

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення шестерні
триступеневого редуктора»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи Мз-112сп

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ГОНТАРЕНКО Д.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ГОНЧАР Н.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент МАТЮХІН А.Ю.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2025

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

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

« _____ » _____ 2025 року

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

ГОНТАРЕНКА Дмитра Валерійовича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення шестерні триступеневого редуктора

керівник проєкту (роботи) канд.техн.наук, доц. ГОНЧАР Наталя Вікторівна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 25 квітня 2025 року №199

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=2000 шт

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, маршрут виготовлення деталі, 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	ГОНЧАР Н.В., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтр.	ДЯДЯ С.І., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 01 квітня 2025 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	07.05.2025	
2	Конструкторська частина	21.05.2025	
3	Розробка планування ділянки	23.05.2025	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів, охорона праці	27.06.2025	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	03.06.2025	
6	Нормоконтроль і рецензія	05.06.2025	
7	Захист дипломного проекту	11.06.2025	

Студент

(підпис)

Дмитро ГОНТАРЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Наталія ГОНЧАР

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 82 с., 18 рис., 24 табл., 2 додатки, 10 джерел.

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

Об'єкт дослідження – шестерня триступеневого редуктора

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення шестерні триступеневого редуктора.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Шестерні», розраховано економічний ефект від впровадження верстатів з ЧПК, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму на операцію з ЧПК, спроєктовано 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 ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Службове призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва.....	10
1.3 Вибір методу отримання заготовки.....	10
1.4 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	13
1.5 Вибір технологічних баз.....	16
1.6 Розробка маршруту виготовлення деталі.....	17
1.7 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	18
1.8 Розрахунок режимів різання та норм часу.....	21
1.8.1 Операція 030 – токарна з ЧПК.....	21
1.8.2 Операція 040 – зубофрезерна з ЧПК.....	27
1.8.3 Операція 075 – шліфувальна.....	31
1.9 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК №030	36
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	39
2.1 Проектування зубофрезерного пристосування.....	39
2.1.1 Конструкція та принцип роботи пристосування.....	39
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	40
2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	41
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	44
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	44
2.3 Розрахунок на міцність деталі.....	45
3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	58
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ.....	51
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64

5.1 Заходи охорони праці при дії шуму і вібрацій.....	64
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	67
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	69
Додаток Б. Технологічні карти.....	71

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технічне середовище

КГШП – кривошипний гарячештампвальний прес

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

ТО – термічна обробка

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Сучасне машинобудування висуває високі вимоги до якості, точності та надійності деталей, що входять до складу механічних передач. Одним із найбільш відповідальних елементів таких вузлів є шестерні, які забезпечують передачу крутного моменту та зміни швидкості обертання в редукторах. Від їх конструкції, технології виготовлення та точності залежить ефективність роботи всього механізму.

У дипломному проєкті розглядається розробка технологічного процесу виготовлення шестерні триступеневого редуктора – складної зубчастої деталі, що працює в умовах циклічних навантажень і вимагає високої точності виготовлення та стабільності геометричних параметрів. Метою даної роботи є проєктування раціонального, економічно обґрунтованого та технічно ефективного процесу обробки, що забезпечує задану якість готового виробу.

У процесі роботи було проаналізовано конструктивні особливості шестерні, вибрано заготовку, визначено послідовність технологічних операцій, розраховано режими різання, норми часу, а також підібрано необхідне технологічне обладнання та інструмент. Особливу увагу приділено операціям зубообробки, що мають вирішальне значення для забезпечення точності передачі.

Результати дипломного проєкту можуть бути використані на машинобудівних підприємствах для оптимізації процесу виготовлення зубчастих коліс редукторів, що забезпечить покращення якості продукції та зниження виробничих витрат.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення деталі

Шестерня (рис. 1.1) призначена для передавання крутного моменту у механічних передачах, забезпечуючи перетворення обертального руху з високою частотою обертання на більш низьку. Використовується в редукторах, трансмісіях та інших вузлах машин, де потрібна передача потужності між валами.

Конструкція шестерні:

- 1) модуль зубців: 2,5 мм;
- 2) кількість зубців: 80;
- 3) матеріал: сталь 45 (вуглецева конструкційна сталь з підвищеними механічними властивостями). Хімічний склад наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45, у відсотках [1]

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
основа	0,42...0,5	0,17...0,37	0,5...0,8	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,3

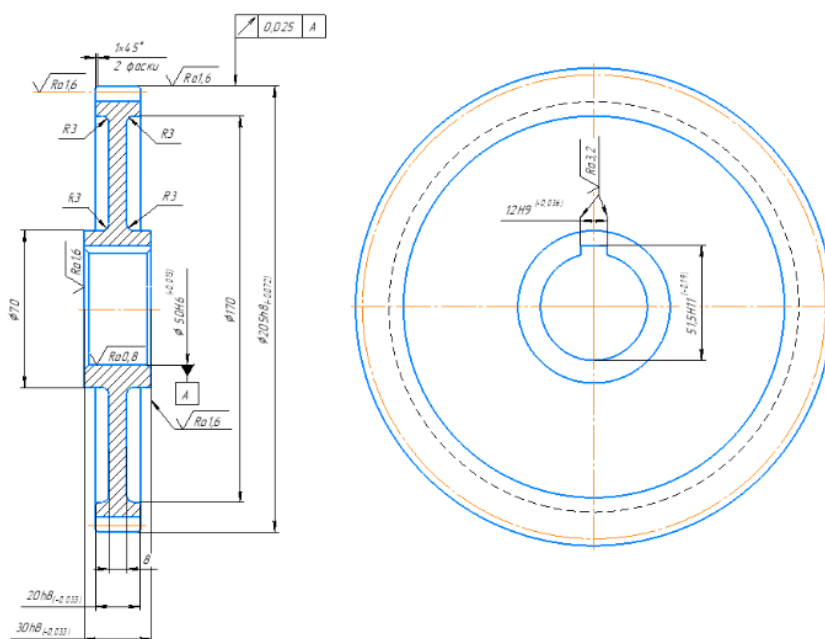


Рисунок 1.1 – Ескіз шестерні

Найбільш точною поверхнею є внутрішній отвір $\varnothing 50$ мм. Отвір виконується зі шпонковим пазом для надійної фіксації на валу. Отвір виконують по 6 квалітету точності та шорсткості Ra 0,8. Торцевою поверхнею маточини шестерня в редукторі упирається в буртик валу, тому її обробляють шліфуванням до Ra 1,6 мм. Шестерня має стандартний профіль зубців згідно з ГОСТ 13755-81, а також виконана з термічною обробкою для підвищення зносостійкості до твердості HRC 38...45.

1.2 Вибір типу виробництва

З урахуванням обсягу виробництва, особливостей конструкції, а також технічних та економічних умов виготовлення деталі «Шестерня», тип виробництва визначено як серійний [2, 3]. Відповідно до вимог [2, 3] організація технологічного процесу обрана у вигляді змінно-потокowego виробництва.

Партію деталей, які запускаються у виробництво розраховуємо за формулою:

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

де N – річна програма випуску, N=2000 шт;

a – періодичність запуску партій деталей в виробництво, a=5 днів;

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

$$n = \frac{5 \cdot 2000}{250} = 40 \text{ шт}$$

Це кількість заготовок, яку має забезпечувати допоміжний персонал на початку ділянки в спеціально відведеній зоні перед обробкою партій даних деталей.

1.3 Вибір методу отримання заготовки

Для виготовлення заготовки використовуємо:

1) метод штампування на кривошипно-гарячештампувальному пресі (КГШП);

2) метод штампування за допомогою молота.

Маса заготовок була визначена за допомогою програмного комплексу NX (рис. 1.2, 1.3).

Собівартість заготовки обчислюємо за формулою [4]:

$$C = \frac{C_6}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_n - \frac{(Q_{заг} - q)}{1000} \cdot S, \quad (1.2)$$

де C_6 – базова вартість виготовлення заготовок, грн/т;

$Q_{заг}$ – маса заготовки, кг;

K_T – коефіцієнт, враховуючий точність заготовки [4];

K_M – коефіцієнт, враховуючий матеріал [4];

K_C – коефіцієнт, враховуючий складність заготовки [4];

K_B – коефіцієнт, враховуючий масу заготовки [4];

K_n – коефіцієнт, враховуючий програму випуску [4];

q – маса деталі, кг;

S – вартість стружки, грн/т [4].

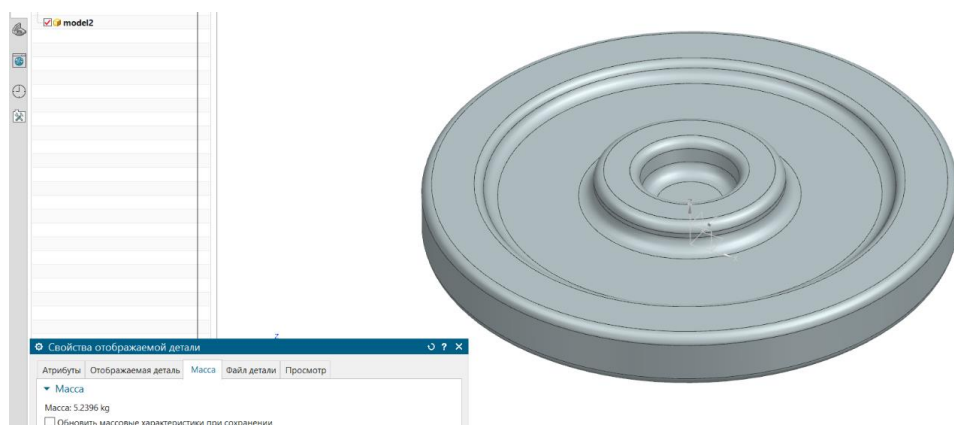


Рисунок 1.2 – Розрахунок маси штамповки

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) [4]:

$$\eta = q/Q \quad (1.3)$$

Розрахунок для методу штамповки на пресі:

$$C_1 = \frac{3150}{1000} \cdot 5,51 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 - \frac{(5,24-2,94)}{1000} \cdot 140 = 15,5 \text{ грн}$$

$$\eta_1 = 2,94/5,24 = 0,53$$

Розрахунок для методу штамповки на молоті:

$$C_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 7,36 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1 - \frac{(7,36-2,94)}{1000} \cdot 140 = 22,91 \text{ грн}$$

$$\eta_2 = 2,94/7,36 = 0,4$$

Всі розрахунки наведено в таблиці 1.2. За критерієм КВМ, чим він більше, тим ближче заготовка до деталі конструктивно, тому за цим критерієм виграє КГШП, тому що $0,53 > 0,4$. До того ж, як спосіб отримання заготовки, за другим критерієм – собівартістю – також виграє КГШП, тому, що він дешевше.

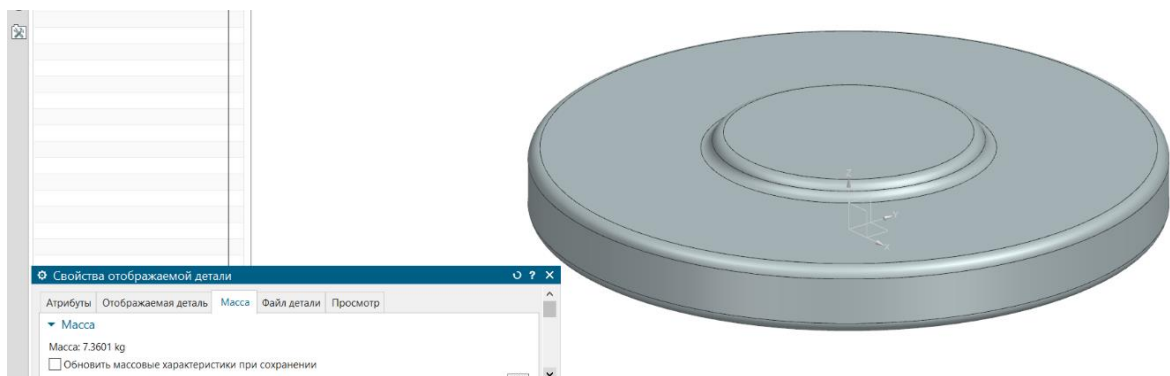


Рисунок 1.3 – Розрахунок маси поковки

Економічний ефект [4]:

$$E_B = (C_2 - C_1) \cdot N \quad (1.4)$$

$$E_B = (22,91 - 15,5) \cdot 2000 = 14820 \text{ грн}$$

Враховуючи вищесказане, приймаємо для виготовлення заготовки метод штампування на КГШП.

Таблиця 1.2 – Параметри заготовок

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіант заготовки	
			КГШП	МОЛОТ
Маса	Q	кг	5,24	7,36
Базова ціна 1 т заготовок	C_B	грн	3150	3500
Коефіцієнти	K_T	–	1,05	1,05
	K_M	–	1	1
	K_B	–	1	1
	K_3	–	0,87	0,87
	K_{II}	–	1	1
Вартість стружки	S	грн	140	140
Собівартість	C	грн	15,5	22,91
КВМ	η	–	0,53	0,4

1.4 Проєктування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь (МОП) – це визначена послідовність технологічних операцій, спрямованих на обробку поверхні заготовки для досягнення необхідних показників якості деталі. Виділяють загальне уточнення та уточнення, що стосується окремих переходів. Загальне уточнення розраховується наступним чином:

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

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.6)$$

де Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

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

де Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Уточнення для поверхні $\varnothing 205_{-0,072}$.

Розраховуємо загальні уточнення:

$$\varepsilon_d = \frac{2,0}{0,072} = 27,7,$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,5}{0,025} = 20,$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{1,6} = 31,2$$

Основним показником якості цієї поверхні є шорсткість, яка вимагає найбільшої точності. Виходячи з цього показника, визначаємо необхідну кількість переходів механічної обробки за формулою:

$$k \approx 2 \lg \varepsilon_d \quad (1.8)$$

$$k = 2 \lg 31,2 = 2,98$$

Приймаємо $k = 3$ переходи.

Призначаємо послідовність показників точності та якості (ППТЯ) для

цієї поверхні:

1) для допуску – IT17 → h12 → h10 → Термічна обробка (ТО) → h8.

2) для шорсткості – Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → ТО → Ra1,6

Уточнення для точіння чорнового ($T_{D1}=400$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [5]):

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2000}{460} = 4,3$$

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

Уточнення для точіння чистового ($T_{D2}=185$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [5]):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{460}{185} = 2,5$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 4,3 \cdot 2,5 = 10,7 < \varepsilon_d = 27,7$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,9 \cdot 1,9 = 15 < \varepsilon_{Ra} = 31,2$$

Уточнення для шліфування ($T_{D4}=72$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [5]):

$$\varepsilon_{d4} = \frac{185}{72} = 2,5$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 10,7 \cdot 2,5 = 26,7 < \varepsilon_d = 27,7$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15 \cdot 2 = 30 < \varepsilon_{Ra} = 31,2$$

Аналогічним способом проводимо розрахунки для інших поверхонь.
Отримані результати фіксуємо в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – МОП

Характер поверхонь	МОП		Допуски, мкм			Уточнення		
	IT	Метод оброб.	Розм.	Шор-ть	↑	Розм.	Шор-ть	↑
Ø205 ^{-0,072} Ra=1,6 ↑=0,025	17	Заготовка	2000	50	500	-	-	-
	12	Точіння чорнове	460	6,3	100	4,3	7,9	5
	10	Точіння чистове	185	3,2	50	2,5	2	2
	8	Шліфування ТО	-	-	-	-	-	-
Ø50 ^{+0,016} Ra=0,8 ↑=0,02	17	Заготовка	1600	50	500	-	-	-
	12	Розточування чорнове	250	6,3	100	6,4	7,9	5
	10	Розточування чистове	100	3,2	50	2,5	2	2
		ТО	-	-	-	-	-	-
	8	Шліфування чорнове	39	1,6	25	2,5	2	2
	6	Шліфування чистове	19	0,8	20	2	2	1,25
20 ^{-0,084} Ra=3,2	17	Заготовка	1600	50	600	-	-	-
	12	Точіння чорнове	210	6,3	200	7,6	7,9	3
	10	Точіння чистове	84	3,2	100	2,5	2	2
		ТО	-	-	-	-	-	-
30 ^{-0,084} Ra=1,6	17	Заготовка	1600	50	500	-	-	-
	12	Точіння чорнове	210	6,3	100	7,6	7,9	5
	11	Точіння чистове	130	3,2	50	1,6	2	2
	10	Шліфування чорнове	84	1,6	25	1,5	2	2

1.5 Вибір технологічних баз

На першій токарній операції як бази використовуються необроблені поверхні – зовнішня циліндрична поверхня Ø205 і крайній торець.

Для чистової токарної обробки базування здійснюється вже по механічно оброблених поверхнях – по отвору $\varnothing 50$ і крайньому торцю.

При зубофрезерній, круглошліфувальній і зубошліфувальній операціях як бази застосовуються отвір $\varnothing 50$ і крайній торець.

Для внутрішньошліфувальної операції використовуються зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 205$ і крайній торець.

При протягуванні шпонкового пазу базування здійснюється по отвору $\varnothing 50$ і крайньому торцю.

Обрані бази та методи базування забезпечують мінімальну похибку встановлення.

1.6 Розробка маршруту виготовлення деталі

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

- 1) отримання заготовки,
- 2) ТО,
- 3) механічна обробка:
 - чорнова і чистова токарна обробка з обох боків,
 - зубофрезерна обробка,
 - протягування пазу
- 4) мийна операція,
- 5) контроль зубчатого вінця,
- 6) ТО,
- 7) шліфування,
 - шліфування отвору,
 - шліфування зовнішньої циліндричної поверхні,
 - шліфування зубців,

- 8) мийна операція,
- 9) контроль.

1.7 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків для внутрішньої циліндричної поверхні 1 – Ø50H6(+0,013):

- 1) для заготовки значення $Rz_0 = 200$ мкм та $h_0 = 250$ мкм [5]
- 2) для чорнового розточування $Rz_1 = 50$ мкм та $h_1 = 50$ мкм [5];
- 3) для чистового розточування $Rz_2 = 25$ мкм та $h_2 = 25$ мкм [5];
- 4) для шліфування чорнового $Rz_3 = 10$ мкм та $h_3 = 20$ мкм [5]
- 5) для шліфування чистового $Rz_4 = 5$ мкм та $h_4 = 15$ мкм [5]

Сумарне значення просторових відхилень заготовки розраховують за формулою:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.9)$$

де $\rho_{зм}$ – похибка від зміщення, $\rho_{зм} = 0,8$ мкм [5];

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

$\Delta_{кор}$ – короблення поверхні, $\Delta_{кор} = 0,5$ [5].

$$\rho_0 = \sqrt{800^2 + 500^2} = 940 \text{ мкм}$$

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

$$\rho_1 = K_{ут} \cdot \rho_0, \quad (1.10)$$

$$\varepsilon_1 = K_{\text{ут}} \cdot \varepsilon_0, \quad (1.11)$$

де $K_{\text{ут}}$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [5];

ε – похибка встановлення, $\varepsilon_0 = 400$ мкм, деталь встановлюється в трьохкулачковому патроні [5].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 940 = 56 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 56 = 2 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot 2 = 0 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_1 = 0,06 \cdot 400 = 24 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 24 = 1 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot 1 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.12)$$

де ρ – сумарне відхилення форми;

$$2z_1^{\min} = 2(200 + 250 + \sqrt{940^2 + 400^2}) = 2943 \text{ мкм}$$

$$2z_2^{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{56^2 + 24^2}) = 321 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(25 + 25 + \sqrt{2^2 + 1^2}) = 104 \text{ мкм}$$

$$2z_4^{\min} = 2(10 + 20 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 60 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховується за формулою:

$$D_4^{\max} = D_4^{\min} + ES_{D4} \quad (1.13)$$

$$D_4^{\max} = 50 + 0,019 = 50,019 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$D_i^{\max} = D_{i+1}^{\max} - 2z_{i+1}^{\min} - TD_{i+1} \quad (1.14)$$

$$D_3^{\max} = 50,019 - 0,06 - 0,019 = 49,94 \text{ мкм}$$

$$D_2^{\max} = 49,94 - 0,104 - 0,039 = 49,797 \text{ мкм}$$

$$D_1^{\max} = 49,797 - 0,321 - 0,1 = 49,376 \text{ мкм}$$

$$D_0^{\max} = 49,376 - 2,943 - 0,25 = 46,183 = 46,2 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$D_i^{\min} = D_i^{\max} - TD_i \quad (1.15)$$

$$D_0^{\min} = 46,2 - 1,6 = 44,6 \text{ мм}$$

$$D_1^{\min} = 49,376 - 0,25 = 49,126 \text{ мм}$$

$$D_2^{\min} = 49,797 - 0,1 = 49,697 \text{ мм}$$

$$D_3^{\min} = 49,94 - 0,039 = 49,901 \text{ мм}$$

$$D_4^{\min} = 50,019 - 0,019 = 50 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = D_i^{\max} - D_{i-1}^{\min} \quad (1.16)$$

$$2z_1^{\max} = 49,376 - 44,6 = 4,776 \text{ мм}$$

$$2z_2^{\max} = 49,797 - 49,126 = 0,671 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 49,94 - 49,697 = 0,243 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = 50,019 - 49,901 = 0,118 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{зар}} + TD_{\text{дет}} = TD_0 \quad (1.17)$$

$$2z_0^{\max} = D_4^{\max} - D_0^{\min} \quad (1.18)$$

$$2z_0^{\min} = D_4^{\min} - D_0^{\max} \quad (1.19)$$

$$2z_0^{\max} = 50,019 - 44,6 = 5,419 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 50 - 46,2 = 3,8 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 1,6 + 0,019 = 1,619 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 5,419 - 3,8 = 1,619 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 45,2^{+0,6}_{-1,0}$ мм.

Розрахунки припусків зведено до таблиці 1.4.

1.8 Розрахунок режимів різання та норм часу

1.8.1 Операція 030 – токарна з ЧПК

Чистове точіння поверхонь виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі LEADWELL LTC-25iMY (операційний ескіз показано на рис. 1.4). В якості пристрою використовуємо трикулачковий патрон. В якості інструменту використовуємо:

1) різець підрізний $\varphi=95^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; r=1\text{мм}, 16 \times 25 \times 140, \text{T15K6}$ ГОСТ 18880-73 [6];

2) різець розточувальний $\varphi=95^\circ, \alpha=10^\circ, \gamma=8^\circ; r=1\text{мм}, 16 \times 25 \times 140, \text{T15K6}$ ГОСТ 18883-73 [6].

Припуск на обробку зовнішніх поверхонь розраховується за формулою:

$$h = \frac{D_2 - D_1}{2} \text{ або } L_2 - L_1 \quad (1.20)$$

де D_1, D_2, L_1, L_2 – поточний та попередній розмір на обробку

$$h_1 = \frac{207,5 - 205,5}{2} = 1 \text{ мм}$$

$$h_2 = 21 - 20 = 1 \text{ мм}$$

$$h_3 = 31,4 - 30,4 = 1 \text{ мм}$$

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхні	МОП		Елементи припуску				Допуск Тd, мм	Граничні розміри		Граничні припуски		Виконавчий розмір, мм
	i	Метод обробки	R_z МКМ	h МКМ	ρ МКМ	ε_y МКМ		d_i^{\max} , мм	d_i^{\min} , мм	$2z_i^{\max}$, МКМ	$2z_i^{\min}$, МКМ	
Отвір $\varnothing 50H6^{(-0,019)}$	1	Заготовка	200	250	940	-	1,6	46,2	44,6	-	-	$\varnothing 45,2^{+0,6}_{-1,0}$
	2	Розточування чорнове	50	50	56	400	0,25	49,376	49,126	4776	2943	$\varnothing 49,4^{+0,25}$
	3	Розточування чистове	25	25	2	24	0,1	49,797	49,697	671	321	$\varnothing 49,8^{+0,1}$
	4	Гартування	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Шліфування чорнове	10	20	0	1	0,039	49,94	49,901	243	104	$\varnothing 49,9^{+0,039}$
	6	Шліфування чистове	5	15	0	0	0,019	50,019	50	118	60	$\varnothing 50^{+0,019}$

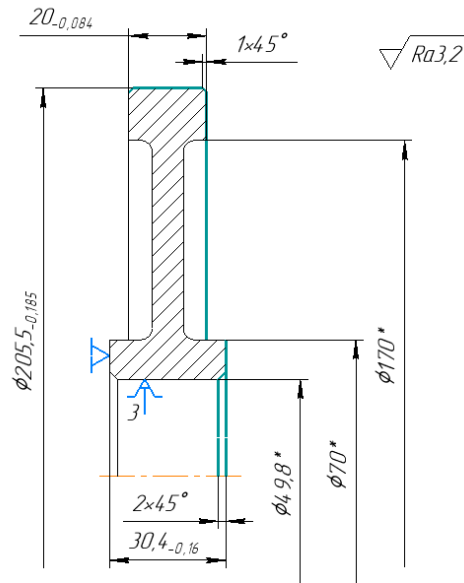


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз токарної операції

Технічні характеристики верстата:

- 1) кількість позицій інструменту – 12;
- 2) максимальна довжина точіння – 1000 мм;
- 3) максимальна швидкість обертання шпинделя – 3500 об/хв;
- 4) максимальний діаметр обертання при встановленні деталі в центрах – 590 мм;
- 5) максимальний діаметр пруткової заготовки – 78 мм;
- 6) максимальний діаметр точіння – 430 мм;
- 7) переміщення по осі X – 215 мм;
- 8) переміщення по осі Z – 1030 мм;
- 9) поперечний перетин державки різця квадратного перетину 25×25 мм;
- 10) потужність головного двигуна шпинделя – 15 кВт;
- 11) тип інструментальної головки – ВМТ65.

Глибина різання t , мм, розраховується за формулою:

$$t = \frac{h}{i} \quad (1.21)$$

де i – кількість проходів

$$t_1 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

$$t_2 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

$$t_3 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою:

$$S = S^{\text{табл}} \cdot K_{S_n} \cdot K_{S_u} \cdot K_{S_z} \cdot K_{S_\phi} \cdot K_{S_{жс}} \cdot K_{S_M} \quad (1.22)$$

де $S^{\text{табл}}$ – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,27 \text{ мм/об}$ [7];

K_{S_K} – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки, $K_{S_K} = 0,9$ [7];

K_{S_r} – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця, $K_{S_r} = 0,85$ [7];

K_{S_ϕ} – коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані, $K_{S_\phi} = 1,0$ [7];

K_{S_y} – коефіцієнт, що враховує схему встановлення, $K_{S_y} = 1,0$ [7];

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

$$K_S = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,6$$

$$S_0 = 0,27 \cdot 0,6 = 0,16 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата, $S = 0,15 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання V , м/хв, розраховується за формулою:

$$V_p = V_T \cdot K_{V_M} \cdot K_{V_{и}} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{ж}} \cdot K_{V_{п}} \cdot K_{V_0} \quad (1.23)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 357 \text{ м/хв}$ [7];

K_{V_c} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{V_c} = 1,0$ [7];

$K_{V_{и}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{V_{и}} = 1,0$ [7];

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

K_{V_0} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{V_0} = 1,0$ [7];

K_{V_T} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{V_T} = 0,6$ [7];

K_{VM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{VM} = 1,0$ [7];

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V\phi} = 1,0$ [7];

$K_{Vж}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{Vж} = 1,0$ [7].

$$K_V = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,48$$

$$V = 357 \cdot 0,48 = 171 \text{ м/хв}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.24)$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 171}{3,14 \cdot 205,5} = 265 \text{ об/хв}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 171}{3,14 \cdot 70} = 778 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_1=250$ об/хв, $n_2=750$ об/хв.

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

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

$$V_{d1} = \frac{250 \cdot 3,14 \cdot 205,5}{1000} = 161 \text{ м/хв};$$

$$V_{d2} = \frac{750 \cdot 3,14 \cdot 70}{1000} = 165 \text{ м/хв}.$$

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px} \cdot i}{S \cdot n}, \text{ хв} \quad (1.26)$$

де L_{px} – довжина різання, мм;

$$L_{px1} = 2 + 17,7 + 1 + 20 + 1 + 2 = 43,7 \text{ мм}$$

$$L_{px2} = 2 + 2 + 2 = 6 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{43,7}{0,15 \cdot 250} \cdot 2 + \frac{6}{0,15 \cdot 750} \cdot 2 = 2,6 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{мд}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.27)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,4$ хв [8];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,65$ хв [8];

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

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (1.28)$$

де $t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,25$ хв [8];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [8].

$$t_{\text{контр}} = 0,25 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,65 + 0,1 = 1,15 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

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

$$t_{\text{оп}} = 2,6 + 1,15 = 3,75 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.30)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місяця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 8\%$ [8].

$$t_{\text{дод}} = 3,75 \cdot 0,08 = 0,3 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{дод} \quad (1.31)$$

$$t_{шт} = 3,75 + 0,3 = 4,05 \text{ хв}$$

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

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} \quad (1.32)$$

де $t_{пз1}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{пз1} = 12$ хв [8];

$t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, $t_{пз2} = 13$ хв [8].

$$t_{пз} = 12 + 13 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \quad (1.33)$$

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

$$t_{шт-к} = 4,05 + \frac{25}{40} = 4,67 \text{ хв}$$

1.8.2 Операція 040 – зубофрезерна з ЧПК

Для фрезерування зубчастого вінця обираємо зубофрезерний верстат з ЧПК Y3140CNC6 (рис. 1.5).

Технічні характеристики верстата:

- 1) максимальний діаметр заготовки – 400 мм;
- 2) максимальний модуль – 16 мм;
- 3) максимальна швидкість обертання шпинделя – 275 м/хв;
- 4) максимальна швидкість робочого столу – 24 м/хв;

- 5) міжосьова відстань між черв'ячною фрезою та робочим столом – 100...780 мм;
- 6) максимальні переміщення черв'ячної фрези – 220 мм;
- 7) повна потужність – 67 кВт.

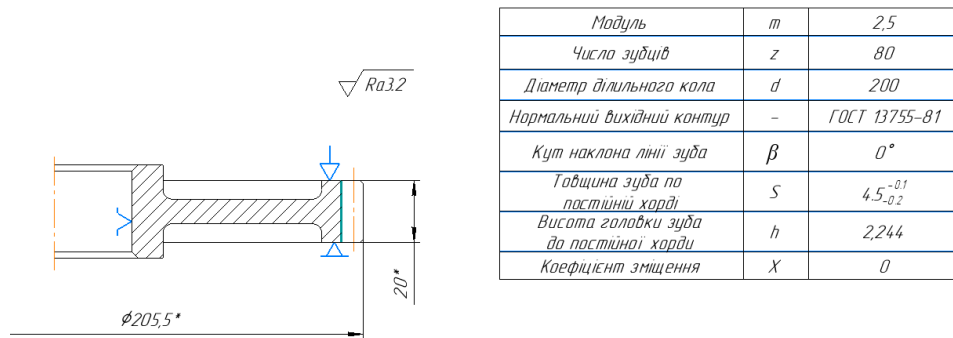


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз

В якості інструменту обираємо черв'ячну фрезу $m=2,5$, з Р6М5, діаметром $D=80$ мм, кількість зубців $z=12$ [6].

Розраховуємо подачу за формулою (1.22):

де S_T – табличне значення подачі $S_T=0,06$ мм/зуб [7];

K_{HB} – поправочний коефіцієнт, що залежить від твердості оброблюваного матеріалу $K_{HB}=0,8$ [7];

$K_{СОТС}$ – поправочний коефіцієнт, залежить від використання змащувально-охолоджувальне технічне середовище ЗОТС $K_{СОТС}=1$ [7];

K_S – поправочний коефіцієнт враховує напрям руху подачі $K_S=1$ [7];

K_{HP} – поправочний коефіцієнт враховує клас точності фрези $K_{HP}=0,9$ [7];

K_{PI} – поправочний коефіцієнт враховує матеріал фрези $K_{PI}=1$ [7].

$$S_p = 0,06 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,05 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$$

Швидкість різання розраховуємо за формулою (1.23):

де V_m – табличне значення швидкості $V_m=33,5$ м/хв [7];

K_{PI} – враховує оброблюваний матеріал $K_{PI} = 1$ [7];

K_{CT} – поправочний коефіцієнт, що враховує стійкість фрези $K_{CT}=0,9$ [7];

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

K_C – залежить від використання ЗОТС $K_C = 0,75$ [7];

K_L – залежить від глибини різання $K_L=1$ [7].

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

Частота обертання шпинделя за формулою (1.24):

$$n = \frac{1000 \cdot 22}{3,14 \cdot 80} = 87 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d=70$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.25):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 70}{1000} = 17 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу інструменту за формулою:

$$S_M = S_Z \cdot n \cdot z \tag{1.34}$$

$$S_{M \text{ повз}} = 0,05 \cdot 80 \cdot 12 = 48 \text{ мм/хв}$$

Обираємо за верстатом $S_{M \text{ повз}}=50$ мм/хв.

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{(b + L_{вр} + L_{пер}) \cdot Z}{S}, \text{ хв} \tag{1.35}$$

де b – довжина фрезерування, мм;

$L_{пер}$ – величина перебігу, мм;

$L_{вр}$ – величина врізання, мм;

K – кількість заходів фрези;

Z – кількість зубів колеса.

$$L_{вр} = \sqrt{t \cdot (D_{\phi} - t)}, \text{ мм} \quad (1.36)$$

де t – глибина западини;

$$L_{пер} = 3 \cdot m + tg(\beta - \omega) + 4, \text{ мм} \quad (1.37)$$

де ω – кут підйому витка фрези.

$$L_{пер} = 3 \cdot 2,5 + tg(0 - 0) + 4 = 11 \text{ мм}$$

$$L_{вр} = \sqrt{5,5 \cdot (80 - 5,5)} = 20 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(20 + 20 + 11) \cdot 80}{50} = 81,6 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.27), (1.28):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,5$ хв [8];

$t_{мд}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,6$ хв [8];

$t_{вим}$ – час на вимірювання, $t_{вим} = 0,2$ хв [8];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [8].

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

$$t_{доп} = 0,5 + 0,6 + 0,08 = 1,18 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.29):

$$t_{оп} = 81,6 + 1,18 = 82,78 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.30):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 8\%$ [8].

$$t_{\text{дод}} = 82,78 \cdot 0,08 = 6,6 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.31):

$$t_{\text{шт}} = 82,78 + 6,6 = 89,4 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.32):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [8];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, $t_{\text{пз2}} = 13 \text{ хв}$ [8];

$t_{\text{пз3}}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 7 \text{ хв}$ [8].

$$t_{\text{пз}} = 12 + 13 + 7 = 32 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{шт-к}} = 89,4 + \frac{32}{40} = 90,2 \text{ хв}$$

1.8.3 Операція 075 – шліфувальна

На операції виконуємо шліфування зовнішнього діаметра 205 мм (рис. 1.6). Інструмент: шліфувальний круг 1 400x40x127 15А 40Н СТ1 6 К8 А 50 м/с ГОСТ 2424-83 [6]. Пристосування – оправка, центр, хомутик повідковий. Верстат – круглошліфувальний моделі ЗШМ SHU321x1000.

Технічні характеристики верстата:

- 1) мінімальні поздовжні робочі подачі – 100 мм/хв;
- 2) мінімальні поперечні робочі подачі – 0,0025 мм/хв;

- 3) мінімальна швидкість обертання деталі – 30 об/хв;
- 4) швидкість обертання шліфувального шпинделя – 1700...1980 об/хв;
- 5) мінімальний діаметр зовнішньої обробки – 8 мм;
- 6) максимальні поздовжні робочі подачі – 800 мм/хв;
- 7) максимальні поперечні робочі подачі – 0,02 мм/хв;
- 8) максимальна довжина зовнішньої обробки в центрах – 1000 мм;
- 9) максимальна швидкість обертання деталі – 400 об/хв.

Припуск на обробку $Z=0,25$ мм.

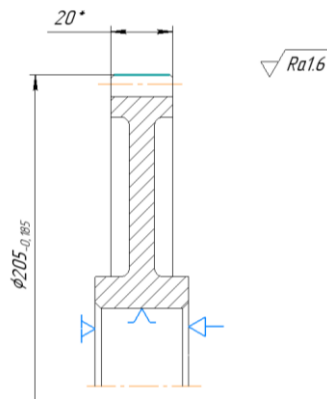


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

Подача поперечна розраховуємо по формулі (1.22):

де S_T – табличне значення подачі $S_T=0,018$ мм/об [7];

K_D – коефіцієнт враховуючий діаметр круга $K_D=0,42$ [7];

K_R – поправочний коефіцієнт враховуючий радіус галтелі $K_R=0,85$ [7];

K_T – поправочний коефіцієнт враховуючий стійкість круга $K_T=1,0$ [7];

K_h – поправочний коефіцієнт враховуючий припуск на обробку $K_h=1,0$ [7];

K_{IT} – коефіцієнт враховуючий квалітет виконання розміру $K_{IT}=0,5$ [7];

K_M – поправочний коефіцієнт враховуючий матеріал деталі $K_M=1,0$ [7].

$$S_{\text{поп}} = 0,018 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,0032 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S_{\text{поп}}=0,0025$ мм/об.

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:

$$n_{ш.кр.}^p = \frac{1000 \cdot V_{ш.кр.} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (1.38)$$

$$n_{ш.кр.}^p = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 60}{3,14 \cdot 400} = 2388 \text{ об/хв}$$

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot V_{ш.дет.}}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв} \quad (1.39)$$

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 205} = 77,6 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_{ш.кр.}=1980$ об/хв, $n_{дет.}=70$ об/хв.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.25):

$$V_{ш.кр.} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1980}{1000 \cdot 60} = 41 \text{ м/с}$$

$$V_{дет.} = \frac{3,14 \cdot 205 \cdot 70}{1000} = 45 \text{ м/хв}$$

Визначаємо основний час:

$$t_0 = \frac{z \cdot k}{n_{дет.} \cdot S_{поп}}, \text{ хв} \quad (1.40)$$

де k – коефіцієнт уточнення, $k=1,7$.

$$t_0 = \frac{0,25 \cdot 1,7}{70 \cdot 0,0025} = 2,4 \text{ хв}$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.27), (1.28):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,3$ хв [8];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,5$ хв [8];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,1$ хв [8];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [8].

$$t_{\text{контр}} = 0,1 \cdot 0,4 = 0,04 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,3 + 0,5 + 0,04 = 0,84 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.29):

$$t_{\text{оп}} = 2,4 + 0,84 = 3,24 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.30):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 8\%$ [8].

$$t_{\text{дод}} = 3,24 \cdot 0,08 = 0,26 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.31):

$$t_{\text{шт}} = 3,24 + 0,26 = 3,5 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.32):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 7$ хв [8];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, $t_{\text{пз2}} = 8$ хв [8];

$t_{\text{пз3}}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 3$ хв [8].

$$t_{\text{пз}} = 7 + 8 + 3 = 18 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{шт-к} = 3,5 + \frac{18}{40} = 3,95 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання та норм часу для решти операцій приведено в таблицях 1.5, 1.6.

Таблиця 1.5 – 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
015 Токарна з ЧПК	01	2	2	0,3	120	200
	02	2	2	0,3	120	250
	03	2	5	0,3	120	500
020 Токарна з ЧПК	01	2	2	0,3	120	200
	02	2	2	0,3	120	250
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,15	150	150
	02	0,5	2	0,15	150	700
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,15	161	250
	02	0,5	2	0,15	165	750
035 Протяжна	01	3,8	1	0,05	5	-
040 Зубофрезерна	01	5,5	80	50	25	70
065 Внутрішньошліфувальна	01	0,1	10	0,005	45/40	12000/100
	02	0,2	3	0,005	40/40	500/100
070 Плоскошліфувальна	02	0,25	50	0,005	5	40 под.х./хв
075 Круглошліфувальна	01	20	1	0,0025	41/45	1980/70
080 Внутрішньошліфувальна	01	0,2	50	0,002	35/40	12000/100
085 Зубошліфувальна	01	0,1	80	0,002	40/42	1100/150

Таблиця 1.6 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t_0 , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{доп}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{пз}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна	15	1,15	1,62	17,77	25	18,39
020Токарна	12	1,15	1,32	14,47	25	15,09

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7
025 Токарна	8	1,15	0,92	10,07	25	10,69
030 Токарна	2,6	1,15	0,30	4,05	25	4,67
035 Протяжна	3	1,1	0,41	9,70	20	10,20
040 Зубофрезерна	81,6	1,18	6,60	89,40	32	90,20
080 Внутрішньошліфувальна	5	1,3	0,63	6,93	20	7,43
070 Плоскошліфувальна	7	0,5	0,75	3,10	25	3,73
075 Круглошліфувальна	2,4	0,84	0,26	3,50	18	3,95
080 Внутрішньошліфувальна	2,5	1,3	0,38	4,18	22	4,73
095 Зубошліфувальна	65	0,6	6,56	72,16	27	72,84

1.9 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК №030

Для операції №030, яка виконується на токарному верстаті з ЧПК LEADWELL LTC-25iMY, керуючу програму (КП) розробимо за допомогою програми Siemens NX. 3D модель деталі на операції №30 зображено на рис. 1.7; токарний переріз, згенерований програмою, показано на рис. 1.8.

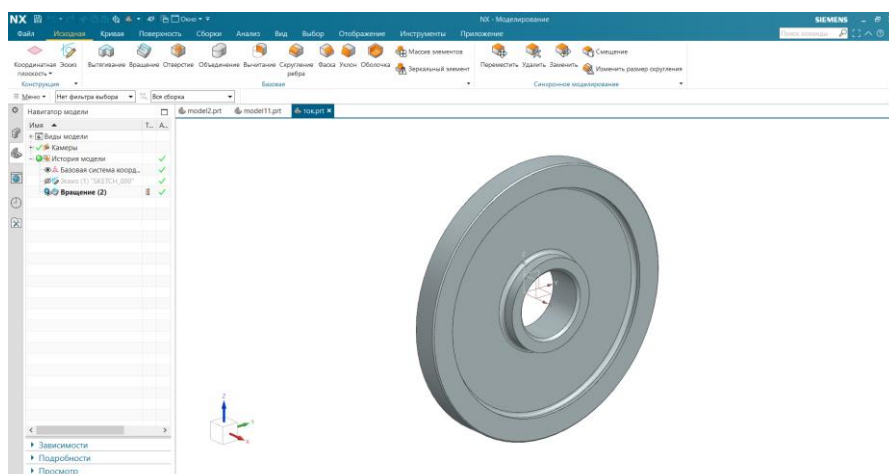


Рисунок 1.7 – 3D модель деталі

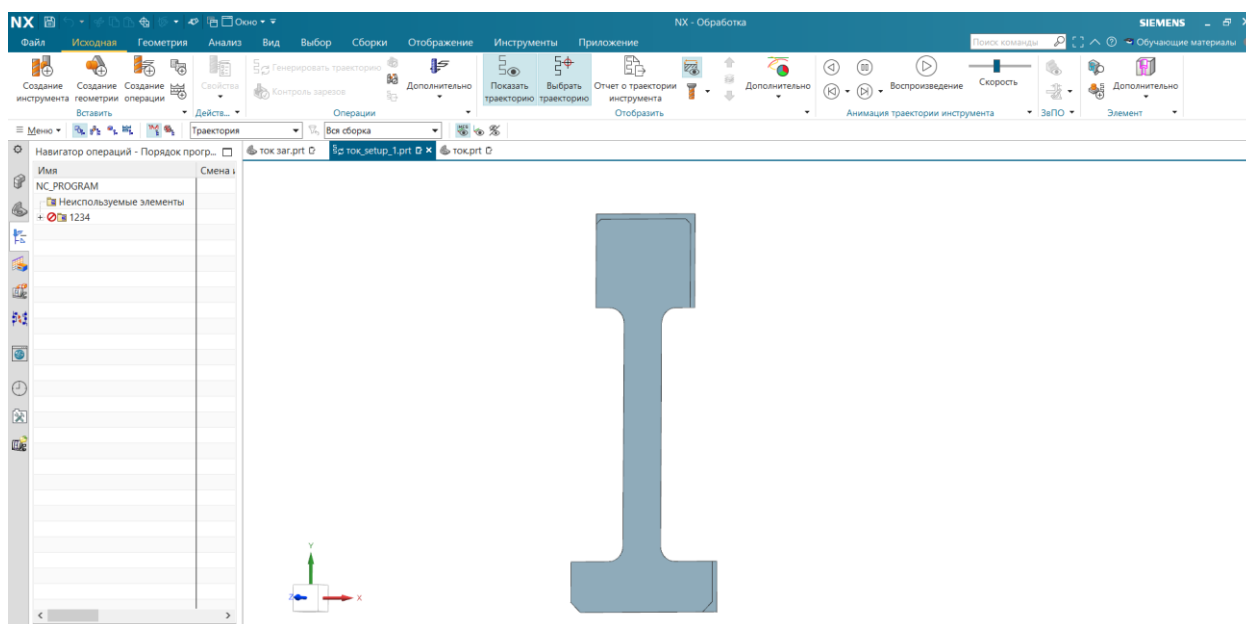


Рисунок 1.8 – Для точіння, токарна обробка, переріз

В програмі створюємо необхідні різці для обробки (рис. 1.9).

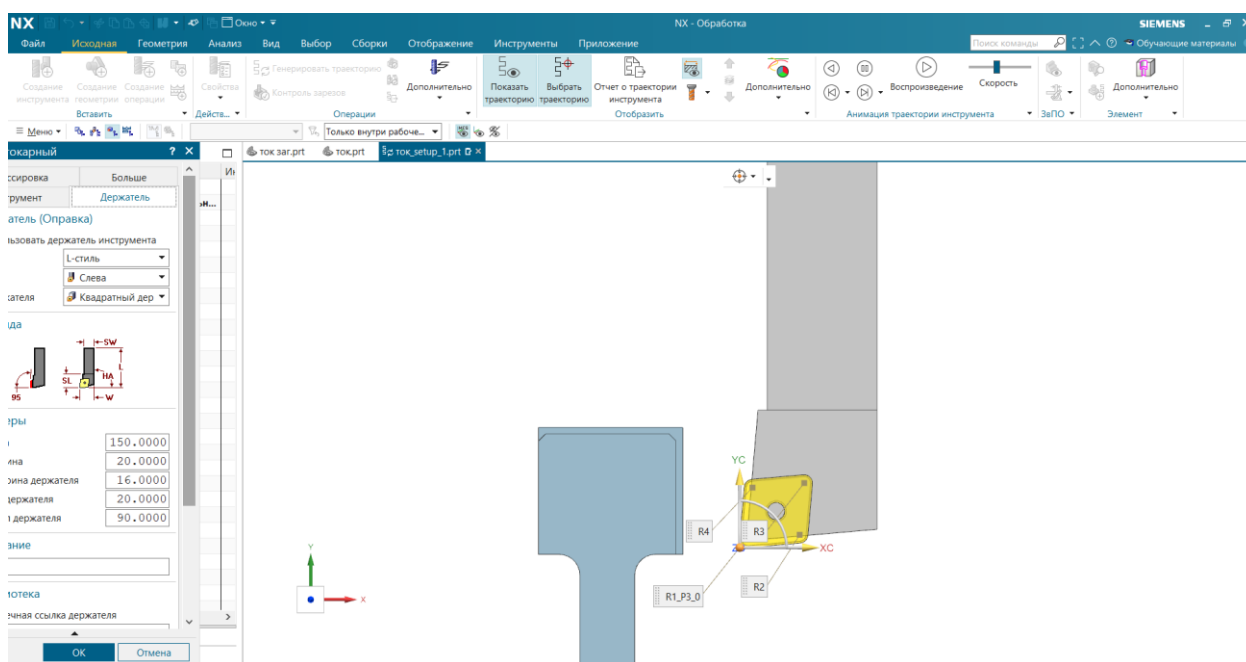


Рисунок 1.9 – Приклад выбора параметров инструмента для точіння

Створюємо переходи чистового точіння: підрізка торцю, точіння зовні, розточування фаски в отворі. Траєкторії наведені на рис. 1.10, симуляція точіння показана на рис. 1.11.

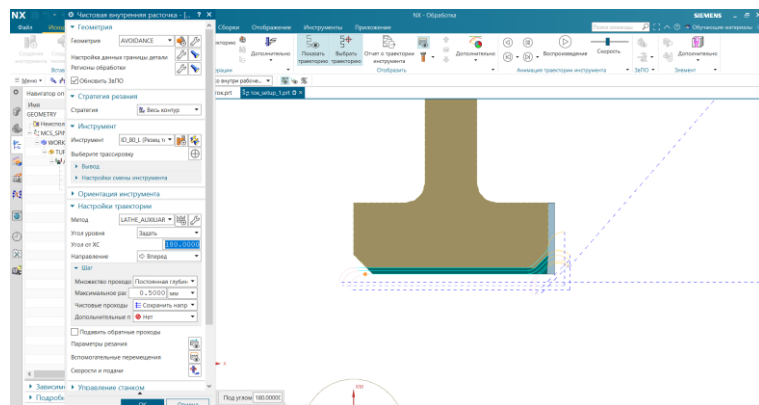
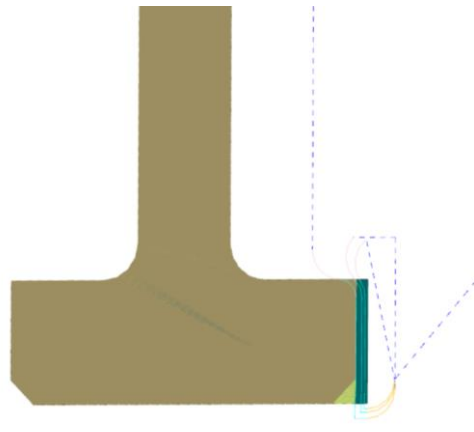
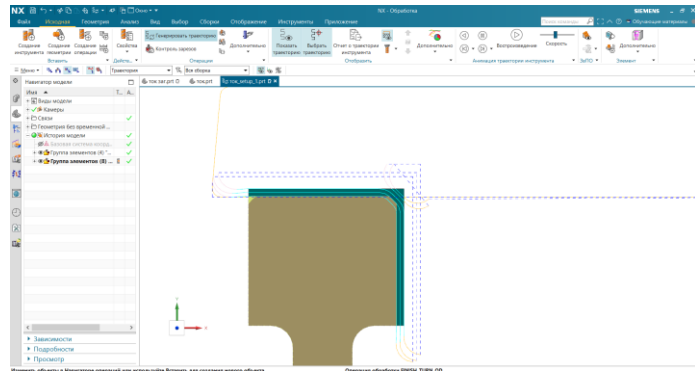


Рисунок 1.10 – Траєкторії обробки

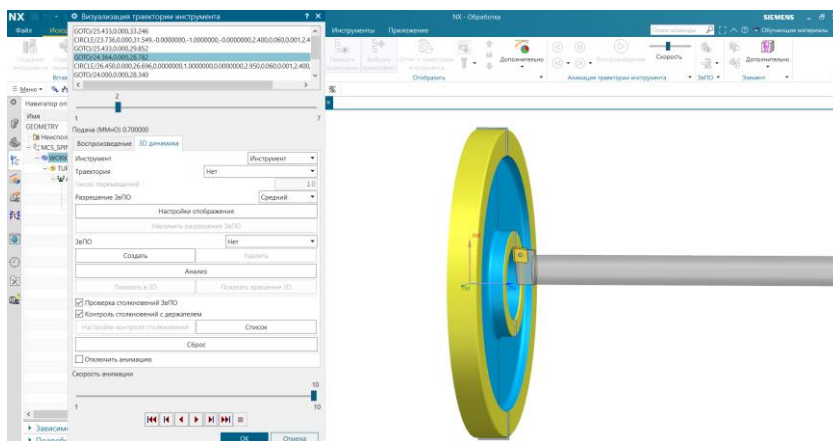


Рисунок 1.11 – Візуалізація обробки

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування зубофрезерного пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип роботи пристосування

Пристрій (рис. 2.1) призначено для фіксації деталі «Шестерня» під час зубофрезерування на оп. 040. Закріплення здійснюється шляхом встановлення деталі на оправку 2 діаметром 49,8 мм, при цьому вона впирається торцем зубчастого вінця – фіксується у вертикальному напрямку, а зверху з іншого боку зубчастого вінця і на тягу 12 монтується кришка 14 та встановлюється розрізна шайба 11. Після цього у пневмоциліндр подається стиснене повітря, яке через мембрану 21 впливає на поршень 5. Рухаючись, поршень тягне за собою шток 3 і тягу 12, яка через шайбу 11 притискає деталь кришкою 14 до опорної поверхні. Після завершення обробки подача повітря припиняється, шток 3 та тяга 12 піднімаються під дією пружини 9, шайба 11 знімається, даючи можливість зняти кришку 14, і оброблена деталь звільняється.

Штуцер 7 не обертається разом з пристосуванням – безперевне поступання стислого повітря в порожнину пневмокамери забезпечується за рахунок кругового пазу у верхній частині штуцера, а герметичність – за рахунок двох ущільнювальних кілець 23

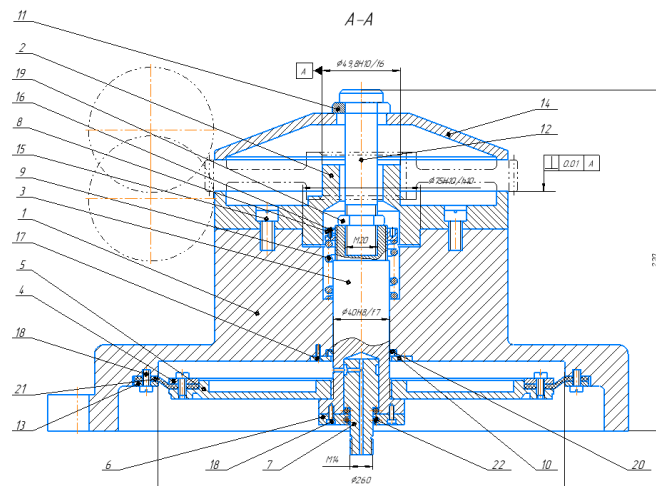


Рисунок 2.1 – Пристрій для зубофрезерування

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

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки і розраховується за формулою [9]:

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

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

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

Деталь встановлюється по отвору $\varnothing 49,8^{+0,1}$ (рис. 2.2).

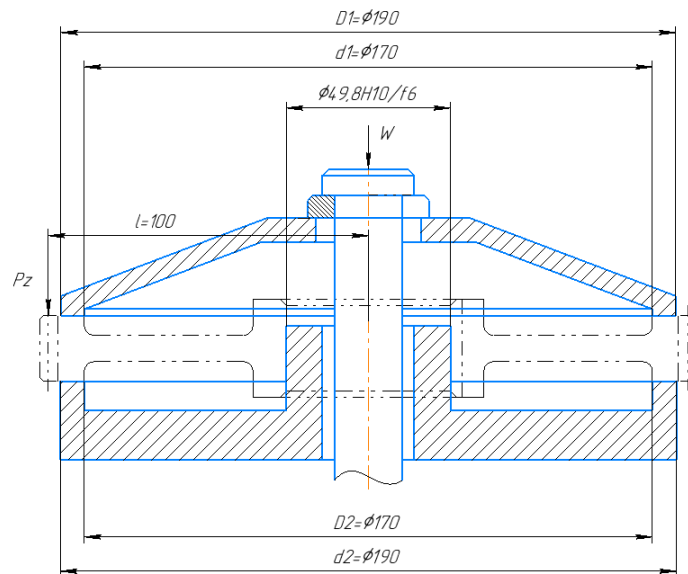


Рисунок 2.2 – Схема базування

Максимальний зазор у з'єднанні:

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} = 49,9 - 49,759 = 0,141 \text{ мм} \quad (2.2)$$

де D_{max} , d_{min} – розміри з'єднання.

Похибка базування розраховується за формулою:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{\text{баз}} &= S_{\text{max}}/2 \\ \varepsilon_{\text{баз}} &= 0,141/2 = 0,07 \text{ мм}\end{aligned}\quad (2.3)$$

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення. Через те, що напрямок розміру обробки та сили закріплення взаємноперпендикулярні, то $\varepsilon_{\text{зак}}=0$.

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

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

Розрахунок на точність пристосування полягає у визначенні виконавчих розмірів та допусків на установчу шийку оправки верстатного пристосування. Допуск її треба призначити таким чином, щоб максимальне биття на оправці було менше допустимого биття колеса, що нарізується. Допустиме биття для зубофрезерування дорівнює $F=0,1$ мм.

Умова точності:

$$\begin{aligned}\frac{S_{\text{max}}}{2} &\leq F \\ \frac{S_{\text{max}}}{2} &= \frac{0,141}{2} = 0,07 \text{ мм} \leq 0,1 \text{ мм}\end{aligned}\quad (2.4)$$

Базування при нарізуванні шестерні відповідає допустимому биттю.

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу

Згідно схеми базування, показаною на рисунку 2.2, визначимо статичну силу затиску [9]:

$$W_{ст} = \frac{3M_p(D_1^2 - d_1^2)}{f(D_2^3 - d_2^3)} \quad (2.5)$$

Силу різання визначимо згідно формули:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n z_\phi}{D_\phi^q n^w} K_{mp}, \quad (2.6)$$

де x, y, q, w, n, C_p – значення коефіцієнтів [6];

K_{mp} – поправочний коефіцієнт оброблюваного матеріалу.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{0,3}; \quad (2.7)$$

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5,5^{0,86} \cdot 0,05^{0,72} \cdot 3,9^1 \cdot 12}{80^{0,86} \cdot 70^0} \cdot 0,95 = 333,5H$$

Момент різання:

$$M_p = P_z \cdot l, \quad (2.8)$$

де l – плече прикладання сили.

$$M = 333,5 \cdot 0,10 = 33,35 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Згідно формули (2.5) статична сила закріплення дорівнює:

$$W_{ст} = \frac{3 \cdot 33,35 \cdot (0,190^2 - 0,170^2)}{0,15 \cdot (0,190^3 - 0,170^3)} = 2457,3H$$

Сила на штоці розраховується згідно формули:

$$Q = k \cdot (W_{ст} + F_{пруж}) \quad (2.9)$$

де $F_{\text{пруж}}$ – сила пружини, $F_{\text{пруж}}=100$ Н;

k – коефіцієнт запасу закріплення;

$$k = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.10)$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 0,5$ [9];

K_1 – враховує зміни (коливання) сил різання у процесі обробки через нерівномірність припусків, $K_1 = 1,2$ [9];

K_3 – коефіцієнт залежить від виду обробки, оброблювального матеріалу, $K_3 = 1$ [9];

K_4 – характеризує затискний пристрій з погляду постійності сил затиску, $K_4 = 1$ [9];

K_5 – характеризує затискачі з погляду зручності закріплення деталі, $K_5 = 1$ [9];

K_6 – враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і від виду опорної поверхні, $K_6 = 1$ [9].

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16;$$

$$Q = (2457,3 + 100) \cdot 2,16 = 5523,7 \text{ Н.}$$

Мінімальний діаметр штока:

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma]}} \quad (2.11)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження на розтяг, $[\sigma] = 100$ МПа [9];

α – коефіцієнт затяжки, $\alpha = 2,25$ [9].

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 5307,9}{3,14 \cdot 100}} = 12,3 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штоку 36 мм.

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta\pi} + d^2} \quad (2.12)$$

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

p – тиск повітря, $p = 0,4 \dots 0,6$ МПа [9];

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5523,7}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,9} + 40^2} = 131,2 \text{ мм}$$

Приймаємо згідно з ГОСТ 15608-81 найближче значення діаметра поршня 160 мм і штока 40 мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 2.4) використовується для оцінки радіального биття зубців шестерні.

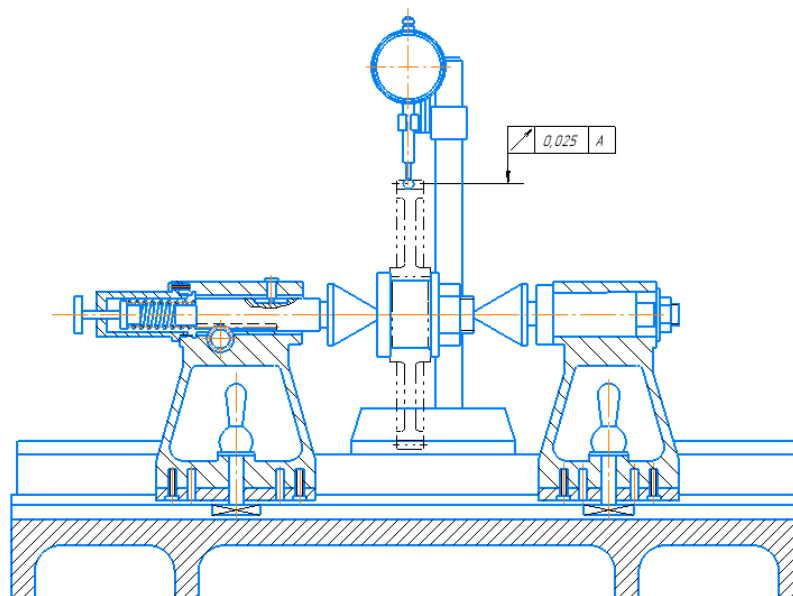


Рисунок 2.3 – Контрольне пристосування

Воно складається з корпусу, на якому встановлені два центри, що утримують деталь за допомогою оправки. Вимірювання биття здійснюється за допомогою індикаторного годинника, закріпленого на спеціальній штанзі. Штанга розташована збоку від деталі, фіксується на корпусі пристосування і може обертатися навколо власної осі. Крім того, передбачена можливість регулювання її висоти та повторного закріплення. Під час вимірювання ніжка індикаторного годинника зі спеціальним модульним наконечником встановлюється по впадині зуба. Вимірювання здійснюють через кожні 3...5 зубців, кожного разу переставляючи ніжку годинника. Радіальне биття визначається як різниця між найбільшим та найменшим показаннями індикаторного годинника після вимірів за один оберт.

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Аналіз міцності шестерні здійснюватиметься, виходячи з максимальних навантажень, що виникають у критичному перерізі. Оцінку надійності деталі проведемо шляхом зіставлення розрахованого коефіцієнта запасу міцності з нормативним значенням. Величина коефіцієнта запасу міцності визначається рівнем відповідальності конструкції та умовами її експлуатації, а для шестерні розраховується за такою формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.13)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі текучості сталі 45, $[\sigma]=355$ МПа [1];

σ_{max} – максимальне напруження, яке виникає в деталі.

На початковому етапі створюється 3D-модель шестерні (рис. 2.4).

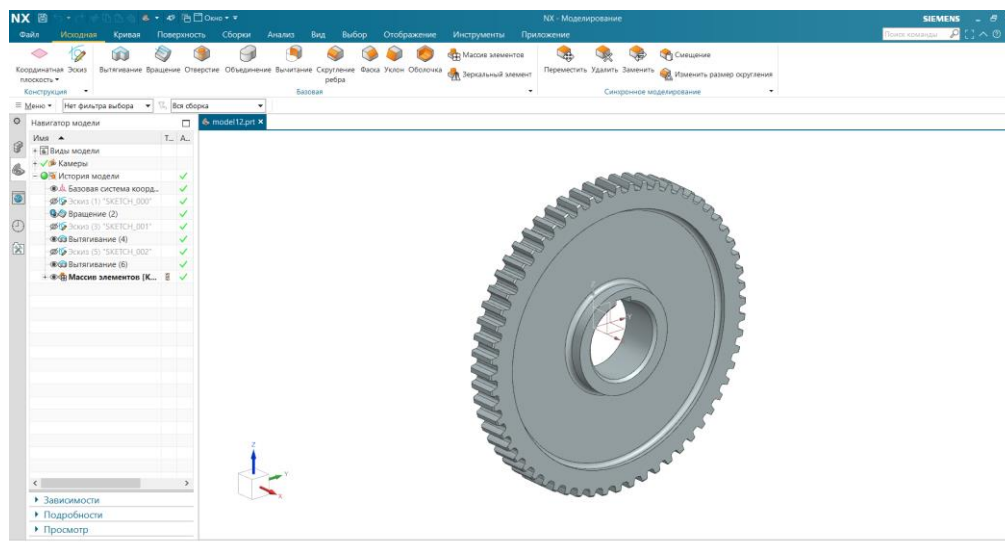


Рисунок 2.4 – 3D-модель для розрахунку

Під час експлуатації зубці шестерні зазнають згинальних навантажень, що виникають під впливом сил у зачепленні. Крім того, через передачу крутного моменту за допомогою шпонки шестерня також піддається крутильним навантаженням. Найбільш уразливими зонами конструкції є шпонковий паз та зубці. Аналіз напружено-деформованого стану деталі виконується за допомогою модуля NX CAM.

Далі 3D-модель було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.5).

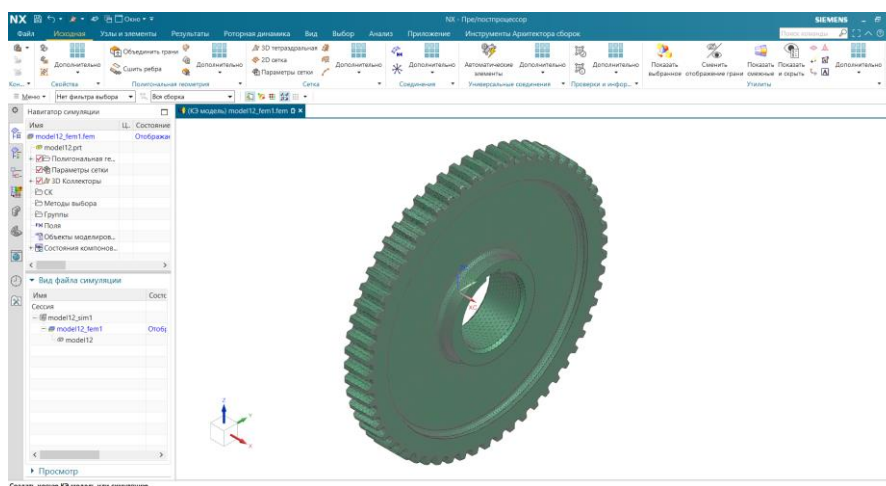


Рисунок 2.5 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

При роботі в зачепленні постійно знаходиться один зуб, до нього прикладемо радіальну силу рівну 500 Н та окружну силу рівну 2000 Н. При

цьому шпонковий паз, через який передається обертовий момент, буде закріплений нерухомо (рис. 2.6).

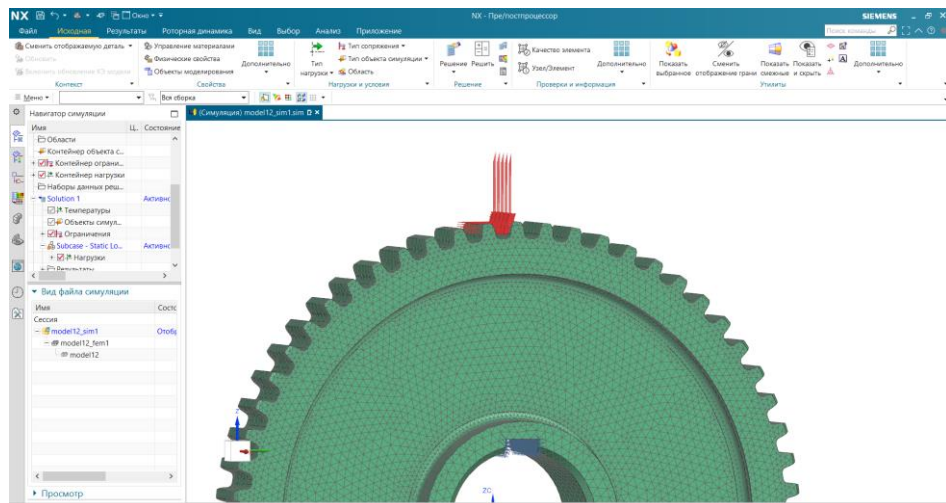


Рисунок 2.6 – 3D-модель з накладеними обмеженнями та навантаженням

Далі виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану шестерні та отримаємо графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.7).

Максимальне значення напружень знаходиться у основи зубців та в кутах шпонкового пазу 222,3 МПа.

Згідно формули (2.13) розрахуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$k = \frac{355}{222,3} = 1,6$$

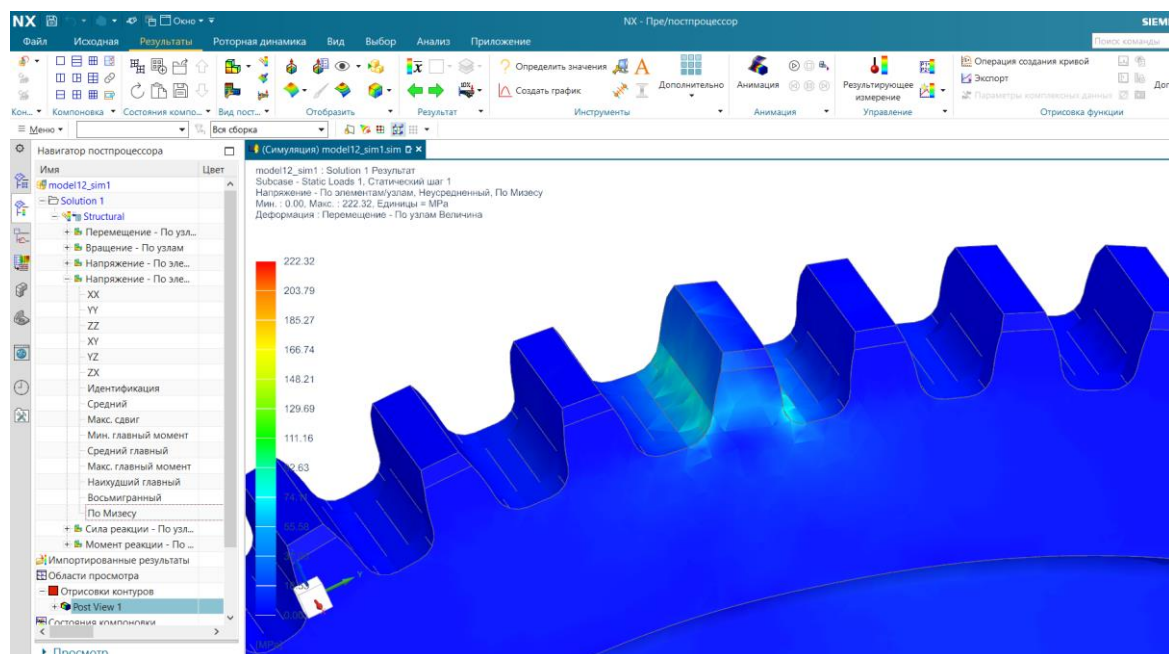
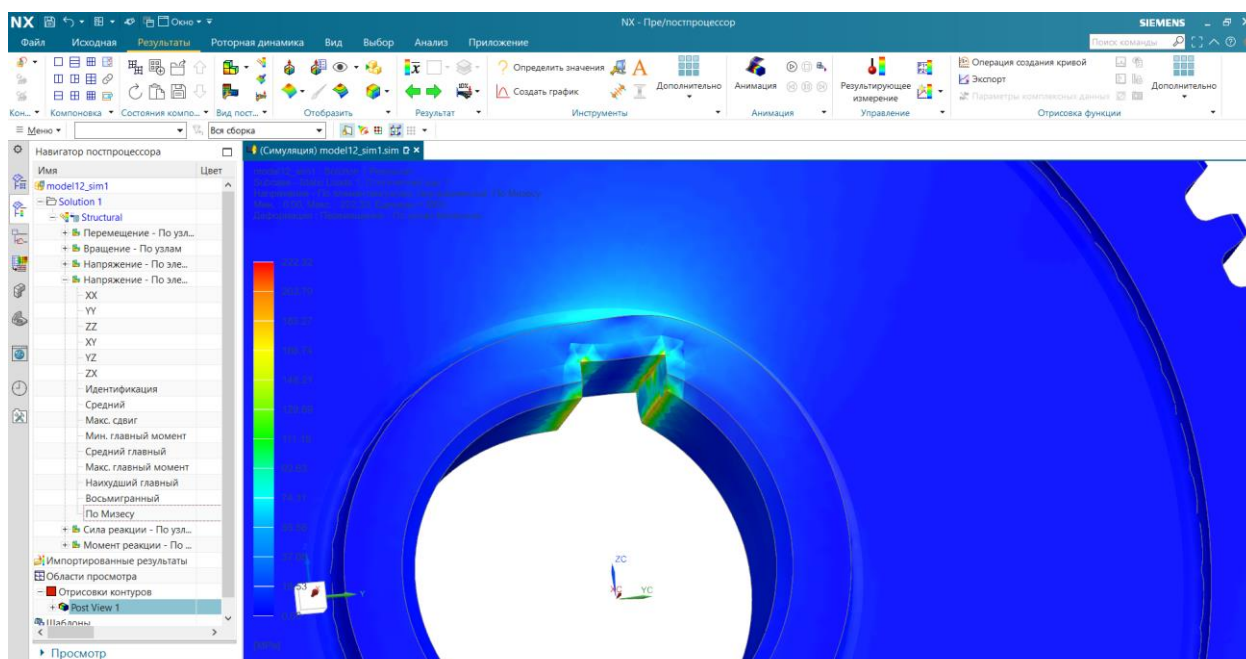


Рисунок 2.7 – Розподіл напружень

Результати розрахунку виявили в 1,6 разів запас міцності шестерні. Тому прикладене навантаження при даній конструкції деталі та її розмірах можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

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

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

Річну верстатоемність розраховуємо для кожної операції за формулою:

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

Результати розрахунку за формулами (3.1), (3.2) приведено в таблиці 3.1.

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

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

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

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів (тільки виготовленням даної шестерні) за формулою:

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

$$\overline{K_3} = \frac{2,02}{11} = 0,18$$

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку

Номер операції	Модель верстата	$t_{ш-к}$, хв	T, хв	S_p , шт	S_n , шт	K_3
015	LEADWELL LTC-25iMY	18,39	36780	0,15	1	0,15
020	LEADWELL LTC-25iMY	15,09	30180	0,13	1	0,13
025	LEADWELL LTC-25iMY	10,69	21380	0,09	1	0,09
030	LEADWELL LTC-25iMY	4,67	9340	0,04	1	0,04
035	СПГ-12	10,2	20400	0,09	1	0,09
040	Y3140CNC6	90,2	180400	0,75	1	0,75
065	Jainnher JHI-150CNC	7,43	14860	0,06	1	0,06
070	Cormak 400x1000	3,73	7460	0,03	1	0,03
075	ЗШИМ SHU321x1000	3,95	7900	0,03	1	0,03
080	Jainnher JHI-150CNC	4,73	9460	0,04	1	0,04
085	RG 2400	72,84	145680	0,61	1	0,61

Розрахована кількість верстатів, що використовуються на технологічній лінії обробки для виготовлення даної деталі дорівнює 11 з середнім коефіцієнтом завантаження обладнання 0,18. Для підвищення завантаження обладнання його дозавантажують обробкою ще 3-4 тотожних шестерень схожого типорозміру.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів (операції 015...030). Токарній операції 015 відповідає максимальний основний час токарної групи – 15 хв.

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

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

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

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

$$m_s = \frac{15 + 1,15}{1,65 + 0,15} = 9$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

$$R_1 = \frac{4}{9} = 0,44$$

Згідно розрахунків для роботи на чотирьох токарних верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування 11 верстатів необхідно $M=8$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою, де O – кількість детале-операцій, які виконуються на даній технологічній лінії для 4 тотожних шестерень схожого типорозміру ($O=44$); M – кількість робочих місць (11 верстатів):

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

$$K_{30} = \frac{44}{11} = 4$$

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

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Шестерня» було порівняно два варіанти виконання токарного етапу обробки шестерень – на універсальних токарно-гвинторізних верстатах (перша технологія) і на токарних верстатах з ЧПК (друга) згідно таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Перша технологія						Друга технологія			
	1K20	1K20	1K20	1K20	1K20	1K20	LEADWELL LTC-25iMY	LEADWELL LTC-25iMY	LEADWELL LTC-25iMY	LEADWELL LTC-25iMY
Модель верстата										
Штучний час $t_{шт}$, хв	35	25	20	20	15	15	17,77	14,47	10,07	4,05
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	250000						2500000			
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань H_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	11	11	11	1

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі [10]:

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

де m_{on} – кількість операцій у технологічному процесі;

t_{umi} – норма штучного часу виконання i -ої операції, год;

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

K_{σ} – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERSTATному обслуговуванні, $K_{\sigma}=0,39$;

$k_{доп}$ – 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 таблицях 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатників за першою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
010	Токарна	35	76,6	1,2	1,4	75,07
015	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
020	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
025	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
030	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
035	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
					Σ	278,82

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за другою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
015	Токарна	17,77	57,5	1,2	1,4	28,61
020	Токарна	14,47	57,5	1,2	1,4	23,30
025	Токарна	10,07	57,5	1,2	1,4	16,21
030	Токарна	4,05	57,5	1,2	1,4	6,52
					Σ	76,64

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

$$Z_o = \frac{\Phi_p \cdot C_{\text{тар.н}} \cdot \text{Ч}_n \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{соц}}}{N} \quad (4.2)$$

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

Ч_n – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

Φ_p – річний фонд часу одного, $\Phi_p = 2028$ год;

$m_{\text{оп}}$ – 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	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	Z_o , грн
015	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	6,77
020	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	6,77
025	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	6,77
030	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	6,77
						Σ	27,09

Визначимо амортизацію на обладнання за формулою [10]:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.5, 6.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою [10]:

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

де $C_{\text{ін}ij}$ – ціна інструменту j -го виду на i -й операції, грн/шт;

$t_{\text{шт}ij}$ – штучний час роботи j -го інструменту на i -й операції, хв;

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

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

$n_{ин}$ – номенклатура інструментів на i -й 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 першою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
010	Токарна	35	250000	14,2	4015	5,16
015	Токарна	25	250000	14,2	4015	3,68
020	Токарна	20	250000	14,2	4015	2,95
025	Токарна	20	250000	14,2	4015	2,95
030	Токарна	15	250000	14,2	4015	2,21
035	Токарна	15	250000	14,2	4015	2,21
					Σ	19,16

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за другою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
015	Токарна	17,77	2500000	14,2	4015	26,19
020	Токарна	14,47	2500000	14,2	4015	21,32
025	Токарна	10,07	2500000	14,2	4015	14,84
030	Токарна	4,05	2500000	14,2	4015	5,97
					Σ	68,32

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за першою 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	35	Різець прохід.	150	1	60	10	0,4	3,18
015	Токарна	25	Різець прохід.	250	1	60	10	0,4	3,79
020	Токарна	20	Різець розточ.	150	1	60	10	0,4	1,82
025	Токарна	20	Різець прохід.	250	1	60	10	0,4	3,03
030	Токарна	15	Різець канав.	150	1	60	10	0,4	1,36
030	Токарна	15	Різець канав.	250	1	60	10	0,4	2,27
								Σ	2,27

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за другою 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	17,77	Різець прохід.	150	1	180	4	0,4	1,18
020	Токарна	14,47	Різець прохід.	250	1	180	4	0,4	1,61
025	Токарна	10,07	Різець прохід.	150	1	180	4	0,4	0,33
			Різець канав.	250	1	180	4	0,4	0,56
030	Токарна	4,05	Різець прохід.	150	1	180	4	0,4	0,13
			Різець канав.	250	1	180	4	0,4	0,22
								Σ	4,04

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_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

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

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

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

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

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_e – 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 першою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_ч$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	S_e , грн
010	Токарна	35	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	6,96
015	Токарна	25	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,97
020	Токарна	20	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,97
025	Токарна	20	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,97
030	Токарна	15	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,98
035	Токарна	15	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,98
										Σ	25,83

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за другою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_ч$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	S_e , грн
020	Токарна	17,77	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	11,85
025	Токарна	14,47	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	9,65
030	Токарна	10,07	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	6,72
035	Токарна	4,05	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,70
										Σ	30,92

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

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

де C_{mo} – залишкова вартість обладнання, грн

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

Результати розрахунків наведено в таблицях 4.11, 4.12.

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

№ опер	Найменування операції	$C_{го}$, грн	K_p	C_p	S_p , грн
010	Токарна	250000	0,02	0,64	1,60
015	Токарна	250000	0,02	0,64	1,60
020	Токарна	250000	0,02	0,64	1,60
025	Токарна	250000	0,02	0,64	1,60
030	Токарна	250000	0,02	0,64	1,60
035	Токарна	250000	0,02	0,64	1,60
				Σ	9,6

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

№ опер	Найменування операції	$C_{го}$, грн	K_p	C_p	S_p , грн
020	Токарна	2500000	0,02	0,78	19,50
025	Токарна	2500000	0,02	0,78	19,50
030	Токарна	2500000	0,02	0,78	19,50
035	Токарна	2500000	0,02	0,78	19,50
				Σ	78

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_{zn} – середньогодинна заробітна плата наладчиків, грн./год;

t_{in} – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ($t_{in} = 4$ хв – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{in} = 5$ 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_{zn} , грн/год	n_i	t_{in} , хв	K_T	T_M	m	S_n грн
015	Токарна	Різець прохід.	17,77	50,9	6	4	0,9	180	2	0,20
020	Токарна	Різець прохід.	14,47	50,9	6	4	0,9	120	1	0,48
025	Токарна	Різець прохід.	10,07	50,9	6	4	0,9	180	2	0,06
		Різець канав.		50,9	6	4	0,9	180	2	0,06
030	Токарна	Різець прохід.	4,05	50,9	6	4	0,9	120	1	0,07
		Різець канав.		50,9	6	5	0,9	120	1	0,08
									Σ	0,93

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [10]:

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

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

$$I_{n1} = 278,82 \cdot 0,2 = 55,76 \text{ грн}$$

$$I_{n2} = 76,64 \cdot 0,2 = 15,33 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [10]:

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

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

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
Заробітна плата верстатника	Z_o	278,82	76,64
Заробітна плата наладчика	Z_n		27,09
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	19,16	68,32
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	2,27	4,04
Витрати на електроенергію	S_e	25,83	30,92
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	9,6	78
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_n		0,93
Витрати інші	I_n	55,76	15,33
Технологічна собівартість	C_T	391,44	301,27

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [10]:

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

$$E_{\text{ур}} = (391,44 - 301,27) \cdot 2000 = 180340 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 180340 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 таблиці 4.15-4.16 розраховані капітальні витрати за формулою (4.11).

Таблиця 4.15 - Капітальні витрати на обладнання за першим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
010	Токарна	35	250000	4015	36,32
015	Токарна	25	250000	4015	25,94
020	Токарна	20	250000	4015	20,76
025	Токарна	20	250000	4015	20,76
030	Токарна	15	250000	4015	15,57
035	Токарна	15	250000	4015	15,57
		Σ	1500000	Σ	134,91

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за другим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
015	Токарна	17,77	2500000	4015	184,41
020	Токарна	14,47	2500000	4015	150,17
025	Токарна	10,07	2500000	4015	104,50
030	Токарна	4,05	2500000	4015	42,03
		Σ	10000000	Σ	481,11

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

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

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

У таблиці 4.17 наведено результати порівняння.

Таблиця 4.17 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Технологічна собівартість деталі	C_T	391,44	301,27
Капітальні витрати на деталь	K_o	134,91	481,11
Наведені витрати на деталь	W_o	526,35	782,38
Собівартість річної програми	C_p	1500000	10000000
Капітальні витрати на програму	$K_{\text{оріч}}$	269820	962220
Наведені витрати на програму	$W_{\text{річ}}$	1052700	1564760
Річна економія (збиток), грн	ΔW	-512060	

Аналіз таблиці 4.17 показує, що придбання та використання високотехнологічного дорогого обладнання в умовах багатосерійного типу виробництва дає збиток 512060 грн.

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;

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

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

$$N_{кр} = \frac{(10000000 - 1500000) + 0,15 \cdot (481,11 - 134,91)}{391,44 - 301,27} = 94265,8 \text{шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{кр}$, то більш вигідний базовий варіант ТП. Якщо більше – 94265,8шт, то більш вигідний новий варіант ТП.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи охорони праці при дії шуму і вібрацій

На багатьох машинобудівних підприємствах робітники піддаються дії шкідливих виробничих факторів, серед яких особливо небезпечними є підвищений рівень шуму та вібрації. Тривалий вплив цих факторів може призвести до професійних захворювань, зниження працездатності, погіршення самопочуття та концентрації уваги працівників.

Підвищений шум негативно впливає на органи слуху, нервову систему, може викликати головний біль, втому, порушення сну, а в тяжких випадках – стійку втрату слуху. Допустимі рівні шуму в виробничих приміщеннях регламентуються ДСТУ 12.1.003-83.

Основні заходи зниження рівня шуму:

- 1) звукоізоляція та звукопоглинання – використання звукоізованих матеріалів на стінах, стелях, встановлення шумоізоляційних кожухів на обладнанні;
- 2) раціональне планування робочого простору – розміщення шумного обладнання в окремих приміщеннях або спеціальних кабінах;
- 3) технічне обслуговування обладнання – своєчасна заміна зношених елементів, що сприяють виникненню додаткового шуму;
- 4) використання засобів індивідуального захисту – антишумові навушники або вкладиші (беруші).

Вібрація впливає як на окремі частини тіла, так і на весь організм. При тривалому впливі можлива поява вібраційної хвороби, порушення кровообігу, суглобові захворювання тощо.

Заходи захисту від вібрації:

- 1) використання віброгасних основ і амортизаторів для зменшення передачі вібрацій на основу та робоче місце;
- 2) застосування віброзахисних рукавиць і спеціального взуття;

3) обмеження тривалості впливу вібрації – введення регламентованих перерв у роботі;

4) регулярне медичне обстеження працівників, що працюють в умовах підвищеної вібрації.

Організаційно-технічні заходи:

1) проведення інструментального контролю рівня шуму та вібрації;

2) навчання працівників правилам безпечної роботи;

3) створення санітарно-побутових умов, що сприяють відновленню функціонального стану працівників (кімнати відпочинку, лікувально-профілактичні заходи).

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процес виготовлення шестерні триступеневого редуктора. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки штампуванням на КГШП, розраховано масу заготовки 5,24 кг, коефіцієнт використання матеріалу 0,53. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки штампуванням на КГШП становив 14820 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі. Зроблене економічне обґрунтування вибору верстатів, під час якого було запропоновано два варіанта етапу виконання токарної обробки - на універсальних верстатах та на верстатах з ЧПК. За рахунок вибору варіанта з використанням верстатів з ЧПК зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення - придбання та використання високотехнологічного обладнання в умовах серійного типу виробництва дає економію 512060 грн.

Для токарної операції з ЧПК була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано пристосування для зубофрезерування. 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.

Розроблено планування дільниці з виробництва деталі «Шестерня». Було визначено кількість технологічного обладнання – 11 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 8 осіб.

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. Богуслаев В.О. Основы технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаев, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид-во «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. ГОСТ 14.312-74. Единая система технологической подготовки производства. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
4. 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, 2024. – 61 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.– 652 с.
7. 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. – 472 с.
8. Справочник нормировщика машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.
9. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Січ», 2000. – 430 с.

10. 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.

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
			НУЗП 293426.013	Складальне креслення			
<u>Детали</u>							
		1		Корпус	1		
		2		Оправка	1		
		3		Штак	1		
		4		Кільце	1		
		5		Поршень	1		
		6		Кришка	1		
		7		Штуцер	1		
		8		Гайка спеціальна	1		
		9		Пружина	1		
		10		Диск	1		
		11		Шайба розрізна	1		
		12		Тяга	1		
		13		Кільце	1		
		14		Кришка	1		
<u>Стандартные изделия</u>							
		15		Гвинт М10х15 ГОСТ 1491-80	9		
НУЗП 293426.013							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
		Разраб.	Гантаренко				
		Проб.	Ганчар				
		Нконтр.	Дядя				
		Утв.	Дядя				
		Пристосування для зубофрезерування			Лист	Лист	Листов
						1	2
		НУЗП Мз-112сп					

Коринява

Трапак А.

ДОДАТОК Б
Технологічні карти

Додл.			
Взам.			
Подл.			

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

НУЗП 0214.125013

Листів 4

Лист 2

НУЗП

НУЗП 721322.013

Мз-112сп.1014.1.000001

А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код найменування операції	Позначення документа										
						СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
Б	Код найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
А 01				035	4180 Протяжна						ЮП №004					
Б 02	381750				Протяжний верстат СПГ-12	2	17485	5	1	1	1	шт	40	1	20	10,2
03																
А 04				040	4153 Зубофрезерна						ЮП №005					
Б 05	381572				Зубофрезерний з ЧПК Y3140CNC6	2	12273	5	1	1	1	шт	40	1	32	90,2
06																
А 07				045	0190 Слюсарна						ЮП №006					
Б 08	XXXXXX				Верстак	2	18446	5	1	1	1	шт	40	1		
09																
А 10				050	0125 Мийна						ЮП №007					
Б 11	514230				Мийна установка	3	11629	4	1	1	1	шт	40	1		
12																
А 13				055	0200 Контрольна						ЮП №008					
Б 14	XXXXXX				Контрольний стіл	2	13063	4	1	1	1	шт	40	1		
15																
А 16				060	5000 Термічна обробка						ЮП №002					
Б 17	344210				Електропіч Н-75	3	19100	5	1	1	1	шт	40	1		
18																
19																
МК																

Додл.
Взам.
Подл.

№ № № № № № № №

НУЗП 0214.125013

Листів 4

Лист 4

НУЗП

НУЗП 721322.013

Мз-112сп.1014.1.000001

А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
						СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
А 01				095	0200 Контрольна						ЮП №008					
Б 02	XXXXXX				Контрольний стіл	2	13063	5	1	1	1	шт	40	1		
03																
04																
05																
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
МК																

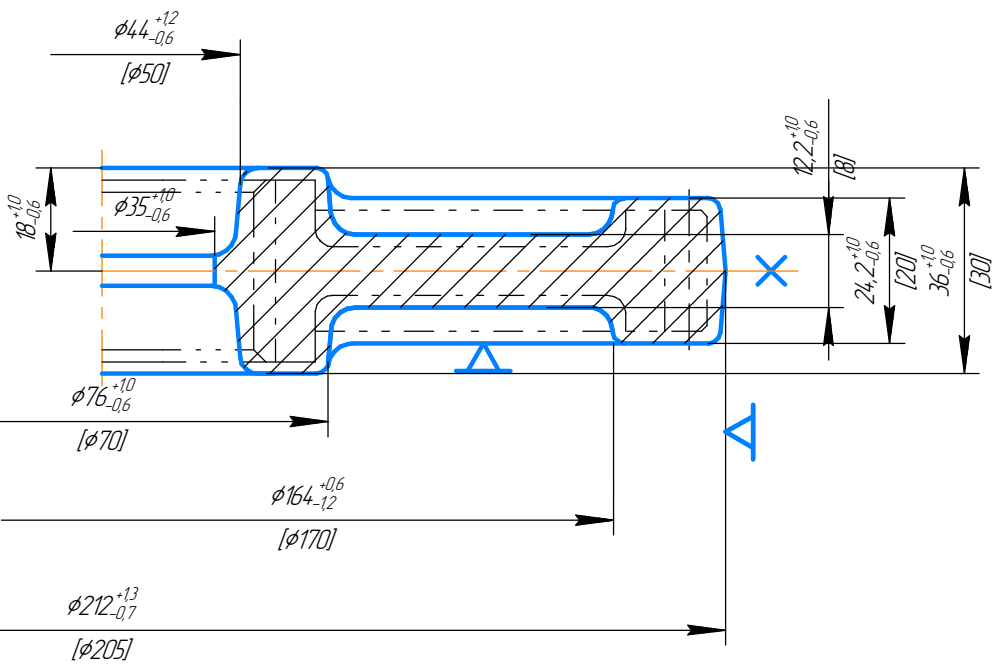
Цубл.			
Взам			
Ориг.			

Гл.технолог
Нач. БПМ

Форма 170-162

Розроб.	Гончаренко	НУЗП	НУЗП 721322.013	Мз-112сп.6014.1.000005	НУЗП 0214.1.25013	1	1		
Перевір.	Гончар				Шестерня				005
Н.контр.	Дядя								

$\sqrt{Ra50}$



Технічні умови на заготовку			
Матеріал		Заготовка	
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір
Сталь 45		Штамповка на КГШП	φ14.2x54
Технічні умови		Маркування	Твердість
ДСТУ 7809:2015			174...217 HB
Сортамент		Допустима кривизна	
		0,53	
Розмір вихідного матеріалу	Кіл.дет. із заг.	Норма розходу	
		Розм. листа, прутка	Маса
φ130x70	1		5,24

1. Заготовка-шамповка за ГОСТ 7505-89. T2, C1, M2.
2. Зміщення по лінії роз'єму штампку - до 0,8 мм.
3. Невказані радіуси заокруглень: зовнішні 4 мм, внутрішні - 6 мм, формувальні ухили 7°.

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.1.25013

1

1

Розроб. Гончаренко

НУЗП

НУЗП 721322.013

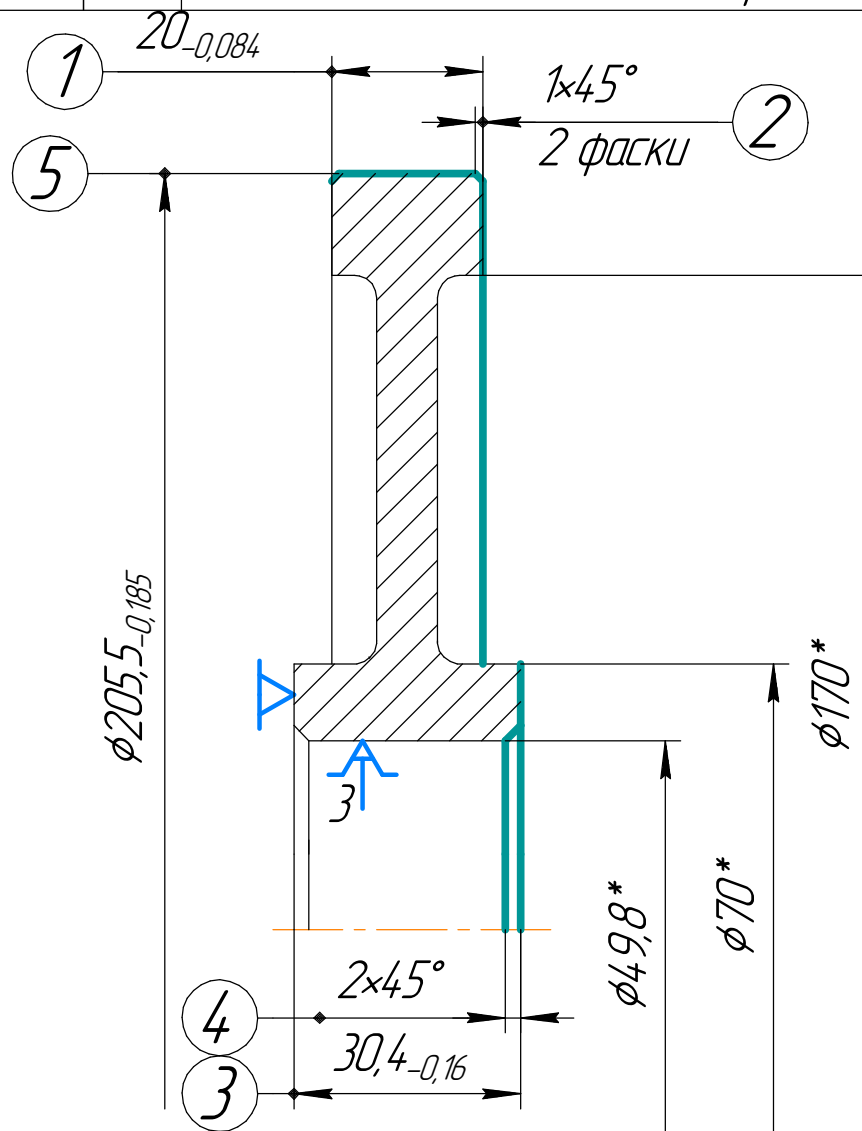
Мз-112сп.2014.1.00030

Перевір. Гончар

Шестерня

Н. контр. Дядя

030



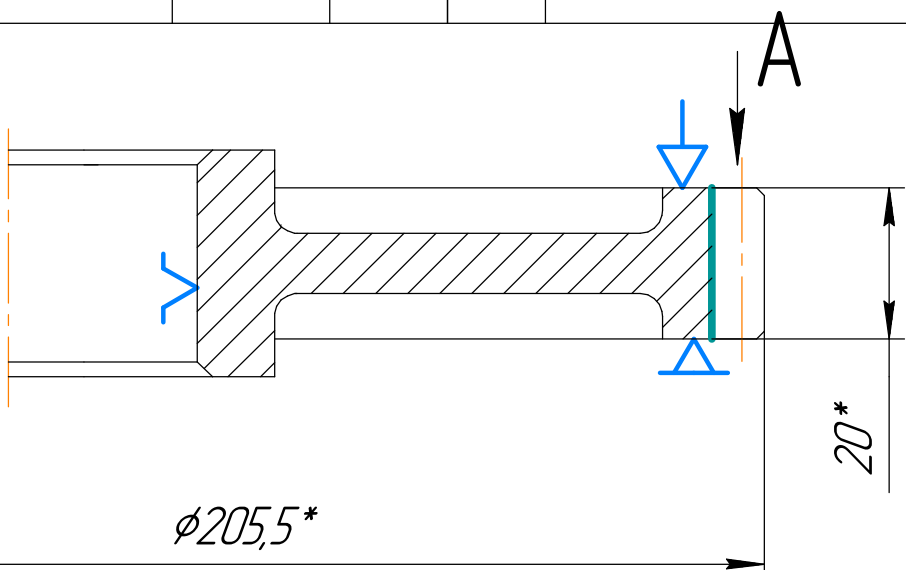
* Розмір для довідок

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

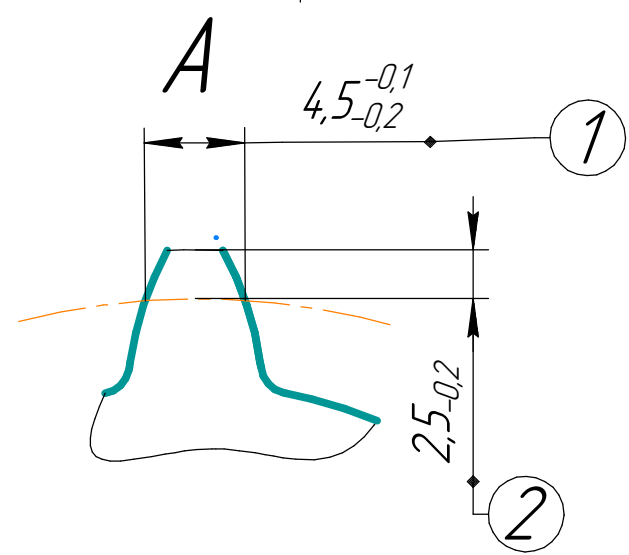
НУЗП 0214.1.25013 1 1

Розроб.	Гонтаренко			НУЗП	НУЗП 721322.013			Мз-112сп.2014.1.00040
Перевір.	Гончар							
Н. контр.	Дядя				Шестерня			040



$\phi 205,5^*$

20*



$\nabla Ra3.2$

Модуль	m	2,5
Число зубців	z	80
Діаметр ділильного кола	d	200
Нормальний вихідний контур	-	ГОСТ 13755-81
Кут нахила лінії зуба	β	0°
Товщина зуба по постійній хорді	S	$4,5_{-0,2}^{-0,1}$
Висота головки зуба до постійної хорди	h	2,244
Коефіцієнт зміщення	X	0

* Розмір для довідок

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.25013 1 1

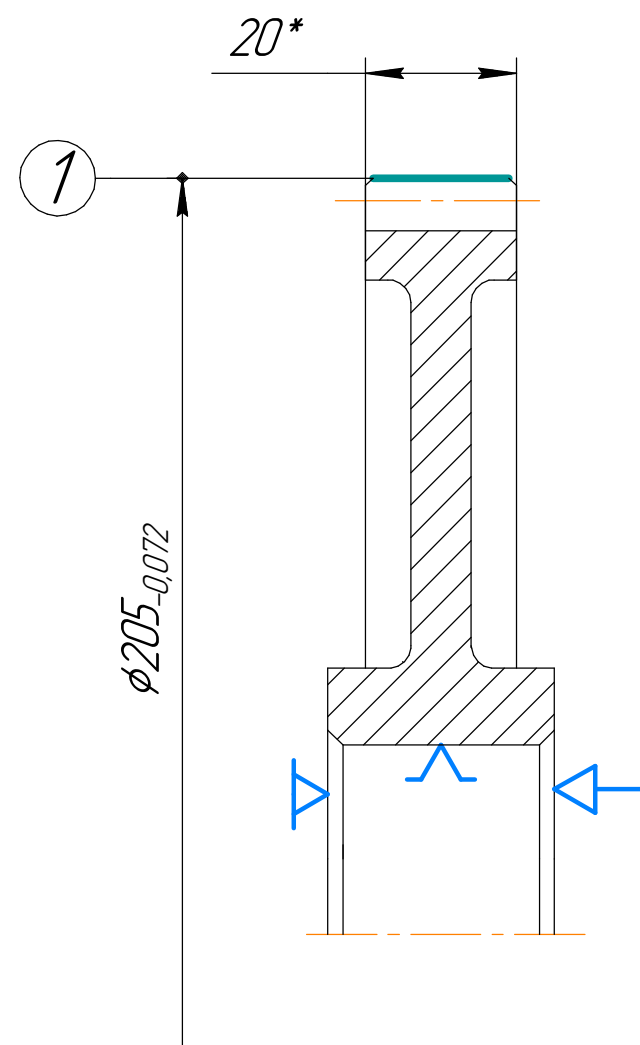
Розроб.	Гонтаренко		
Перевір.	Гончар		
Н. контр.	Дядя		

НУЗП НУЗП 721322.013

Мз-112сп.2014.1.00075

Шестерня

075



$\sqrt{Ra16}$

* Розмір для довідок

