

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 шестерні приводу

(назва теми)

гідронасосу»

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

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

НЕСТЕРЕНКО А.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ПУХАЛЬСЬКА Г.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.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)

НЕСТЕРЕНКО Анатолію Віталійовичу

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення шестерні приводу гідронасосу

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц., ПУХАЛЬСЬКА Гульнара Вікторівна,
 (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) 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=2500шт

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, 4, 5	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доц.		
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	14.06.2024	

Студент

_____ Анатолій НЕСТЕРЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

_____ Гульнара ПУХАЛЬСЬКА
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 85 с., 20 рис., 21 табл., 2 додатки, 10 джерел.

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

Об'єкт дослідження – шестерня приводу гідронасосу.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення шестерні приводу гідронасосу.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення шестерні приводу гідронасосу, 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 Службове призначення та умови роботи деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва.....	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки.....	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.....	25
1.6.1 Операція 015 – токарна.....	25
1.6.2 Операція 040 – зубофрезерна.....	29
1.6.3 Операція 080 – шліфувальна.....	33
1.7 Розробка керуючої програми.....	36
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	41
2.1 Опис конструкції зубофрезерного пристрою.....	41
2.1.1 Розрахунок пристосування на точність.....	41
2.1.2 Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі та розрахунок похибки установки.....	42
2.1.3 Розрахунок необхідної сили затискання заготовки у пристосуванні.....	43
2.1.4 Розрахунок затискного пристрою.....	45
2.2 Опис контрольного пристрою.....	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 Правила безпеки при хіміко- термічній обробці.....	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 гарячештампувальний 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

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

В сучасних умовах розвитку машинобудування, важливим аспектом є забезпечення високої якості та надійності виготовлення складних деталей, таких як шестерні приводу гідронасосів. Ці деталі мають ключове значення в роботі гідравлічних систем, які широко застосовуються в різних галузях промисловості, включаючи автомобілебудування, авіацію, важке машинобудування та інші сфери. Ефективність та довговічність роботи гідронасосів значною мірою залежить від точності і якості виготовлення їх складових частин.

Метою даної дипломної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення шестерні приводу гідронасосу, що включає всі етапи від проектування до впровадження у виробництво. У рамках роботи було розраховано економічний ефект від впровадження верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), що дозволяє підвищити продуктивність та зменшити витрати на виробництво. Було виконано розрахунок режимів різання, визначено норми часу на виконання операцій, а також розроблено керуючу програму для операцій на верстаті з ЧПК.

Для забезпечення високої точності та якості виготовлення шестерні, спроектовано робоче пристосування, яке забезпечує надійну фіксацію деталі під час обробки, та запропоновано контрольне пристосування для перевірки відповідності готової деталі вимогам технічних умов. Досліджено міцнісні характеристики шестерні, що дозволило забезпечити її надійну роботу під навантаженням.

Таким чином, результати даної дипломної роботи мають практичну цінність для підприємств, що займаються виробництвом гідравлічного обладнання, і можуть бути впроваджені з метою підвищення ефективності та якості виробництва.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Шестерня приводу гідронасоса (рис 1.1) встановлюється в коробці приводів із centruванням по зовнішнім поверхням $\varnothing 20$ та $\varnothing 30$, на які напресовуються підшипники. Шестерня встановлюється однією цапфою в корпус коробки приводів, інший – у відцентровому переходнику. Шестерня служить для передачі крутного моменту через зовнішній зубчастий вінець від ланцюга шестерень, що у коробці приводів, на внутрішні шліці, у яких встановлена ресора гідронасоса. Гідронасос служить для забезпечення тиску масла в гідросистемі.

Шестерня – тонкостінна деталь, складається в основному із зовнішніх циліндричних поверхонь, має зовнішній зубчастий вінець та внутрішні шліці. Точність виготовлення, точність розташування поверхонь та якість обробки – середньоекономічні. Шестерня виготовлена зі сталі 14ХГСН2МА-Ш, хімічний склад та механічні властивості якої наведені в таблицях 1.1, 1.2.

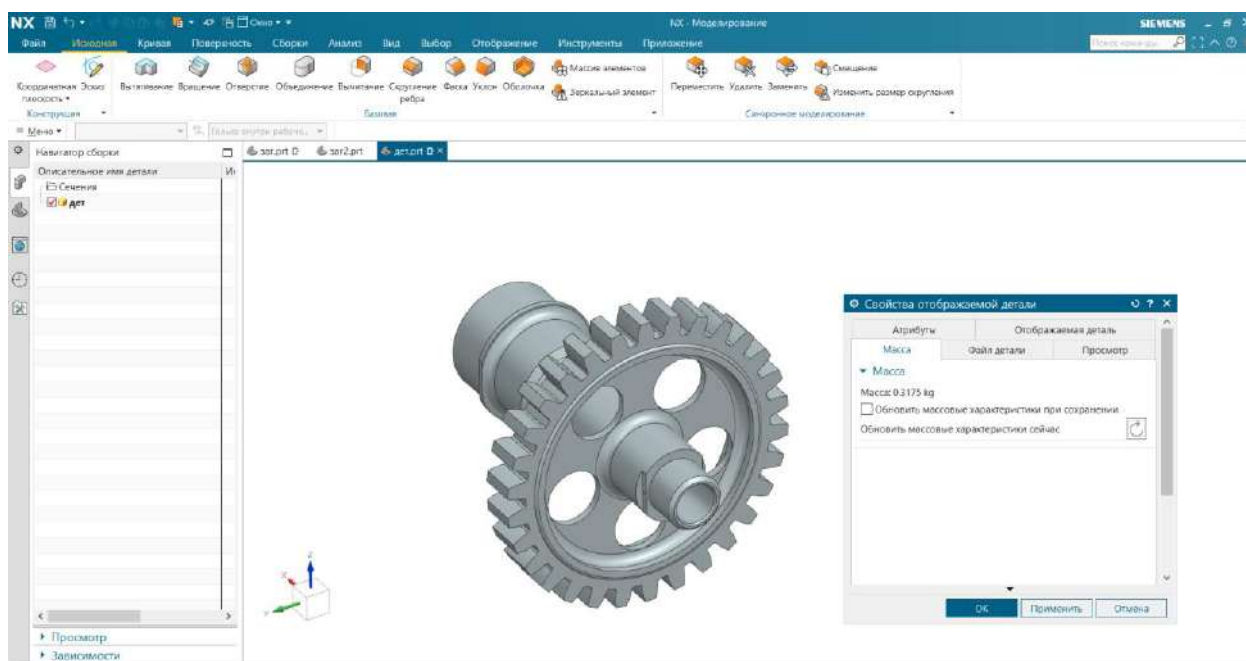


Рисунок 1.1 – 3D-модель шестерні

Таблиця 1.1 – Хімічний состав сталі 14ХГСН2МА-Ш [1]

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	V, %	Fe, %	S, %	P, %
0,11-0,16	0,45-0,7	0,7-1,0	1,2-1,6	1,6-2,0	0,25-0,4	0,03-0,06	основа	Не более	
								0,025	0,03

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 14ХГСН2МА-Ш [1]

t, °C	E, МПа	$\sigma_{0,2}$, кгс/мм ²	σ_B , кгс/мм ²	Ψ , %	σ_{100} , кгс/мм ²
20	19300-20400	85-102	130-155	15-26	-
700	-	84-95	121-126	17-26	95-103,5
800	-	80-90	100-106	15-27	42-50,5

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Маса деталі «Шестерня» становить 0,32 кг, враховуючи річну програму випуску 2500 штук попередньо тип виробництва призначаємо згідно таблиці 1.3 [2] як серійний.

Таблиця 1.3 – Вибір типу виробництва [2]

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік		
	m>100 кг	m=10...100 кг	m<10 кг
одиничний	до 5	до 10	до 100
дрібносерійний	5...10	10...200	100...500
серійний	100...300	200...500	500...5000
великосерійний	300...1000	500...5000	5000...50000
масовий	більше 1000	більше 5000	більше 50000

Кількість партії оброблюваних деталей, як чисельна характеристика

серійного виробництва, розраховується за формулою:

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

де N – річна програма випуску, N=2500 шт;

α – періодичність запуску партій деталей в виробництво, $\alpha=3$ дні;

A – кількість робочих днів на рік, A=250 днів.

$$n = \frac{3 \cdot 2500}{250} = 30 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Згідно аналізу конструкції деталі, маси, програми випуску в якості методу отримання заготовки обираємо:

- штамповка на кривошипному гаряче штампувальному пресі (КГШП);
- кування на молоті.

Для штампованої заготовки встановлюємо наступні характеристики [3]:

- клас точності – Т3;
- група сталі – М2;
- ступінь складності – С2;
- нахили для зовнішніх поверхонь – 7° ;
- радіуси заокруглень – 2,5 мм;
- припуски на всі поверхні приймаються згідно [4].

Маса заготовки визначається за допомогою програмного забезпечення NX. 3D-моделі заготовок наведено на рис. 1.2, 1.3.

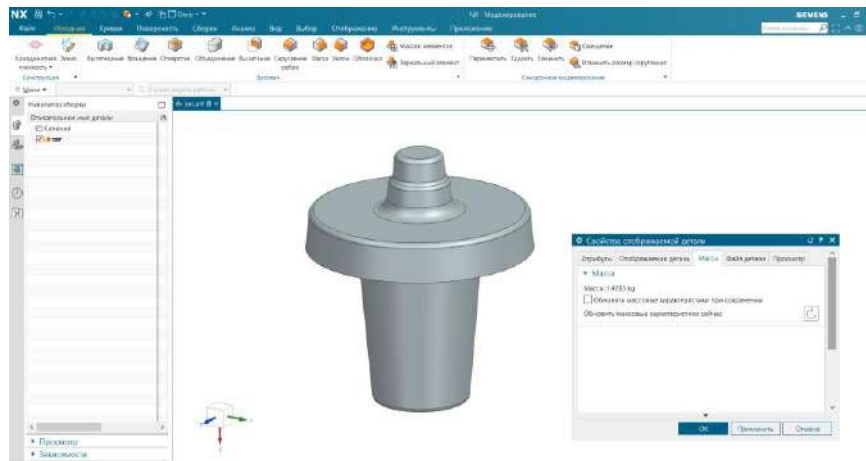


Рисунок 1.2 – 3D-модель заготовки, отриманої штампуванням на КГШП

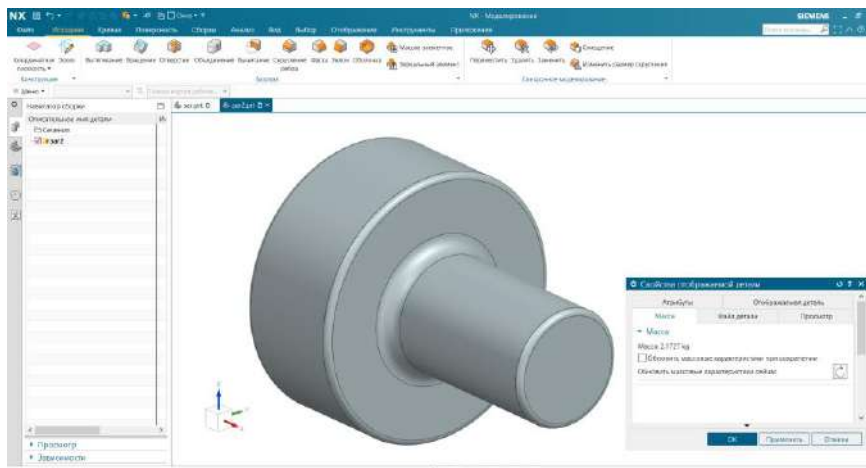


Рисунок 1.3 – 3D-модель заготовки, отримана штампуванням на молоті

Собівартість виготовлення однієї заготовки B , грн, розраховується за формулою [4]:

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

де Q – вага заготовки, $Q_{\text{КГШП}} = 1,42$ кг; $Q_M = 2,17$ кг;

q – вага деталі, $q = 0,32$ кг;

B_B – базова собівартість виготовлення 1 т заготовок, $B_{B \text{ КГШП}} = 31500$ грн
 $B_{B M} = 35000$ грн [4];

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки, $K_T = 1$ [4];

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі, $K_M = 1$ [4];

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, $K_C = 1,51$ [4];

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, $K_3 = 0,77$ [4];

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки, $K_{\Pi} = 1,27$ [4];

$V_{\text{відх}}$ – вартість 1 т стружки, $V_{\text{відх}} = 6500$ грн/т [4].

$$V_{\text{КГШП}} = \frac{35000}{1000} \cdot 1,42 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 - (1,42 - 0,32) \cdot \frac{6500}{1000} = 66,24 \text{ грн}$$

$$V_M = \frac{31500}{1000} \cdot 2,17 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 - (2,17 - 0,32) \cdot \frac{6500}{1000} = 88,91 \text{ грн}$$

Порівняльні показники обраних методів виготовлення заготовок заносяться в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			КГШП	Молот
Вага заготовки	Q	кг	1,42	2,17
Базова вартість заготовки	V_B	грн	31500	35000
Коефіцієнти	K_T		1	1
	K_M		1,51	1,51
	K_C		0,77	0,77
	K_3		1,27	1,27
	K_{Π}		1	1
Вартість 1 т стружки	$V_{\text{відх}}$	грн	6500	6500
Собівартість заготовки	V_3	грн	66,24	88,91
КВМ	η		0,22	0,15

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою [4]:

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

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{0,32}{1,42} = 0,22$$

$$\eta_M = \frac{0,32}{2,17} = 0,15$$

Річне заощадження знаходимо за формулою:

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

$$E_p = (88,91 - 66,24) \cdot 2500 = 56650 \text{ грн}$$

Приймаємо виготовлення методом штампування на КГШП як найбільш економічний метод.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

В якості баз, на токарних операціях обираємо шийки Ø30, Ø80,72 та крайній торець. На свердлильній та фрезерних операціях в якості баз обираємо: зовнішню циліндричну поверхню Ø30, отвір Ø16 та крайній торець. В якості баз, на зубодовбальній операції обираємо шийки Ø30, Ø15 та крайній торець. При шліфуванні, зубофрезеруванні та зубохонінгуванні в якості баз обираємо фаски центрального отвору. При такому виборі баз забезпечується найменша похибка установки та точність обробки.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Розробимо послідовність переходів обробки поверхонь, для цього складемо маршрут обробки поверхні (МОП). Перед цим виконаємо

технологічну нумерацію поверхонь (рис. 1.4).

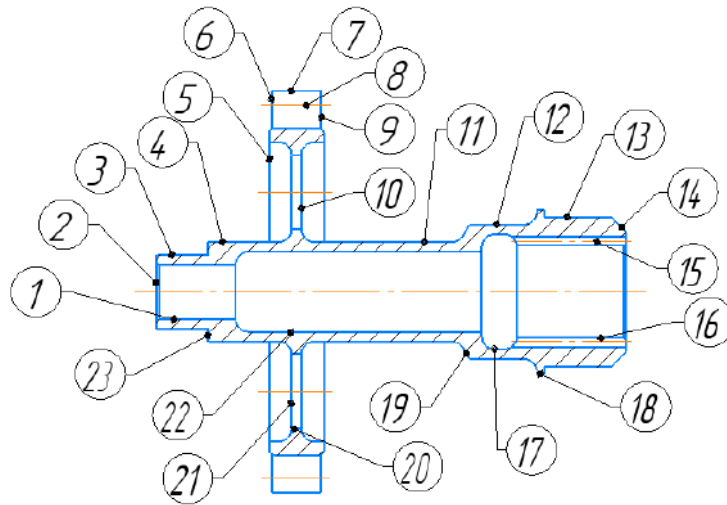


Рисунок 1.4 – Технологічна нумерація поверхонь

Загальне уточнення розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.5)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_d} \quad (1.6)$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (1.7)$$

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

Rz_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Rz_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні $\varnothing 30(\pm 0,0065)$ загальне уточнення за показниками якості:

де $Td_3=1,3$ мм – допуск на розмір заготовки, мкм;

$Td_d=0,013$ мм – допуск на розмір деталі, мкм;

$Rz_3 = 100$ мкм – параметр шорсткості заготовки, мкм;

$Rz_d = 1,6$ мкм – параметр шорсткості деталі, мкм;

$\Delta_3 = 0,5$ мм – похибка форми заготовки, мкм;

$\Delta_d = 0,02$ мм – похибка форми деталі, мкм.

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{1,3}{0,013} = 100,$$

$$\varepsilon_{\Delta_0} = \frac{0,5}{0,02} = 25,$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{100}{1,6} = 62,5,$$

Кількість переходів розраховується за превалюючим показником за формулою:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.8)$$

$$k = 2 \cdot \lg 100 = 4$$

Приймаємо $k=4$ переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k=4$ переходами за законом прогресивного зменшення: $IT = IT_{17} - js_6 = 11 = 5 + 3 + 2 + 1$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) Для допуску – $IT_{17} \rightarrow h_{12} \rightarrow h_{10} \rightarrow TO \rightarrow h_8 \rightarrow js_6$

2) Для шорсткості – $Rz_{100} \rightarrow Rz_{12,5} \rightarrow Rz_{6,3} \rightarrow TO \rightarrow Rz_{3,2} \rightarrow Rz_{1,6}$

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1} = 210$ мкм; $T_{Rz1} = 12,5$ мкм [5].

Уточнення:

$$E_{d1} = 1300/210 = 6,2$$

$$E_{Rz} = 100/12,5 = 8$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D2} = 84$ мкм; $T_{Rz2} = 6,3$ мкм [5].

Уточнення:

$$E_{d2}=210/84=2,5$$

$$E_{Rz}=12,5/6,3=2$$

Четвертий перехід – шліфування чорнове: $T_{D4}=33$ мкм; $T_{Rz4}=3,2$ мкм [5].

Уточнення:

$$E_{d4}=84/33=2,5$$

$$E_{Rz4}=6,3/3,2=2$$

П'ятий перехід – чистове шліфування: $T_{D5}=13$ мкм; $T_{Rz5}=1,6$ мкм [5].

Уточнення:

$$E_{d5}=33/13=2,5$$

$$E_{Rz}=3,2/1,6=2$$

$$E_{dj}=6,2 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 96,8 < E_d = 100$$

$$E_{Rzj}=8 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 62 < E_{Rz} = 62,5$$

Таким же методом робимо розрахунки і для інших поверхонь. Отримані дані заносимо до таблиці 1.5.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Складаємо загальну етапну схему виготовлення шестерні приводу гідронасосу – етапний маршрут виготовлення деталі (МВД):

1 етап – отримання заготовки, термічна обробка (ТО);

2 етап – механічна обробка:

- токарна обробка (чорнова, чистова);

Таблиця 1.5 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характеристика поверхонь	МОП		Допуски			Уточнення		
	IT	Метод обробки	Геометричні розміри, мм	Шорсткість, мкм	Биття, мм	Геометричні розміри	Шорсткість	Биття
Ø30(±0,0065) Rz=3,2 ↑=0,02	17	Заготовка	1,300	100	0,5	-	-	-
	12	Точіння чорнове	0,210	12,5	0,1	6,2	8	5
	9	Точіння чистове	0,084	6,3	0,05	2,5	2	2
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	7	Шліфування чорнове	0,033	3,2	0,03	2,5	2	1,7
	6	Шліфування чистове	0,013	1,6	0,02	2,5	2	1,5
Ø15(±0,0055) Rz=3,2 ↑=0,02	17	Заготовка	1,300	100	0,5	-	-	-
	12	Точіння чорнове	0,180	12,5	0,1	7,2	8	5
	10	Точіння чистове	0,070	6,3	0,05	2,6	2	2
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	8	Шліфування чорнове	0,027	3,2	0,03	2,6	2	1,7
	6	Шліфування чистове	0,011	1,6	0,02	2,4	2	1,5
Ø80,72 _{-0,14} Rz=6,3 ↑=0,025	17	Заготовка	1,400	100	0,5	-	-	-
	14	Точіння чорнове	0,870	12,5	0,1	1,6	8	5
	12	Точіння чистове	0,350	6,3	0,05	2,5	2	2
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	10	Шліфування	0,140	3,2	0,025	2,5	2	2
67,6 _{-0,06} Rz=6,3 ↑=0,02	17	Заготовка	1,400	100	0,5	-	-	-
	12	Точіння чорнове	0,300	12,5	0,1	4,7	8	5
	10	Точіння чистове	0,120	6,3	0,05	2,5	2	2
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	8	Шліфування	0,060	3,2	0,02	2	2	2

- фрезерна обробка;
- свердлильна обробка;
- зубофрезерна обробка;
- зубодовбальна обробка;
- слюсарна;
- 3 етап – хімікотермічна обробка;
- 4 етап – механічна обробка:
 - шліфування (чорнове, чистове);
 - зубошліфування;
 - зубохонінгування;
- 5 етап – мийка, контроль.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахуємо припуски для поверхні $\varnothing 30(\pm 0,0065)$ розрахунково-аналітичним методом. Значення шорсткості та глибини дефектного шару для заготовки: $Rz_1=100$ мкм та $h_1=200$ мкм [5]. Просторові відхилення розраховують за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.9)$$

де $\rho_{зм}$ – відхилення від соосності, $\rho_{зм} = 0,4$ мм [5];

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

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (1.10)$$

де $\Delta_{кор}$ – кривизна штамповки, $\Delta_{кор} = 0,003$ мм [5].

$$\rho_{кор} = 0,003 \cdot 94,5 = 0,283 \text{ мм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,4^2 + 0,283^2} = 0,49 \text{ мм}$$

Для чорнового точіння значення шорсткості та глибини дефектного шару призначаємо: $Rz_2=12,5$ мкм та $h_2=20$ мкм [5]. Просторова похибка для механічних переходів розраховується за формулою:

$$\rho_j = K_{yt} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.11)$$

де K_{yt} – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки [5].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 490 = 29 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} \quad (1.12)$$

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

Для чистового точіння значення шорсткості та глибини дефектного шару призначаємо: $Rz_3=6,3$ мкм та $h_3=10$ мкм [5]. Просторова похибка:

$$\rho_3 = 0,06 \cdot 29 = 1,7 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_j = K_{yt} \cdot \varepsilon_i, \text{ мм} \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_3 = 0,06 \cdot 410 = 25 \text{ мкм}$$

Просторова похибка для ТО:

$$\rho_4 = \Delta_k \cdot L \quad (1.14)$$

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

$$\rho_4 = 0,1 \cdot 94,5 = 9,45 \text{ мкм}$$

Для шліфування чорнового значення шорсткості та глибини дефектного шару призначаємо: $Rz_5=3,2$ мкм та $h_5=5$ мкм [5].

Просторова похибка:

$$\rho_5 = 0,03 \cdot (1,7 + 9,45) = 0,3 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 25 = 0,7 \text{ мкм}$$

Для шліфування чистового значення шорсткості та глибини дефектного шару призначаємо: $Rz_5=1,6$ мкм та $h_5=5$ мкм [5].

Просторова похибка:

$$\rho_6 = 0,02 \cdot 0,3 = 0 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_6 = 0,02 \cdot 0,7 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.15)$$

$$2z_2^{\min} = 2(100 + 200 + \sqrt{490^2 + 410^2}) = 1877 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(12,5 + 10 + \sqrt{29^2 + 25^2}) = 121 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(6,3 + 5 + \sqrt{1,7^2 + 0,7^2}) = 26 \text{ мкм}$$

$$2z_6^{\min} = 2(3,2 + 5 + \sqrt{0,3^2 + 0^2}) = 17 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховується за формулою:

$$d_6^{\max} = d_6^{\min} + ES_{d6} \quad (1.16)$$

$$d_6^{\max} = 30 + 0,0065 = 30,0065 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.17)$$

$$d_5^{\max} = 30,0065 + 0,033 + 0,017 = 30,0565 \text{ мкм}$$

$$d_3^{\max} = 30,0565 + 0,084 + 0,026 = 30,2095 \text{ мкм}$$

$$d_2^{\max} = 30,1665 + 0,21 + 0,084 = 30,4975 \text{ мкм}$$

$$d_1^{\max} = 30,4975 + 1,877 + 1,3 = 33,6745 \rightarrow 33,7 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.18)$$

$$d_6^{\min} = 30,0065 - 0,013 = 29,9935 \text{ мм}$$

$$d_5^{\min} = 30,0565 - 0,033 = 30,0235 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 30,1665 - 0,084 = 30,0825 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 30,4975 - 0,21 = 30,2875 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 33,7 - 1,3 = 32,4 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.19)$$

$$2z_2^{\max} = 33,7 - 30,2875 = 3,4125 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 30,4975 - 30,0825 = 0,415 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 30,1556 - 30,0235 = 0,143 \text{ мм}$$

$$2z_6^{\max} = 30,0565 - 29,9935 = 0,063 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.20)$$

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (1.21)$$

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.22)$$

$$2z_0^{\max} = 33,7 - 29,9935 = 3,7065 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 32,4 - 30,0065 = 2,3935 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 1,3 + 0,013 = 1,313 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 3,7065 - 2,3935 = 1,313 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 32,8_{-0,4}^{+0,9}$ мм.

Результати розрахунку припусків та технологічних розмірів наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам.

Характеристи ка поверхонь	МОП		Складові припуску, мкм				До- пуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуску		Виконавчий розмір, мм
	ІТ	Метод обробки	R _{zi}	h _i	ρ _i	ε _i	Td, мм	d _i ^{max} , мм	d _i ^{min} , мм	2z _i ^{max} мкм	2z _i ^{min} мкм	
Ø30(±0,0065)	17	Заготовка	100	200	490	-	1,3	33,7	32,4	-	-	Ø32,8 ^{+0,9} _{-0,4}
	12	Точіння чорнове	12,5	20	29	410	0,21	30,4975	30,2875	3412,5	1877	Ø 30,5 _{-0,21}
	9	Точіння чистове	6,3	15	1,7	25	0,084	30,1665	30,0825	415	121	Ø 30,16 _{-0,084}
	-	ТО	-	-	9,45	-	-	-	-	-	-	-
	7	Шліфування чорнове	3,2	5	0,3	0,7	0,033	30,0565	30,0235	143	26	Ø 30,05 _{-0,033}
	6	Шліфування чистове	1,6	5	0	0	0,013	30,0065	29,9935	63	17	Ø 30±0,0065
							3,9065-2,5935=1,3+0,013 1,313=1,313			3,9065	2,5935	

1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу

1.6.1 Операція 015 - токарна

Чорнове точіння ведеться на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі Рута GT2100. Операційний ескіз представлений на рис. 1.5. Вибираємо різальний інструмент:

- 1) Різець токарний підрізний ГОСТ 18880-73, $\phi=95^\circ$, державка 25x25x125, Т15К6, R1 [6];
- 2) Свердло спіральне $\varnothing 10$ Р6М5 ГОСТ 10902-77 [6].

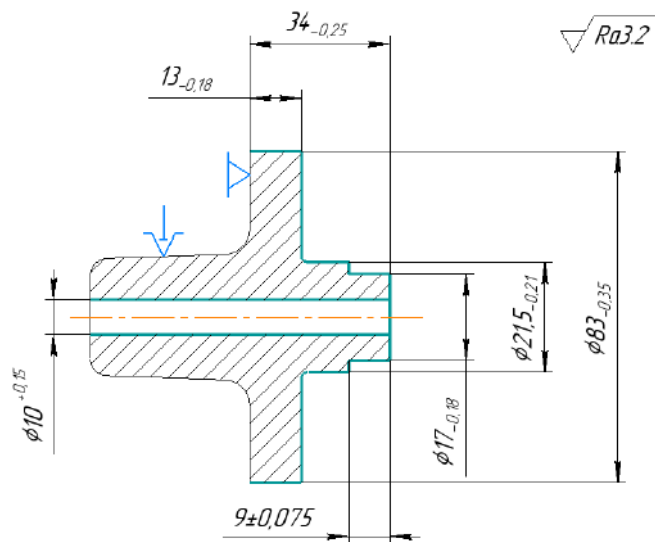


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз деталі

Технічні характеристики:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 305 мм;
- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 406 мм;
- 3) частоти обертання шпинделя – 1 ... 6000 об/хв;
- 4) поздовжня та поперечна подача супорта – 1...200 мм/об;
- 5) швидкість швидких переміщень – 1000 мм/хв;
- 6) найбільший переріз різців – 25x32 мм;

7) потужність – 12 кВт.

Режими різання для зовнішнього точіння:

Подача:

$$S = S^{табл} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{Sз} \cdot K_{Sф} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} \quad (1.23)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,48$ мм/об [7];

K_{Sn} – коефіцієнт враховуючий стан поверхні, $K_{Sn} = 0,42$ [7];

K_{Su} – коефіцієнт враховуючий матеріал різця, $K_{Su} = 1,0$ [7];

$K_{Sз}$ – коефіцієнт враховуючий форму поверхні, $K_{Sз} = 1,0$ [7];

$K_{Sф}$ – коефіцієнт враховуючий припуск на обробку, $K_{Sф} = 1,0$ [7];

$K_{Sж}$ – коефіцієнт враховуючий жорсткість деталі, $K_{Sж} = 0,85$ [7];

K_{SM} – коефіцієнт враховуючий матеріал деталі, $K_{SM} = 1,0$ [7].

$$S_p = 0,48 \cdot 0,42 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,17 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,2$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання:

$$V_p = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{Vф} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж} \cdot K_{VP} \cdot K_{VO} \quad (1.24)$$

де V_m – табличне значення швидкості, $V_m = 231$ м/хв [7];

K_{PI} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{PI} = 0,86$ [7];

K_{CT} – коефіцієнт, що враховує стійкість різця, $K_{CT} = 0,8$ [7];

$K_{П}$ – коефіцієнт, що залежить від виду обробки, $K_{П} = 1,2$ [7];

K_C – коефіцієнт, що залежить від використання змащувально-охолоджувального технологічного середовища (ЗОТС), $K_C = 0,9$ [7];

K_L – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, $K_L = 0,7$ [7].

$$V_p = 231 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,86 \cdot 0,7 = 120 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.25)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 83} = 460 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по верстату: $n=450$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1.26)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 83 \cdot 450}{1000} = 117 \text{ м/хв}$$

Розрахунок режимів різання для свердління.

Подача за формулою (1.23):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,18$ мм/об [7];

K_{Sn} – коефіцієнт враховуючий стан поверхні, $K_{Sn}=1,0$ [7];

K_{Sn} – коефіцієнт враховуючий матеріал свердла, $K_{Sn}=0,85$ [7];

K_{S_3} – коефіцієнт враховуючий форму поверхні, $K_{S_3}=1,0$ [7];

$K_{S\phi}$ – коефіцієнт враховуючий припуск на обробку, $K_{S\phi}=1,0$ [7];

$K_{Sж}$ – коефіцієнт враховуючий жорсткість деталі, $K_{Sж}=0,7$ [7];

K_{SM} – коефіцієнт враховуючий матеріал деталі, $K_{SM}=1,0$ [7].

$$S_p = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,107 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S=0,1$ мм/об.

Розраховуємо швидкість за формулою (1.24):

де V_m – табличне значення швидкості, $V_m=33$ м/хв [7];

K_{PI} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{PI} = 0,86$ [7];

K_{CT} – коефіцієнт, що враховує стійкість свердла, $K_{CT}=0,85$ [7];

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від виду обробки, $K_{II}=1,0$ [7];

K_C – коефіцієнт, що залежить від використання ЗОТС, $K_C=1,0$ [7];

K_L – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, $K_L=1,0$ [7].

$$V_p = 33 \cdot 0,86 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 24 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.25):

$$n = \frac{1000 \cdot 24}{3,14 \cdot 10} = 764 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по верстату: $n=800$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.26):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 800}{1000} = 25 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо основний машинний час:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}) \cdot i}{S \cdot n}, \text{ хв} \quad (1.27)$$

де l – довжина різання, мм;

$l_{пер}$ – величина перебігу, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання, мм;

$i=2$ – кількість проходів.

$$t_o = \frac{71,9 + 2 + 2}{450 \cdot 0,2} \cdot 2 + \frac{94,5 + 2,9 + 2}{800 \cdot 0,1} \cdot 1 = 2,9 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{в.у} + t_{м.в} \quad (1.28)$$

де $t_{в.у}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{в.у}=0,4$ хв [8];

$t_{м.в}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{м.в}=0,23$ хв [8].

$$t_{доп} = 0,4 + 0,23 = 0,63 \text{ хв};$$

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} \quad (1.29)$$

$$t_{оп} = 2,9 + 0,63 = 3,53 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час:

$$t_{шт} = t_{оп} + \frac{(\alpha_{обсл} + \alpha_{отд}) \cdot t_{оп}}{100} \quad (1.30)$$

де $\alpha_{обсл}$, $\alpha_{отд}$ – відсоток часу від оперативного обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби, $\alpha_{обсл} + \alpha_{отд} = 8\%$. [8].

$$t_{шт} = 3,53 + \frac{8 \cdot 3,53}{100} = 3,88 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n} \quad (1.31)$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заключний час, $T_{п.з} = 22 \text{ хв}$.

$$t_{шт-к} = 3,88 + \frac{22}{30} = 4,25 \text{ хв}$$

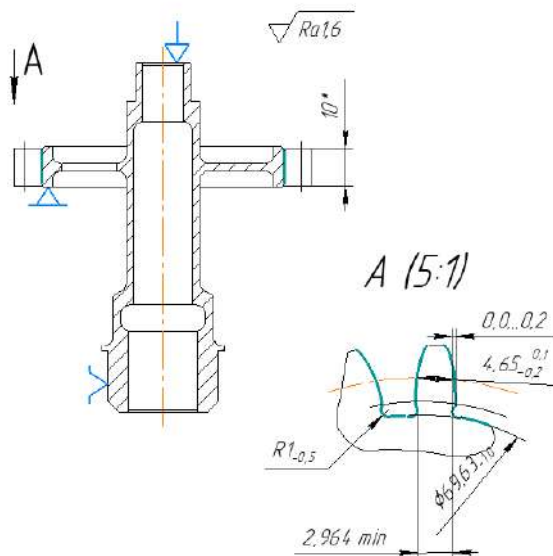
1.6.2 Операція 040 – зубофрезерна

Вибираємо верстат – зуборізний напівавтомат для циліндричних коліс моделі 53A20. Різальний інструмент: однозахідна права черв'ячна фреза $m=2,5$ $D=80 \text{ мм}$, $d=32 \text{ мм}$, $L=80 \text{ мм}$, $z=14$, P6M5. Операційний ескіз наведено на рис. 1.6.

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 200мм

- 2) максимальна ширина вінця заготовки – 180 мм.
- 3) частоти обертання шпинделя фрези: 75 – 500 об/хв;
- 4) Подача вертикальна – 0,06...2,4 мм/об;
- 5) Подача радіальна – 0,1...1,6 мм/прохід
- 6) потужність – 7,5 кВт



Модуль	m	2,5
Кількість зубців	z	30
Кут профілю	α_0	20°
Коефіцієнт висоти головки	h_a	1
Коефіцієнт радіального зазору	ξ	0,25
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	X	+0,176
Діаметр ділительного кола	d	75
Кількість зубців сполучаючого колеса	z	18

Рисунок 1.6 – Ескіз операції

Для серійного виробництва використовуємо спеціальний пристрій з оправкою та пневмоприводом закріплення заготовки.

Засоби контролю: зубомір для контролю товщини зуба за постійною хордою.

Вибір подач за формулою (1.23):

де S_T – табличне значення подачі, $S_T = 0,6$ мм/об [5];

K_{HB} – поправочний коефіцієнт, що залежить від твердості оброблюваного матеріалу, $K_{HB} = 1$ [5];

K_O – поправочний коефіцієнт, що залежить використання СОТС, $K_O = 1$ [5];

K_S – поправочний коефіцієнт враховує напрям руху подачі, $K_S = 1$ [5];

K_Φ – поправочний коефіцієнт враховує клас точності фрези, $K_\Phi = 1$ [5];

K_m – поправочний коефіцієнт враховує матеріал фрези, $K_m = 1$ [5].

$$S_p = 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,6 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо 0,63 мм/об за паспортом верстата.

Швидкість різання за формулою (1.24):

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

K_1 – враховує оброблюваний матеріал, $K_1 = 1$ [5];

K_2 – поправочний коефіцієнт враховує стійкість фрези, $K_2 = 0,9$ [5];

K_3 - залежить від виду обробки, $K_3 = 1$ [5];

K_4 – залежить від використання СОТС, $K_4 = 0,75$ [5];

K_5 – залежить від глибини різання, $K_5 = 1$ [5].

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

Розраховуємо частоту обертання за формулою (1.25):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 22,6}{3,14 \cdot 80} = 101,7 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстата $n = 100$ об/хв.

Фактична швидкість різання за формулою (1.26):

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 100}{1000} = 22 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{(b + L_{\text{врез.}} + L_{\text{пероб}})Z}{n \cdot S \cdot K}; \quad (1.32)$$

де $L_{\text{вр}}$ - довжина врізання,

$L_{\text{пер}}$ - довжина перебігу,

K - кількість заходів фрези, $K = 1$,

b- ширина зубчастого вінця, $b = 10\text{мм}$

z-кількість зубів колеса, $z=30$.

$$L_{\text{врез.}} = \sqrt{t(D_{\phi} - t)} \quad (1.33)$$

де t - висота зуба, $t = 5,5\text{мм}$,

D_{ϕ} - діаметр фрези, $D_{\phi} = 80\text{мм}$.

$$\begin{aligned} L_{\text{врез.}} &= \sqrt{5,5 \cdot (80 - 5,5)} = 22\text{мм} \\ L_{\text{перев}} &= 3m + tg(\beta - \omega) + 4 \\ L_{\text{перев}} &= 3 \cdot 2,5 + tg(0^{\circ} - 20^{\circ}) + 4 = 13\text{мм} \\ t_o &= \frac{(10 + 22 + 13) \cdot 30}{100 \cdot 0,63 \cdot 1} = 26\text{хв} \end{aligned} \quad (1.34)$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.28):

де $t_{\text{в.у}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{в.у}} = 0,44\text{хв}$ [7];

$t_{\text{м.в}}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{\text{м.в}} = 0,36\text{хв}$ [7];

$$t_{\text{доп}} = 0,44 + 0,36 = 0,8\text{хв}$$

Штучний час визначається за формулою (1.30):

$$t_{\text{шт}} = (26 + 0,8) \cdot 1,1 = 29,48 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою (1.31):

де $T_{\text{п.з}}$ – час на налагодження пристосування, $T_{\text{п.з}} = 25\text{хв}$ [7];

$$t_{\text{шт-к}} = 29,48 + 25/30 = 29,9 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 080 – шліфувальна

Шліфування виконуємо на круглошліфувальному верстаті моделі 3А110В. Інструмент: шліфувальний круг 1 250х25х76 15А F40Н СТ1 6 К8 А 50м/с ГОСТ 2424-83. Пристрій – центру, хомутик повідковий. Операційний ескіз зображений на рис. 1.7.

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 140мм
- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 200 мм
- 3) частоти обертання кола – 2680, 3900об/хв;
- 4) частоти обертання шпинделя – 100-1000об/хв;
- 5) потужність – 2,2 кВт

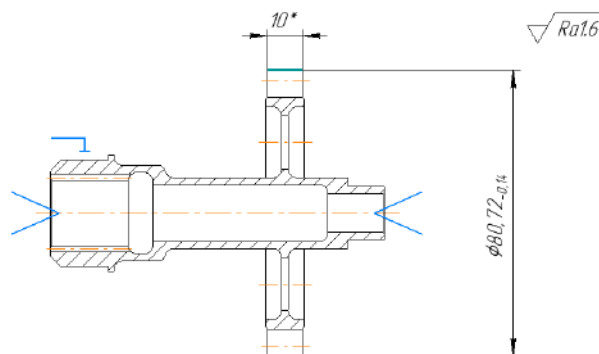


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз

Глибина різання: $t=10$ мм (рис. 1.7).

Подачу розраховуємо за формулою (1.23):

де S_T – табличне значення подачі, $S_T = 0,008$ мм / об [5];

K_D – коефіцієнт враховує діаметр круга, $K_D = 0,42$ [5];

K_R – поправочний коефіцієнт враховує вид обробки, $K_R = 0,85$ [5];

K_T – поправочний коефіцієнт враховує стійкість круга, $K_T = 1,0$ [5];

K_h – поправочний коефіцієнт, що враховує припуск на обробку, $K_h = 1,0$; [5]

K_{IT} – коефіцієнт враховує квалітет, $K_{IT} = 0,5$ [5];

K_M – поправочний коефіцієнт враховує матеріал деталі, $K_M = 1,0$ [5].

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

Вибираємо з паспорта верстата: $S=0,002\text{мм/об}$

Швидкість різання:

1) $V_{ш.кр.} = 50 \text{ м/с}$ – максимальне значення швидкості обертання шліфувального кола [5];

2) $V_{ш.дет.} = 50 \text{ м/хв}$ – табличне значення обертання деталі [5].

Розраховуємо частоту обертання шпинделя за формулою (1.25):

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 80,72} = 190 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n_{ш.кр.} = 2680 \text{ об/хв}$, $n_{дет.} = 150 \text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.26):

$$\begin{aligned} V_{дет} &= \frac{3,14 \cdot 80,72 \cdot 150}{1000} = 38 \text{ м/хв} \\ V_{ш.кр.} &= \frac{\pi \cdot D_{круз} \cdot n}{1000 \cdot 60} \\ V_{ш.кр.} &= \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 2680}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с.} \end{aligned} \quad (1.35)$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{Z_{\max} \cdot K}{n_{дет} \cdot S}; \quad (1.36)$$

де K – коефіцієнт уточнення, $K=1,7$,

$Z_{\max}$ – припуск на обробку, $Z_{\max}=0,25 \text{ мм}$.

$$T_o = \frac{0,25 \cdot 1,7}{150 \cdot 0,002} = 1,42 \text{ хв}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.28):

де T_y – час на встановлення та зняття заготівлі при роботі в центрах, $T_y=0,32$ хв [7];

$T_{пер}$ – час на перехід, $T_{пер} = 0,8$ хв [7];

$T_{контр}$ – час на контроль оброблених поверхонь пробкою, $T_{контр}=0,21$ хв [7];

$$T_{доп} = 0,32 + 0,8 + 0,21 = 1,33 \text{хв}$$

Штучний час визначається за формулою (1.30):

$$T_{шт} = (1,42 + 1,33) \cdot 1,08 = 3,03 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.31):

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заклучний час на операцію, $T_{п.з}= 27$ хв [7];

$$T_{шт-к} = 3,03 + \frac{27}{30} = 3,48 \text{ хв}$$

Для інших операцій режими різання та норми часу вибираємо за довідником [7]. Режими різання та технічне нормування всіх операцій зводимо у таблиць 1.7, 1.8.

Таблиця 1.7 – Результати розрахунку режимів різання

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
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,2	117	450
	02	5	1	0,1	25	800
020 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,2	120	450
	02	7,5	1	0,1	23	750
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	122	470
	02	1	4	0,1	121	500
	03	0,5	1	0,1	20	750
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	122	800
	02	1	4	0,1	120	930
	03	0,5	1	0,1	121	850

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7
	04	0,5	1	0,1	122	755
	05	5	1	0,05	122	900
035 Свердлильна	03	7,5	5	0,2	22	750
040 Зубофрезерна	01	5,5	30	0,63	22	100
045 Фрезерна	01	2	2	80мм/хв	25	600
050 Фрезерна	01	2	2	80мм/хв	25	600
055 Зубодовбальна	01	2,2	20	25	18	400
080 Круглошліфувальна	01	10	1	0,002	38/35	150/2680
085 Круглошліфувальна	01	0,5	1	0,002	45/35	150/2680
090 Круглошліфувальна	01	0,5	1	0,002	45/35	150/2680
095 Круглошліфувальна	01	0,25	1	0,002	40/35	150/2680
100 Круглошліфувальна	01	0,25	1	0,002	38/35	150/2680
105 Зубошліфувальна	01	0,2	1	0,0025	47/40	100/1272
110 Зубохонінгувальна	01	0,05	1	0,0025	47/40	100/1272

Таблиця 1.8 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t _о , хв	t _{доп} , хв	t _{дод} , хв	t _{шт} , хв	t _{пз} , хв	t _{шт-к} , хв
015 Токарна з ЧПК	2,9	0,63	0,35	3,88	22	4,25
020 Токарна з ЧПК	5	0,63	0,56	6,19	22	6,56
025 Токарна з ЧПК	14	0,63	1,46	16,09	22	16,46
030 Токарна з ЧПК	18	0,63	1,86	20,49	22	20,86
035 Свердлильна	12	1,1	1,31	14,41	18	14,71
040 Зубофрезерна	26	0,8	2,68	29,48	25	29,90
045 Фрезерна	4	1,5	0,55	6,05	17	6,33
050 Фрезерна	6	1,5	0,75	8,25	17	8,53
055 Зубодовбальна	22	0,9	2,29	25,19	15	25,44
080 Круглошліфувальна	1,42	1,33	0,28	3,03	27	3,48
085 Круглошліфувальна	1,5	1,33	0,28	3,11	27	3,56
090 Круглошліфувальна	2,2	1,33	0,35	3,88	27	4,33
095 Круглошліфувальна	2,3	1,33	0,36	3,99	27	4,44
100 Круглошліфувальна	1,8	1,33	0,31	3,44	27	3,89
105 Зубошліфувальна	18	1,2	1,92	21,12	20	21,45
110 Зубохонінгувальна	16	1,2	1,72	18,92	20	19,25

1.7 Розробка керуючої програми

Для розробки керуючої програми (КП) свердлильної операції №035 було використано програму NX CAM. Спочатку було створено 3D-моделі необхідні

для симуляції (рис. 1.7).

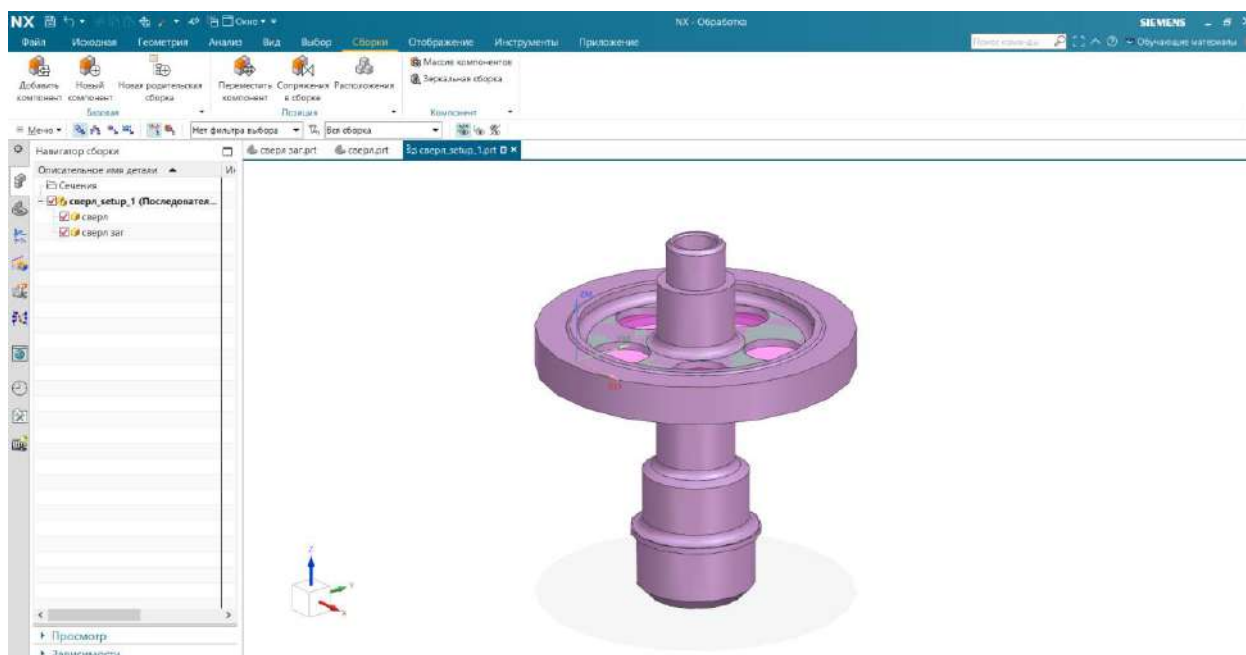


Рисунок 1.7 – Створення моделей

Наступним кроком було створення центровочного свердла діаметром 3,15 мм та свердла діаметром 15 мм для обробки отворів (рис. 1.8).

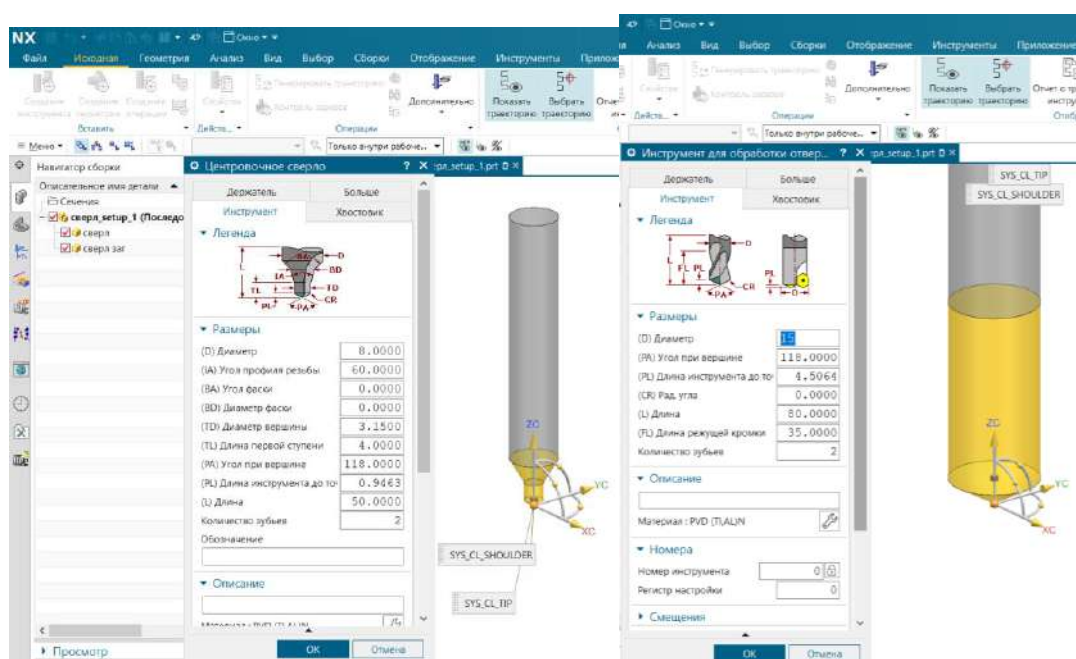


Рисунок 1.8 – Створення інструменту

Далі було створено переходи операції: центрування отворів та свердління отворів (рис. 1.9).

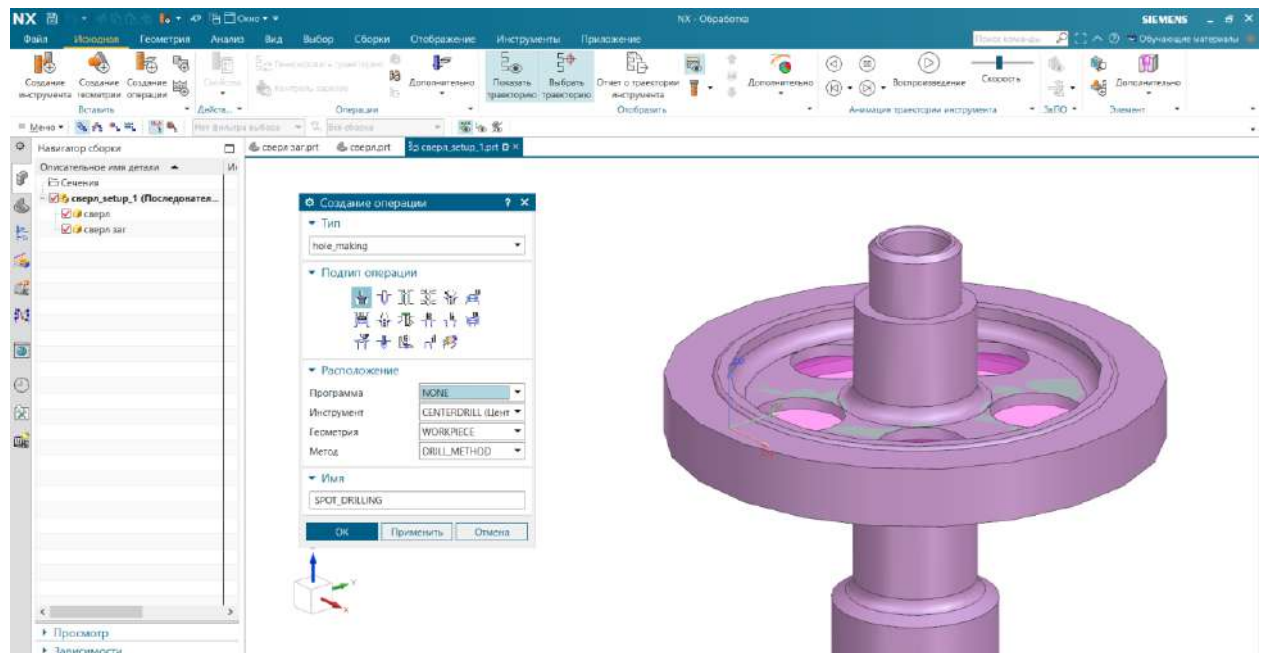


Рисунок 1.9 – Створення переходів операції

При завданні параметрів операції «Свердління» на деталі обрано отвори які необхідно свердлити (рис. 1.10).

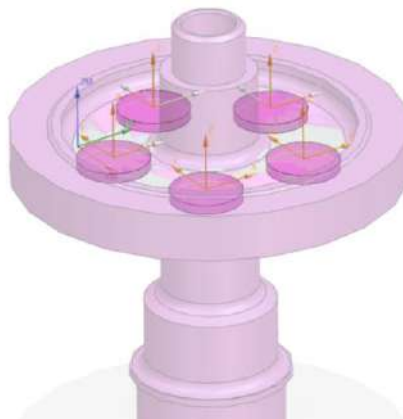


Рисунок 1.10 – Визначення отворів

Далі були визначення в програмі параметри різання та згенерована траєкторія (рис. 1.11).

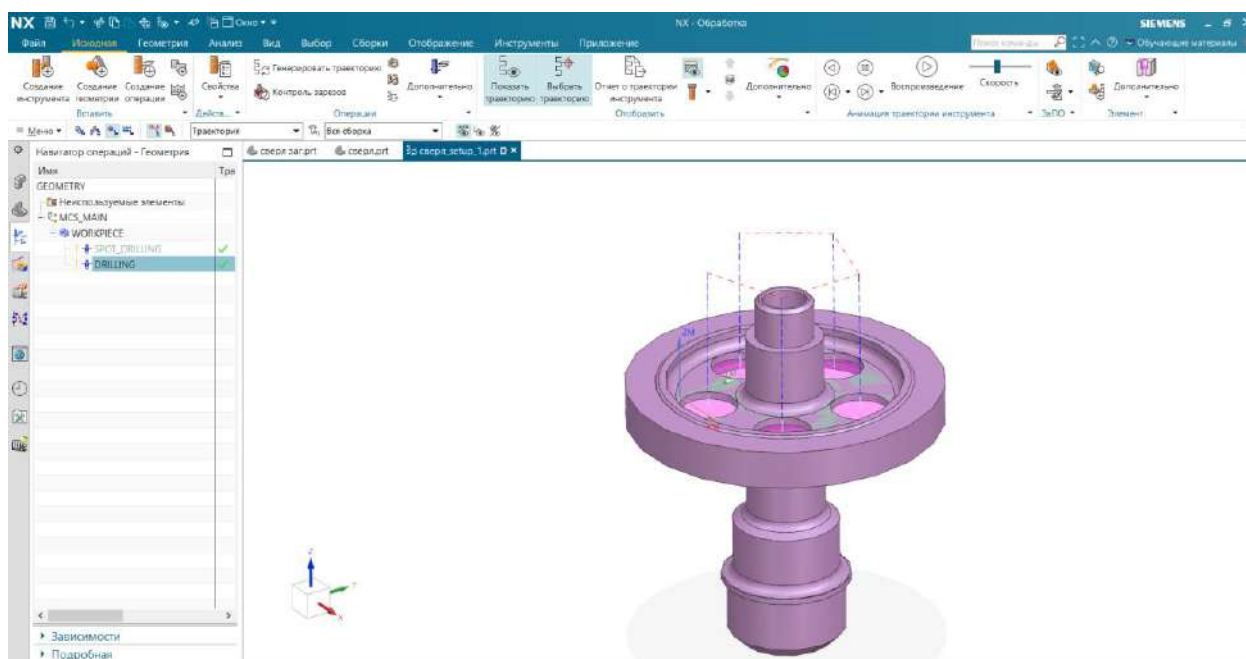


Рисунок 1.11 – Траекторія

Після перевірки траєкторії виконано симуляцію обробки (рис. 1.12).

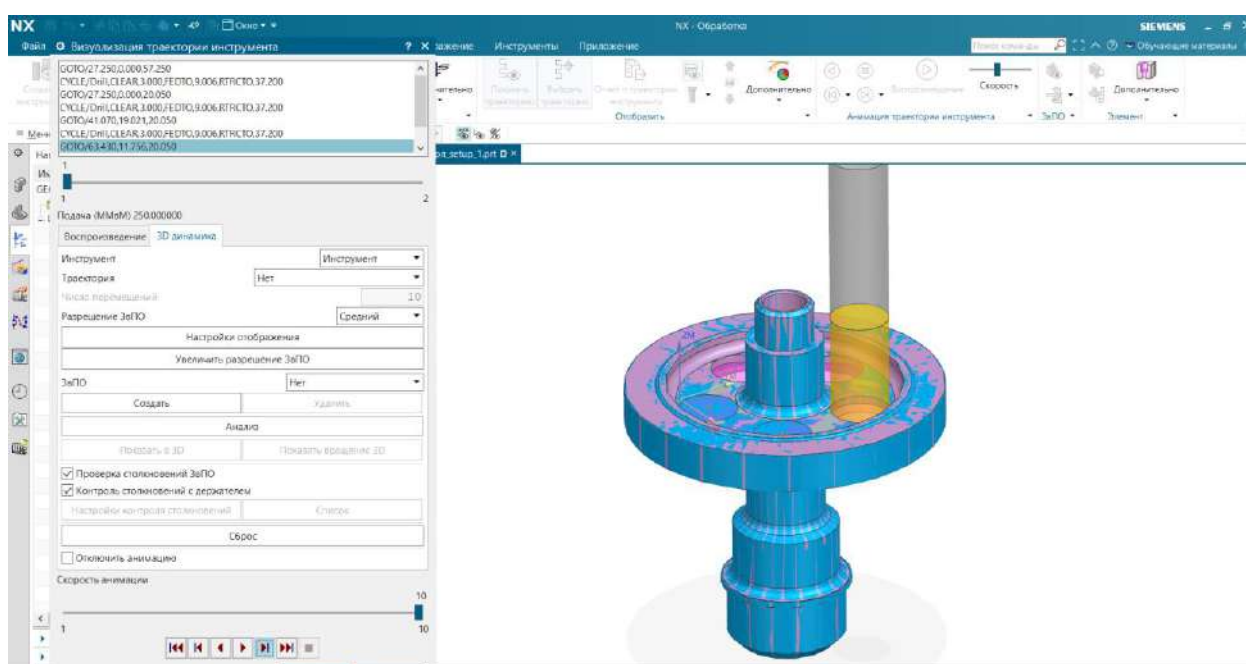


Рисунок 1.12 – Симуляція

Після перевірки виконання симуляції обробки згенеровано КП у G-кодах (рис. 1.13)

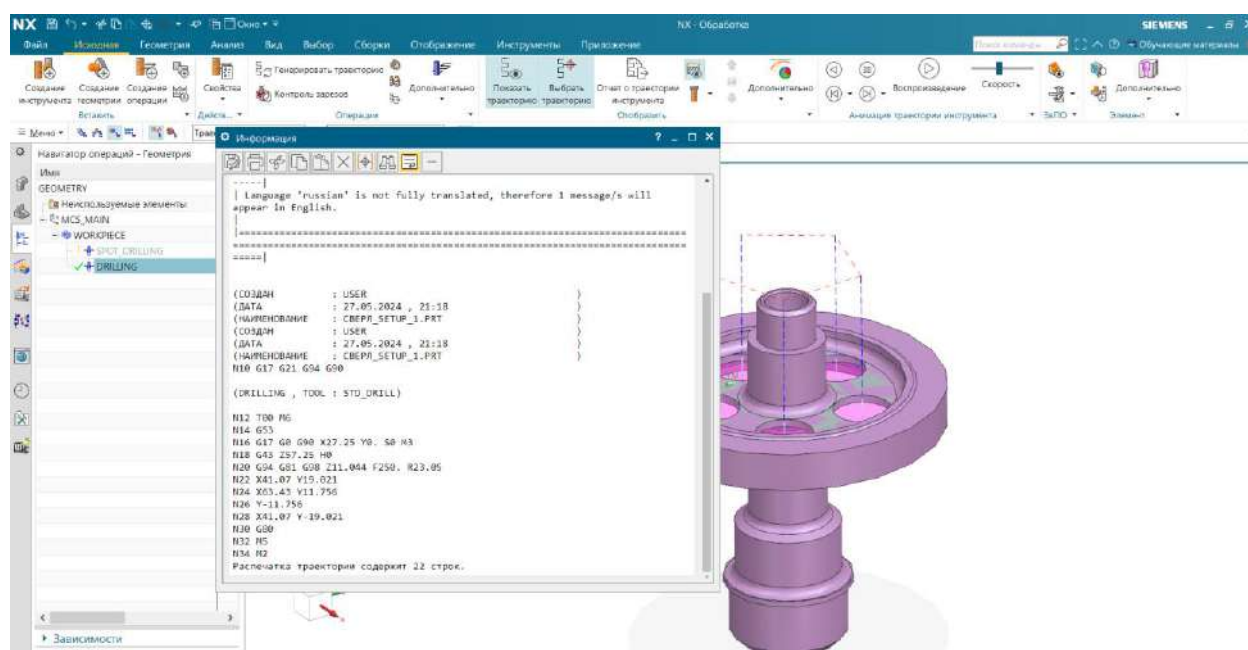


Рисунок 1.13 – Керующая программа

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Опис конструкції зубофрезерного пристрою

Даний пристрій (НУЗП 293226.026) призначений для закріплення при фрезеруванні зубів у деталі «Шестірня приводу».

Оброблювана заготовка встановлюється у оправку. Пневмоциліндр, встановлений в корпусі, при поворотно-поступальному пересуванні поршня затискає деталь. При подачі повітря поршень опускається вниз, тягне за собою шток і шайбою притискає деталь.

Після закінчення обробки тиск повітря забирається і шток пневмациліндра переміщається вгору під дією пружини і відпускає шайбу і звільняє оброблену деталь.

2.1.1 Розрахунок пристосування на точність

Необхідно прийняти посадку оправки верстатного пристосування таким чином, щоб максимальне биття на оправці було менше допустимого биття шестерні приводу, що нарізається. Допустиме биття $F=0.1$ мм [5]. Биття нарізаного зубчастого вінця дорівнює максимальному зазору при встановленні деталі [5].

Приймаємо допуск отвору в який вставляється деталь на пару квалітетів точніше $\varnothing 30,16H6^{(+0,016)}$ ніж деталі $\varnothing 30,16h10^{(-0,084)}$. Максимальний зазор у поєднанні розраховуємо за формулою:

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \quad (2.1)$$

$$S_{\max} = 30,176 - 30,076 = 0,1 \text{ мм};$$

$$F = 0,1 \text{ мм} \leq S_{\max} = 0,1 \text{ мм} \quad (2.2)$$

Таким чином, отримане биття 0,1 мм при нарізуванні зубців відповідає допустимому за технічними умовам, що дорівнює 0,1 мм.

2.1.2 Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі та розрахунок похибки установки

Похибка установки, як одна із складових загальної похибки виконуваного розміру, підсумовується з похибок базування, закріплення та розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{в}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2} \quad (2.3)$$

Похибкою базування називається різниця граничних відстаней виміральної бази щодо встановленого на розмір інструменту.

Деталь встановлюємо за розміром із посадкою $\varnothing 30,16\text{H}6/\text{h}10$ (рис. 2.1)

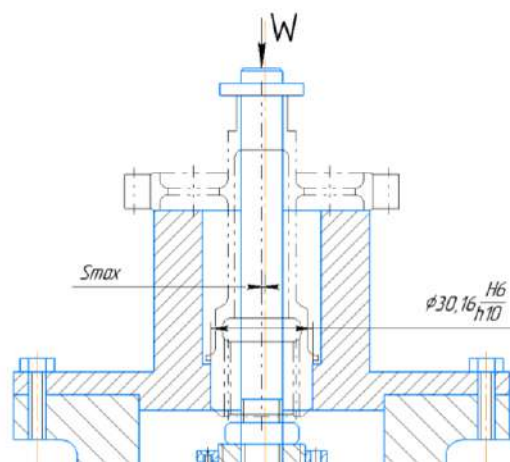


Рисунок 2.1 – Схема встановлення заготовки

Похибка базування визначається за такою формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}} = 0,1 \text{ мм} \quad (2.4)$$

де S_{max} - максимальний зазор у з'єднанні розраховуємо за формулою (2.1).

Оскільки напрямок сили затиску перпендикулярно розміру обробки, то похибка закріплення дорівнює нулю.

Похибка установки про формулу 2.3:

$$\varepsilon_e = \sqrt{0,1^2 + 0^2} = 0,1 \text{ мм}$$

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затискання заготовки у пристосуванні

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку та місця застосування сили. Затискні пристрої служать для утримання заготівлі під час її обробки.

Вихідною величиною для розрахунків є сумарний момент різання $M_{\text{рез}}$, що діє на заготівлю в процесі обробки (рис. 2.2).

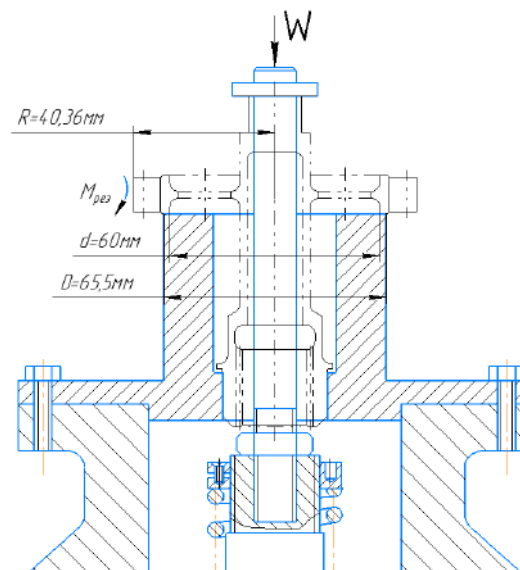


Рисунок 2.2 – Схема до визначення сили закріплення.

Виходячи з умови статистичної рівноваги:

$$\sum M_{\text{рез}} = M_{\text{тр}}, \quad (2.5)$$

$$W_{\text{ст}} = \frac{3M_p(D^3 - d^3)}{f(D^2 - d^2)} \quad (2.6)$$

$$M_p = P_z \cdot R \quad (2.7)$$

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n z_\phi}{D_\phi^q n^w} K_{\text{мр}}; \quad (2.8)$$

де $x=0,86$, $y=0,72$, $q=0,86$, $w=0$, $n=1$, $C_p=68,2$ – коефіцієнти [3]

$K_{\text{мр}}$ – поправочний коефіцієнт на якість матеріалу, що обробляється.

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_\epsilon}{750} \right)^{0,3} \quad (2.9)$$

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6,7^{0,86} \cdot 0,63^{0,72} \cdot 9^1 \cdot 14}{80^{0,86} \cdot 100^0} \cdot 0,95 = 6933 \text{ Н};$$

$$M_p = P_z \cdot R = 0,04036 \cdot 6933 = 250 \text{ Нм}$$

$$W_{\text{ст}} = \frac{3 \cdot 250 \cdot (0,0655^3 - 0,060^3)}{0,15 \cdot (0,0655^2 - 0,060^2)} = 2392 \text{ Н}$$

Визначається дійсна сила затиску:

$$W = k \cdot W_{\text{ст}} \quad (2.10)$$

де k - коефіцієнт запасу закріплення.

Визначаємо коефіцієнт закріплення:

$$k = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.11)$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,5$ [5];

K_1 – враховує зміни (коливання) сил різання у процесі обробки через нерівномірність припусків, $K_1 = 1$ [5];

K_2 - коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність знімається при обробці припуску, $K_2 = 1,2$ [5];

K_3 – коефіцієнт залежить від виду обробки, обробного матеріалу, $K_3 = 1$ [5];

K_4 – характеризує затискний пристрій з погляду постійності сил затиску, $K_4 = 1$ [5];

K_5 – характеризує ручні затискачі з погляду зручності закріплення деталі, $K_5 = 1$ [5];

K_6 – враховується, коли розрахунок сил затиску виробляється з урахуванням моментів різання і від виду опорної поверхні, $K_6 = 1$ [5].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$$

$$W = 2392,3 \cdot 1,8 = 4306,1 \text{ Н}$$

2.1.4 Розрахунок затискного пристрою

Мінімальний діаметр штока:

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

де p – тиск повітря в пневматичній системі, $p = 0,4$ МПа

α -коефіцієнт затяжки, $\alpha = 2,25$

$[\sigma]$ -допустима напруга на розтяг для сталі 40Х,

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 4306,1}{3,14 \cdot 100}} = 11,3 \rightarrow 28 \text{ мм}$$

Діаметр циліндра:

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

де η – коефіцієнт корисної дії (ККД), що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4306,1}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 28^2} = 136 \Rightarrow 140 \text{ мм}$$

2.2 Опис контрольного пристрою

Для контроль радіального биття 0,02 мм зовнішньої циліндричної поверхні Ø30 відносно бази А (осі деталі) було спроектовано контрольне пристосування (рис. 2.3). Пристосування складається з основи, штанги, центрів і індикаторного годинника. Це універсальний пристрій для перевірки биття зовнішніх діаметрів та воно може досить легко переналаштуватися під будь-який розмір деталі за рахунок рухомої штанги.

Деталь встановлюється в центра по центральному отвору. Опускається штанга з індикаторним годинником, ніжка годинника встановлюється на контрольовану поверхню. Шляхом обертання деталі знімаються показання по індикаторному годиннику.

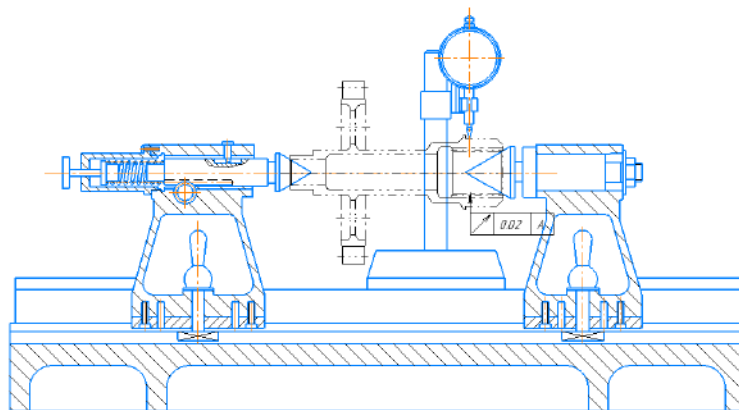


Рисунок 2.3 - Ескіз контрольного пристрою

2.3 Розрахунок деталі на міцність

Під час роботи у редукторі деталь «Шестерня приводу гідронасосу» через зубчате зачеплення витримує крутильні напруження. Щоб переконатися, що під час експлуатації деталь не зруйнується та витримає певне значення крутильних напружень необхідно провести розрахунок на міцність.

Перевірка на міцність виконувалась методом кінцевих елементів в програмному забезпеченні NX CAE. Для цього модель деталі було спочатку розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.5).

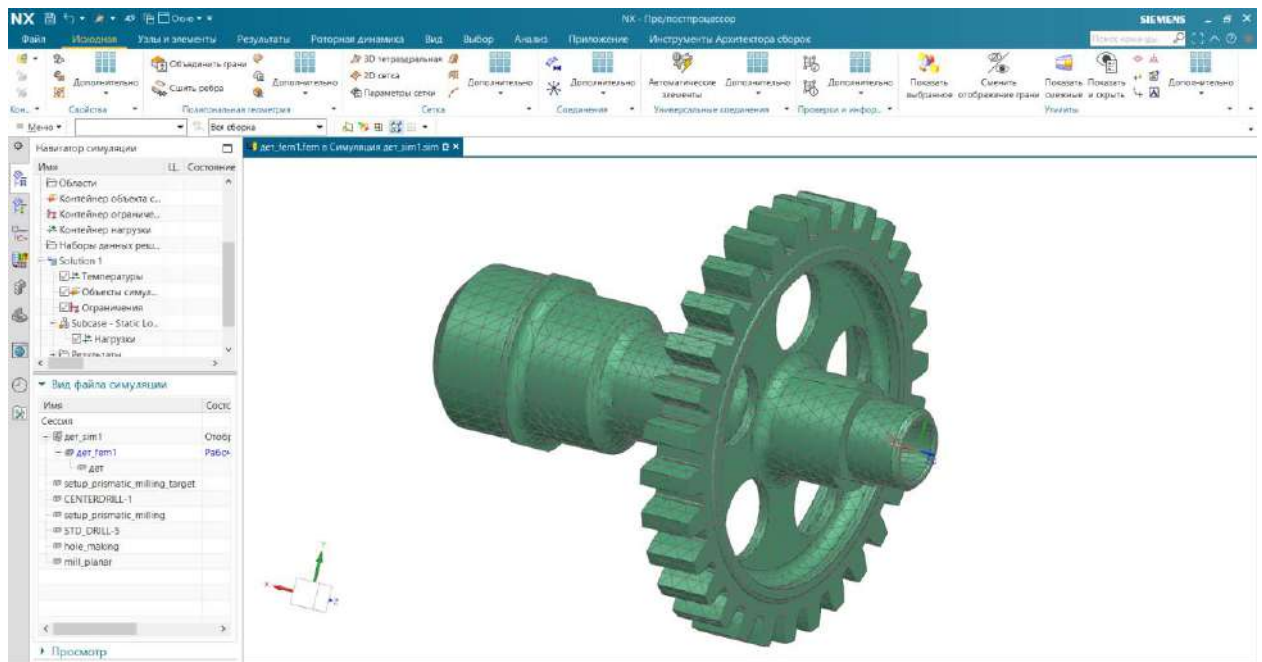


Рисунок 2.5 – Модель деталі

По шліцям деталь фіксується та в них були накладенні обмеження «Закріплення нерухоме». На зуб було накладена радіальна сила 500Н та тангенційна сила 1250Н (рис. 2.6).

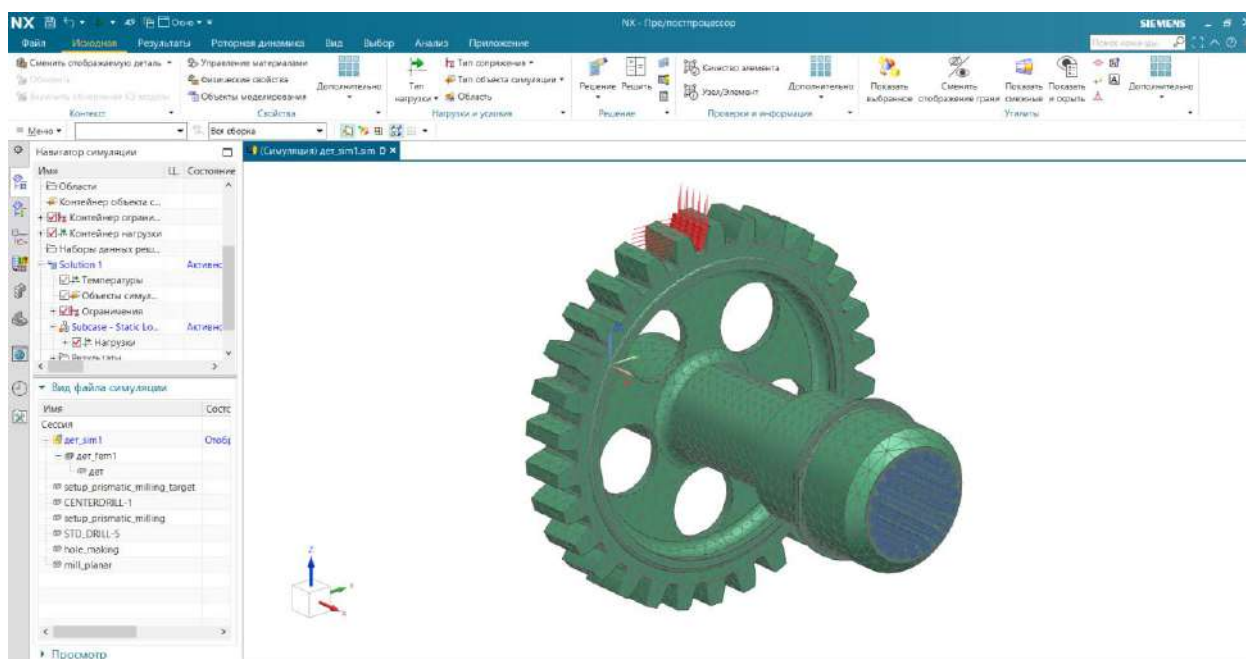


Рисунок 2.6 – Накладенні обмеження

Наступним кроком був проведений комп'ютерний розрахунок на міцність, який виявив місця максимальних напружень (рис. 2.7).

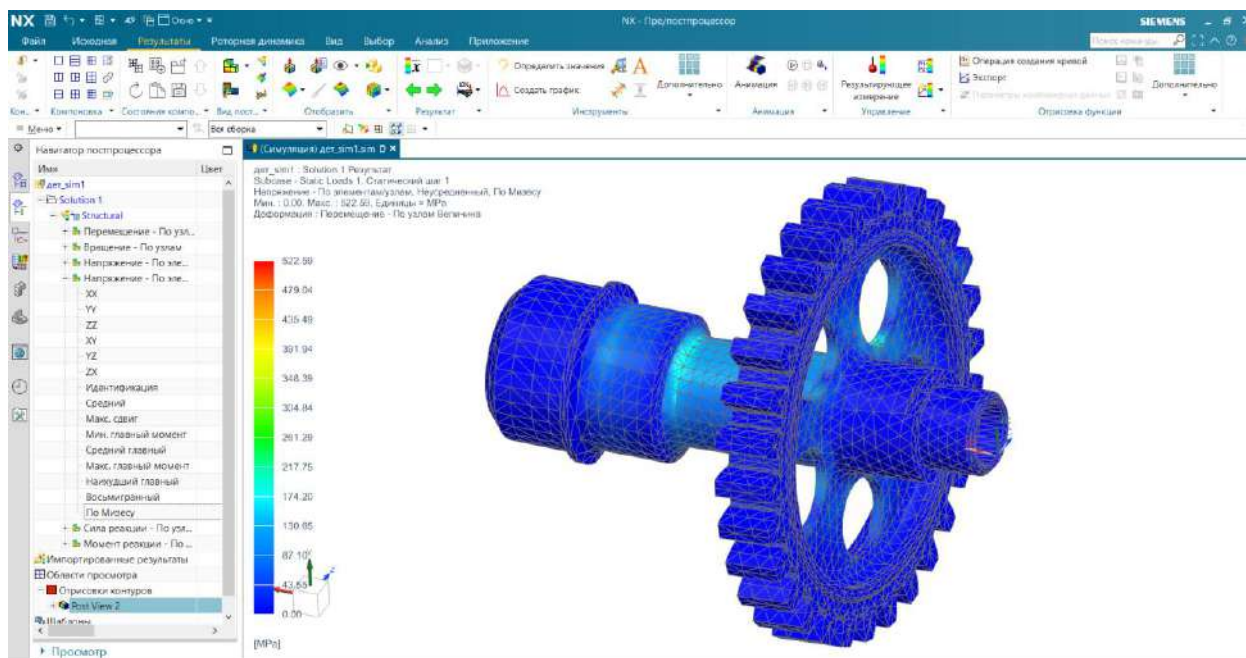


Рисунок 2.7 – Розрахунок на міцність

Максимальні напруження рівні 522,5 МПа розміщені на переході шийки діаметром 27 мм в шийку діаметром 20 мм. Для визначення умови

міцності деталі розрахуємо коефіцієнт запасу міцності за формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.17)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі міцності сталі 14ХГСН2МА-Ш, $[\sigma]=1190\text{МПа}$ [1];

$\sigma_{\max}$ – максимальне напруження, $\sigma_{\max}=522,5\text{ МПа}$.

$$k = \frac{1190}{522,5} = 2,27$$

Отримане значення коефіцієнту запасу міцності показує, що конструкція деталі відповідає робочим навантаженням у редукторі.

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, $N=2500$ шт.

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

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку

Номер операції	Модель верстата	$t_{ш-к}$, хв	T , хв	S_p , шт	S_n , шт	K_3
015	PUMA GT2100	4,25	10625	0,04	1	0,04
020	PUMA GT2100	6,56	16400	0,07	1	0,07
025	PUMA GT2100	16,46	41150	0,17	1	0,17
030	PUMA GT2100	20,86	52150	0,22	1	0,22
035	VMC 625	14,71	36775	0,15	1	0,15
040	53A20	29,90	74750	0,31	1	0,31
045	6M80Г	6,33	15825	0,07	1	0,07
065	6M80Г	8,53	21325	0,09	1	0,09
070	5B150	25,44	63600	0,27	1	0,27
075	3A110B	3,48	8700	0,04	1	0,04
080	3A110B	3,56	8900	0,04	1	0,04
085	3A110B	4,33	10825	0,05	1	0,05
090	3A110B	4,44	11100	0,05	1	0,05
095	3A110B	3,89	9725	0,04	1	0,04
100	5B832	21,45	53625	0,22	1	0,22
105	5702B	19,25	48125	0,20	1	0,20

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

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

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

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:

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

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

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

$$\overline{K_3} = \frac{2,02}{16} = 0,12$$

Розраховуємо кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Шестерня приводу»: $O=16$ деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...030). Максимальне значення основного часу буде на операції 030 – 18 хв.

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

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

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

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

$$m_s = \frac{18 + 0,63}{1,86 + 0,15} = 9,3$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

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

Згідно розрахунків для роботи на чотирьох верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування $O=16$ верстатів необхідно $M=12$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

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

$$K_{30} = \frac{16}{12} = 1,3$$

Так як $1 < K_{30} < 10$, то остаточно тип виробництва приймаємо як серійний, а форму організації виробництва на лінії обробки – змінно-потоккову.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При вдосконаленні технологічного процесу виготовлення деталі «Шестерня приводу» 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	PUMA GT2100	PUMA GT2100	PUMA GT2100	PUMA GT2100
Штучний час $t_{шт}$, хв	10	10	15	15	20	20	3,88	6,19	16,09	20,49
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	350000						1600000			
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 [10]:

$$З_0 = \frac{\sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шт-кі} \cdot C_{тар} \cdot K_6 \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{60} \quad (4.1)$$

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 багатOVERCLOCKING 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	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_0$, грн
010	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
015	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
020	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
025	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
030	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
035	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
					Σ	193,03

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$З_0$, грн
015	Токарна	3,88	57,5	1,2	1,4	6,25
020	Токарна	6,19	57,5	1,2	1,4	9,97
025	Токарна	16,09	57,5	1,2	1,4	25,90
030	Токарна	20,49	57,5	1,2	1,4	32,99
					Σ	75,11

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою [10]:

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

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	20,31
020	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	20,31
025	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	20,31
030	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	20,31
						Σ	81,24

Визначимо амортизацію на обладнання за формулою [10]:

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

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 [10]:

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

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 $t_{маш}/t_{шт}$;

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	10	350000	14,2	4015	2,06
015	Токарна	10	350000	14,2	4015	2,06
020	Токарна	15	350000	14,2	4015	3,09
025	Токарна	15	350000	14,2	4015	3,09
030	Токарна	20	350000	14,2	4015	4,13
035	Токарна	20	350000	14,2	4015	4,13
					Σ	18,57

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	3,88	1600000	12,2	4015	3,14
020	Токарна	6,19	1600000	12,2	4015	5,02
025	Токарна	16,09	1600000	12,2	4015	13,04
030	Токарна	20,49	1600000	12,2	4015	16,60
					Σ	37,8

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	10	Різець прохід.	150	2	60	10	0,4	0,45
			Свердло	180	2	60	10	0,4	0,55
015	Токарна	10	Різець прохід.	250	2	60	12	0,4	0,64
			Зенкер	200	1	45	20	0,4	0,42
020	Токарна	15	Різець розточ.	250	2	60	12	0,4	0,64
			Різець канав.	150	1	45	20	0,4	0,63
025	Токарна	15	Різець прохід.	250	2	60	12	0,4	0,64
			Різець канав.	180	2	60	20	0,4	0,57
030	Токарна	20	Різець прохід.	200	1	45	15	0,4	1,11
			Різець канав.	200	1	60	12	0,4	1,03
030	Токарна	20	Різець прохід.	150	1	45	8	0,4	1,48
			Різець розточ.	150	1	45	8	0,4	1,48
								Σ	9,65

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	3,88	Різець прохід.	250	1	240	4	0,4	0,16
			Різець прохід.	250	1	120	1	0,4	0,83
020	Токарна	6,19	Різець прохід.	250	1	240	4	0,4	0,25
			Різець канав.	250	1	120	1	0,4	1,33
025	Токарна	16,09	Різець прохід.	250	1	240	4	0,4	1,34
030	Токарна	20,49	Різець канав.	250	1	240	4	0,4	0,83
			Різець прохід.	250	1	240	1	0,4	2,19
								Σ	6,93

Визначимо витрати на електроенергію за формулою [10]:

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

де N_g – 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_s – 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_q	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	$S_e,$ грн
010	Токарна	10	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,99
015	Токарна	10	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,99
020	Токарна	15	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,98
025	Токарна	15	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,98
030	Токарна	20	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,97
035	Токарна	20	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,97
										Σ	17,88

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	k_q	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	$S_e,$ грн
015	Токарна	3,88	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,07
020	Токарна	6,19	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	3,30
025	Токарна	16,09	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	8,58
030	Токарна	20,49	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	10,93
										Σ	24,89

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою [10]:

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

де $Ц_{то}$ – 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	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
010	Токарна	350000	0,02	0,64	0,90
015	Токарна	350000	0,02	0,64	0,90
020	Токарна	350000	0,02	0,64	0,90
025	Токарна	350000	0,02	0,64	0,90
030	Токарна	350000	0,02	0,64	0,90
035	Токарна	350000	0,02	0,64	0,90
				Σ	5,38

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	1600000	0,02	0,78	4,99
020	Токарна	1600000	0,02	0,78	4,99
025	Токарна	1600000	0,02	0,78	4,99
030	Токарна	1600000	0,02	0,78	4,99
				Σ	19,97

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули [10]:

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

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

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

$t_{ин}$ – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ($t_{ин} = 4$ хв – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{ин} = 5$ 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	$t_{ин}$, хв	K_T	T_M	m	S_H , грн
015	Токарна	Різець прохід.	1,88	50,9	6	4	0,9	240	4	0,01
		Різець прохід.	2	50,9	6	4	0,9	120	4	0,02
020	Токарна	Різець прохід.	3	50,9	6	4	0,9	240	4	0,01
		Різець канав.	3,19	50,9	6	4	0,9	120	4	0,03
025	Токарна	Різець прохід.	16,09	50,9	6	4	0,9	240	4	0,07
030	Токарна	Різець канав.	10	50,9	6	5	0,9	240	4	0,05
			10,49	50,9	6	5	0,9	240	4	0,05
									Σ	0,24

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [10]:

$$I_H = Z_o \cdot k_{zag} \quad (4.8)$$

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

$$I_{H1} = 193,03 \cdot 0,2 = 38,6 \text{ грн}$$

$$I_{H2} = 75,11 \cdot 0,2 = 15,02 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [10]:

$$C_T = Z_o + Z_H + A_{від} + S_{ін} + S_e + S_p + S_H + I_H \quad (4.9)$$

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

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Заробітна плата верстатника	Z_o	193,03	75,11
Заробітна плата наладчика	Z_H		81,24
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	18,57	37,8
Витрати на різальний інструмент	$S_{ін}$	9,65	6,93
Витрати на електроенергію	S_e	17,88	24,89
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	5,38	19,97
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_H		0,24
Витрати інші	I_H	38,6	15,02
Технологічна собівартість	C_T	283,11	261,2

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [10]:

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

$$E_{yp} = (283,11 - 261,2) \cdot 2500 = 54775 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 54775 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 табл. 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	10	350000	4015	14,53
015	Токарна	10	350000	4015	14,53
020	Токарна	15	350000	4015	21,79
025	Токарна	15	350000	4015	21,79
030	Токарна	20	350000	4015	29,06
035	Токарна	20	350000	4015	29,06
		Σ	2100000	Σ	130,76

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	3,88	1600000	4015	25,77
020	Токарна	6,19	1600000	4015	41,11
025	Токарна	16,09	1600000	4015	106,87
030	Токарна	20,49	1600000	4015	136,09
		Σ	6400000	Σ	309,84

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 табл. 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	283,11	261,2
Капітальні витрати на деталь	K_o	130,76	309,84
Наведені витрати на деталь	W_o	302,72	305,07
Собівартість річної програми	C_p	707775	653000
Капітальні витрати на програму	$K_{\text{оріч}}$	326900	774600
Наведені витрати на програму	$W_{\text{річ}}$	756810	762665
Річна економія (збиток), грн	ΔW	-5855	

Аналіз табл. 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.

$$N_{\text{кр}} = \frac{0,15 \cdot (6400000 - 2100000)}{283,11 - 261,2} = 29438 \text{ шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{\text{кр}}$, то більш вигідний базовий варіант ТП. Якщо більше – 29438 шт, то більш вигідний новий варіант ТП.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Правила безпеки при хіміко- термічній обробці

При проведенні процесів термічної та хіміко-термічної обробки мають бути передбачені заходи захисту працюючих від можливої дії небезпечних та шкідливих виробничих факторів [10]. Концентрації речовин, що мають шкідливі властивості, та рівні фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів не повинні перевищувати значень, встановлених санітарними нормами.

З метою контролю процесів підготовки виробів до термічної обробки, контролю та регулювання параметрів термічної обробки металів (температури, тиску в робочому просторі печі, вмісту компонентів у газовому середовищі тощо) необхідно застосовувати блокування, а також засоби світлової та звукової сигналізації про порушення технологічного процесу, які можуть призвести до виникнення аварійної ситуації.

При підготовці виробів та деталей до термічної обробки (нанесення захисних паст, травлення, знежирення та ін.) та при проведенні термічної обробки із застосуванням речовин, що володіють токсичними, пожежо- та вибухонебезпечними властивостями (гасу, масел, розплавів солей та металів, рідких середовищ) повинна бути виключена можливість впливу цих речовин на працюючих.

Нагріті в процесі термічної обробки вироби та деталі необхідно розміщувати в місцях, обладнаних ефективною витяжною вентиляцією або спеціально обладнаних охолоджувальних приміщеннях або пристроях.

Місця можливого виділення у повітряне середовище виробничих приміщень речовин, токсичних, вибухонебезпечних речовин та пилів мають бути забезпечені витяжною механічною вентиляцією у вибухозахищеному виконанні.

При розробці технологічних процесів термічної та хіміко-термічної обробки металів повинні передбачатися оптимальні режими роботи обладнання, що забезпечують: безперервність технологічного процесу; раціональний ритм роботи людей, які виконують окремі технологічні операції; виключення можливості створення аварійної обстановки.

Система газопроводів перед заповненням їх горючими газами та сумішами повинна бути продута негорючими або інертними газами при підвищеному тиску.

У всіх випадках виникнення аварійних ситуацій під час технологічного процесу роботу слід негайно припинити та вжити заходів до усунення аварійної ситуації. Ведення технологічного процесу слід продовжувати лише після того, як буде з'ясовано причину, що створила аварійну обстановку та вживуть заходів щодо її усунення.

Оздоблення стель та стін приміщення ділянок має допускати систематичне мокре прибирання.

Приміщення та повітроводи повинні очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі та осілого пилу не могла утворити вибухонебезпечну пилоповітряну суміш в обсязі більше 1% об'єму приміщень.

Для нагрівальних пристроїв повинні застосовуватись газоподібне паливо та електрична енергія. Застосування твердого та рідкого палива допускається у технічно обґрунтованих випадках.

При термічній обробці металів необхідно застосовувати пожежобезпечні рідини та матеріали. В окремих випадках за погодженням із органами пожежного нагляду можуть застосовуватись горючі рідини.

Отруйні солі для термічної обробки повинні використовуватись у гранульованому вигляді.

Гартувальні масляні ванни повинні мати збірні ємності для 100% зливу олії.

Інтенсивність теплового опромінення на робочих місцях має перевищувати $300 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$.

Доставка у цех виробів термічної обробки, а також масел, кислот, лугів та інших хімічних матеріалів, що застосовуються при підготовці виробів до термічної обробки та в процесах термічної обробки, повинна здійснюватися способами, що виключають небезпеку травматизму, фізичного перенапруги, можливості інтоксикації, забруднення тіла та одягу працюючих, а також забруднення приміщення та повітря в них.

Тара, що використовується для транспортування отруйних речовин, що сильно діють, після спорожнення повинна зберігатися в спеціально відведених місцях.

Відходи, що містять сильнодіючі отруйні речовини, слід зберігати у спеціальних ізольованих приміщеннях, ємностях.

Усі робітники, службовці та інженерно-технічні працівники термічних цехів та ділянок проводять інструктаж з безпеки праці та пожежної безпеки; вступний - на час вступу працювати; первинний - на робочому місці; повторний - не рідше одного разу на три місяці; позаплановий - у разі порушення вимог безпеки праці; нещасному випадку та ін.

Ті, хто працює в термічних цехах, повинні використовувати засоби індивідуального захисту.

Спецодяг працюючих у відділеннях ціанування, рідинного азотування, щоб уникнути отруєння термічних цехів, що працюють на інших ділянках, повинен здаватися в прання знешкодженим і зберігатися окремо від спецодягу працюючих інших ділянок термічних цехів. Заміна спецодягу на чистий, що зберіг свої захисні властивості, не рідше одного разу на 10 днів.

Приміщення термічних цехів, термічне обладнання та комунікації повинні бути оснащені контрольно-вимірювальними приладами для контролю рівнів небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають при даному процесі.

У термічних цехах, відділеннях та ділянках на газопроводах на лініях стисненого повітря у легкодоступних місцях для можливості локалізації дії

небезпечних та шкідливих виробничих факторів повинні бути встановлені швидкодіючі пристрої, що відсікають.

Контроль роботи витяжних вентиляційних пристроїв та систем сигналізації у встановленому порядку. Загатуральні масла повинні щотижня піддаватися контролю на вміст у них води. Виявлена вода має бути видалена.

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процесу виготовлення шестерні приводу гідронасосу. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки штампуванням на КГШП, розраховано масу заготовки 0,38 кг, коефіцієнт використання матеріалу 0,22. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки штампуванням на КГШП становив 56650 грн.

Був розроблений 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 свердління п'яти отворів була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано пристосування для зубофрезерної обробки. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний пневмоциліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю радіального биття 0,02 мм зовнішньої циліндричної поверхні Ø30 відносно бази А.

Розроблено планування дільниці з виробництва деталі «Шестерня приводу гідронасосу». Було визначено кількість технологічного обладнання – 16 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 12 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. Ярошевська В.М. Безпека життєдіяльності: Підручник. -Київ: ВД "Професіонал", 2004. -559 с.

[illegible]

ДОДАТОК Б

Технологічні карти

Додл.																						
Взам.																						
Подл.																						
								НУЗП 0214.124.026				Листів 4		Лист 4								
								НУЗП				НУЗП 724323.026										
												Мз-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 4131 Круглошліфувальна ІОП №011										
Б 02												2	19630	5	1	1	1	шт	30	1	27	4,44
03																						
А 04												100 4131 Круглошліфувальна ІОП №011										
Б 05												2	19630	5	1	1	1	шт	30	1	27	3,89
06																						
А 07												105 4151 Зубошліфувальна ІОП №012										
Б 08												2	12277	5	1	1	1	шт	30	1	20	21,45
09																						
А 10												110 4151 Зубохонінгувальна ІОП №012										
Б 11												2	12277	5	1	1	1	шт	30	1	20	19,25
12																						
13												115 0190 Слюсарна ІОП №008										
14												2	18446	5	1	1	1	шт	30	1		
15																						
16												120 0125 Мийна ІОП №009										
17												2	11629	5	1	1	1	шт	30	1		
18												125 0200 Контрольна ІОП №010										
19												2	13063	5	1	1	1	шт	30	1		
МК																						

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.124.026	1	1
-------------------	---	---

Розроб.	Нестеренко		
---------	------------	--	--

НУЗП

НУЗП 724313.026

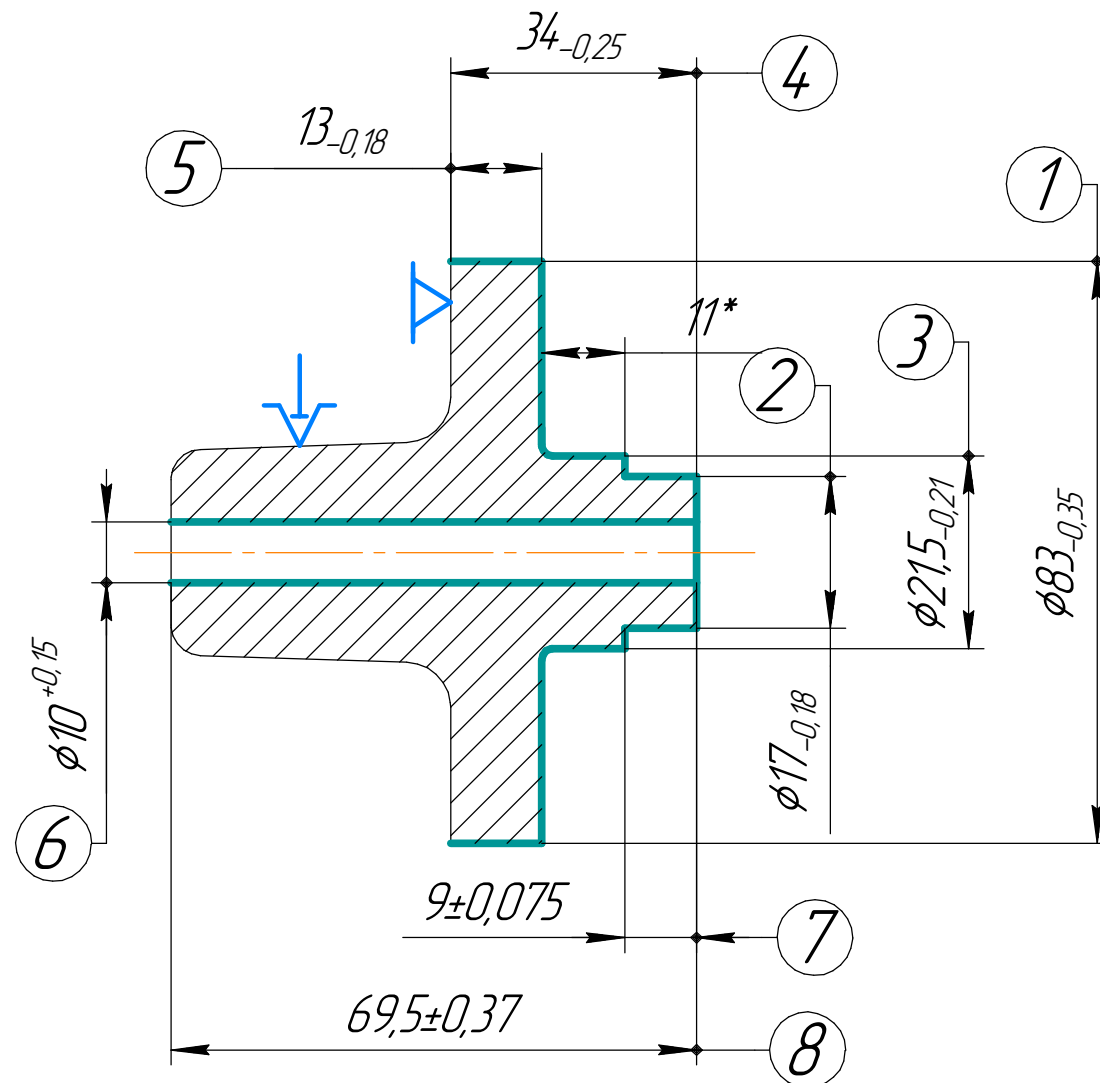
Мз-111сп.2014.1.00015

Перевір.	Пухальська		
----------	------------	--	--

Н. контр.	Дядя		
-----------	------	--	--

Шестерня привода гідронасосу

015



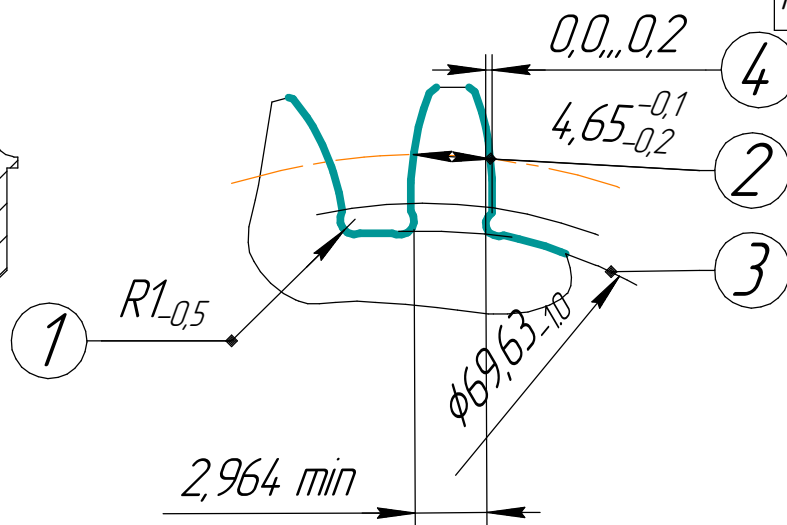
* Розмір для довідок

1001-1105-04				Формы 1

Розроб.	Нестеренко			НУЗП	НУЗП 724313.026		Мз-111сп.2014.1.00040				
Перевір.	Пухальська										
Н. контр.	Дядя				Шестерня привода гідронасосу						040



A (5:1)



Модуль	m	2,5
Кількість зубців	z	30
Кут профілю	α_0	20°
Коефіцієнт висоти головки	h_0	1
Коефіцієнт радіального зазору	ξ	0,25
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	X	+0,176
Діаметр ділильного кола	d	75
Кількість зубців сполучаємого колеса	z	18

* Розмір для довідок

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.124.026

1

1

Розроб. Нестеренко

НУЗП

НУЗП 724313.026

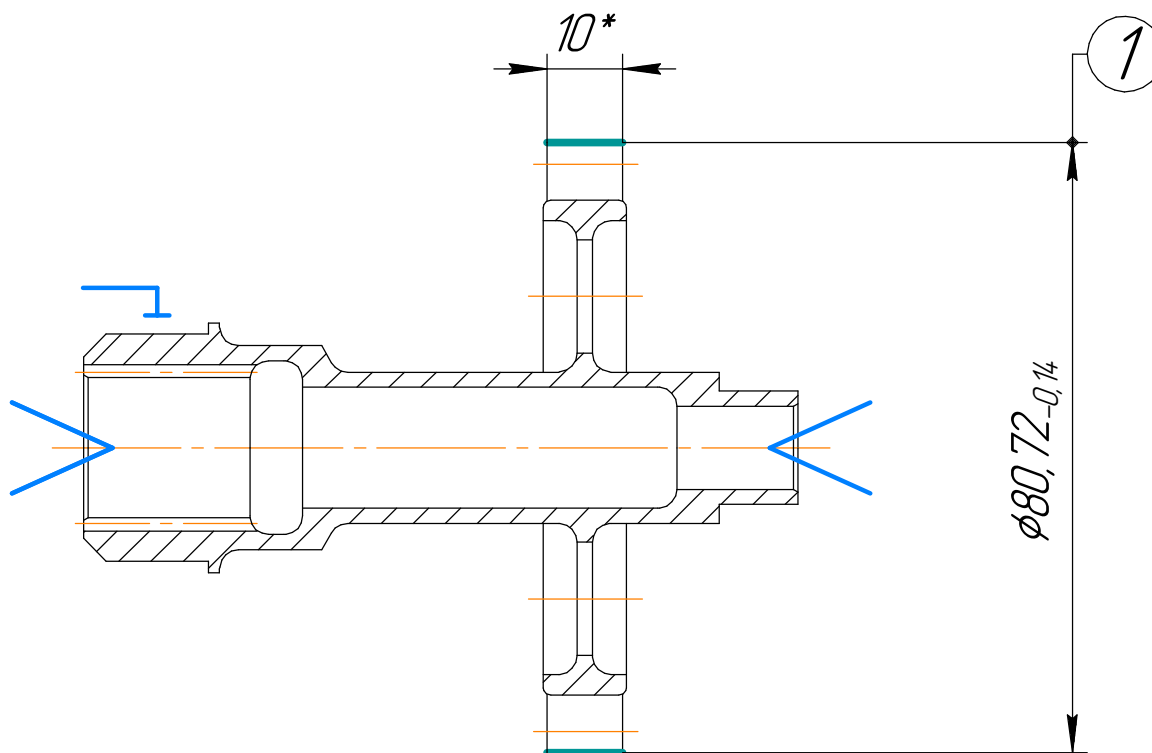
Мз-111сп.2014.1.00080

Перевір. Пухальська

Н. контр. Дядя

Шестерня привода гідронасосу

080

 Ra16

* Розмір для довідок

