = 1592 \text{ об/хв}$$

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot V_{ш.дет.}}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (1.36)$$

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 32} = 497 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_{ш.кр.}=1272$ об/хв, $n_{дет.}=400$ об/хв.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.32):

$$V_{ш.кр.} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1272}{1000 \cdot 60} = 39,9 \text{ м/с}$$

$$V_{дет.} = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 400}{1000} = 40,1 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{z \cdot k}{n_{дет.} \cdot S_{поп}}, \text{ хв} \quad (1.37)$$

де k – коефіцієнт уточнення.

$$T_o = \frac{0,034 \cdot 1,7}{400 \cdot 0,001} = 0,14 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 045 – зубофрезерна

Для фрезерування зубчастого вінця обираємо зубофрезерний верстат моделі 5K324A.

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 500 мм;
- 2) максимальна ширина вінця заготовки – 300 мм;
- 3) частоти обертання шпинделя фрези – 50...310 об/хв;
- 4) подача:
 - повздовжня – 0,8...5 мм/об;
 - тангенційна – 0,17...3,7 мм/хв;
 - радіальна – 0,27...1,67 мм/об;
- 5) потужність 7,5 кВт.

Операційний ескіз зображено на рис. 1.8.

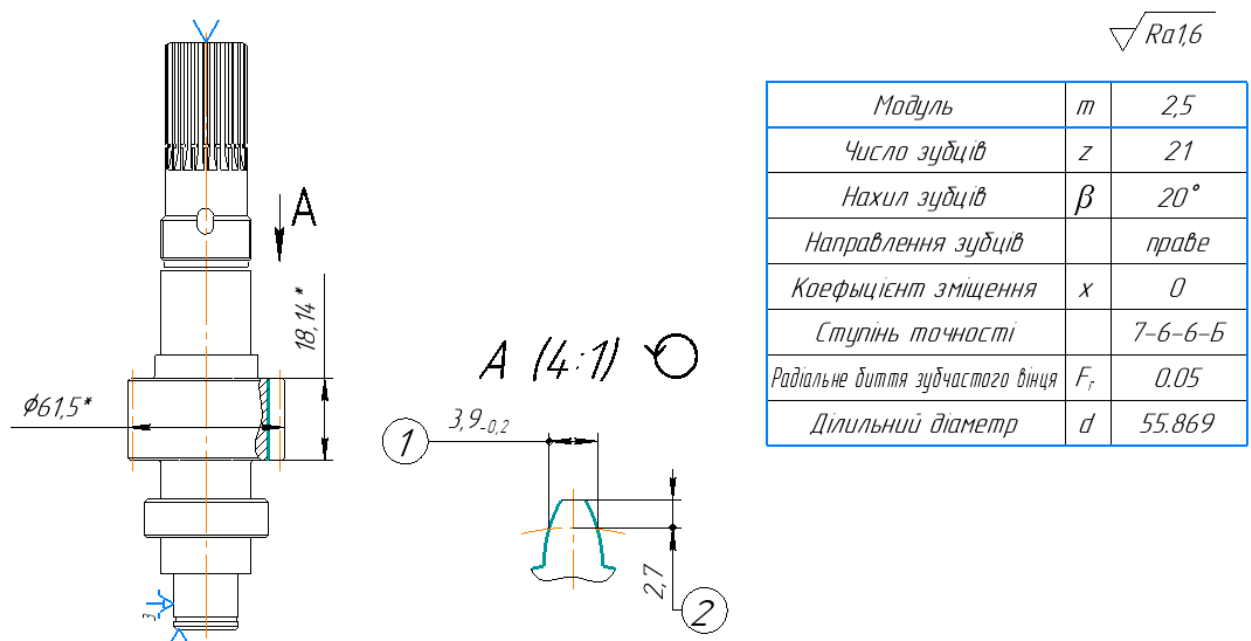


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз

В якості інструменту вибираємо черв'ячну фрезу $D=100$ мм, $L=100$ мм, $z=14$ по ГОСТ 9324-80.

Розраховуємо подачу за формулою (1.27):

де ST – табличне значення подачі, $ST = 0,6$ мм/об [8];

K_{HB} – поправочний коефіцієнт, що залежить від твердості оброблюваного матеріалу, $K_{HB}=0,8$ [8];

$K_{COЖ}$ – поправочний коефіцієнт, залежить від використання СОТС, $K_{COЖ}=1$ [8];

K_s – поправочний коефіцієнт враховує напрям руху подачі, $K_s=1$ [8];

K_{HP} – поправочний коефіцієнт враховує клас точності фрези, $K_{HP}=0,9$ [8];

K_{PI} – поправочний коефіцієнт враховує матеріал фрези, $K_{PI}=1$ [8].

$$S_p = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,86 \text{ мм/об}$$

Приймаємо 0,8 мм/об за паспортом верстата.

Швидкість різання розраховуємо за формулою (1.29):

де V_T – табличне значення швидкості, $V_T = 33,5$ м/хв [8];

K_{PI} – враховує оброблюваний матеріал, $K_{PI} = 1$ [8];

K_{CT} – поправочний коефіцієнт, що враховує стійкість фрези, $K_{CT} = 0,9$ [8];

K_P – залежить від виду обробки, $K_P = 1$ [8];

K_C – залежить від використання СОЖ, $K_C = 0,75$ [8];

K_L – залежить від глибини різання, $K_L = 1$ [8].

$$V_p = 33,5 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 22,6 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 22,6}{3,14 \cdot 100} = 72 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d=80$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.32):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 80}{1000} = 25 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{(b + L_{вр} + L_{пер}) \cdot Z}{S \cdot n \cdot K}, \text{ хв} \quad (1.38)$$

де b – довжина фрезерування, мм;

$L_{пер}$ – величина перебігу, мм;

$L_{вр}$ – величина врізання, мм.

K – кількість заходів фрези;

Z – кількість зубів колеса.

$$L_{вр} = \sqrt{t \cdot (D_{\phi} - t)}, \text{ мм} \quad (1.39)$$

де t – глибина западини;

$$L_{пер} = 3 \cdot m + tg(\beta - \omega) + 4, \text{ мм} \quad (1.40)$$

де ω – кут підйому витка фрези.

$$L_{пер} = 3 \cdot 2,5 + tg(15 - 2) + 4 = 11,7 \text{ мм}$$

$$L_{вр} = \sqrt{5,8 \cdot (100 - 5,8)} = 23,4 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(32 + 23,4 + 11,7) \cdot 21}{0,8 \cdot 80 \cdot 1} = 22 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Результати розрахунку режимів різання та норм часу

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання t , мм	кількість проходів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертів шпинделя n , об/хв
015 Токарна з ЧПК	01	0,5	4	0,2	100	500
	02	0,5	4	0,2	100	500
020 Токарна з ЧПК	01	0,5	4	0,2	105	500
025 Токарна з ЧПК	01	0,25	4	0,1	108	550
	02	0,5	2	0,1	108	550
	03	1,4	1	0,05	120	1500
030 Токарна з ЧПК	01	0,25	4	0,1	108	550
	02	0,2	6	1,5	50	450
	03	1,4	1	0,05	120	1500
035 Фрезерна	01	2,5	2	40мм/хв	23	800
040 Шліцефрезерна	01	4,5	20	0,63	22,3	100
045 Зубофрезерна	01	5,8	21	0,8	25	80
075 Круглошліфувальна	01	0,55	1	0,002	39,9/42	1272/350
080 Круглошліфувальна	01	0,45	1	0,002	39,9/45	1272/350
085 Круглошліфувальна	01	0,5	1	0,002	39,9/46	1272/350
090 Круглошліфувальна	01	0,0965	1	0,002	39,9/37	1272/400
095 Круглошліфувальна	01	0,1	1	0,002	39,9/47	1272/400
100 Круглошліфувальна	01	0,034	1	0,001	39,9/40,1	1272/400
105 Круглошліфувальна	01	0,1	1	0,001	39,9/37	1272/400
110 Круглошліфувальна	01	0,1	1	0,001	39,9/47	1272/400
115 Зубошліфувальна	01	0,2	21	30мм/хв	45	1920

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Технічне нормування токарної операції 025

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{мд}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.41)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,4$ хв [9];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,65$ хв [9];

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

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (1.42)$$

де $t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,2$ хв [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [9].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,65 + 0,08 = 1,13 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.43)$$

$$t_{\text{оп}} = 7,08 + 1,13 = 8,21 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.44)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9].

$$t_{\text{дод}} = 8,21 \cdot 0,1 = 0,82 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.45)$$

$$t_{\text{шт}} = 8,21 + 0,82 = 9,03 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}} \quad (1.46)$$

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни [9];

$t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, що не ввійшли в комплекс [9];

$t_{пз3}$ – час на пробну обробку деталі [9].

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

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \quad (1.47)$$

де n – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво (п. 1.2).

$$t_{шт-к} = 9,03 + \frac{30}{36} = 9,86 \text{ хв}$$

1.7.2 Технічне нормування шліфувальної операції 100

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.41)-(1.42):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,2 \text{ хв}$ [9];

$t_{мд}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,5 \text{ хв}$ [9];

$t_{вим}$ – час на вимірювання, $t_{вим} = 0,1 \text{ хв}$ [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 1$ [9].

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

$$t_{доп} = 0,2 + 0,5 + 0,1 = 0,8 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.43):

$$t_{оп} = 0,14 + 0,8 = 0,94 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.44):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9].

$$t_{\text{дод}} = 0,94 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.45):

$$t_{\text{шт}} = 0,94 + 0,09 = 1,03 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.46):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 10 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{\text{пз2}} = 10 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{пз3}}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 5 \text{ хв}$ [9].

$$t_{\text{пз}} = 10 + 10 + 5 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.47):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,03 + \frac{25}{36} = 1,73 \text{ хв}$$

1.7.3 Технічне нормування зубофрезерної операції 045

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.41, 1.42):

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,4 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,4 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,2$ хв [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [9].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,4 + 0,08 = 0,88 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.43):

$$t_{\text{оп}} = 22 + 0,88 = 22,88 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.44):

де $\alpha = 10\%$ – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9].

$$t_{\text{дод}} = 22,8 \cdot 0,1 = 2,29 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.45):

$$t_{\text{шт}} = 22,88 + 2,29 = 25,17 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.46):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 12$ хв [9];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{\text{пз2}} = 13$ хв [9];

$t_{\text{пз3}}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 2$ хв [9].

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

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.47):

$$t_{шт-к} = 25,29 + \frac{27}{36} = 25,92 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для решти операцій наведено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t_0 , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{доп}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
015 Токарна з ЧПК	12,5	1,13	1,36	14,99	30	15,83
020 Токарна з ЧПК	22,6	1,13	2,37	26,10	30	26,94
025 Токарна з ЧПК	7,08	1,13	0,82	9,03	30	9,86
030 Токарна з ЧПК	25,3	1,13	2,64	29,07	30	29,91
035 Фрезерна	2,5	0,9	0,34	3,74	20	4,30
040 Шліцефрезерна	18	1,2	1,92	21,12	17	21,59
045 Зубофрезерна	22	0,88	2,29	25,17	27	25,92
050 Свердлильна	5	0,85	0,58	6,43	18	6,93
075 Круглошліфувальна	0,5	0,8	0,13	1,43	25	2,12
080 Круглошліфувальна	0,7	0,8	0,15	1,65	25	2,34
085 Круглошліфувальна	0,6	0,8	0,14	1,54	25	2,23
090 Круглошліфувальна	0,45	0,8	0,13	1,38	25	2,07
095 Круглошліфувальна	0,55	0,8	0,14	1,49	25	2,18
100 Круглошліфувальна	0,14	0,8	0,09	1,03	25	1,73
105 Круглошліфувальна	0,2	0,8	0,10	1,10	25	1,79
110 Круглошліфувальна	0,18	0,8	0,10	1,08	25	1,77
115 Зубошліфувальна	12	1,25	1,33	14,58	22	15,19

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Для токарної обробки (операція 025) створимо керуючу програму в програмному забезпеченні NX CAM. Спочатку створюємо 3D модель деталі після токарної обробки та 3D модель заготовки – вигляд деталі на попередній операції (рис. 1.9).

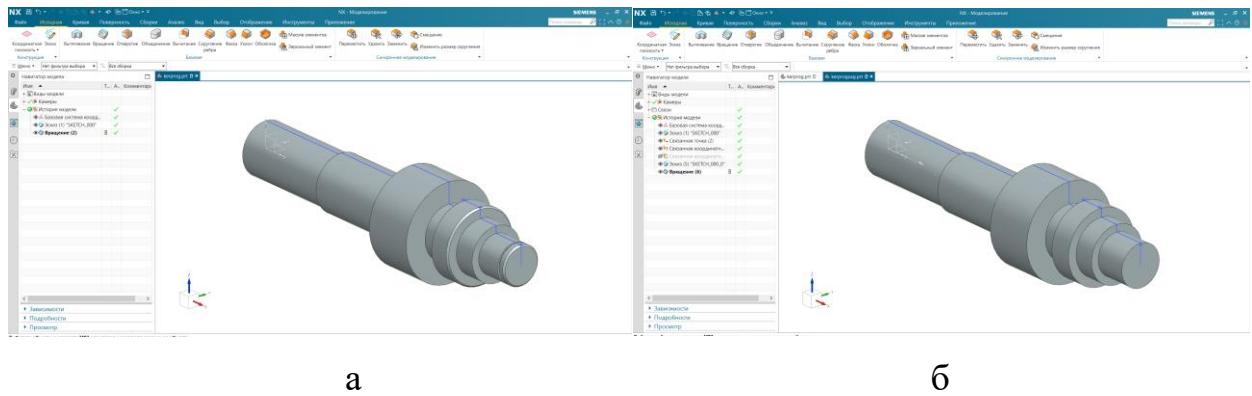


Рисунок 1.9 – 3D зображення деталі після токарної обробки (операція 025) (а)
та зображення заготовки (операція 020) (б)

Наступним кроком створення керуючої програми було накладання зображення заготовки на зображення деталі (рис. 1.10), причому було витримано симетричне розподілення припусків.

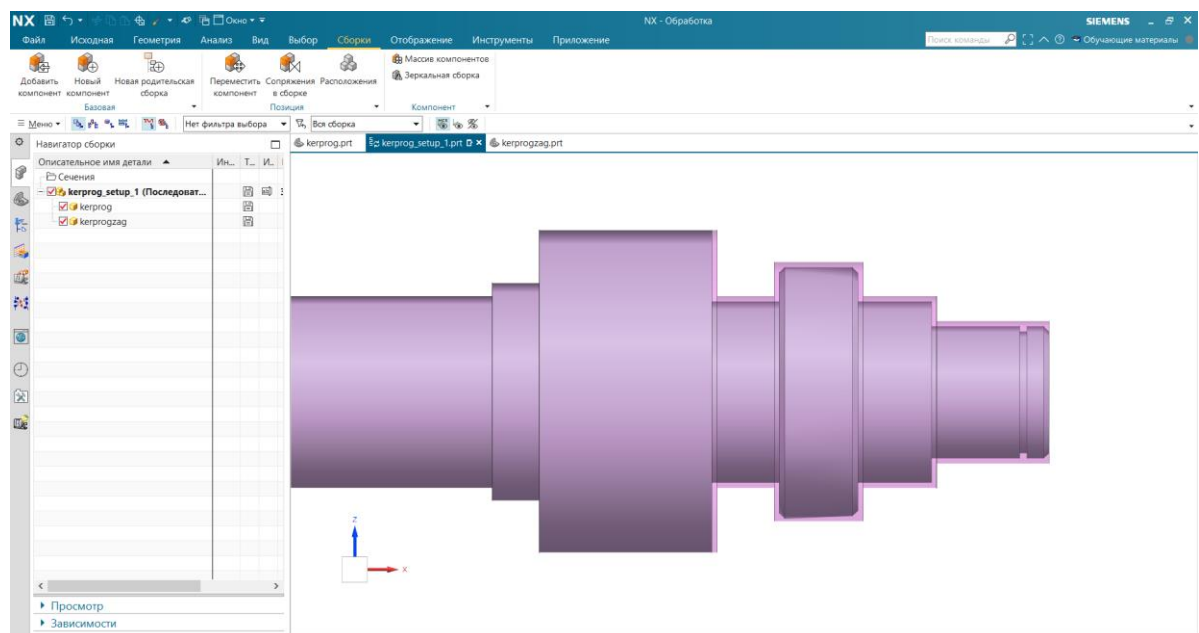


Рисунок 1.10 – Поєднання зображення деталі та заготовки в системі NX CAM

Далі в системі NX CAM був визначений весь необхідний ріжучий інструмент (рис. 1.11) та методи обробки, в яких визначено припуски на послідовну обробку та точність рухів (допуск) інструменту при генеруванні керуючої програми.

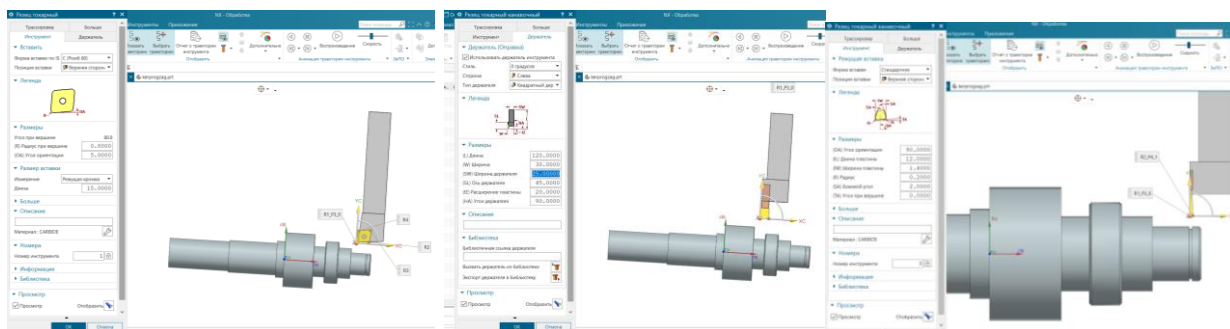


Рисунок 1.11 – Створення інструменту для операції 025 в системі NX CAM

Далі визначаємо положення системи координат в залежності від базування та закріплення деталі (рис. 1.12).

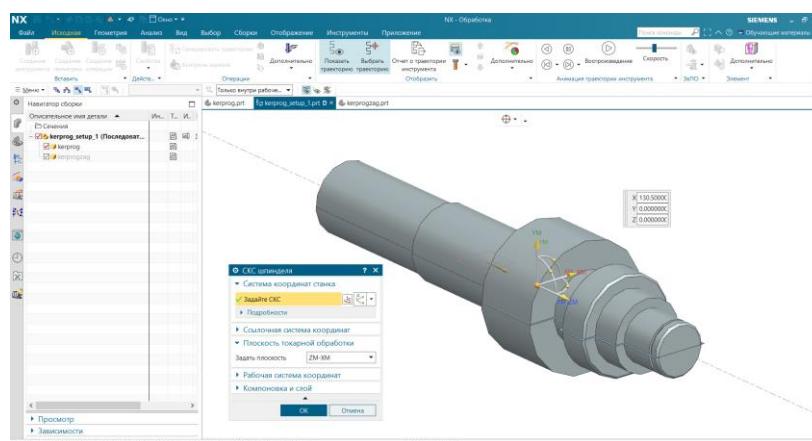


Рисунок 1.12 – Визначення початку системи координат

Визначаємо в системі NX CAM деталь та заготовку (рис. 1.13).

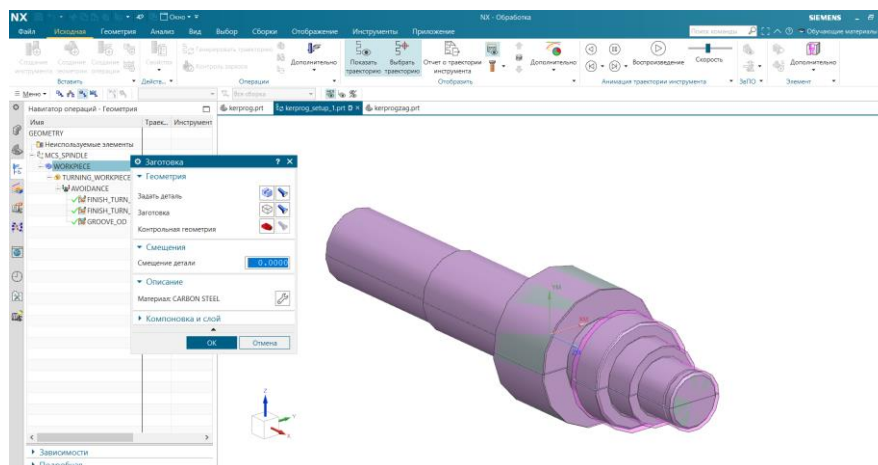


Рисунок 1.13 – Визначення деталі, заготовки в системі NX CAM

Генеруємо токарний переріз (рис. 1.14) для визначення траєкторій обробки.

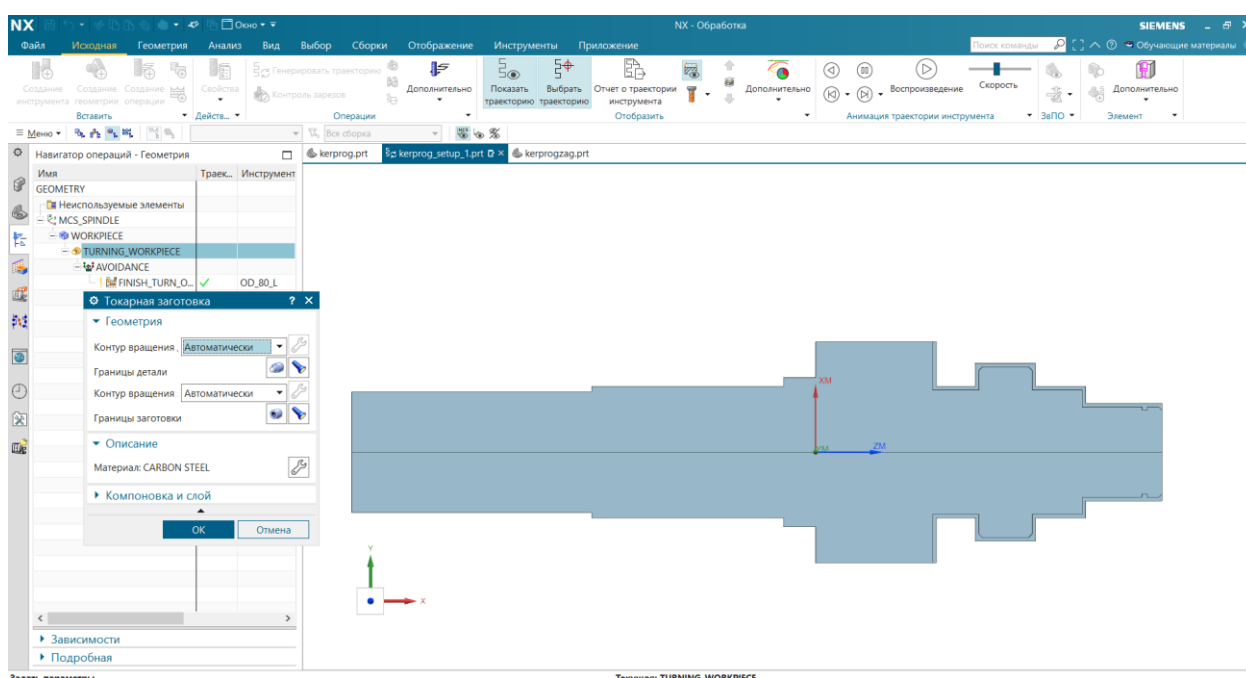


Рисунок 1.14 – Генерування токарного перерізу

Визначаємо положення початкової точки та тип переміщення в точку початку врізання (рис. 1.15).

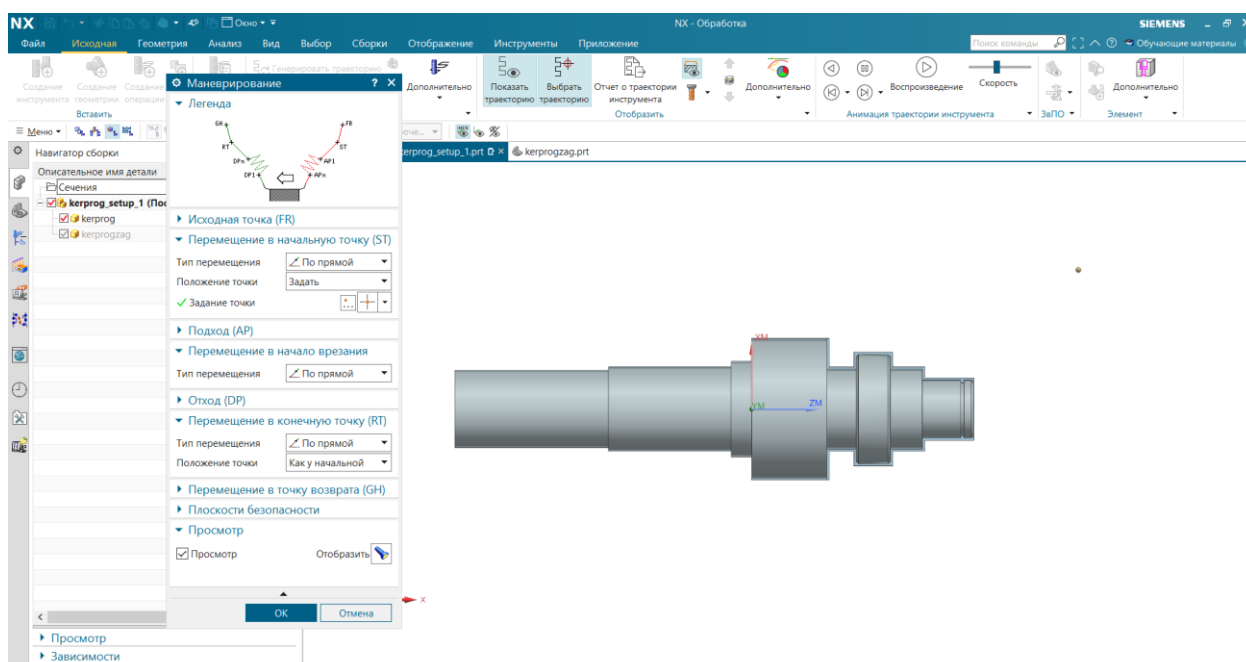


Рисунок 1.15 – Визначення маневрування (AVOIDENCE) інструменту

Створюємо перший перехід – «Чистове точіння». Генеруємо траєкторію цього переходу (рис. 1.16, а) та робимо візуалізацію обробки (рис. 1.16, б).

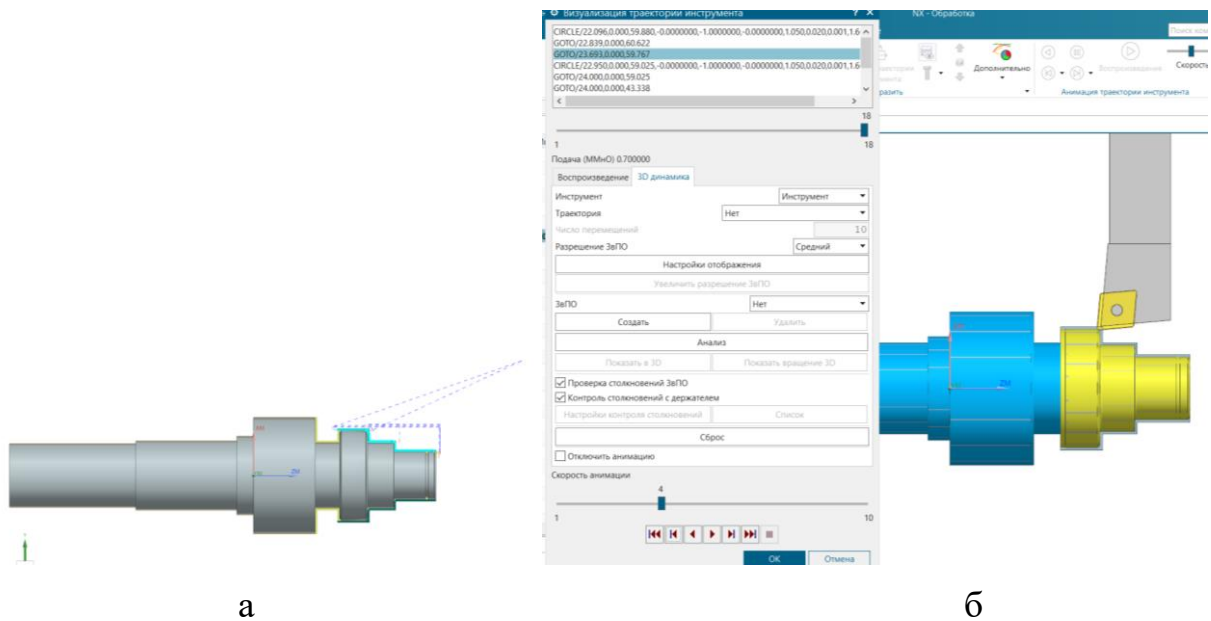


Рисунок 1.16 – Траєкторія обробки (а) та візуалізація обробки (б)

Створюємо наступний перехід – «Чистове точіння канавки». Генеруємо траєкторію цього переходу (рис. 1.17, а) та робимо візуалізацію обробки (рис. 1.17, б).

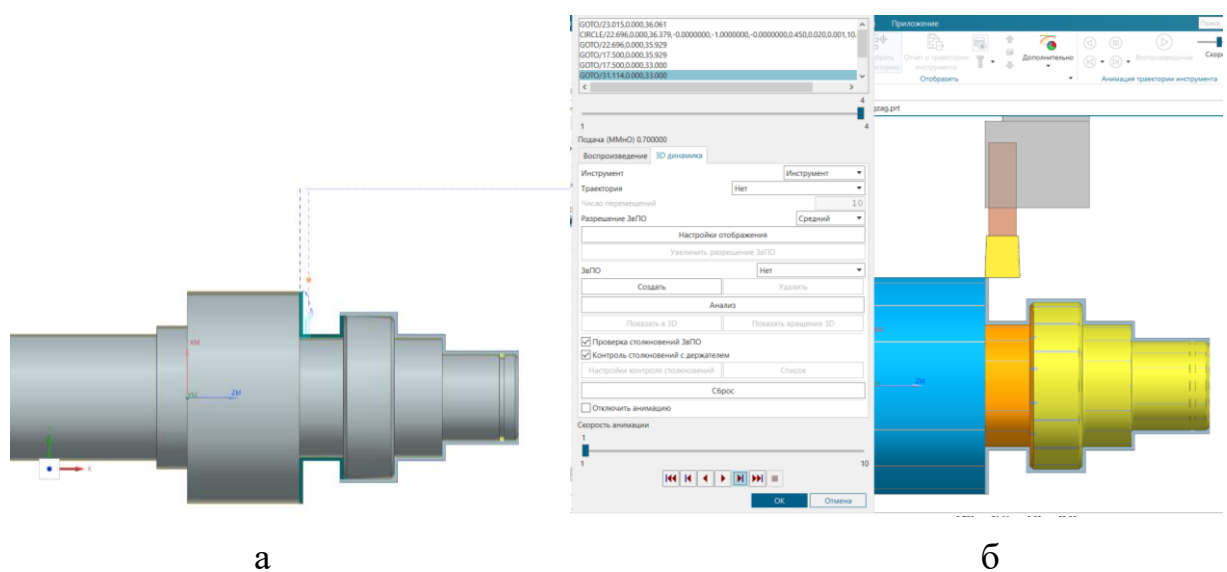


Рисунок 1.17 – Траєкторія обробки (а) та візуалізація обробки (б)

Створюємо останній перехід – «Точіння канавки під стопорне кільце». Генеруємо траєкторію цього переходу (рис. 1.18, а) та робимо візуалізацію обробки (рис. 1.18, б).

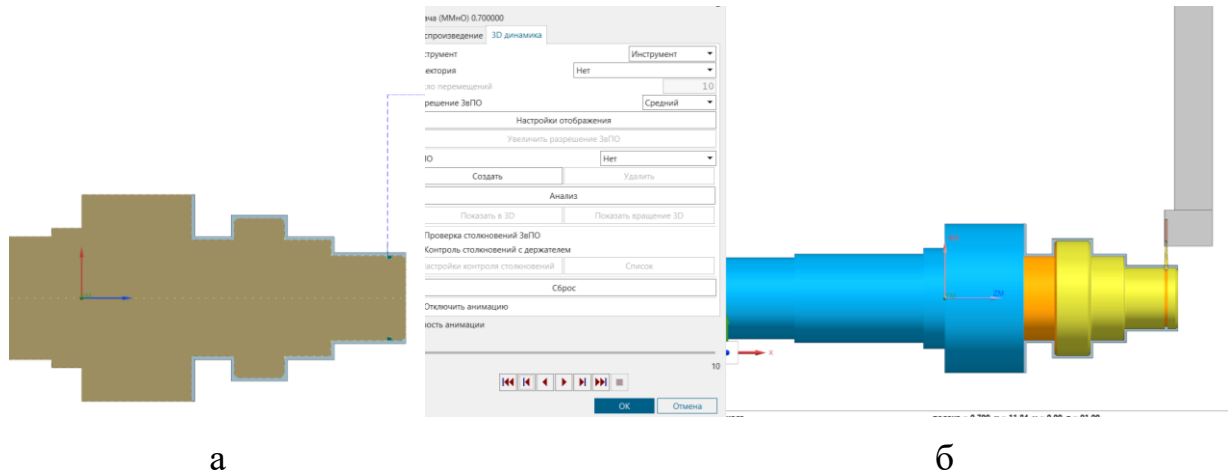


Рисунок 1.18 – Траєкторія обробки (а) та візуалізація обробки (б)

Після створення всіх операцій обробки перевіряємо якість обробки в цілому (рис. 1.19).

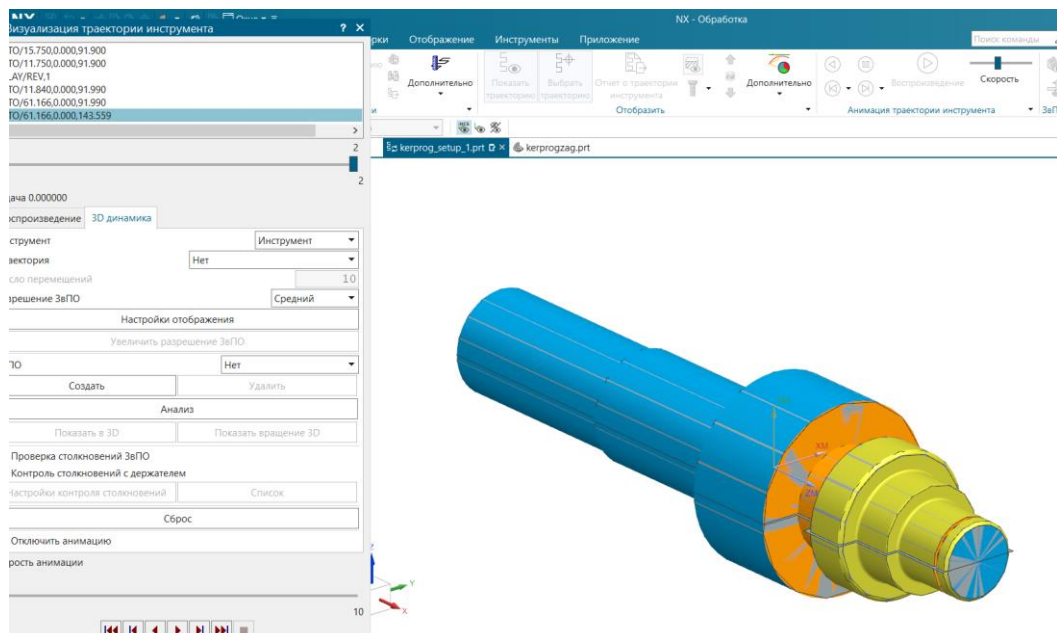


Рисунок 1.19 – Візуалізація обробки деталі на операції 025

Генеруємо керуючу програму в G-кодах згідно обраного постпроцесору

(рис.1.20).

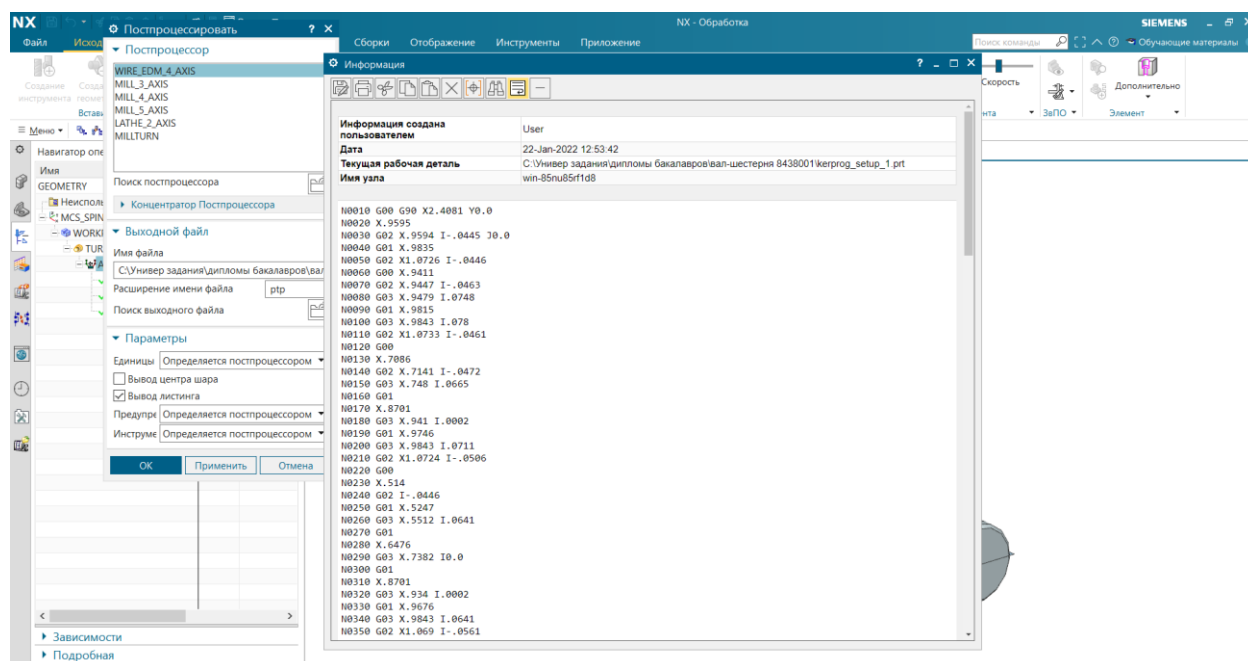


Рисунок 1.20 – Генерування керуючої програми

Результат розробки токарної операції в модулі NX CAM наведено на плакаті НУЗП 721004.004 .

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип роботи робочого пристосування

Пристосування (рис. 2.1) призначено для закріплення деталі «Вал-шестерня» при свердлінні отворів в торці. В конструкції пристосування передбачений гідроциліндр 1 для автоматичного закріплення деталі. Гідроциліндр 1 кріпиться гвинтами до корпусу 2 пристосування. Перед початком обробки в гідроциліндр подається технічна рідина під тиском шток рухається вліво. Прижими знімаються та деталь встановлюється у призми 6, 15 та упирається в палець 8. Прижими встановлюються на місце. Після чого технічна рідина під тиском через інший отвір подається в гідроциліндр. Шток рухається в право та затискає прижимами деталь. Для позиціювання свердла використовуються кондукторні втулки 3, які встановлені у плиті 5.

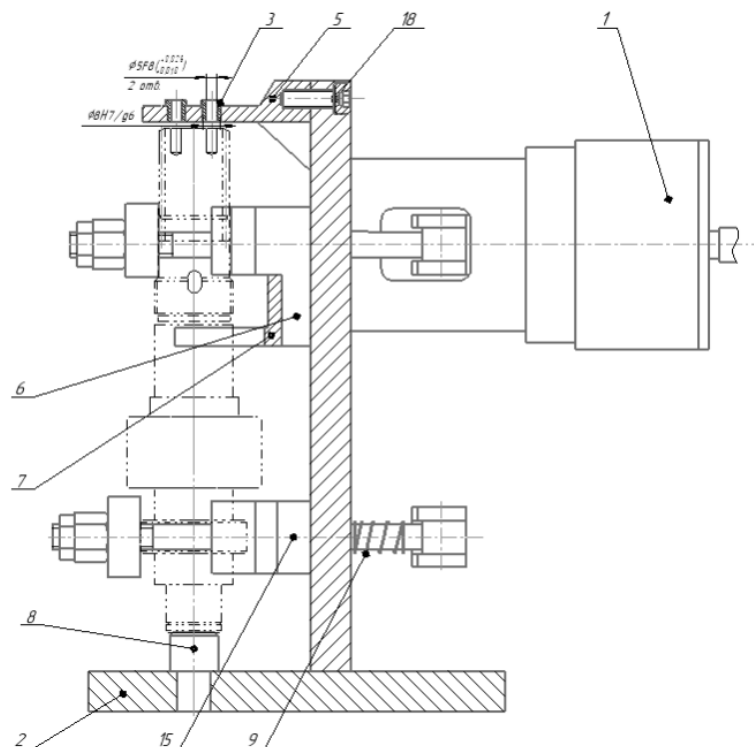


Рисунок 2.1 – Конструкція пристосування

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.

Похибка встановлення – одна із складових загальної похибки виконаного розміру, складається з похибок базування, закріплення. За своїм фізичним змістом вона виражає похибку положення заготовки.

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2} \quad (2.1)$$

де $\varepsilon_{\text{баз}}$ – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{зак}}$ – похибка закріплення

Деталь встановлюється у призму (рис. 2.2) з кутом 90° , як установча база приймається $\varnothing 32,26_{-0,1}$.

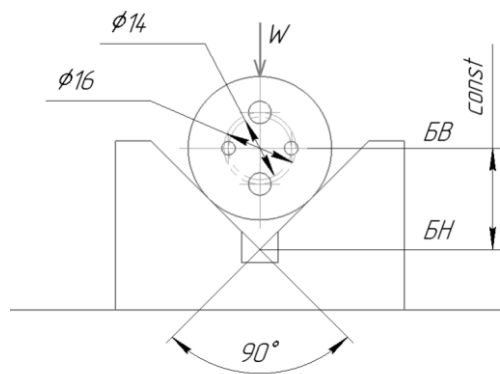


Рисунок 2.2 – Схема установки у призму

Похибка базування розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = K_1 \cdot Td \quad (2.2)$$

де Td – допуск на діаметр базування;

$K_2 = 0,7$ – коефіцієнт, що характеризує тип базування.

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07 \text{ мм}$$

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення, стану шорсткості поверхні деталі, типу опорної площини пристосування з довідкової літератури [10]. Для даного принципу закріплення похибка становить 0,035 мм.

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,07^2 + 0,035^2} = 0,078 \text{ мм}$$

Розрахунок на точність пристосування полягає у визначенні виконавчих розмірів та допусків на розташування осей кондукторних втулок. На рис. 2.3 наведено розрахункову схему.

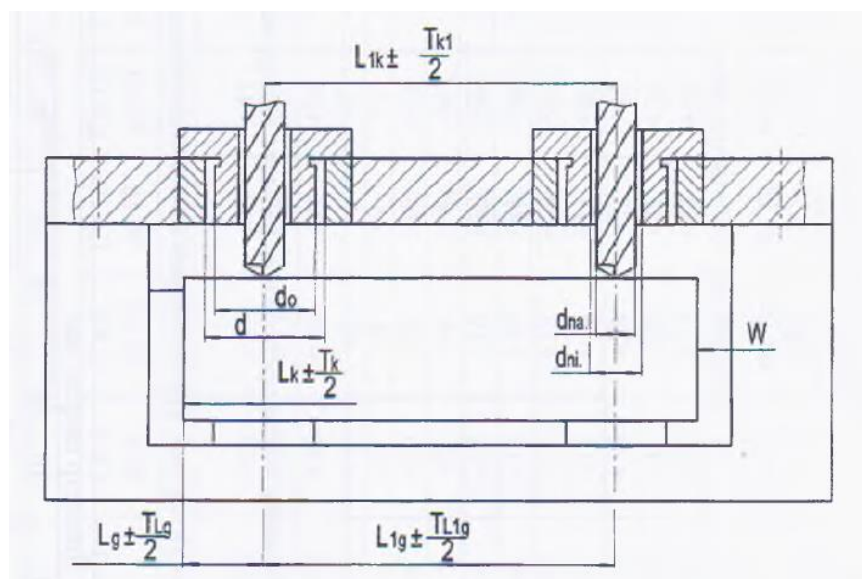


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку розміру розміщення кондукторних втулок [11]

Визначаємо номінальні розміри між осями кондукторних втулок. Оскільки допуски на оброблені отвори задаються симетрично, то $L_k = L_d$, $L_{k1} = L_{d1} = 16 \text{ мм}$.

Розраховуємо допуск на розмір кондукторних втулок L_{k1}, L_{d1} :

$$T_k \leq T_d - k \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (2.3)$$

де $T_d = 0,43$ мм – повне поле допуску розмір обробки;

$k = 1$ – коефіцієнт, враховуючий відхил відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить від кількості складових похибок;

Δ_1 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі свердла щодо осі отвору змінної втулки;

Δ_2 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі змінної втулки щодо постійної:

$\Delta_3 = 0,01$ мм – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок;

$\Delta_4 = 0,015$ мм – частка похибки обробки, яка залежить від величини допустимого зносу;

Δ_5 – частка похибки обробки, що враховує перекус інструменту в процесі обробки (рис. 2.4):

$$\Delta_2 = S_{2max} = d_{max} - d_{0min} = 0 \text{ мм} \quad (2.4)$$

$$\Delta_5 = \frac{\Delta_1 \cdot (H + 2a)}{H} = \frac{0,058 \cdot (10 + 2 \cdot 3)}{10} = 0,092 \text{ мм} \quad (2.5)$$

a – відстань від кондукторної втулки до деталі;

$$\Delta_1 = S_{1max} = d_{зм. max} - d_{св. min} = 5,028 - 4,97 = 0,058 \text{ мм} \quad (2.6)$$

$$a = (0,5 - 0,8) d_{св} = 0,6 \cdot 5 = 3 \text{ мм} \quad (2.7)$$

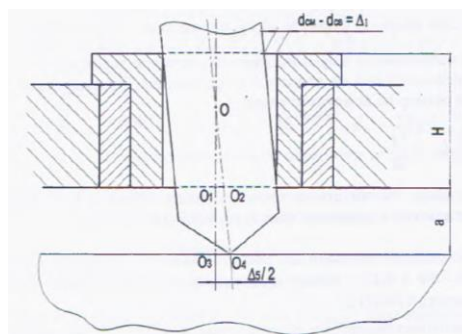


Рисунок 2.4 – Схема розрахунку перекоосу свердла

$$T_k \leq 0,43 - 1 \cdot \sqrt{0,07^2 + 0,035^2 + 0^2 + 0,01^2 + 0,015^2 + 0,092^2} = 0,3 \text{ мм}$$

$$\frac{T_k}{2} \leq \frac{0,3}{2} \Rightarrow \pm 0,15$$

Виконавчий розмір установка:

$$[L_k] = L_k \pm \frac{T_k}{2} \quad (2.8)$$

$$L_k = 16 \pm 0,15$$

2.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску. Вибір приводу

Визначимо осьову силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_0^y \cdot K_{mp}; \quad (2.9)$$

де y ; q ; C_p – коефіцієнти [8].

K_{mp} – поправочний коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,3}; \quad (2.10)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,95$$

$$P_z = 10 \cdot 68 \cdot 5^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,95 = 644 \text{ Н}$$

Згідно схеми (рис. 2.5) визначимо всі моменти та сили що діють в закріпленні [11]:

$$\sum P_x = 0; \quad P_z - T_1 - T_2 = 0; \quad (2.11)$$

$$\sum P_y = 0; \quad -W_{ct} + M_1 + M_2 = 0; \quad (2.12)$$

$$\frac{M_1}{N_1} = \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (2.13)$$

$$N_1 = \frac{T_1}{f}; \quad (2.14)$$

$$M_1 = \frac{T_1}{f} \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (2.15)$$

$$W_{\text{ст}} = \frac{2T_1}{f} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (2.16)$$

$$P_z = 2 \cdot T_1 \quad (2.17)$$

$$W_{\text{ст}} = \frac{P_z}{f \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad (2.18)$$

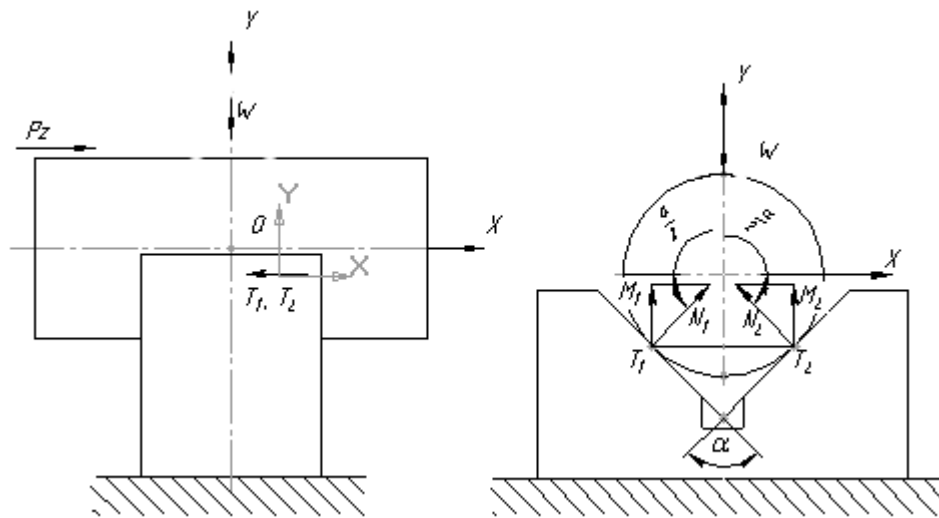


Рисунок 2.5 – Схема до визначення сили закріплення [11]

Дійсна сила закріплення:

$$W = \frac{k \cdot P_z}{f \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad (2.19)$$

де $f = 0,15$ – коефіцієнт тертя;

k – коефіцієнт запасу закріплення.

Коефіцієнт запасу закріплення:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.20)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

k_1 – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску,

що знімається при обробці;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту.

k_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

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

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток;

k_6 – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту.

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

Сила закріплення згідно формули (2.19):

$$W = \frac{3,06 \cdot 644}{0,15 \cdot 0,707} = 18582 \text{ Н}$$

Привід зазвичай складається з гідравлічної установки, що включає електродвигун з пусковою апаратурою, насос, резервуар для масла, апаратуру управління та регулювання, гідроциліндри та трубопроводи.

Мінімальний діаметр різьби на штоці:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot W}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.21)$$

де p – тиск в гідросистемі;

α – коефіцієнт затягування;

$[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг для сталі 40Х.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 18582}{3,14 \cdot 100}} = 23 \rightarrow 24 \text{ мм}$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{p \cdot \eta \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 18582}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,85}} = 74 \rightarrow 80 \text{ мм} \quad (2.22)$$

де η – ККД, що враховує втрати на тертя.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначено для контролю радіального биття зубчастого вінця відносно загальної осі деталі.

Контрольне пристосування (рис. 2.6) складається зі корпусу 1, на якому встановлюється два центри 3, 11. Центри 3, 11 мають можливість повздовжнього переміщення на напрямних корпусу 1 та закріплення за допомогою гвинта 36 та гайки 38. На корпусі 1 встановлено корпус штанги 34, в якому розміщені індикаторний годинник 32 та модульний щуп 24. Корпус штанги 34 має можливість переміщення перпендикулярно до осі деталі. Деталь при контролі базується на центрові отвори та підпирається центрами 3, 11. Модульний щуп 24 вводиться у западину зубців, на індикаторному годиннику 32 виставляють стрілку на нуль, забезпечивши технологічний натяг. Шляхом обертання деталі та зміни положення модульного щупа 24 по індикаторному годиннику 32 знімають значення радіального биття.

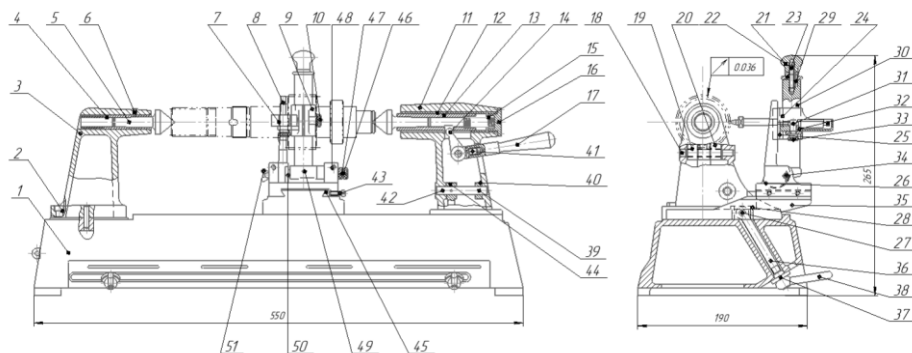


Рисунок 2.6 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Перевірку вал-шестерні на міцність виконаємо на основі отриманих максимальних навантажень в небезпечному перерізі. Для вал-шестерні небезпечними місцями є зуб. Оцінку міцності деталі виконаємо на основі порівняння отриманого коефіцієнту запасу міцності з довідковим.

Коефіцієнт запасу міцності залежить від ступеня відповідальності конструкції та умов її експлуатації. Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою:

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

де $[\sigma]=710$ МПа – допустиме значення границі плинності для сталі 40Х13;

$\sigma_{\max}$ – максимальне напруження, яке виникає в деталі.

Тому напруження, яке виникає в деталі повинне відповідати наступній вимозі:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{[\sigma]}{k} \quad (2.24)$$

Вихідні данні для розрахунку:

- 1) обертовий момент – $T=400$ Н·м;
- 2) колова сила в зубчатому зачепленні – $F_t = 3600$ Н
- 3) радіальна сила в зубчатому зачепленні – $F_r = 1300$ Н
- 4) осьова сила в зубчатому зачепленні – $F_a = 550$ Н

Під час роботи вал-шестерня зазнає дії згину та кручення. Розрахунок напружено-деформованого стану деталі виконуємо у модулі NX CAM. Перед початком розрахунку було створено 3D-модель вал-шестерні (рис. 2.7). Для спрощення розрахунку на моделі був виконаний один зуб, так як під час

роботи зубчастої пари в контакті постійно знаходиться лише один зуб.

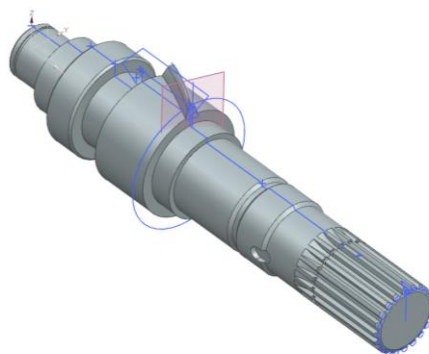


Рисунок 2.7 – 3D-модель валу

Далі 3D-модель було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.8).

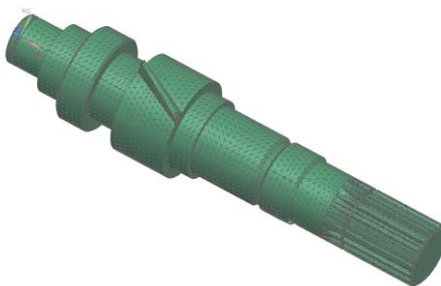


Рисунок 2.8 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

На наступному етапі на деталі було прикладено обмеження: закріплення в місцях встановлення підшипників, обертовий момент на шліцьовому з'єднанні та сили в зубчастому зачепленні (рис. 2.9).

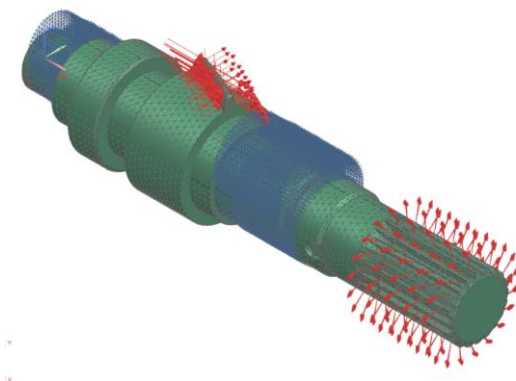


Рисунок 2.9 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Далі був виконаний розрахунок напружено-деформованого стану вал-шестерні (рис. 2.10).

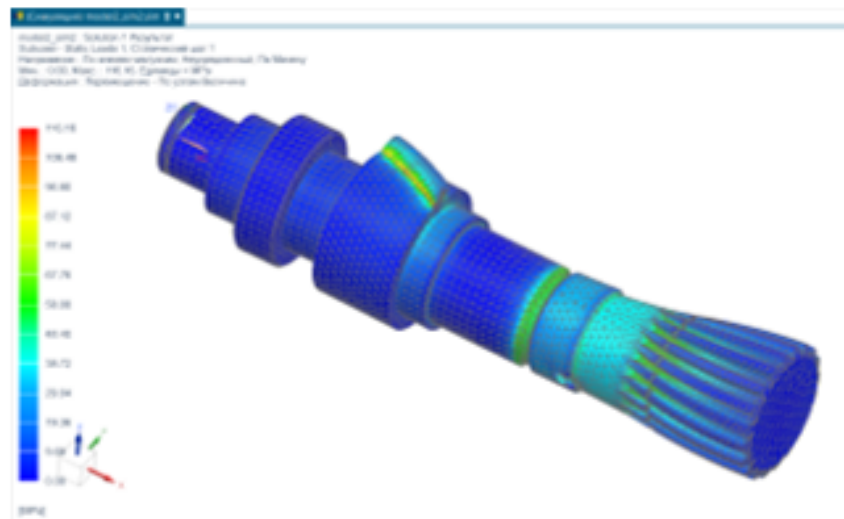


Рисунок 2.10 – Розподіл напружень

Максимальне значення напруження становило 116,16 МПа. Небезпечний переріз знаходився на ніжці зуба та переходу з Ø35 мм на посадковий діаметр підшипника Ø25 мм.

Згідно формули (2.39) зробимо перевірки максимального напруження:

$$\sigma_{max} = 116,16 \text{ МПа} \leq \frac{710}{3} = 236,7 \text{ МПа}$$

Результати розрахунку виявили більше ніж 3 рази запас міцності вал-шестерні. Тому конструкцію деталі ті її розміри можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Річна верстатоемність розрахуємо для кожної операції за формулою:

$$T_j = t_{ш-к_j} \cdot N \quad (3.1)$$

де N – річна програма випуску.

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

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

$$S_{p_j} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ш-к_j} \cdot N_j}{F_g \cdot m \cdot 60} \quad (3.2)$$

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

Результати розрахунку за формулою (3.2) приведено в табл. 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:

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

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

$$\begin{aligned} \overline{K_3} &= \frac{\sum S_p}{\sum S_n} \\ \overline{K_3} &= \frac{2,16}{17} = 0,13 \end{aligned} \quad (3.4)$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

$$R_1 = \frac{4}{9,4} = 0,42$$

Згідно розрахунків призначаємо для роботи на чотирьох верстатах одного оператора. Таким чином, для обслуговування $O=17$ верстатів необхідно $M=14$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

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

$$K_{30} = \frac{17}{14} = 1,21$$

Так як $1 < K_{30} < 10$, то остаточно тип виробництва приймаємо як серійний, а форму організації виробництва на лінії обробки – змінно-потоккову. Але через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,13), то дільницю виробництва деталей «Вал-шестерня» необхідно завантажити типовими деталями до рівня $\overline{K_3} > 0,7$.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

Оцінку очікуваної економічної ефективності заходів при розробці технологічного процесу виготовлення вал-шестерні виконаємо на основі порівняння застосування або універсальних токарно-гвинторізних верстатів або токарних верстатів з ЧПК згідно таблиці 4.1 та згідно рекомендацій [12].

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія							Нова технологія			
Модель верстата	1П365	1П365	1П365	1К62	1К62	1К62	1К62	HAAS ST-10	HAAS ST-10	HAAS ST-10	HAAS ST-10
Штучний час $t_{шт}$, хв	25	35	15	12	8	10	6	23,65	28,05	7,48	7,92
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	10
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	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	2
Оптова ціна верстата F , грн	307200			132800				705120			
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань N_a , %	14,2	14,2	14,2	14	14	14	14	14,2	14,2	14,2	14,2
Встановлена потужність електродвигунів N , кВт	11	11	11	10	10	10	10	15	15	15	15

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі:

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

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

$t_{шт-кі}$ – норма штучного часу виконання i – ой операції, год;

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

$K_б = 0,39$ – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERCLOCK-верстатному обслуговуванні;

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

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

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	25,1	76,6	1,2	1,4	53,83
015	Токарна	15,5	76,6	1,2	1,4	33,24
020	Токарна	10,6	76,6	1,2	1,4	22,73
025	Токарна	12,3	76,6	1,2	1,4	26,38
030	Токарна	13,6	76,6	1,2	1,4	29,17
035	Токарна	21,2	76,6	1,2	1,4	45,47
040	Токарна	8,5	76,6	1,2	1,4	18,23
					Σ	229,06

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	14,99	57,5	1,2	1,4	24,13
020	Токарна	26,1	57,5	1,2	1,4	42,02
025	Токарна	9,03	57,5	1,2	1,4	14,54
030	Токарна	29,07	57,5	1,2	1,4	46,80
					Σ	127,5

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою:

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

де Стар. н – годинна тарифна ставка, грн;

Ч_н – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

Ф_р = 2028 год – річний фонд часу одного.

топ – кількість операцій у технологічному процесі.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	Ф _р , хв	С _{тар} , грн	Ч _н	к _{доп}	к _{соц}	З _о , грн
015	Токарна	2028	57,7	0,1	1,2	1,4	3,93
020	Токарна	2028	57,7	0,1	1,2	1,4	3,93
025	Токарна	2028	57,7	0,1	1,2	1,4	3,93
030	Токарна	2028	57,7	0,1	1,2	1,4	3,93
						Σ	15,73

Визначимо амортизаційні відрахування на обладнання за формулою:

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

де К_і – первісна вартість обладнання на і – ої операції, грн;

Н_{аі} – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання на і – ої операції, %.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5, 4.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою:

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

де Ц_{ініj} – ціна інструменту j-го виду на і-ої операції, грн/шт;

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

η_m – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{маш}/t_{шт}$;

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

$n_{ін}$ – 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	25,1	307200	14,2	4015	4,55
015	Токарна	15,5	307200	14,2	4015	2,81
020	Токарна	10,6	307200	14,2	4015	1,92
025	Токарна	12,3	132800	14	4015	0,95
030	Токарна	13,6	132800	14	4015	1,05
035	Токарна	21,2	132800	14	4015	1,64
040	Токарна	8,5	132800	14	4015	0,66
					Σ	13,56

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	14,99	705120	14,2	4015	6,23
020	Токарна	26,1	705120	14,2	4015	10,85
025	Токарна	9,03	705120	14,2	4015	3,75
030	Токарна	29,07	705120	14,2	4015	12,08
					Σ	32,91

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	п _{ін}	T, хв	п _j	η _{мi}	S _{ін} грн
010	Токарна	25,1	Різець прохід.	150	2	60	15	0,4	0,94
			Різець канав.	180	2	60	15	0,4	0,76
015	Токарна	15,5	Різець прохід.	150	2	60	15	0,4	0,63
			Різець прохід.	100	1	45	20	0,4	0,23
020	Токарна	10,6	Різець канав.	150	2	60	15	0,4	0,31
			Різець прохід.	150	1	45	20	0,4	0,36
025	Токарна	12,3	Різець канав.	150	2	60	15	0,4	0,38
			Різець прохід.	180	2	60	20	0,4	0,36
030	Токарна	13,6	Різець прохід.	150	1	45	15	0,4	1,13
035	Токарна	21,2	Різець прохід.	150	1	60	12	0,4	0,85
			Різець канав.	150	1	45	15	0,4	0,85
040	Токарна	8,5	Різець різб.	150	1	50	20	0,4	0,49
								Σ	7,27

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	п _{ін}	T, хв	п _j	η _{мi}	S _{ін} грн
015	Токарна	14,99	Різець прохід.	200	1	180	2	0,4	1,48
			Різець канав.	150	1	120	1	0,4	1,25
020	Токарна	26,1	Різець прохід.	200	1	180	2	0,4	3,87
025	Токарна	9,03	Різець прохід.	200	1	180	2	0,4	0,30
			Різець канав.	150	1	120	1	0,4	1,00
			Різець канав.	150	1	120	1	0,4	0,76
030	Токарна	29,07	Різець прохід.	200	1	180	2	0,4	2,22
			Різець різб.	250	1	80	1	0,4	6,25
			Різець канав.	150	1	120	1	0,4	1,02
								Σ	18,14

Визначимо витрати на електроенергію за формулою:

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

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);

$k_{\text{ч}}$ – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом
(для верстатів з ЧПК – 0,7, для решти обладнання – 0,6);

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

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

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт виконання норм часу;

$\text{Це} = 3,45 \text{ грн/кВт} \times \text{год}$ – вартість електроенергії.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{\text{шт, хв}}$	Це грн	N_e кВт	k_N	$k_{\text{ч}}$	$k_{\text{од}}$	k_w	η_e	$k_{\text{в}}$	S_e
010	Токарна	25,1	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,99
015	Токарна	15,5	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,08
020	Токарна	10,6	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,11
025	Токарна	12,3	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,22
030	Токарна	13,6	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,46
035	Токарна	21,2	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,83
040	Токарна	8,5	3,45	10	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,54
										Σ	20,22

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{\text{шт, хв}}$	Це грн	N_e кВт	k_N	$k_{\text{ч}}$	$k_{\text{од}}$	k_w	η_e	$k_{\text{в}}$	S_e
015	Токарна	14,99	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	10,00
020	Токарна	26,1	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	17,41
025	Токарна	9,03	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	6,02
030	Токарна	29,07	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	19,39
										Σ	52,81

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою:

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

де $Ц_{то}$ – залишкова вартість обладнання, грн

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.11, 4.12.

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

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
010	Токарна	307200	0,02	0,45	0,92
015	Токарна	307200	0,02	0,45	0,92
020	Токарна	307200	0,02	0,45	0,92
025	Токарна	132800	0,02	0,64	0,57
030	Токарна	132800	0,02	0,64	0,57
035	Токарна	132800	0,02	0,64	0,57
040	Токарна	132800	0,02	0,64	0,57
				Σ	5,03

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

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
015	Токарна	705120	0,02	0,78	3,67
020	Токарна	705120	0,02	0,78	3,67
025	Токарна	705120	0,02	0,78	3,67
030	Токарна	705120	0,02	0,78	3,67
				Σ	14,67

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули:

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

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

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

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

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв;

K_T – 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	$C_{\text{гн}}$, грн/год	n_i	$t_{\text{ін}}$, хв	K_T	T_M	m	S_H грн
015	Токарна	Різець прохід.	8,5	50,9	6	4	0,9	180	2	0,09
		Різець канав.	4,2	50,9	6	4	0,9	120	1	0,14
020	Токарна	Різець прохід.	22,3	50,9	6	4	0,9	180	2	0,25
025	Токарна	Різець прохід.	4,2	50,9	6	4	0,9	180	2	0,05
		Різець канав.	2,3	50,9	6	4	0,9	120	1	0,08
		Різець канав.	1,9	50,9	6	5	0,9	120	1	0,08
030	Токарна	Різець прохід.	12,3	50,9	6	5	0,9	180	2	0,17
		Різець різб.	8,5	50,9	6	5	0,9	80	1	0,53
		Різець канав.	5,1	50,9	6	5	0,9	120	1	0,21
									Σ	1,59

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою:

$$I_{\text{н}} = Z_{\text{о}} \cdot k_{\text{заг}} \quad (4.8)$$

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

$$I_{\text{н1}} = 229,06 \cdot 0,2 = 45,81 \text{ грн}$$

$$I_{\text{н2}} = 127,5 \cdot 0,2 = 25,5 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою:

$$C_{\text{т}} = Z_{\text{о}} + Z_{\text{н}} + A_{\text{від}} + S_{\text{ін}} + S_{\text{е}} + S_{\text{р}} + S_{\text{н}} + I_{\text{н}} \quad (4.9)$$

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	$Z_{\text{о}}$	229,06	127,5
Заробітна плата наладчика	$Z_{\text{н}}$		15,73
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	13,56	32,91
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	7,27	18,14
Витрати на електроенергію	$S_{\text{е}}$	20,22	52,81
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	$S_{\text{р}}$	5,03	14,67
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	$S_{\text{н}}$		1,59
Витрати інші	$I_{\text{н}}$	45,81	25,5
Технологічна собівартість	$C_{\text{т}}$	320,95	288,85

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою:

$$E_{\text{ур}} = (C_{\text{т1}} - C_{\text{т2}}) \cdot N \quad (4.10)$$

$$E_{\text{ур}} = (320,95 - 288,85) \cdot 3000 = 96300 \text{ грн}$$

Згідно проведених розрахунків оцінки очікуваної економічної ефективності впровадження вдосконаленої технологічної обробки вал-шестерні з заміною обробки на універсальних верстатах обробленням на верстатах з ЧПК дає змогу зекономити 96300 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Вентиляція виробничих приміщень

Вентиляція виробничих приміщень – це сукупність заходів та пристроїв, необхідних для забезпечення заданої якості повітряного середовища у робочих приміщеннях. Вентиляції належить головна роль нормалізації повітряної середовища на робочих місцях й у виробничих приміщеннях.

За способом переміщення повітря вентиляція може бути:

- 1) природна;
- 2) механічна.

За способом організації повітрообміну механічна вентиляція може бути:

- 1) місцева;
- 2) загальнообмінна.

Типи вентиляційних установок:

- 1) Витяжні (призначені для видалення повітря) – місцеві та загальні.
- 2) Припливні (здійснюють подачу повітря) – місцеві (повітряні душі, завіси, оази) та загальні (розсіяний або зосереджений приплив).

Природна вентиляція – це вентиляція, коли повітрообмін відбувається з допомогою різниці температур під впливом теплового напору. Природна вентиляція виробничих приміщень може бути: неорганізованою та організованою.

Неорганізована природна вентиляція (провітрювання) здійснюється за рахунок надходження та видалення повітря через вікна, кватирки, фрамуги, спеціальні отвори, а також через нещільність зовнішніх огорож (інфільтрація).

Організована (регульована) природна вентиляція виробничих приміщень називається аерацією, що здійснюється за допомогою аераційних ліхтарів. За відсутності аераційних ліхтарів природну вентиляцію можна поліпшити за допомогою спеціальних каналів або шахт. З метою підвищення ефективності вітрового напору ці шахти мають спеціальні насадки –

дефлектори.

Механічна вентиляція дозволяє проводити попередню обробку припливного повітря – зволоження, нагрівання або охолодження та очищення від пилу, газів, аерозолів та інших домішок.

До установок місцевої вентиляції відносяться місцеві відсмоктувачі відкритого типу, що включають захисно-обезпилюючі кожухи, витяжні шафи, бортові відсмоктувачі, шарнірно-телескопічні відсмоктувачі (вбудовані в робочі місця, інструменти), відсмоктувачі, що переміщуються, а також витяжні парасольки, укриття-бокси, камер .

Загальнообмінна вентиляція застосовується в тих випадках, коли шкідливі речовини, надлишкове тепло та волога виділяються розосереджено по всьому робочому приміщенню, і видалити їх за допомогою місцевих відсмоктувачів неможливо. Принцип дії загальнообмінної вентиляції ґрунтується на розведенні забрудненого, перегрітого або перезволоженого повітря до рівнів, що відповідають гігієнічним нормативам.

Припливна вентиляція призначена для обробки повітря: його підігрів, охолодження, очищення від пилу або зволоження.

Витяжна вентиляція призначена для видалення відпрацьованого повітря.

Кондиціонування повітря – створення та автоматичне регулювання у приміщеннях заданих параметрів мікроклімату та санітарно-гігієнічних параметрів (температури, вологості, рухливості повітря).

Системами кондиціонування має подаватися повітря, очищене від пилу. Іноді пред'являються вимоги щодо очищення повітря від бактерій, його іонізації, дезодорації або ароматизації.

Основні санітарно-гігієнічні вимоги до вентиляції виробничих приміщень визначені гігієнічними нормативами, а також будівельними нормами та правилами. Для ефективної роботи вентиляції важливо, щоб на стадії її проектування було передбачено виконання низки санітарно-гігієнічних і технічних вимог.

Кількість повітря, необхідного для вентиляції виробничих приміщень та забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища у робочій зоні, встановлюється розрахунковим способом. Розрахунок ведеться за надлишком тепла, вологи або за кількістю шкідливих речовин, що виділяються (пилу, газів, пари). При одночасному виділенні у приміщенні тепла, вологи та шкідливих речовин необхідний повітрообмін повинен встановлюватись за превалюючою шкідливістю.

Система вентиляції не повинна бути джерелом шуму та забруднення навколишнього середовища. У процесі експлуатації вентиляційні системи повинні обслуговуватися, очищатися від забруднень, ремонтуватися відповідно до встановленого графіка підготовленого персоналу.

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процес виготовлення вал-шестерні у багатосерійному виробництві. Для виготовлення деталі «Вал-шестерня» обрано метод отримання заготовки – штампування на КГШП. При даному методу отримання заготовки коефіцієнт використання матеріалу становив 0,71, економічний ефект – 7530 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі, який містить замість токарної обробки на універсальних токарно-гвинторізних верстатах обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі, економічний ефект становив 68790 грн.

Була розроблена керуюча програма за допомогою програмного забезпечення Siemens.NX для токарної операції.

Було спроектовано робоче пристосування для свердління отворів. Було розраховано похибку встановлення та розраховані розміри установки кондукторних втулок. Було визначено зусилля затиску рівне 18582 Н та обраний гідроциліндр з діаметром 80 мм.

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. ГОСТ 14.312-74. Единая система технологической подготовки производства. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 57 с.
5. 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.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 652 с.
8. 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.
9. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.

10. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.

11. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальностей: 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології машинобудування» 133 «Галузеве машинобудування» освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / укл.: Е.В. Вишнепольський, О.Б. Козлова – Запоріжжя: НУЗП, 2020. – 70 с.

12. 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.

13. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

ДОДАТОК А

Визначення маси деталі та заготовок за допомогою масово-центрувальних характеристик програмного забезпечення «КОМПАС-3D»

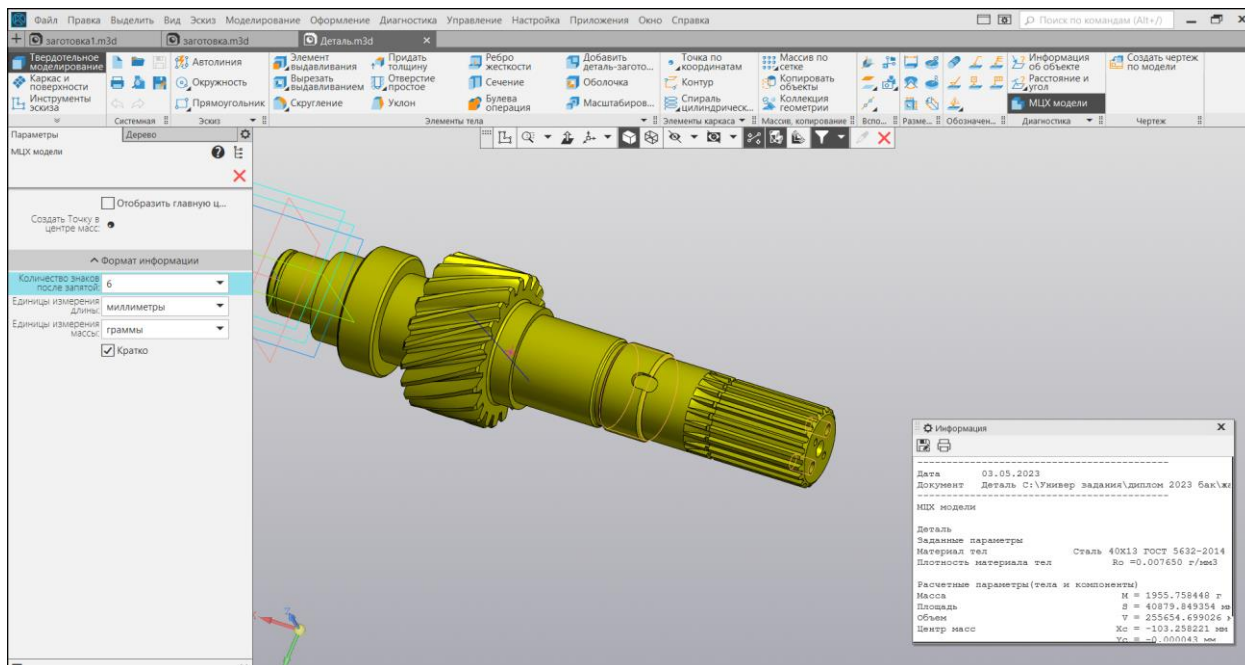


Рисунок А.1 – Маса деталі

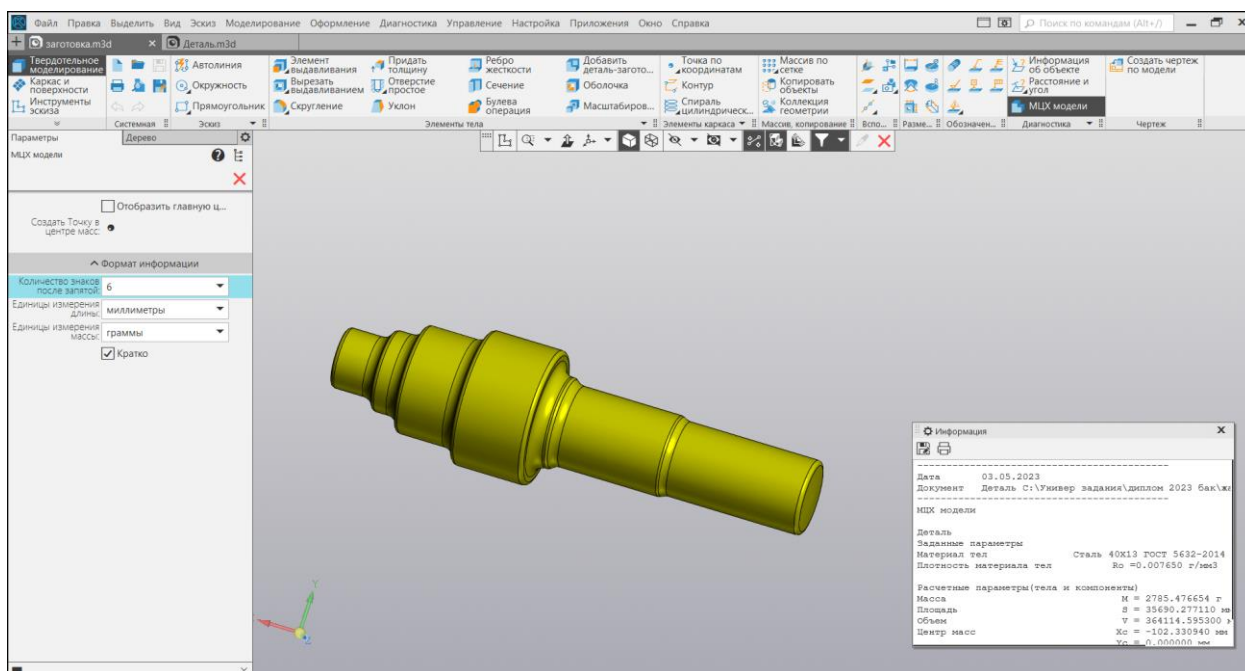


Рисунок А.2 – Маса заготовки-штамповки на КГШП

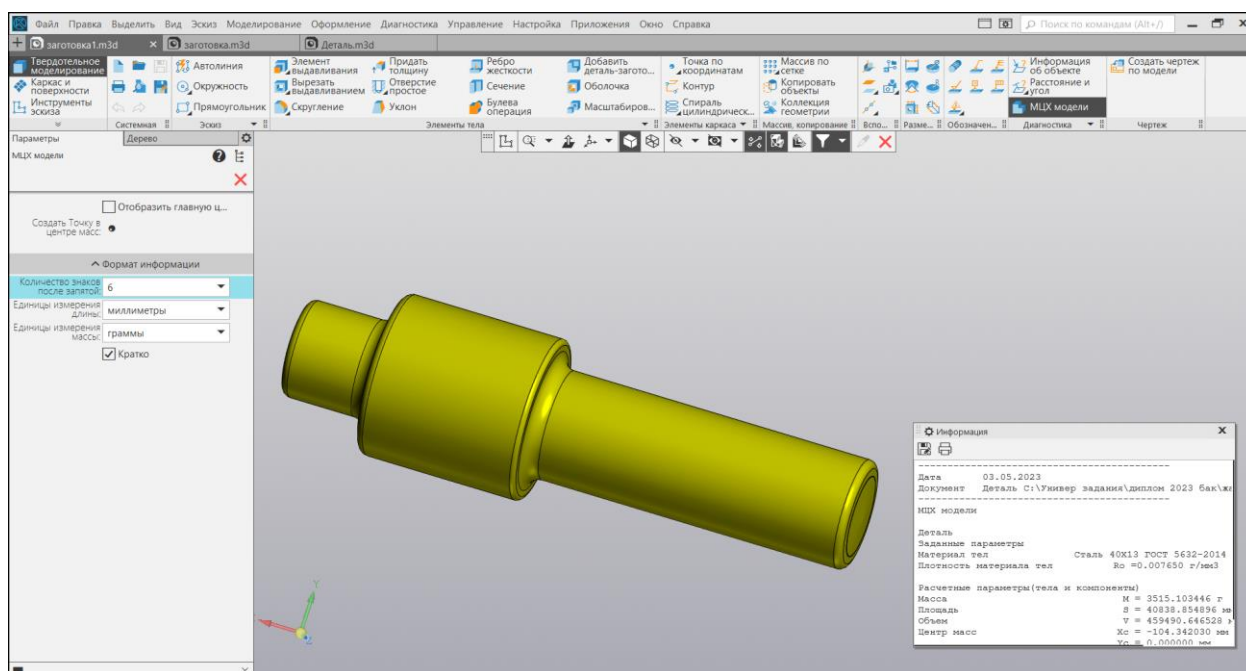


Рисунок А.3 – Маса заготовки-штамповки на молоті

ДОДАТОК Б
Специфікація робочого пристосування

		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.								
						<u>Документация</u>		
						<u>Складальне креслення</u>		
						<u>Сборочные единицы</u>		
Справ. №								
				1	Гідроциліндр	1		
				2	Корпус	1		
					<u>Детали</u>			
Подп. и дата				4		Змінна втулка	2	
				4		Змінна втулка	2	
				5		Плита	1	
				6		Призма	2	
				7		Скоба	1	
				8		Палець	1	
				9		Пружина	2	
				10		Опора	2	
				11		Корпус	1	
				12		Шток	1	
				13		Штифт	4	
				14		Коромисло	1	
				15		Призма	1	
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инд. № подл.								
					НУЗП 293226.004			
Изм. Лист					№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					Жабіна			
Проб.					Тришин			
Н.контр.					Дядя			
Утв.					Дядя			
Приспосовування для свердління 2 отв. $\phi 5$ мм та 2 отв. $\phi 2,9$ мм						Лит.	Лист	Листов
						1	1	2
						НУЗП гр. М-110сп		

[illegible]

ДОДАТОК В
Технологічні карти

Людл.			
Взам.			
Підл.			

[illegible]

[illegible]

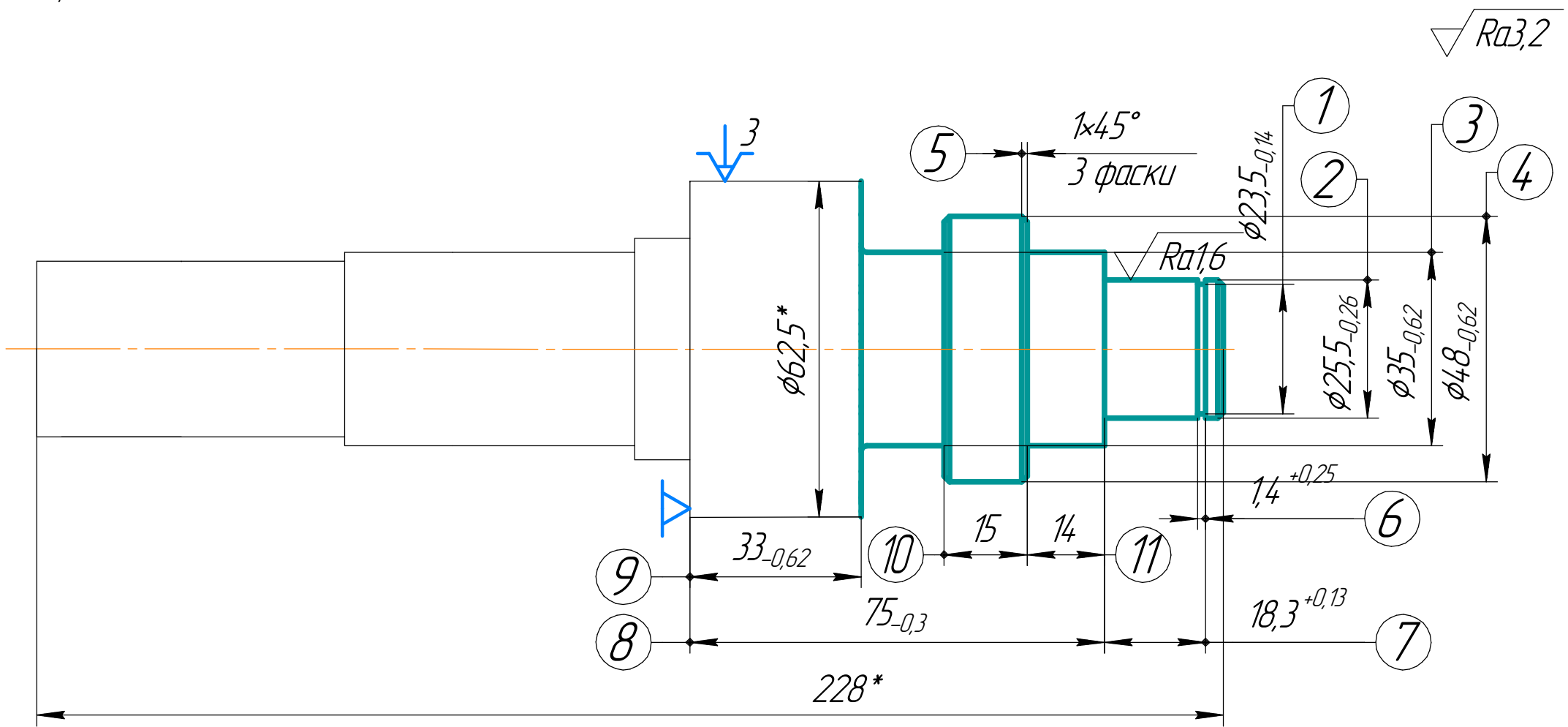
Додл.																							
Взам.																							
Подл.																							
												НУЗП 0214.1.23004		Листів 4		Лист 4							
								НУЗП				НУЗП 721323.004								М-110сп.1014.1.000001			

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

						НУЗП 0214.1.23004	1	1
Розроб.	Жабіна			НУЗП	НУЗП 721323.004	М-110сп.2014.1.00025		
Перевір.	Тришин							
Н. контр.	Дядя				Вал-шестерня			



КЭ			
----	--	--	--

Дудл.																			
Взам.																			
Підл.																			
НУЗП 0214.123004												Листів 2		Лист 1					
Розроб.		Жабіна		НУЗП		НУЗП 721323.004				М-110сп.6014.1.00025									
Перевір.		Тришин		Вал-шестерня														025	
Н.контр.		Дядя																	
Найменування операції				Матеріал				Твердість		ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ		КВЗ			
Токарна з ЧПК				Сталь 40Х13 ГОСТ 5949-75				174...217 НВ		к2	2			2,8		0,71			
Устаткування, пристрій ЧПК				Позначення програми				То	ТВ	Тп.з.	Тш-к	30ТС							
Токарний з ЧПК HAAS ST-10				-				7,08	1,13	30	9,86	5% емульсія "Укріол-1" ТУ-38-101197-76							
Р				П	D, B	L	t	i	S		п	V							
О 01	1. Встановити та закріпити деталь											t _{вст} =0,2 хв							
Т 02	ПР Патрон трьохкулачковий 7100-0009 ГОСТ 2675-80																		
03																			
О 04	2. Точити поверхні витримуючи розміри 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11																		
Т 05	ВИ Інструментальний блок																		
06	РИ Різець прохідний 2100-0018 Т15К6 ГОСТ 18878-73																		
07	СИ Калібр-скода 8113-0139 φ48h14, 8113-0127 φ35h14 ГОСТ 18360-93, калібр-скода спеціальна φ25,5h10, шаблон спеціальний.																		
Р 08				01	62,5	89,5	0,25	4	0,1		550	108							
09																			
О 10	3. Точити канавку витримуючи розміри 3, 5, 9, 10																		
Т 11	ВИ Інструментальний блок																		
12	РИ Різець прорізний 2130-0517 Т15К6 ГОСТ 18874-73																		
13	СИ Калібр-скода 8113-0127 φ35h14 ГОСТ 18360-93, шаблон спеціальний.																		
Р 14				02	62,5	14,9	0,5	2	0,1		550	108							
15																			
ОК																			

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

НУЗП 0214.123004

Листів 2

Лист 2

НУЗП 721323.004 М-110сп.6014.1.00025 025

Р		П	Q, B	L	t	i	S	n	V
0 01	4. Точити канавку витримуючи розміри 1, 6, 7								
Т 02	ВИ Інструментальний блок								
03	РИ Різець канавочний спеціальний Т15К6								
04	СИ Калібр-скоба $\phi 23,5h11$ спеціальна, шаблон спеціальний.								
Р 05		03	25,5	3	14	1	0,05	1500	120
06									
0 07	5. Зняти деталь								$t_{3H}=0,2$
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

OK

Дубл.			
Взам.			
Підп.			

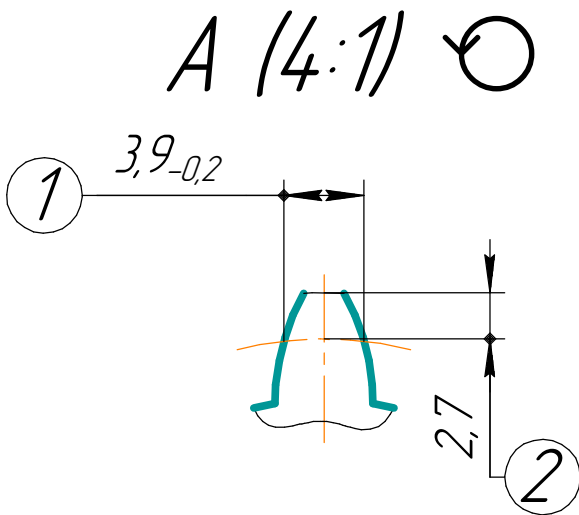
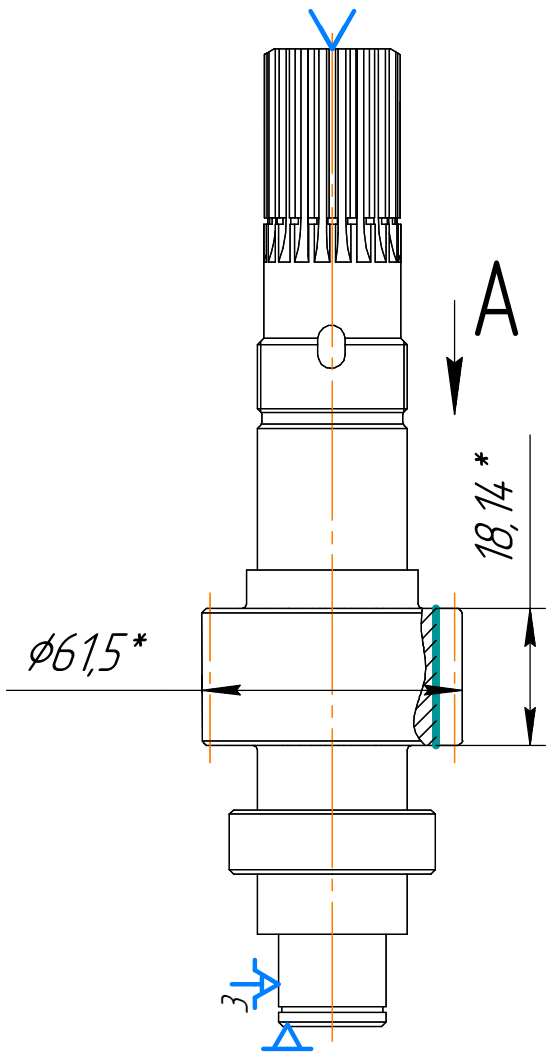
--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84	Форма 7

							НУЗП 0214.1.23004		1	1	
Розроб.	Жабіна			НУЗП		НУЗП 721323.004		М-110сп.2014.1.00045			
Перевір.	Тришин										
Н. контр.	Дядя				Вал-шестерня						045

$\sqrt{Ra1,6}$

Модуль	<i>m</i>	2,5
Число зубців	<i>z</i>	21
Нахил зубців	β	20°
Направлення зубців		праве
Коефіцієнт зміщення	<i>x</i>	0
Ступінь точності		7-6-6-Б
Радіальне биття зубчастого вінця	<i>F_r</i>	0.05
Ділильний діаметр	<i>d</i>	55.869



* розміри для довідок

КЗ			
----	--	--	--

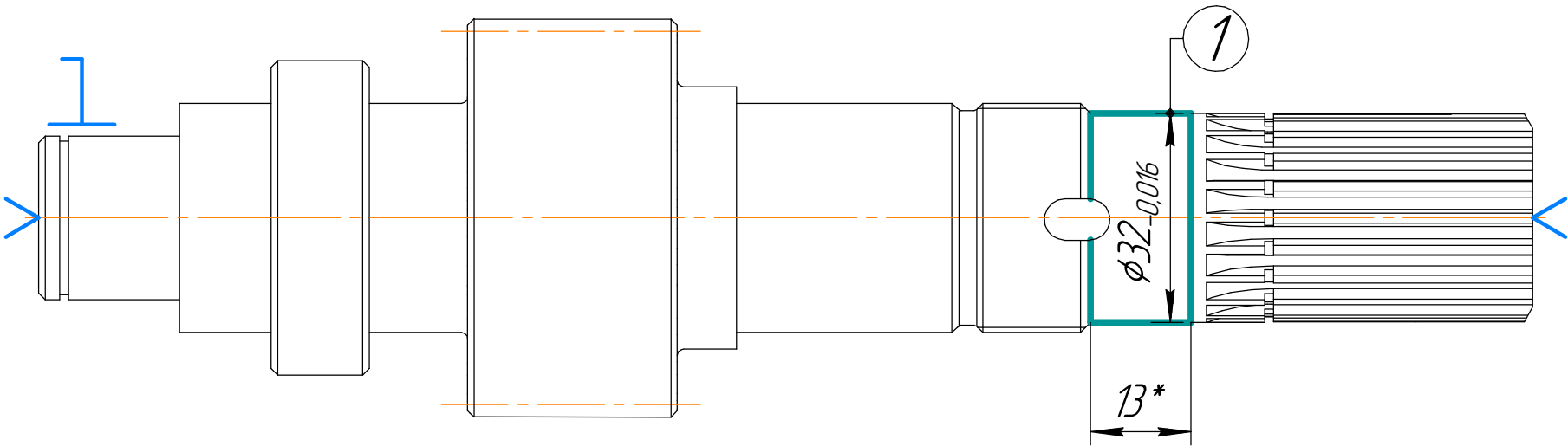
Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

				НУЗП 0214.123004			1	1
Розроб.	Жабіна			НУЗП	НУЗП 721323.004	М-110сп.2014.1.00100		
Перевір.	Тришин							
Н. контр.	Дядя			Вал-шестерня				100

$\sqrt{Ra0,4}$



* розміри для довідок

КЗ			
----	--	--	--

Дудл.													
Взам.													
Підл.													
								НУЗП 0214.1.23004		Листів 1			
										Лист 1			
Розроб.	Жабіна			НУЗП		НУЗП 721323.004			М-110сп.6014.1.00100				
Перевір.	Тришин												
Н.контр.	Дядя			Вал-шестерня								100	
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ	КВЗ
Круглошліфувальна				Сталь 40Х13 ГОСТ 5949-75		28...32 HRC		к2	2			2,8	0,71
Устаткування, пристрій ЧПК				Позначення програми		То	Тв	Тп.з.	Тш-к	30ТС			
Круглошліфувальний ЗА151				-		0,14	0,8	25	1,73	5% емульсія "Укріол-1" ТУ-38-101197-76			
Р				Пі	Q, В	L	t	i	S	п		V	
О 01	1. Встановити та закріпити деталь											t _{вст} =0,1 хв	
Т 02	ПР Центр 7032-0023 ГОСТ 13214-79, хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70.												
03													
О 04	2. Шліфувати поверхню остаточно витримуючи розмір 1												
Т 05	ВИ Оправка.												
06	РИ 1 600х63х305 15А 40-Н СТ1 6 К8А 50м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83												
07	СИ Калідр-скода 8113-0124 φ32h6 ГОСТ 18360-93.												
Р 08				01	600/32	13	0,034	1	0,001	1272/400		39,9/40,1	
09													
О 10	3. Зняти деталь											t _{зн} =0,1 хв	
11													
12													
13													
14													
15													
ОК													