

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі «Технологія виготовлення деталі»
Назва теми

"Шестерня-піввісь 35-2303048" з використанням верстатів з ЧПК

Рівень вищої освіти перший (бакалавр)

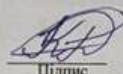
Галузь знань 13 механічна інженерія
Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 131 прикладна механіка
Шифр і назва спеціальності
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

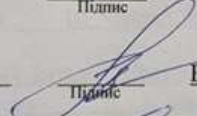
Шифр ДП.ПМ.ФІТА.24.11.ПЗ

Виконав студент 3 курсу група ПМТс-21-2
Шифр


Підпис

Дмитро КІРПІЧОВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання


Підпис

Володимир МИЛЬКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри технології машинобудування
Назва


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата «20» червне 2024

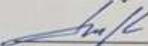
Хмельницький 20 24

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалавр)
Галузь знань 13 механічна інженерія Шифр і назва _____
Спеціальність 131 прикладна механіка Шифр і назва _____
Освітня програма «технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

 Віталій ТКАЧУК

1.03 2024

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ**

Кірічову Дмитру Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Шестерня-піввісь 35-2303048"
з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Милько Володимир Володимирович, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. № 18

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2023

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) креслення деталі "Шестерня-піввісь 35-2303048" та
технічні вимоги до її виготовлення, обсяг випуску 5 тис.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Загальний розділ
2. Технологічний розділ
3. Конструкторський розділ
4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу: креслення деталі із 3D моделлю (1 лист А2); створення
деталі в САМ Esprit (1 лист А1); креслення карти наладки (1 лист А2); креслення
верстатного пристрою (1 лист А1); креслення контрольного калібру (1 лист
А2)

6 Консультанти розділів дипломного проєкту (роботи)

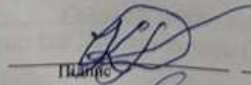
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання 6.03.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2023	
2 Технологічний розділ	20.04.2023	
3 Конструкторський розділ	20.05.2023	
4 Охорона праці	10.06.2023	

Студент


Підпис

Дмитро КІРПІЧОВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Володимир МИЛЬКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ технології машинобудування
 ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продуктованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:
 Назва кваліфікаційної роботи Тезаура виютова деталі Шестерня - швіа
 Автор Симон Сергій
 Освітня програма Технологія машинобудування
 Спеціальність: КБТ Проєктування механізмів
 Науковий керівник: К.т.н. Зубчи Володимир Миколайович
 Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	81%
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить наявні текстові спотворення, передбачувані спроби укріття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:
Текст вважається унікальним...
контенту... додатково...
належності... зазначається...
в.п....

Дата

Завідувач кафедри Віталій ТЕМЧУК

Гарант освітньої програми Меленко С.А.

Керівник кваліфікаційної роботи Меленко С.А.

Завідувачу кафедри

технології машинобудування

Віталію Плячурку

здобувача вищої освіти (студента

ПІБ, факультет, «курс», «група»)

Кірилюка Дмитро

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на академічний плагіат оповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку й збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та/або Anti-Plagiarism) і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

15.06.2024

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Кірічов Дмитро Сергійович на захист дипломного проєкту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Шестерня-піввісь 35-2303048" з використанням верстатів з ЧПК

Дипломний проєкт (робота), рецензія і довідка про перевірку на плагіат додаються.

Декан факультету

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРЕНКО
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Кірічов Д. С. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2024 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 20,51 %, добре 64,10 %, задовільно 15,38 %.
шкалою ЄКТС: А 17,86 %, В 14,29 %, С 46,43 %, D 14,29 %, Е 7,14 %.

Методист факультету

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Кірічов Дмитро Сергійович
задовільно, які виконав на івалюаційній
роботі. Проявив ретельно та заслужив
присудження івалюації "задовільно" і оцінку
"3,00"

Оцінка дипломного проєкту (роботи) 3,00

Керівник дипломного проєкту

[Підпис]
(підпис)

Меленко С.І.
(ім'я, прізвище)

" 30 " серпня 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проєкт (роботу) розглянуто. Студент Кірічов Д. С. допускається до захисту цього проєкту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування
(назва)

Анастас Віталій Геначук
(підпис, ім'я, прізвище)

" 20 " серпня 2024 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проєкт Дмитра Кірпічова
Тема роботи: Технологія виготовлення деталі "Шестерня-піввісь 35-2303048" з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проєкту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проєкт має необхідні розділи згідно завдання.

У дипломному проєкті студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Обрав (економічно обґрунтувавши) метод отримання заготовки - прокат, в подальшому був розроблений технологічний процес механічного оброблення шестерні з використанням сучасного м/р устаткування з ЧПК фірми HAAS. Згідно виданого завдання розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому рівні.

У конструкторському розділі розроблено верстатний пристрій для шліфувальної операції та контрольний калібр-скобу.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог високому рівні.

Все це свідчить про досить високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

Вагомих недоліків у дипломній роботі не виявлено.

Дипломна робота, виконана згідно завдання, в повному обсязі на достатньому технічному рівні заслуговує оцінки «відмінно».

Рецензент: Чирчишин А.В.

«14» «05» 2024 р.

Реферат

Дипломного проєкту на тему:

Технологія виготовлення деталі "Шестерня-піввісь 35-2303048" з використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Дмитро КІРПІЧОВ Керівник: к.т.н., доцент Володимир МИЛЬКО

Випускна кваліфікаційна робота 76 с., 2 рис., 22 табл., 13 використаних джерел, 1 дод.

Ключові слова: ВАЛ ВИХІДНИЙ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, ВЕРСТАТ, ЧПК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМИ ЧАСУ.

Об'єктом дослідження є деталь типу «Вал вихідний»

Мета роботи – технологічна підготовка виробництва деталі «Вал вихідний».

В результаті дослідження проведено конструкторський аналіз деталі, розроблено технологічний процес, вибрано обладнання для виробництва деталі, складено керуючі програми для верстатів з ЧПК та розроблено карти наладки до них. Проведено розмірний аналіз точних поверхонь деталі. Запропоновано шляхи вирішення питання екологічної безпеки. Також вирішено питання безпеки співробітників на робочих місцях. Розраховано економічну ефективність виробництва даної деталі та режими різання, призначено норми часу, мінімальні припуски.

Автор:

Дмитро КІРПІЧОВ

/Підпис/

ЗМІСТ

Вступ	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Завдання	7
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	8
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	8
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	
2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність;	
2.2.2 Вибір технологічних баз;	
2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі;	
2.2.4 Вибір технологічного обладнання	
2.2.5 вибір металорізального інструменту	
2.3 Розроблення технологічних операцій	
2.4 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні.	
2.5 Розрахунок режимів різання	
2.6 Технічне нормування операцій	
2.7 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК	
2.8 Оформлення технологічної документації	
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Проектування робочого пристосування або вибір із каталогів провідних виробників та аналіз на міцність і жорсткість	
Якщо пристрій проектується, то необхідно виконати та відобразити у записці:	
3.1.1 Розроблення схеми базування	
3.1.2 Визначення похибки базування та закріплення.	
3.1.3 Визначення необхідної сили затиску.	
3.1.4 Вибір приводу	

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Технологія виготовлення деталі піввісь ADR S80NA08 з використанням верстатів з ЧПК			Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Савчук Н.С.							н		5
Перев.	Бись С.С.				ХНУ гр. ПМТс-21-2					
Н. контр.	Бись С.С.									
Затв.	Гкачук В.П.									

3.1.5 Опис конструкції і принцип роботи пристосування

4 ОХОРОНА ПРАЦІ (Безпека роботи на ділянці при реалізації технологічного процесу)

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

					ДП.ПІМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

ВСТУП

Машинобудування – це базова галузь економіки, яка визначає розвиток паливно–енергетичного, транспортного, будівельного, хімічного та нафтохімічного та інших комплексів. Найважливіші питомі показники валового внутрішнього продукту країни, а також конкурентоспроможність продукції залежить від рівня розвитку машинобудування. Частка машинобудування в економічно розвинених країнах складає 35–50 %, а в Україні поки всього лише 17 %.

У багатьох галузях промисловості в тому числі машинобудуванні найскладнішою проблемою є знос технологічного обладнання, що досягає 60–80 %. Більшість технологічного устаткування не оновлювалася понад 15–20 років. Тому частка інвестиційних вкладень підприємств чимала, та введення обладнання в 3–5 разів менше за темпи вибуття нової техніки.

У більшості підприємств не вистачає фінансових коштів. Для вирішення цієї проблеми верстатний парк потрібно збільшити. Також потрібно ввести імпортозаміщення, для цього необхідно випускати сучасні якісні комплектуючі, інструмент та оснащення, що створює основу для її проведення. Технологічна підготовка виробництва дозволить виконати ці вимоги в повному обсязі.

Таким чином, метою даної роботи є розробка технологічного процесу отримання деталей типу “зубчастий вінець”.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

У дипломному проєкті необхідно виконати розробку, моделювання та аналіз технологічного процесу виготовлення деталі "Шестерні піввісі 35-2303048". Головною метою роботи є отримання практичних навичок у вирішенні завдань, що виникають у процесі розробки та моделювання технологічного процесу виготовлення деталей. В ході проєкту має бути здійснено наступне: розроблено технологічний процес виготовлення деталі, включаючи вибір методу отримання заготовки, устаткування та інструментів для кожної операції, розраховано режими різання, сили різання, припуски і норми часу, спроектовано верстатний пристрій а також проведено аналіз охорони праці на виробництві.

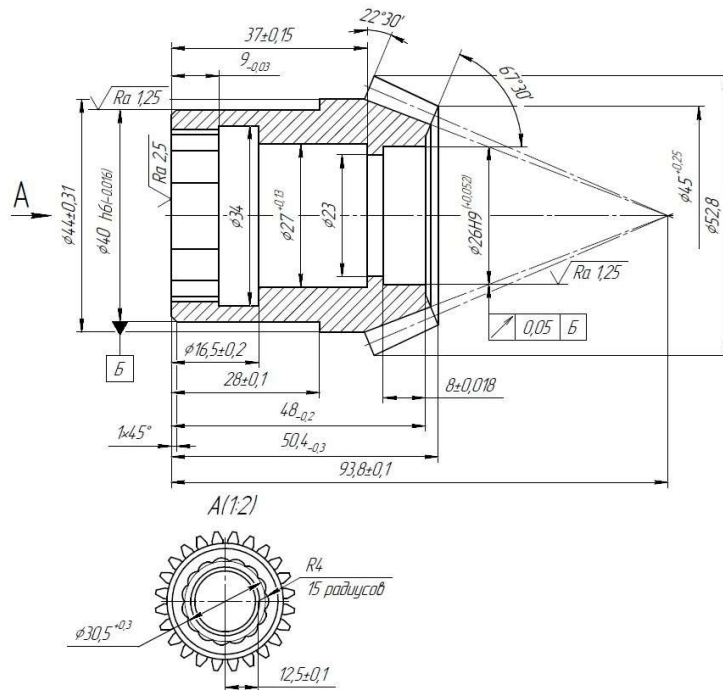


Рисунок 1.1 Шестерня піввісі

На кресленіку деталі "Шестерня піввісі", яке було обране як завдання на дипломний проєкт, виявлено наступне:

- Всі необхідні розміри, включаючи конструкторські особливості деталі, вказані на кресленні для виготовлення.

- Шорсткість усіх поверхонь шестерні вказана відповідно до ДСТУ 7809:2015 .

- Допуски і відхилення розмірів наведені згідно з вимогами ДСТУ 2500-94.
- Допуски форми та розташування поверхонь вказані відповідно до вимог ДСТУ ГОСТ 2.308:2013.
- Вимоги до точності виготовлення поверхонь корпусу відповідають вимогам щодо шорсткості цих поверхонь.
- Технічні вимоги включають в себе вимоги щодо термічної обробки, твердості зубців та серцевини, а також виду покриття.
- Кресленик містить інформацію про вид заготовки, масу деталі та можливу заміну матеріалу.

Це означає, що на кресленні надана повна інформація для виготовлення деталі, включаючи всі технічні вимоги та параметри, необхідні для забезпечення якості та відповідності до вимог конструкції.

Таблиця 1.1- Хімічний склад сталі 40X

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,35-0,42%	0,17-0,37%	0,5-0,8%	до 0,3%	до 0,025%	до 0,025%	0,8-1,1%	До 0,3%

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40X

σ_T	σ_B	δ_5	a_n
МПА		%	КДж/м ²
780	930	12	880

1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Деталь "Шестерня піввісі 35-2303048" є одним з зубчатих коліс і призначена для передачі крутного моменту від стартера до ротора. Навантаження передається від зубчастого вінця "Шестерні піввісі" на евольвентні шліци відповідної деталі.

Ця шестерня відноситься до прямозубих конічних передач із зовнішнім евольвентним зачепленням з 24 зубцями та модулем 2. Вона входить у контакт з зубами сполучного колеса по ділильному колу діаметром 42,26 мм. Шестерня має зовнішню посадкову поверхню під підшипники діаметром 40 мм з посадкою h9. Внутрішні радіусні шліци R4 на діаметрі 30,5 виконані на довжині 9 мм.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		13

Шестерні, включаючи деталь "Шестерня піввісі", призначені для передачі крутного моменту від коробки передач до агрегату і працюють під навантаженням від 700 до 800 Н (70...80 кгс) на 1 мм довжини зуба. Робоча температура таких деталей знаходиться в діапазоні від -60 °С до +200 °С.

Оскільки шестерні повинні бути легкими і надійними, вони виготовляються з достатнім коефіцієнтом запасу міцності. Такий підхід забезпечує надійну роботу шестерень при різних умовах експлуатації і забезпечує їх тривалий термін служби.

У зв'язку з вимогами до робочих умов, був обраний матеріал для деталі - конструкційна легована хромонікелева сталь Сталь 40Х. Цей матеріал широко використовується для виготовлення шестерень, валів, черв'яків, кулачкових муфт, поршневих пальців та інших деталей, які піддаються цементуванню.

Сталь 40Х відповідає вимогам щодо високої міцності, пластичності і в'язкості серцевини, а також високої поверхневої твердості. Цей матеріал підходить для застосування в деталях, які працюють під дією ударних навантажень або при низьких температурах до -100 °С. Такий вибір матеріалу забезпечить надійну роботу деталі "Шестерня піввісі" у вказаних умовах експлуатації.

1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Класифікації та кодування технічної та економічної інформації виробництва (ЕСКТЕІ), тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску продукції. Він слугує для систематизації та узагальнення інформації про виробничі підприємства з метою подальшого аналізу та планування виробництва.

Таким чином, тип виробництва є важливим елементом класифікації виробничих підприємств і визначається на підставі декількох критеріїв, що включають широту номенклатури, регулярність та обсяг випуску продукції.

Коефіцієнт закріплення операцій (КЗО) - це одна з основних характеристик типу виробництва, що визначається відношенням кількості всіх операцій, що виконуються або повинні виконуватись протягом місяця, до кількості робочих

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

місць. Він використовується для оцінки ефективності виробничого процесу та розраховується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum_{i=1}^n TO}{\sum_{j=1}^m PM} \quad (1.1)$$

де: $\sum_{i=1}^n TO$ - число технологічних операцій,

$\sum_{j=1}^m PM$ - число робочих місць з різними операціями.

Цей коефіцієнт допомагає оцінити ступінь використання робочих місць у виробничому процесі та визначити, чи необхідно впроваджувати додаткові заходи для оптимізації роботи.

На даному етапі розробки, коли ще невідомі кількість всіх операцій та кількість робочих місць, неможливо визначити коефіцієнт закріплення операцій. Однак тип виробництва можна встановити на основі маси та річного обсягу випуску виробу або відповідно до завдання курсового проекту. Для цього можна скористатися наступною таблицею.

Таблиця 1.3 Допоміжна таблиця для орієнтовного визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт.		
	Легкі, масою до 20 кг	Середні, масою 20...30 кг	Важкі, масою більше 30кг
одиничне	До 100	До 10	1...5
малосерійне	101...500	11...200	6...10
середньосерійне	501...5000	201...1000	101...300
багатосерійне	5001...50000	1001...5000	201...1000
масове	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Для деталі, масою $m_d=1,56$ кг та обсягу випуску 5000 штук можна прийняти середньосерійний тип виробництва.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Перед тим як розпочати виготовлення деталі, матеріал, з якого вона повинна бути зроблена, перетворюють на заготівлі. Заготівлі намагаються отримати такими, щоб їх форма та розміри максимально наближалися до форм і розмірів готової деталі. Це дозволяє скоротити витрати матеріалів та електроенергії, збільшити продуктивність праці. У залежності від характеру матеріалу, призначення деталі, необхідної точності її виготовлення і т.д. заготовки отримують литтям, куванням, штампуванням, висадкою, прокаткою, волочінням та іншими способами.

Метод одержання заготівлі залежить від типу виробництва. Так як в даному випадку виробництво дрібносерійне доцільно розглянути такі способи, як одержання заготовки з прутка та одержання заготовки з прутка поковки. Найбільш технологічним для цієї деталі є отримання заготовки з прутка, оскільки, по–перше, трудомісткість отримання поковки набагато вище отримання заготовки з прутка, по–друге, обладнання для відрізки круглого прокату дешевші, ніж обладнання для отримання поковки.

В результаті заготовку отримуємо з прокату. Використовується кругла заготовка з матеріалу сталь 40X діаметром 60 мм та довжиною 54 мм.

2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Метою аналізу технологічної конструкції деталі є виявлення недоліків, що містяться в кресленнях деталі та пред'являються у вимогах, також можливе покращення технологічності конструкції.

Деталь – “Шестерня піввісі”, виготовляється з матеріалу “Сталь 40X ДСТУ 7809:2015”.

Відповідно до ДСТУ 3974-2000 встановлюється низка показників технологічності конструкції виробу. Такі як:

1. Деталь має бути правильної геометричної форми, яка забезпечує можливість обробки від однієї бази.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

2. Уникнення різноманітності розмірів отворів та різьблення.

3. Конструкція деталі має передбачати невелику кількість оброблюваних поверхонь, що сполучаються з іншими деталями.

4. Допуски на розміри точних деталей не повинні ускладнювати технологію виробництва.

На кресленні вказані допуски на радіальне биття на зовнішньому та внутрішньому діаметрах. Мінімальна шорсткість Ra 1,25 на двох поверхнях, таку шорсткість можна отримати при шліфуванні.

Аналізуючи деталь з погляду технологічності можна виділити позитивні моменти:

1. Всі розміри та точності обробки поверхонь забезпечуються можливостями верстатів.

2. Обробка деталі виконана в основному, за 12 квалітету.

3. Матеріал добре піддається механічній обробці.

4. Мала кількість отворів та відсутність різьблення.

Негативними є поверхні з шорсткістю Ra 1,25.

При обробці деталі використовується точення, фрезерування, свердління та шліфування. Форма заготовки забезпечує вільний доступ до інструменту, що підвищує технологічність.

Габарити та маса заготовки не вимагають додаткових підйомних пристроїв.

2.2.2 Вибір технологічних баз

Першим кроком у виборі баз для механічної обробки є забезпечення необхідної точності взаємного розташування поверхонь деталі, як для лінійних, так і для кутових розмірів. Це забезпечується вибором відповідних технологічних баз, які гарантують точне позиціонування деталі під час обробки.

Далі, важливо забезпечити доступ інструментів до оброблюваних поверхонь. Вибір баз повинен сприяти зручності та ефективності обробки, а також забезпечувати безперешкодний доступ інструментів до всіх необхідних ділянок деталі.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

Також слід прагнути до простоти та уніфікації пристроїв станків. Використання однакових або схожих баз для кінцевої обробки різних деталей дозволяє економити час та зусилля на налаштування станків і підвищує загальну продуктивність виробництва.

У процесі вибору баз для кінцевої обробки слід дотримуватися принципів співпадіння та постійних баз. Важливо прагнути до збереження єдності баз та використовувати найточніші поверхні як технологічні бази для зменшення похибок базування.

Отже, вибір баз для механічної обробки повинен бути здійснений з урахуванням цих принципів для забезпечення якості та ефективності виробничого процесу.

2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі

Конструкцію деталі можна розглядати як сукупність типових геометричних фігур, до поверхонь яких, згідно робочого креслення, висунуто певні вимоги щодо параметрів точності та якості. У машинобудівному виробництві накопичено значний виробничий досвід технологічних маршрутів (послідовностей) економічного оброблення типових поверхонь для забезпечення заданої точності розмірів та параметрів шорсткості робочих поверхонь. Більшість технологічних довідників містять рекомендації щодо таких послідовностей оброблення.

Типові технологічні маршрути (послідовності) оброблення поверхонь є цінними рекомендаціями, але їх необхідно аналізувати та уточнювати в процесі технологічного проектування. Під час аналізу таких маршрутів враховуються конкретні характеристики матеріалу деталі, особливості оброблювальних операцій, доступність необхідного устаткування та інші фактори, які можуть вплинути на якість та ефективність оброблення. Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальні умови для виготовлення деталі з врахуванням усіх вимог щодо її якості та точності.

Принцип суміщення баз є ефективним методом забезпечення точності обробки деталі, незалежно від розмірів, отриманих на попередніх операціях. При використанні цього принципу обробка заготовок здійснюється за координатами, які

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		19

визначають положення поверхонь, що розміщені в робочому кресленні з використанням поля допуску на розмір, яке нормується конструктором.

У якості загальних технологічних баз можуть використовуватися циліндричні поверхні з діаметрами Ø55 та Ø44, подвійна напрямна база та опорні поверхні - торці деталі. Використання таких баз дозволяє досягти необхідної точності і якості обробки, забезпечуючи при цьому оптимальні умови для виготовлення деталі.

Проектний технологічний процес виготовлення деталі:

- 005. Заготівельна;
- 010 Токарна з ЧПК;
- 015 Токарна з ЧПК;
- 020. Контрольна;
- 025 Фрезерна з ЧПК;
- 030 Слюсарна;
- 035 Зубофрезерна з ЧПК;
- 040 Слюсарна;
- 045 Контрольна;
- 045 Контрольна;
- 050 Круглошліфувальна;
- 055 Внутрішньошліфувальна;
- 060 Контрольна.
- 065. Промивальна
- 070 Гальванічна.

2.2.4 Вибір технологічного обладнання та металорізального інструменту

На цьому етапі проектування технологічного процесу оброблення деталі важливо вибрати обладнання, яке відповідає потребам у технологічних можливостях та розмірах робочого простору.



Правильний вибір технологічного обладнання має значний вплив на продуктивність, ефективне використання виробничих площ, механізацію та автоматизацію ручної праці, а також на собівартість виробу.



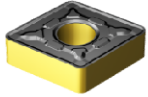



					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

У випадку середньосерійного виробництва рекомендовано використовувати верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). Використання таких верстатів призводить до зменшення витрат на технологічне обладнання, мінімізації відбраку, оптимізації виробничих площ, підвищення швидкостей різання та подачі.




Характеристики вибраних моделей верстатів представлені у таблиці.

Таблиця 2.2 – Технологічне обладнання

Оп.	Верстат	Інструмент
005. Заготівельна	<p>Стрічкопильний верстат по металу HBS-1321</p> 	<p>Пила стрічкова Bahco M42</p> 

Оп.	Верстат	Інструмент
010 окарна з ЧПК	<p>Багатоцільовий токарний верстат з ЧПК HAAS ST-25</p> 	<p>Різець прохідний Sandvik Coromant DCLNR 2020K 12 ;</p>  <p>пластина CNMG 12 04 08-PR 4425</p>  <p>Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 ДСТУ ГОСТ 166:2009;</p>
015. Токарна з ЧПК	<p>Багатоцільовий токарний верстат з ЧПК HAAS ST-25</p> 	<p>Різець контурний Sandvik Coromant RF123E08-2020B;</p>  <p>Різець розточний S25S-MDQNR15;</p>  <p>Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 ДСТУ ГОСТ 166:2009; Штангенглибиномір ШГК-160-0,01; Калібр-пробка Ø23H11 ДСТУ 16778-93; Кутомір;</p>

Оп.	Верстат	Інструмент
025. Фрезерна з ЧПК	<p>Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК DMG MORI - DMP 70</p> 	<p>Твердосплавна кінцева фреза CoroMill® Plura призначена для обробки прямокутних уступів 2F342-1200-100-PC 1730.</p> 
035. Зубофрезерна з ЧПК	<p>Зубофрезерний верстат з ЧПК KFG 320 CNC</p> 	<p>Дископодібна фрезерна головка КМ 12-100-32-5Т;</p>  <p>Кутомір спеціальний; Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,05 ДСТУ ГОСТ 166:2009; Штангенглибиномір ШГК-160-0,01 ДСТУ ГОСТ 162:2009;</p>

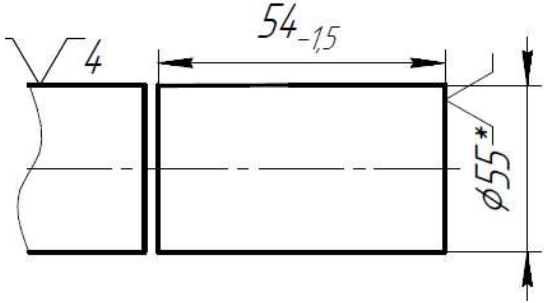
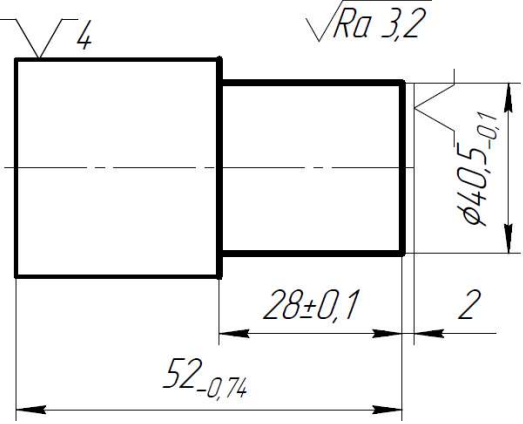
Оп.	Верстат	Інструмент
050. Круглошліфувальна	<p>Круглошліфувальний верстат MW 500 CORMAK</p> 	<p>Круг шліфувальний 1 250x20x76 14A F90 K1 CT2 5 35 м/с А 1кл. ДСТУ ГОСТ 15846:2003; Калібр-скоба Ø40h9; Штангенглибиномір ШГК-160-0,01 ДСТУ ГОСТ 162:2009;</p>
055. Внутрішньошліфувальна	<p>Внутрішньошліфувальний верстат Bernardo URS 500 N</p> 	<p>Шліфувальний круг 1 30x30x10 89A 802 I5 V111 50 TYROLIT</p>  <p>Калібр-пробка Ø26 H7 ДСТУ 16778-93;</p>

2.3 Розроблення технологічних операцій

Проектування механічної обробки включає в себе розгляд різних варіантів виконання операцій з метою досягнення оптимальної продуктивності і ефективності вартості. Цей процес включає розбиття обробки на послідовні технологічні операції, вибір необхідного обладнання та приладдя для їх виконання.

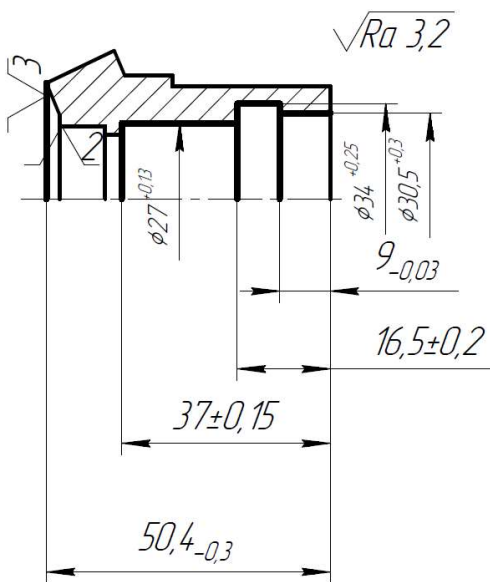
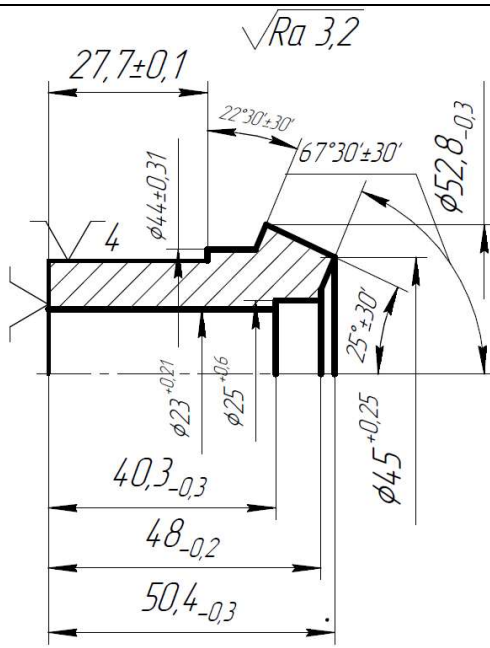
Перші операції включають базову обробку заготовки, під час якої відбувається обробка основних поверхонь деталі за допомогою чорнових інструментів. Наступним кроком виконуються локальні операції обробки на попередньо оброблених поверхнях, такі як розведення фасок, створення канавок, свердління отворів, різьблення тощо. Завершальним етапом є обробка основних поверхонь, при необхідності також виконується додаткова обробка найбільш відповідальних (точних) поверхонь.

Таблиця 2.3 – Операції механічного оброблення

Операційний ескіз	Опис
	<p>005. Заготівельна</p> <p>А. Встановити заготовку в призми.</p> <p>База: зовнішній діаметр і торець.</p> <p>1. Відрізати заготовку, дотримуючись розміру $\varnothing 54-1,5$ мм.</p>
	<p>010 Токарна з ЧПК</p> <p>А. Встановити заготовку у трьохкулачковий патрон.</p> <p>База: зовнішній діаметр і торець.</p> <p>1. Підрізати торець до розміру $\varnothing 52-0,74$ мм.</p> <p>2. Токарна обробка зовнішнього діаметра до розмірів $\varnothing 40,5-0,1$, $28\pm 0,1$ мм.</p>
	<p>015 Токарна з ЧПК</p> <p>А. Встановити заготовку у трьохкулачковий патрон.</p> <p>База: зовнішній діаметр і торець.</p> <p>1. Відрізати торець до розміру $50,4-0,3$</p>

Операційний ескіз

Опис



мм.

2. Токарна обробка зовнішнього діаметра до розмірів $\phi 52,8_{-0,3}$, $27,7$ мм.

3. Токарна обробка поверхні до розмірів 25° , $\phi 45^{+0,25}$ мм.

4. Токарна обробка поверхні до розмірів $22^{\circ} \pm 30'$, $\phi 44 \pm 0,31$ мм.

5. Центрування отвору.

6. Свердління отвору $\phi 20^*$ наскрізь.

7. Розточити отвір до розміру $\phi 23^{+0,21}$ мм.

8. Розточити отвори до розмірів $\phi 25^{+0,6}$, $48_{-0,2}$, $40,3_{-0,3}$ мм.

9. Розточити отвір до розмірів $\phi 41^{+0,25}$ мм, $67^{\circ} \pm 30'$.

Б. Встановити заготовку у трьохкулачковий патрон

База: внутрішній діаметр і торець.

1. Розточити отвір до розмірів $\phi 27^{+0,13}$, $37 \pm 0,15$ мм.

2. Розточити отвір до розмірів $\phi 30,5^{+0,3}$, $16,5 \pm 0,2$ мм.

3. Розточити отвір до розмірів $\phi 34^{+0,25}$, $16,5 \pm 0,2$, $9_{-0,03}$ мм.

020. Контрольна

1. Перевірити розміри отриманих поверхонь.

Операційний ескіз	Опис
	<p>025. Фрезерна з ЧПК</p> <p>А. Встановити заготовку у трьохкулачковий патрон.</p> <p>База: внутрішній діаметр і торець.</p> <p>1. Фрезерувати шліци відповідно до ескізу</p>
	<p>030. Слюсарна</p> <p>1. Зняти заусенці, затупити гострі краї.</p>
	<p>035. Зубофрезерна з ЧПК</p> <p>А. Встановити заготовку у трьохкулачковий патрон.</p> <p>База: зовнішній діаметр і торець.</p> <p>1. Фрезерувати зубці відповідно до ескізу.</p>
	<p>040. Слюсарна</p> <p>1. Зняти заусенці, затупити гострі краї.</p>
	<p>045. Контрольна</p> <p>1. Перевіряти розміри отриманих поверхонь.</p>

Операційний ескіз	Опис
	<p>050. Круглошліфувальна</p> <p>А. Встановити заготовку на розжимну цангу.</p> <p>База: внутрішній діаметр і торець.</p> <p>1. Шліфувати зовнішній діаметр відповідно до ескізу.</p>
	<p>055. Внутрішньошліфувальна</p> <p>А. Встановити заготовку у трьохкулачковий патрон.</p> <p>База: зовнішній діаметр та торець.</p> <p>1. Шліфувати поверхню до розмірів, зазначених у ескізі.</p>
	<p>060. Контрольна</p> <p>1. Перевіряти розміри отриманих поверхонь.</p> <p>2. Перевіряти відхилення отриманих поверхонь.</p> <p>3. Перевіряти шерохватість отриманих поверхонь.</p>
	<p>065. Промивальна</p> <p>1. Промити деталі згідно з Технологічним процесом (ТП) 01279-00002, операція 001.</p>
	<p>070. Гальванічна</p> <p>1. Покрити деталь відповідно до креслення.</p>
	<p>075. Контрольна</p>

Операційний ескіз	Опис
	1. Перевіряти розміри деталі відповідно до креслення.

2.4 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

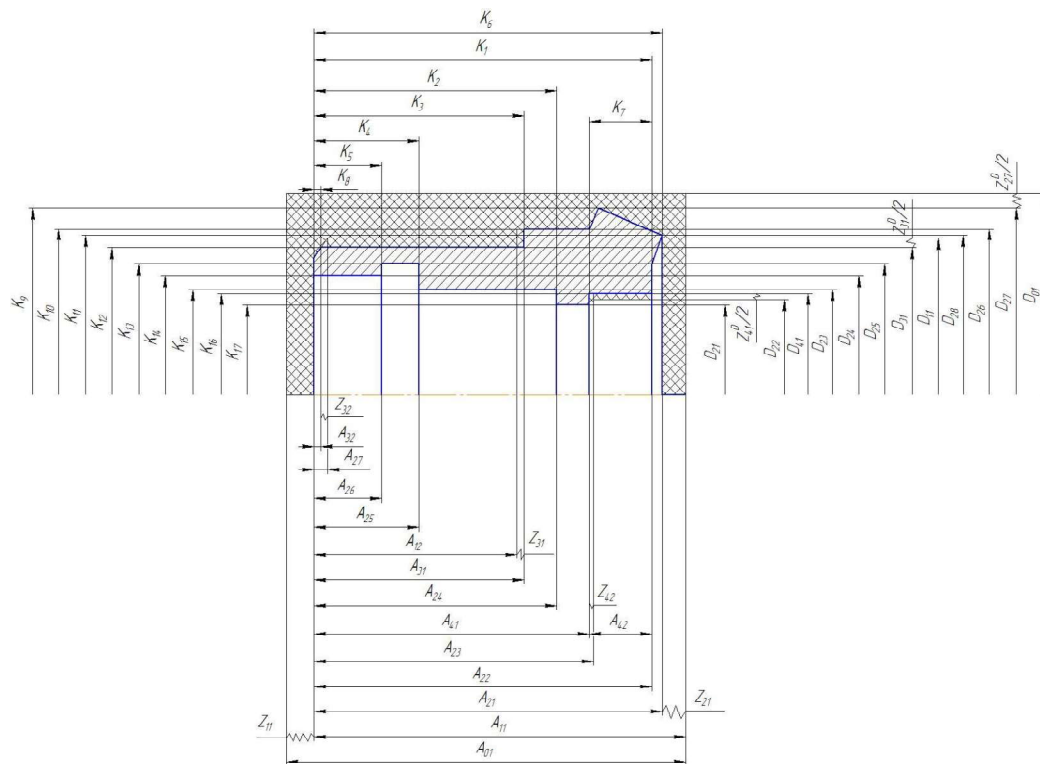


Рисунок 2.1 – поля допусків

1. Розрахунок мінімальних допусків на осьові технологічні розміри [3].

1) Припуск $z_{11\min}$:

$$z_{11\min} = Rz_0 + h_0 + \rho_0 = 80 + 120 + 1500 = 1700 \text{ мкм,}$$

де Rz_0 – шорсткість, що отримана на заготівельній операції;

h_0 – товщина дефектного шару, що отримана на заготівельній операції;

ρ_0 – точність геометричної форми при точені.

2) Припуск $z_{21\min}$:

$$z_{21\min} = Rz_0 + h_0 + \rho_0 = 80 + 120 + 1500 = 1700 \text{ мкм.}$$

3) Припуск $z_{31\min}$:

$$z_{31\min} = Rz_0 + h_0 + \rho_0 = 50 + 60 + 30 = 140 \text{ мкм.}$$

4) Припуск $z_{32\min}$:

$$z_{32\min} = Rz_0 + h_0 + \rho_0 = 50 + 60 + 30 = 140 \text{ мкм.}$$

5) Припуск $z_{41\min}$:

$$z_{41\min} = Rz_0 + h_0 + \rho_0 = 50 + 60 + 30 = 140 \text{ мкм.}$$

6) Припуск $z_{42\min}$:

$$z_{42\min} = Rz_0 + h_0 + \rho_0 = 50 + 60 + 30 = 140 \text{ мкм.}$$

2. Розрахунок мінімальних припусків на діаметральні технологічні розміри:

1) Припуск $z_{27\min}^D$:

$$z_{27\min}^D = 2(2Rz_0 + h_0 + \sqrt{\rho_0^2 + \varepsilon_1^2}) = 2(2 \cdot 80 + 120 + \sqrt{1500^2 + 420^2}) = 3675, \text{ мкм,}$$

де Rz_0 – шорсткість, що отримана на заготівельній операції;

h_0 – товщина дефектного шару, що отримана на заготівельній операції;

ε_1 – похибка установки.

2) Припуск $z_{31\min}^D$:

$$z_{31\min}^D = 2(2Rz_1 + h_1) = 2(100 + 60) = 320 \text{ мкм.}$$

3) Припуск $z_{41\min}^D$:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

$$z_{41\min}^D = 2(2Rz_1 + h_1) = 2(100 + 60) = 320 \text{ мкм},$$

де Rz_1 – шорсткість, що отримана на токарній операції;

h_1 – товщина дефектного шару, на чорновій токарній операції;

Розрахунок осьових технологічних розмірів

Розрахунок ведеться методом середнього значення шару допуску.

1) Розмір A_{42} :

$$A_{42} = K_7 = 8 \pm 0,018 \text{ мкм}.$$

2) Розмір A_{22} :

$$A_{42} = K_7 = 48_{-0,2} \text{ мкм}.$$

3) Розмір A_{41} :

Використовуючи імовірнісний метод визначаємо:

$$\sqrt{TA_{41} + TA_{42}} = 0,154 < 0,2 = TK_1.$$

Отже, конструкторський розмір витримується.

Розраховуємо середнє значення технологічного розміру A_{41} :

$$A_{41CP} = K_{1cp} - A_{42cp} = 47,9 - 8 = 39,9 \text{ мм}.$$

Округляємо значення технологічного розміру $A_{41} = 40_{-0,15} \text{ мм}.$

Розраховуємо середнє значення припуску

$$z_{42cp} = z_{42\min} + \frac{TA_{23} + TA_{41}}{2} = 0,14 + \frac{0,3 + 0,15}{2} = 0,365 \text{ мм}.$$

4) Розмір A_{23} :

Розраховуємо середнє значення технологічного розміру A_{23} :

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

$$A_{23CP} = z_{42cp} + A_{41cp} = 0,365 + 39,925 = 40,29 \text{ мм.}$$

Округляємо значення технологічного розміру $A_{23} = 40,3_{-0,3}$ мм.

$$z_{42} = A_{23} - A_{41} = 40,3_{-0,3} - 40_{-0,15} = 0,3_{-0,3}^{+0,15} \text{ мм.}$$

5) Розмір A_{31} :

$$A_{31} = K_3 = 28 \pm 0,1 \text{ мм.}$$

6) Розмір A_{12} :

Розраховуємо середнє значення припуску z_{31cp}

$$z_{31cp} = z_{31min} + \frac{TA_{31} + TA_{12}}{2} = 0,14 + \frac{0,2 + 0,2}{2} = 0,34 \text{ мм.}$$

Розраховуємо середнє значення технологічного розміру A_{12} :

$$A_{12cp} = A_{12cp} - z_{31cp} = 28 - 0,34 = 27,66 \text{ мм.}$$

Округляємо значення технологічного розміру $A_{12} = 27,7 \pm 0,1$ мм

$$z_{31} = A_{31} - A_{12} = 28 \pm 1 - 27,7 \pm 1 = 0,3_{-0,2}^{+0,2} \text{ мм.}$$

7) Розмір A_{21} :

$$A_{21} = K_6 = 50,4_{-0,3} \text{ мм.}$$

8) Розмір A_{12} :

Розраховуємо середнє значення припуску z_{21cp}

$$z_{21cp} = z_{21min} + \frac{TA_{21} + TA_{11}}{2} = 0,17 + \frac{0,3 + 0,3}{2} = 2 \text{ мм.}$$

Розраховуємо середнє значення технологічного розміру A_{11} :

$$A_{11cp} = A_{21cp} - z_{21cp} = 2 + 50,25 = 52,25 \text{ мм.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

Округляємо значення технологічного розміру $A_{11} = 52,4_{-0,3}$ мм.

$$Z_{21} = A_{11} - A_{21} = 52,4_{-0,3} - 50,4_{-0,3} = 2_{-0,3}^{+0,3} \text{ мм.}$$

9) Розмір A_{32} :

Розрахуємо середнє значення припуску z_{32cp}

$$z_{32cp} = z_{32min} + \frac{TA_{32} + TA_{27}}{2} = 0,14 + \frac{0,3 + 0,15}{2} = 0,365 \text{ мм.}$$

Розрахуємо середнє значення технологічного розміру A_{32} :

$$A_{32cp} = Z_{32cp} + A_{27cp} = 1 + 0,365 = 1,365 \text{ мм.}$$

Округляємо значення технологічного розміру $A_{32} = 1,4 \pm 0,15$ мм.

$$Z_{32} = A_{32} - A_{27} = 1,4 \pm 0,15 - 1 \pm 0,05 = 0,4 \pm 0,2 \text{ мм.}$$

10) Розмір A_{25} :

$$A_{25} = K_4 = 16,5 \pm 0,2 \text{ мм.}$$

11) Розмір A_{24} :

$$A_{24} = K_2 = 37 \pm 0,2 \text{ мм.}$$

12) Розмір A_{26} :

$$A_{26} = K_5 = 9 \pm 0,15 \text{ мм.}$$

Розрахунок діаметральних технологічних розмірів

1) Розмір D_{21} :

$$D_{21} = K_{17} = 23^{+0,21} \text{ мм.}$$

2) Розмір D_{41} :

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

$$D_{41} = K_{16} = 26^{+0,052} \text{ мм.}$$

3) Розмір D_{22} :

Розрахуємо середнє значення припуску z_{41cp}^D

$$z_{41cp}^B = z_{41min}^B + \frac{TA_{21} + TA_{22}}{2} = 0,32 + \frac{0,6 + 0,2}{2} = 0,72 \text{ мм.}$$

Розрахуємо середнє значення технологічного розміру D_{22} :

$$D_{22cp} = D_{41cp} - z_{41cp}^D = 26,026 - 0,72 = 25,306 \text{ мм.}$$

Округляємо значення технологічного розміру $D_{22} = 25^{+0,6}$ мм.

Розрахуємо номінальне значення припуску z_{41cp}^D

$$z_{41}^D = D_{41} - D_{42} = 26^{+0,052} - 25^{+0,21} = 1_{-0,21}^{-0,052} \text{ мм.}$$

4) Розмір D_{31} :

$$D_{31} = K_{12} = 40_{-0,062} \text{ мм.}$$

5) Розмір D_{11} :

Розрахуємо середнє значення припуску z_{31cp}^D

$$z_{31cp}^D = z_{31min}^D + \frac{TD_{11} + TD_{31}}{2} = 0,32 + \frac{1,3 + 0,2}{2} = 1,07 \text{ мм.}$$

Розрахуємо середнє значення технологічного розміру D_{11} :

$$D_{11cp} = D_{31cp} - z_{31cp}^D = 39,969 + 1,07 = 41,039 \text{ мм.}$$

Округляємо значення технологічного розміру $D_{11} = 41,8_{-1,3}$ мм.

Розрахуємо номінальне значення припуску z_{31cp}^D

$$z_{31}^D = D_{11} - D_{31} = 41,8_{-1,3} - 40_{-0,062} = 1,8_{-1,3}^{-0,062} \text{ мм.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

6) Розмір D_{23} :

$$D_{23} = K_{15} = 27^{+0,21} \text{ мм.}$$

7) Розмір D_{24} :

$$D_{24} = K_{14} = 30,5^{+0,3} \text{ мм.}$$

8) Розмір D_{25} :

$$D_{25} = K_{13} = 34^{+0,25} \text{ мм.}$$

9) Розмір D_{28} :

$$D_{28} = K_{11} = 41^{+0,25} \text{ мм.}$$

10) Розмір D_{26} :

$$D_{26} = K_{16} = 44 \pm 0,31 \text{ мм.}$$

11) Розмір D_{27} :

$$D_{27} = K_9 = 52,8_{-0,3} \text{ мм.}$$

12) Розмір D_{01} :

Розрахуємо середнє значення припуску z_{27cp}^D

$$z_{27cp}^D = z_{21min}^D + \frac{TD_{01} + TD_{27}}{2} = 3,675 + \frac{1,4 + 0,6}{2} = 4,675 \text{ мм.}$$

Розрахуємо середнє значення технологічного розміру D_{01} :

$$D_{01cp} = D_{27cp} + z_{27cp}^D = 52,65 + 4,675 = 57,325 \text{ мм.}$$

Округляємо значення технологічного розміру $D_{11} = 58_{-1,4} \text{ мм.}$

Розрахуємо номінальне значення припуску z_{27cp}^D :

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

$$z_{27}^D = D_{01} - D_{27} = 58_{-1,4} - 52,8_{-0,3} = 5,2_{-1,4}^{-0,3} \text{ мм.}$$

2.5 Розрахунок режимів різання


Розрахунок режимів різання для операції 005

- 1) Задаємо швидкість різання: $V = 26 \text{ м/хв.}$
- 2) Задаємо подачу: $s_i = 25 \text{ мм/хв.}$
- 3) Задаємо подачу на зуб: $s_z = 0,1 \text{ мм.}$
- 4) Глибина різання: $t = s_z \cdot z = 0,1 \cdot 15 = 1,5 \text{ мм.}$

Вибираємо відрізний верстат HBS-1321

Розрахунок режимів різання для токарної операції 010

FACING / INDEXABLE



T-Max P

Parameter	Value
Machined diameter start DMS	55 mm
Machined diameter end DME	40 mm
Machined length LM	28 mm
Corner radius maximum REX	1 mm
Ra roughness value on the face RRA	μm
Ra roughness value longitudinal RRA	μm
Include Prime Turning™ results	ON

Tool	Shank
DCLNR 2020K 12 Tool	Rectangular shank -metric: 20 x 20
CNMG 12 04 08-PR 4425 Insert	Rectangular shank -metric: 20 x 20

Parameter	Value
Adaptive interface machine direction ADINTMS	Rectangular shank -metric: 20 x 20
Tool life count TLIFEC	268 Features
Machining time TMF	00:04.764 min:s

Parameter	Value
Steps	1 2
Longitudinal Premachining	
Cutting speed VC	317 m/min
Feed per revolution FN	0.35 mm
Number of passes in AP direction NOPAP	2
Depth of cut AP	3.75 mm
CO ₂ EMISSIONS	
Carbon dioxide emission per component CPC	12.9 g
Work per component WPC	0.0322 kWh

Глибина різання: $t = 2 \text{ мм.}$

Подача: $s = 0,35 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання: $V_p=317$

Вибираємо багатоцільовий токарний верстат з ЧПК HAAS ST-25

$N_{cm} = 15$ кВт – номінальна потужність токарного верстата HAAS ST-25.

Розрахунок режимів різання для токарної операції 015

Підрізання торця

Інструмент - T-Max DSSNR 2020K 12

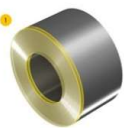
багатоцільовий токарний верстат з ЧПК HAAS ST-25

Глибина різання: $t = 2$ мм.

Подача: $s = 0,54$ мм/об.

Швидкість різання: $V_p = 279$

Потужність $P = 12,2$ кВт



NOFAP [NOFap] NUMBER OF PASSES IN AP DIRECTION	DMS [mm] MACHINED DIAMETER START	DME [mm] MACHINED DIAMETER END
1	52.8	23

AP [mm] DEPTH OF CUT	VC [m/min] CUTTING SPEED	FN [mm] FEED PER REVOLUTION
2	279	0.707

RPMX [1/min] ROTATIONAL SPEED MAXIMUM	PPCX [kW] MAXIMUM CUTTING POWER	MMCX [Nm] MAXIMUM CUTTING TORQUE
3870	12.2	69.2

TCCT [s] CUTTING TIME TOTAL	TNCT [s] NON CUTTING TIME TOTAL
0.539	0.077

LEGEND

- 1 Premachining

T-Max P

- DSSNR 2020K 12 Tool
- SNMG 12 04 16-PR 4425 Insert
- coupling
Rectangular shank - metric: 20 x 20
- cooling
 External
 Emulsion 10%
- Facing of tube
- P2.1.Z.AN 175 HB
- Lathe 03 - Medium (6-12" chuck)
25 kW, 4000 1/min

LEGEND

- 1 Premachining

2. Свердління

Інструмент - CoroDrill 880 880-D2000L25-03

багатоцільовий токарний верстат з ЧПК HAAS ST-25

Глибина різання: $t = 8$ мм.

Подача: $s = 0,18$ мм/об.

Швидкість різання: $V_p = 201$ м/хв

The screenshot displays a software interface for a drilling process. On the left, a panel shows a brass-colored tool tip with a blue 'P' label, indicating it is for low-alloy steel. Below this, it lists machine specifications: 'Universal high-performance machine', '200 kW, 10000 1/min', and '200 kW, 500000 1/min'. A 'Good conditions' indicator is shown with a moon icon. Machining parameters are listed: 'Machined diameter DM: 20 mm' and 'Depth of machining feature DEPTHMF: 51 mm'. A 'More...' link is at the bottom.

The central panel, titled 'CoroDrill 880', lists tool components: '880-D2000L25-03 Tool', '880-04 03 W07H-P-GR 4334 Insert Peripheral', and '880-04 03 05H-C-LM 1044 Insert Central'. It also shows 'Tool life count TLIFEC: 745 Holes' and 'Machining time TMF: 00:05:436 min.s'. Buttons for 'Save for later' and 'Build tool assembly' are present.

The right panel shows 'STEPS: 1' and 'DRILLING WITH AN ASYMMETRICAL POINT'. It lists cutting parameters: 'Cutting speed VC: 201 m/min', 'Feed per revolution FN: 0.18 mm', and 'Feed speed at tool center VF: 576 mm/min'. It also displays 'CO2 EMISSIONS' with 'Carbon dioxide emission per component CPC: 22.8 g' and 'Work per component WPC: 0.057 kWh'. A 'Show detail' button and 'Knowledge' link are at the bottom.

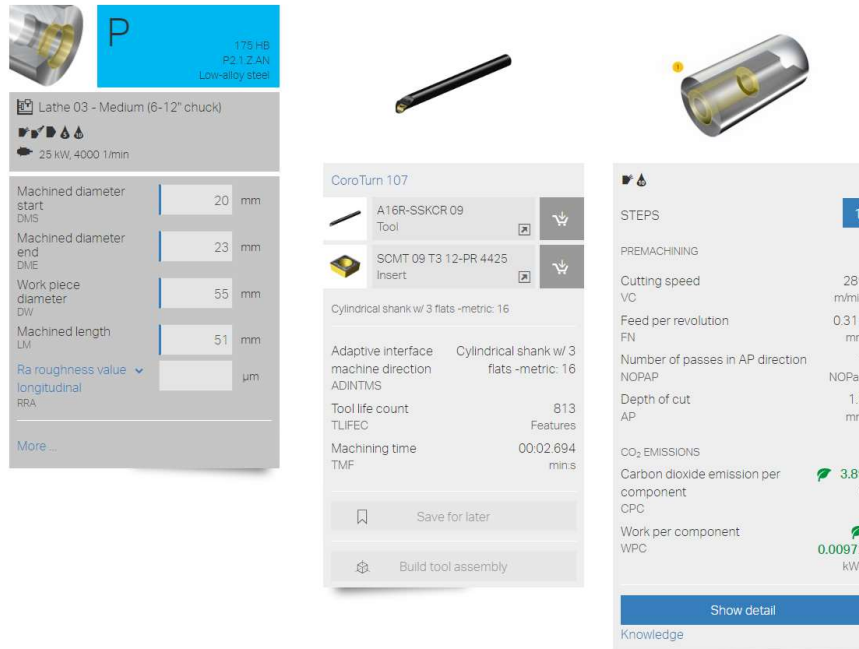
3. Розточування

Інструмент – розточна оправка CoroTurn 107 A16R-SSKCR 09, пластина SCMT 09 T3 12-PR 4425

Глибина різання: $t = 1,5$ мм.

Подача: $s = 0,31$ мм/об.

Швидкість різання: $V_p = 289$ м/хв



2.6 Технічне нормування операцій

Для нормування часу технологічного процесу механічної обробки партії деталей розраховується штучно-калькуляційний час, яким визначається як:

$$t_{шк} = t_0 + t_\delta + t_{обс} + t_{п} + t_{пз} / n$$

де t_0 – основний час обробки;

t_δ – допоміжний час;

$t_{обс}$ – час обслуговування робочого місця;

$t_{п}$ – час особистої потреби робітника;

$t_{пз}$ – підготовчо-заключний час;

$n = 1500$ дет. – річна програма випуску партії деталей.

Основний час визначається як:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_M};$$

де $L = l + l_{BP} + l_{CX}$ – розрахункова довжина обробки;

i – кількість робочих ходів;

S_M – хвилинна подача інструменту;

Допоміжний час береться від основного часу у співвідношенні $t_B = 0,15t_0$.

Час обслуговування робочого місця:

$$t_{Обс} = t_T + t_{Орс},$$

де t_T – час технологічного обслуговування (6 % від $t_{ОП}$);

$t_{Орс}$ – час організаційного обслуговування (0,6 – 8 % від $t_{ОП}$);

Час на готівкової потреби (2,5 % від $t_{ОП}$).

Підготовчо–заклучний час ($t_{ПЗ} = t_{СМНИ} = 8$ год.).

Розрахунок норм часу для операції 005

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{ПОД} + l_{CX} + t \cdot ctg\varphi = 55 + 1,5 + 1 + 1 = 58,25 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилину подачу:

$$S_M = 25 \text{ м/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 1$.

4) Тоді основний час $t_0 = 2,34$ хв.

5) Допоміжний час операції:

$$t_B = 0,15t_0 = 0,35 \text{ хв.}$$

6) Оперативний час:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40

$$t_{OP} = t_0 + t_B = 2,69 \text{ хв.}$$

7) Час обслуговування робочого місця:

$$t_{Обс} = t_T + t_{Opz} = 0,06t_{OP} + 0,08t_{OP} = 0,02 + 0,03 = 0,38 \text{ хв.}$$

8) Час на особисті потреби:

$$t_{II} = 0,025t_0 = 0,06 \text{ хв.}$$

Тоді штучно–калькуляційний час визначається як

$$t_{ШК0,5} = t_0 + t_B + t_{Обс} + t_{II} + t_{ПЗ} / n = 2,34 + 0,35 + 0,38 + 0,06 + 480 / 1500 = 3,61 \text{ хв.}$$

Розрахунок норм часу для операції 010

1. Підрізування торця

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{IA} + l_{AD} + l_{CX} = 30 + 1 + 1 + 1 = 33 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилину подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 764 = 256 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 3$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,4$ хв.

2. Точення зовнішньої поверхні

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{ПОД} + l_{BP} + l_{CX} = 28 + 1 + 1 + 1 = 31 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилину подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 764 = 256 \text{ мм/хв.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

3) Число робочих ходів $i = 5$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,61$ хв.

3. Загальний основний час:

$$t_0 = t_{01} + t_{02} = 0,4 + 0,61 = 1,01 \text{ хв.}$$

4. Допоміжний час операції:

$$t_B = 0,15t_0 = 0,15 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$t_{OP} = t_0 + t_B = 1,16 \text{ хв.}$$

6. Час обслуговування робочого місця:

$$t_{O6c} = t_T + t_{Ope} = 0,06t_{OP} + 0,08t_{OP} = 0,14 \text{ хв.}$$

7. Час на особисті потреби:

$$t_I = 0,025t_0 = 0,025 \text{ хв.}$$

Тоді штучно–калькуляційний час визначається як

$$t_{ШК010} = t_0 + t_B + t_{O6c} + t_{II} + t_{II3} / n = 1,01 + 0,15 + 0,14 + 0,025 + 480 / 1000 = 1,81 \text{ хв.}$$

1.7.5. Розрахунок норм часу для операції 015

1. Підрізання торця

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{ПОД} + l_{BP} + l_{CX} = 30 + 1 + 1 + 1 = 33 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 2763 = 880 \text{ мм/хв.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

3) Число робочих ходів $i = 2$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,08$ хв.

2. Точення зовнішньої поверхні

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{ПОД} + l_{BP} + l_{CX} = 22,4 + 1 + 1 + 1 = 25,4 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 2763 = 880 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 4$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,05$ хв.

2. Точення зовнішньої поверхні

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{ПОД} + l_{BP} + l_{CX} = 13,4 + 1 + 1 + 1 = 16,4 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 2763 = 880 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 6$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,12$ хв.

4. Точення зовнішньої поверхні

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{ПОД} + l_{BP} + l_{CX} = 10,3 + 1 + 1 + 1 = 13,3 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 2763 = 880 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 5$.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43

4) Тоді основний час $t_0 = 0,08$ хв.

5. Центрування отвору

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{ПОД}} + l_{\text{ВР}} + l_{\text{СХ}} = 7,5 + 1 + 1 + 1 = 10,5 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,43 \cdot 1466 = 630 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 1$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,02$ хв.

6. Свердління отвору

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{ПОД}} + l_{\text{ВР}} + l_{\text{СХ}} = 50,4 + 10 + 1 + 1 = 62,4 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,43 \cdot 1466 = 630 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 1$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,1$ хв.

7. Розточування отвору

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{ПОД}} + l_{\text{ВР}} + l_{\text{СХ}} = 50,4 + 1 + 1 + 1 = 53,4 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 800 = 256 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 2$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,42$ хв.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

8. Розточування отвору

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{ПОД}} + l_{\text{БР}} + l_{\text{СХ}} = 8 + 1 + 1 + 1 = 11 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 800 = 256 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 2$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,09$ хв.

9. Розточування отвору

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{ПОД}} + l_{\text{БР}} + l_{\text{СХ}} = 2,4 + 1 + 1 + 1 = 5,4 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 800 = 256 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 8$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,19$ хв.

10. Розточування отвору

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{ПОД}} + l_{\text{БР}} + l_{\text{СХ}} = 37 + 1 + 1 + 1 = 40 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 800 = 256 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 2$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,31$ хв.

11. Розточування отвору

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		45

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{ПОД}} + l_{\text{ВР}} + l_{\text{СХ}} = 16,5 + 1 + 1 + 1 = 19,5 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 800 = 256 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 2$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,16$ хв.

12. Розточування отвору

1) Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L = l + l_{\text{ІІА}} + l_{\text{АВ}} + l_{\text{СХ}} = +1 + 1 + 1 = 12 \text{ мм.}$$

2) Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 800 = 256 \text{ мм/хв.}$$

3) Число робочих ходів $i = 4$.

4) Тоді основний час $t_0 = 0,09$ хв.

13. Загальний основний час:

$$\begin{aligned} t_0 &= t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} + t_{05} + t_{06} + t_{07} + t_{08} + t_{09} + t_{10} + t_{11} + t_{12} = \\ &= 0,8 + 0,05 + 0,12 + 0,08 + 0,02 + 0,1 + 0,42 + 0,09 + \\ &+ 0,19 + 0,31 + 0,16 + 0,09 = 1,71 \text{ дâ.} \end{aligned}$$

14. Допоміжний час операції:

$$t_B = 0,15t_0 = 0,26 \text{ хв.}$$

15. Оперативний час:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_B = 1,97 \text{ хв.}$$

16. Час обслуговування робочого місця:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

$$t_{Обс} = t_T + t_{Оре} = 0,06t_{ОП} + 0,08t_{ОП} = 0,28 \text{ хв.}$$

17. Час на особисті потреби:

$$t_{П} = 0,025t_0 = 0,05 \text{ хв.}$$

Тоді штучно–калькуляційний час визначається як

$$t_{ШК010} = t_0 + t_B + t_{Обс} + t_{П} + t_{ПЗ} / n = 1,71 + 0,28 + 0,26 + 0,05 + 480 / 1000 = 2,78 \text{ хв.}$$

2.7 Розроблення керуючої програми для верстата з ЧПК

Виконавши усі необхідні розрахунки скористаємося програмним продуктом CAM ESPRIT для розроблення керуючої програми оброблення деталі вал-шестерня.

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks рис 2.2 та завантажено у середовище Esprit.

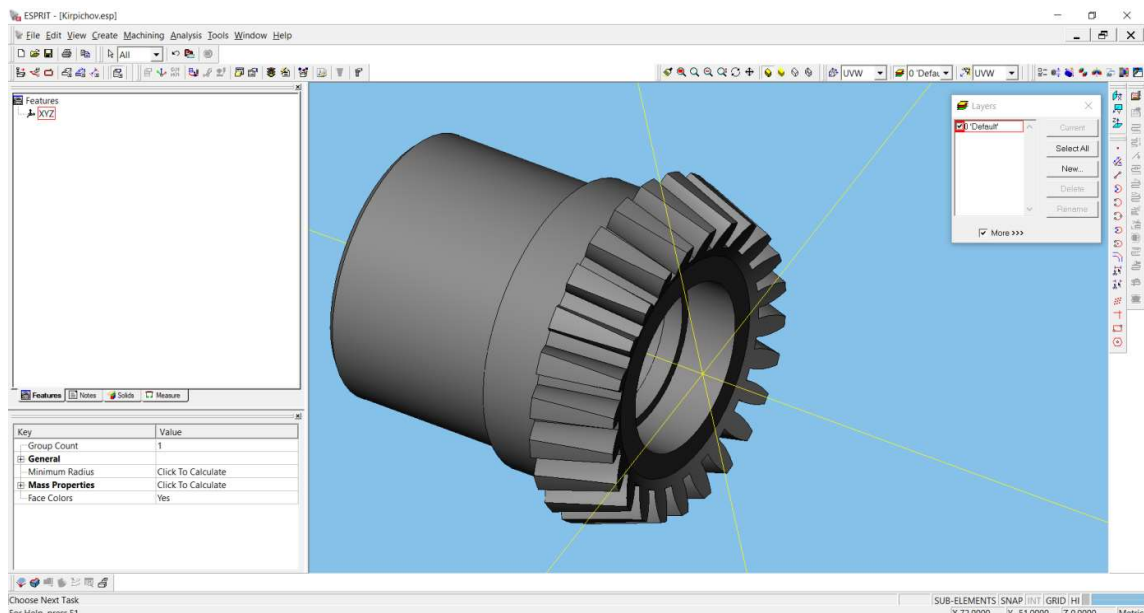


Рисунок 2.2 – 3D модель вала-шестерні

2. Створено заготовку (рис 2.3)

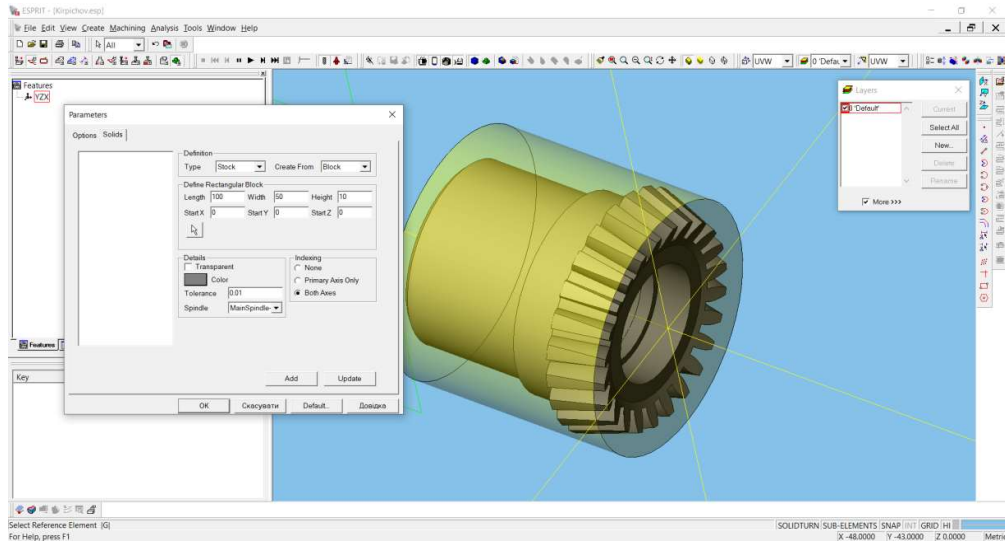


Рисунок 2.3 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю рис 2.4.

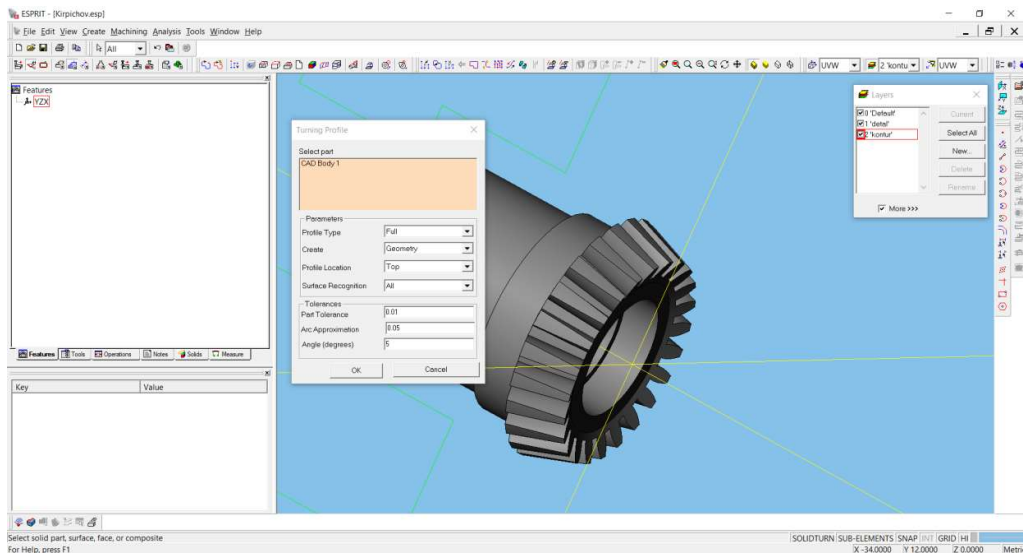


Рисунок 2.4 – Розпізнання в САМ Esprit елементів профілю

4. Вибрано вид оброблення – «Чернове оброблення» (рис. 2.5).

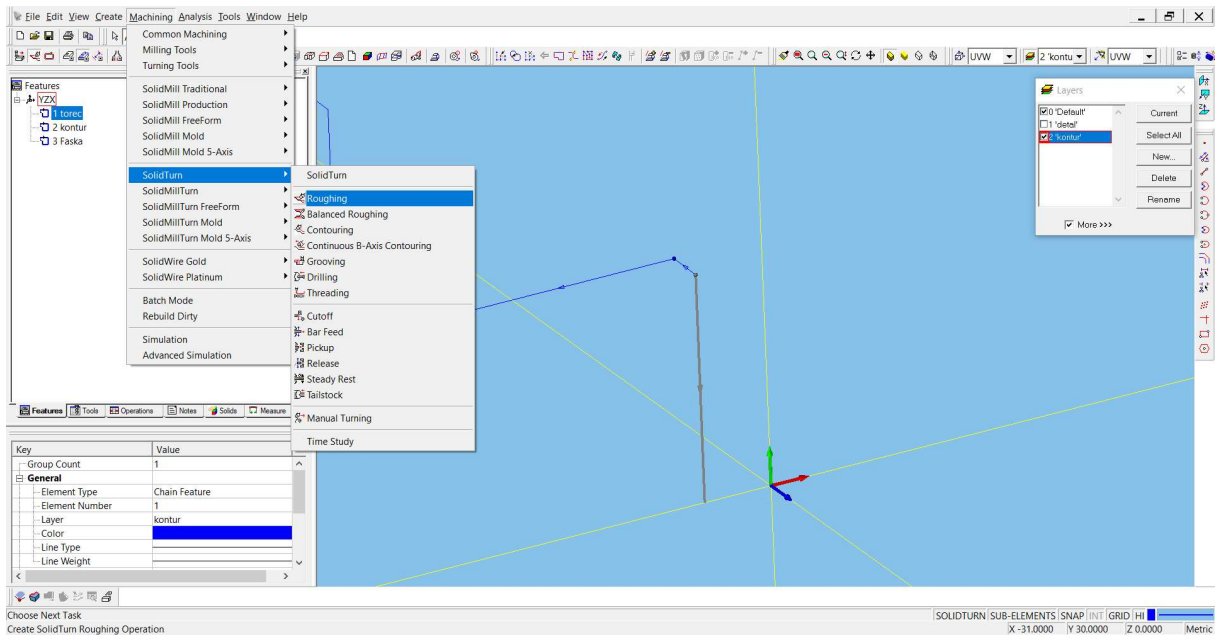


Рисунок 2.5 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис 2.6).

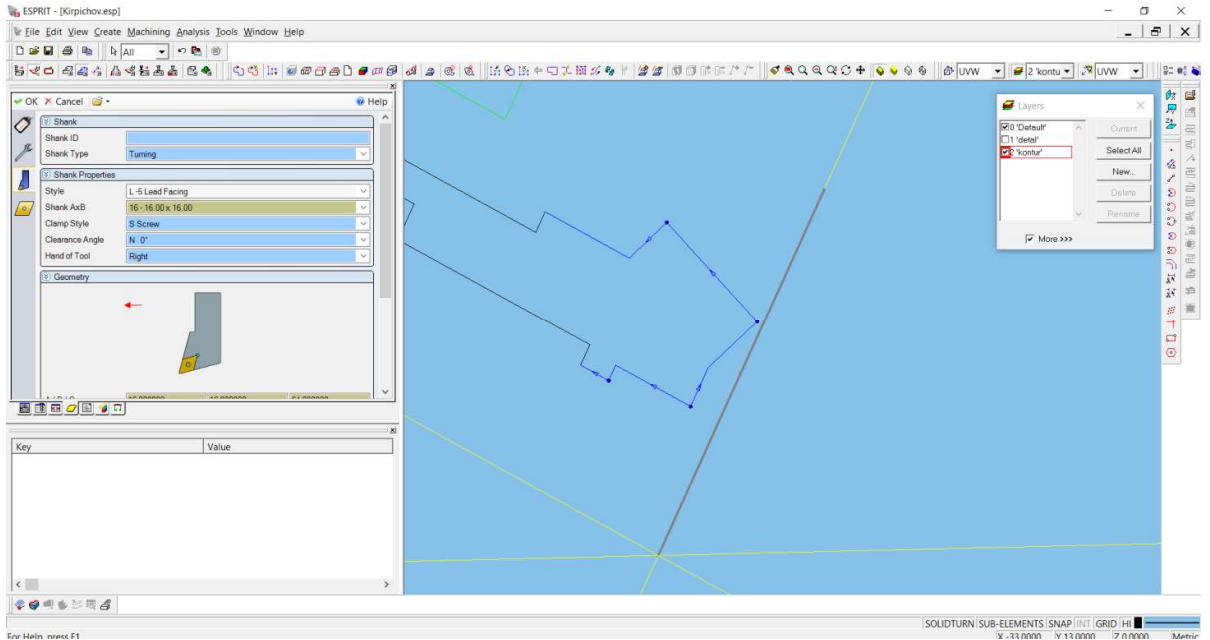


Рисунок 2.6 – Вибір інструменту

6. Вибрано режими різання

7. Автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис 2.7).

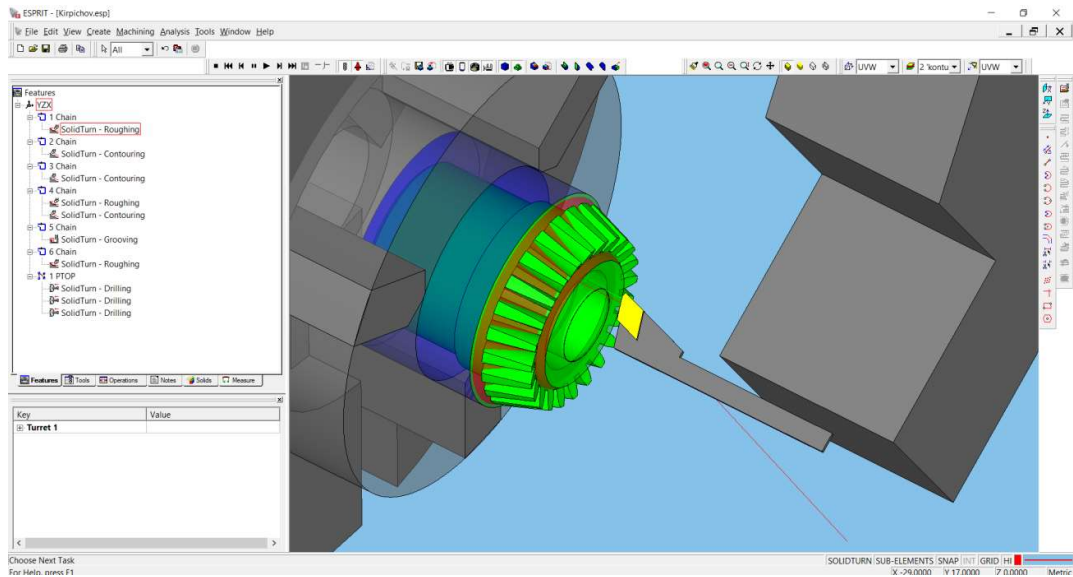


Рисунок 2.7 – візуалізація процесу оброблення

8. Виконано автоматичну генерацію програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.8).

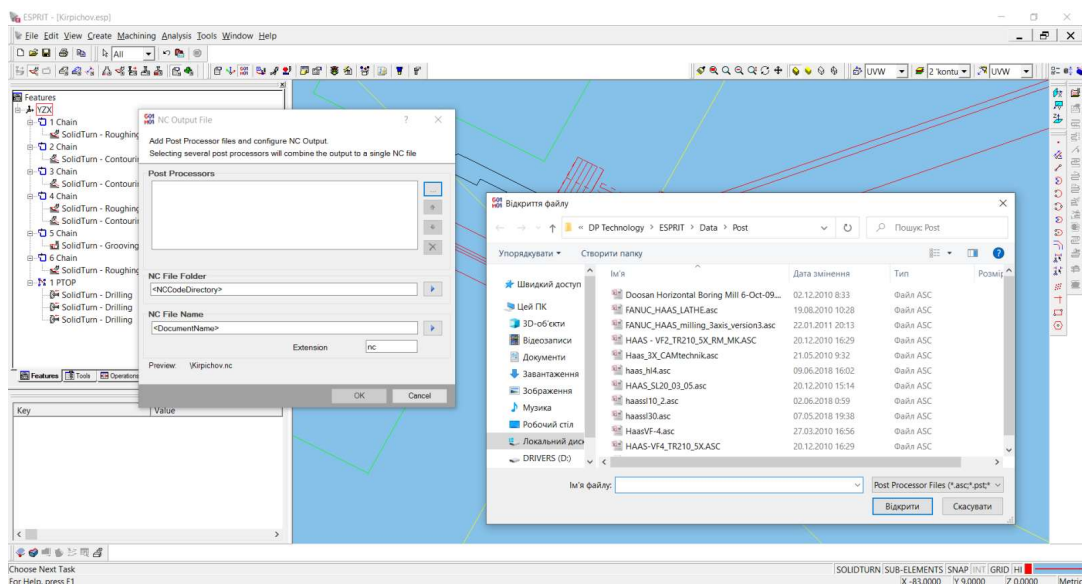
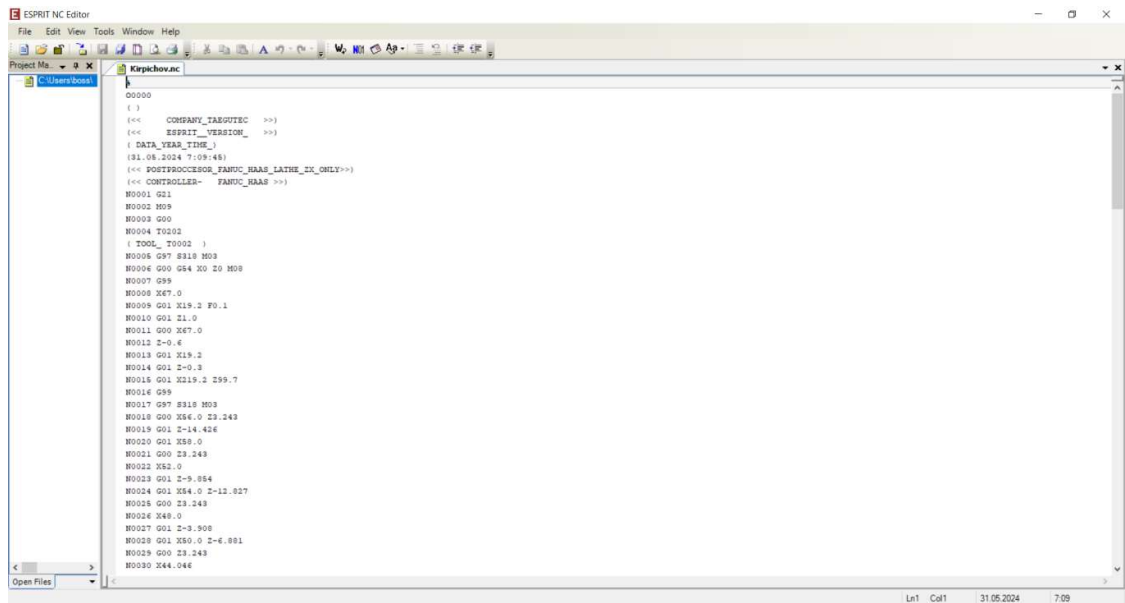


Рисунок 2.8 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодї



```
O0000  
( )  
( << COMPANY_TARGUETC >> )  
( << ESPRIT_VERSION_ >> )  
( DATA_YEAR_TIME_ )  
( 31.05.2024 7:09:43 )  
( << POSTPROCESSOR_FANUC_MAS_LATHE_2K_ONLY >> )  
( << CONTROLLER- FANUC_MAS >> )  
M0001 G21  
M0002 M09  
M0003 G00  
M0004 T0202  
( TOOL_ T0002 )  
M0005 G97 S118 M03  
M0006 G00 G64 X0 Z0 M08  
M0007 G99  
M0008 Z47.0  
M0009 G01 X19.2 F0.1  
M0010 G01 Z1.0  
M0011 G00 Z47.0  
M0012 Z-0.4  
M0013 G01 X19.2  
M0014 G01 Z-0.2  
M0015 G01 X219.2 Z99.7  
M0016 G99  
M0017 G97 S318 M03  
M0018 G00 X64.0 Z3.243  
M0019 G01 Z-14.424  
M0020 G01 X58.0  
M0021 G00 Z3.243  
M0022 X62.0  
M0023 G01 Z-9.854  
M0024 G01 X64.0 Z-12.827  
M0025 G00 Z3.243  
M0026 X49.0  
M0027 G01 Z-3.909  
M0028 G01 X60.0 Z-4.891  
M0029 G00 Z3.243  
M0030 X44.046
```

Рисунок 2.9 – Фрагмент з генерованої програми в G-M кодi

Текст керуючої програми наведено у додатку

3 Конструкторська частина

Спеціальний пристрій (пневматична розтискна цанга) розроблена для шліфування зовнішньої поверхні деталі на круглошліфувальному верстаті MW 500 CORMAK.

Для проектування пневматичної розтискної цанги прийmemo:

- 1) Кількість пелюсток цангової втулки $z = 4$.
- 2) Кут конуса пелюстка цанги $\alpha = 12^\circ$.
- 3) Діаметр робочої поверхні цангової втулки $d = 27$ мм.
- 4) Товщина пелюстка цангової втулки в середньому перерізі $h = 4$ мм.
- 5) Довжина пелюстки робочої частини цангової втулки $l = 20,5$ мм.
- 6) Половина кута сектора пелюстки цанги $\alpha_1 = 12^\circ$.
- 7) Модуль пружності матеріалу цанги $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па.
- 8) Коефіцієнт тертя на поверхні конуса та робочої поверхні цангової розтискної втулки $f_{mp1} = 0,1$; $f_{mp2} = 0,2$.
- 9) Кути тертя на внутрішній поверхні конуса і на робочій поверхні цангової розтискної втулки $\varphi_1 = 5,7^\circ$; $\varphi_2 = 11,3^\circ$.
- 10) Визначаємо момент провороту деталі на розтискній оправці

$$M_{\delta\alpha\zeta} = P_z \cdot \frac{D}{2} = 176 \cdot 21,2 = 3722 \text{ Н}\cdot\text{мм.}$$

- 11) Визначаємо необхідну силу закріплення деталі на розтискній оправці від однієї пелюстки

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

$$Q = \frac{M_{\text{дв}}}{z \cdot f_{mp2} \cdot d / 2} = \frac{3722}{4 \cdot 0,2 \cdot 13,5} = 229,8 \text{ Н.}$$

12) Визначаємо силу, яка витрачається на деформацію однієї пелюстки цангової втулки для діаметрального зазору $s = 0,1$

$$N = \frac{3 \cdot E \cdot J \cdot s}{(2L)^3 \cdot 2} = \frac{3 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1,493 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{43^3 \cdot 2} = 680 \text{ Н,}$$

де J – момент інерції сектора перерізу цанги в місці закладення пелюстки цанги. Визначається за формулою:

$$J = \frac{d^3 \cdot h}{8} \left(\alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha_1 \frac{2(\sin \alpha)^2}{\alpha_1} \right) =$$

$$= \frac{27^3 \cdot 4}{8} \cdot \left(12 + \sin 30 \cdot \cos 30 - \frac{2(\sin 12)^2}{30} \right) = 1493 \text{ і і }^4.$$

13) Визначаємо осьову силу тяги на штоку розтискного оправлення

$$W = z \cdot ((Q + N) \cdot (tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2)) =$$

$$= 6 \cdot ((229,8 + 680) \cdot (tg17,7 + tg11,3)) = 1700 \text{ Н.}$$

14) Визначаємо силу пружини

$$F_{i\delta} = 1,5 \cdot W = 2600 \text{ Н} = 260 \text{ кгс.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

15) Визначаємо жорсткість необхідної пружини

$$j_{mp} = \frac{F_{i\delta}}{l} = \frac{260}{30} = 8,7 \text{ кгс/мм.}$$

16) Підбираємо пружину по ДСТУ ГОСТ 28457:2008 з діаметром $D = 28$ мм та діаметром перерізу $d = 5$ мм. Її жорсткість

$$j = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_{cp}^3 \cdot n} = \frac{8000 \cdot 25^4}{8 \cdot 23^3 \cdot 5} = 10,3 \text{ кгс/мм} > j_{mp}.$$

Тоді $F_{np} = 3090$ Н.

17) Знаходимо параметри вневмокамери

$$D + d > \sqrt{\frac{(W + F_{i\delta}) \cdot 16}{\pi \cdot z}} = \sqrt{\frac{4790 \cdot 16}{3,14 \cdot 4}} = 78 \text{ мм.}$$

По ДСТУ ГОСТ 28457:2008 підбираємо зовнішній діаметр $D = 132$ мм, діаметр тарілки $d = 80$ мм.

3.2 Проектування контрольного інструменту (калібру-скоби)

Розрахунок розмірів для виготовлення калібру-скоби, яку використовуватиметься у технологічному процесі контролю діаметра вала $\text{Ø}40\text{h}6$

Робочі розміри для прохідних калібрів-скоб PP_c

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

$$PP_c = D_{\max} - \Delta_o - \frac{H_k}{2}$$

де D_{\min} - найменший розмір (граничний) виробу, мм

Δ_o - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору щодо граничного розміру виробу, мкм

H_k - допуск на виготовлення калібрів для валу, мкм

$$PP_c = 40,000 - 0,025 - \frac{0,004}{2} = 39,973 \text{ мм}$$

Виконавчі розміри непрохідних калібрів-скоб HE_c

$$HE_n = D_{\min} - \frac{H_k}{2}$$

де D_{\max} - максимальний граничний розмір виробу, мм

$$HE_n = 40,000 - \frac{0,004}{2} = 39,998 \text{ мм}$$

Граничний розмір зношеного калібру-скоби PP_i

$$PP_i = D_{\min} + y_e$$

де y_e - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для валу за межі поля допуску виробу

$$PP_i = 39,998 + 0,002 = 40,000 .$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Одним із ключових факторів зовнішнього робочого середовища, що впливає на працездатність людини, є освітлення приміщень та робочих місць. При праці майже 90% інформації сприймається через зіниці. Тому освітлення у виробничих приміщеннях, таких як цехи, склади, майстерні, має важливе значення. Його якість впливає на безпеку, ефективність та економічність виробництва. Недоліки в освітленні можуть призвести до погіршення продуктивності праці та збільшення кількості бракованої продукції.

Глибокі тіні на робочій поверхні і обладнанні втомлюють очі, знижують їхню працездатність і можуть призвести до нещасних випадків. Осліплення працівників яскравим світлом є ще однією проблемою, що може створити небезпечні ситуації. Це може трапитися, якщо на робочих місцях або над ними розташовані занадто яскраві лампи без захисту.

Недостатня освітленість також ускладнює розрізнення деталей машин та обладнання, що може бути небезпечним у роботі з ними.

В робочих умовах застосовують два типи освітлення: природне і штучне. У механічних цехах і дільницях використовують обидва види. Раціонально організоване освітлення допомагає зменшити напругу очей, підвищує швидкість та полегшує бачення й розрізнення деталей, що обробляються. Настрій та активність також відчутно підвищуються за наявності доброго освітлення, що вказує на його важливість для здоров'я та працездатності. Організація ефективного освітлення у виробничих приміщеннях є ключовим аспектом охорони праці. Стомленість очей під час виконання будь-яких робіт залежить від напруженості фізіологічних процесів, таких як акомодация, адаптація та конвергенція.

Акомодация — це процес адаптації ока до різних відстаней для чіткого бачення об'єктів за допомогою зміни кривизни кришталика.

Адаптація — це здатність ока адаптуватися до різних рівнів освітлення для забезпечення чіткого бачення.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

Конвергенція — це можливість очей синхронно налаштуватися на розглядання близьких об'єктів, зміщуючи свої зорові осі на ці об'єкти.

При проектуванні освітлення робочих приміщень визначаються параметри для оцінки рівня освітлення, які регулюються нормативними документами з охорони праці.

Для оцінки освітлення виробничих приміщень використовуються якісні та кількісні параметри. До кількісних показників належать світловий потік (Φ), освітленість (E), яскравість (B), сила світла (I).

Світловий потік представляє собою сумарну потужність світла, яке випромінюється джерелом. Вимірюється у люменах (лм), де 1 люмен - це світловий потік, який випромінює еталонне точкове джерело світла у всі напрямки.

Освітленість (E) визначається як відношення світлового потоку (Φ), який потрапляє на певну площу поверхні (S). Одиницею вимірювання освітленості є люкс (лк), що визначає рівень освітленості поверхні площею 1 м^2 , на яку припадає світловий потік розміром в 1 люмен, рівномірно розподілений.

Яскравість (B) визначає, наскільки інтенсивно площа поглинає або відбиває світло. Вона вимірюється у канделах на метр квадратний ($\text{кд}/\text{м}^2$), що вказує на сили світла, які виражені в одиницях кандел.

Сила світла (I) визначає інтенсивність світлового потоку у певному напрямку. Вимірюється у канделах (кд), де 1 кандела - це сила світла, що випромінюється джерелом усіма напрямками.

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (4.1)$$

Сила світла (I) визначається як відношення світлового потоку (Φ) до розміру тілесного кута (ω), в межах якого рівномірно розподіляється цей потік. Одиницею сили світла є кандела (кд), що визначає силу світла точкового джерела, яке випромінює світловий потік розміром 1 лм, розподілений рівномірно всередині тілесного кута розміром в 1 стерadian.

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (4.2)$$

Яскравість (В) визначається як відношення сили світла, що випромінюється в певному напрямку, до площі поверхні, що світиться. Одиницею яскравості є нт (нт).

$$B = \frac{I\rho}{S} \quad (4.3)$$

де ρ - коефіцієнт відбивання світлового потоку поверхнею $\rho = \Phi_{\text{відб}}/\Phi_{\text{над}}$

Основними якісними аспектами зорових умов у робочому середовищі є фон, контраст між об'єктом і фоном, а також видимість (V).

Фон - це поверхня, що знаходиться поруч з об'єктом, який спостерігається, і на якій його розглядають. Характеристика фону визначається коефіцієнтом відбиття поверхні (ρ), що є відношенням світлового потоку (Φ), який відбивається від певної поверхні, до світлового потоку, що падає на цю поверхню. Фон вважається світлим при $\rho > 0,4$; середнім при $\rho = 0,2-0,4$, і темним при $\rho < 0,2$.

Контраст між об'єктом і фоном визначається співвідношенням яскравостей фону та об'єкта, який спостерігається на ньому (лінія, крапка, знак тощо).

$$k = \frac{B_o - B_\phi}{B_\phi} \quad (4.4)$$

де B_o – яскравість освітлення об'єкту, B_ϕ – яскравість фонового плану.

При значеннях коефіцієнта контрасту (k) більше 0,5 маємо великий контраст, від 0,2 до 0,5 - середній, менше 0,2 - малий.

Видимість (V) визначається здатністю ока розпізнавати об'єкти і залежить від освітленості, контрасту між об'єктом і фоном, розміру об'єкта, його яскравості і тривалості експозиції.

Для вимірювання світлових параметрів використовуються різноманітні прилади, такі як люксметри, вимірювачі видимості, фотометри та інші.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

При коефіцієнті контрасту (k) більше 0,5 маємо великий контраст, від 0,2 до 0,5 - середній, менше 0,2 - малий.

Видимість (V) залежить від освітленості, контрасту між об'єктом і фоном, розміру об'єкта, його яскравості і тривалості експозиції, і визначається здатністю ока розпізнавати об'єкти.

Для вимірювання світлових параметрів використовуються різноманітні прилади, такі як люксметри, вимірювачі видимості, фотометри та інші.

Поміж кількісними і якісними параметрами освітлення необхідно розглядати і кольорове оточення приміщення для створення адекватних умов для зорової працездатності. Наприклад, при світлому фарбуванні внутрішнього простору (стіни, стелі, та підлоги), за рахунок збільшення відбитого світла, рівень освітленості може зрости на 20-40% (з тією ж потужністю джерела світла). Це призводить до зменшення різкості тіней і покращення рівномірності освітлення.

При великій яскравості джерел світла і предметів може виникнути засліплення працівника. При нерівномірному освітленні та різній яскравості предметів у середовищі праці цеху поверхні відбувається часте переадаптування очей під час виконання завдань, що призводить до швидкої втоми зорових органів. Тому ті поверхні, які добре освітлюються і знаходяться в полі зору, рекомендується фарбувати у кольори середньої світлості, де коефіцієнт відбивання становить від 0,3 до 0,6, і бажано, щоб вони мали напівматову або матову поверхню.

Природне освітлення поділяється на бокове та верхнє, в залежності від розташування світлових отворів. Бокове освітлення забезпечується через вікна в зовнішніх стінах приміщення, а верхнє - через ліхтарі в дахах і перекриттях. Комбіноване природне освітлення поєднує обидва види освітлення одночасно. Якщо природного світла недостатньо, його можна замінити штучним.

Штучне освітлення розподіляється на загальне та комбіноване. Загальне освітлення передбачає розміщення світильників у верхній частині приміщення на відстані не менше 2,5 м від підлоги. Це може бути або рівномірне, або локалізоване, залежно від розташування робочих місць. Комбіноване освітлення включає в себе і загальну, і місцеву системи. Місцеве освітлення забезпечує концентрацію світла

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

безпосередньо на робочих місцях. Використання лише місцевого освітлення не рекомендується в робочих приміщеннях, оскільки це може призвести до травм та захворювань. Однак його доцільно використовувати для робіт, які вимагають високої точності або потребують змінного напрямку світла.

Штучне освітлення розподіляється за функціональним призначенням на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне та чергове.

Робоче освітлення використовується для забезпечення виробничого процесу, руху транспорту та переміщення людей і є обов'язковим для всіх виробничих приміщень.

Аварійне освітлення застосовується для продовження роботи або безпечного завершення її в ситуаціях, коли раптове відключення робочого освітлення може призвести до пожежі, вибуху, отруєння або порушення технологічного процесу. Мінімальне значення освітленості робочих поверхонь у разі аварійного освітлення повинно становити близько 5% від нормованої освітленості для робочого освітлення, але не менше 2 лк.

Для забезпечення сприятливих умов зорової праці, які б не спричиняли швидку втомлюваність очей, нещасні випадки або професійні захворювання, виробниче освітлення (як штучне, так і природне) повинно відповідати таким вимогам:

- Забезпечувати рівень освітлення на робочій поверхні, що відповідає характеристиці зорової діяльності і не перевищує встановлені норми.
- Уникати засліплення як від джерел освітлення, так і від інших об'єктів, що перебувають у полі зору.
- Забезпечувати постійність та рівномірність освітлення на робочих місцях, щоб уникнути частої переадаптації очей.
- Уникати різких та глибоких тіней на робочій поверхні, особливо рухливих.
- Забезпечити достатній контраст для розрізнення деталей між освітленими поверхнями.
- Уникати небезпеки ураження електричним струмом, пожежі та вибухонебезпеки від світильників та інших виробничих факторів, таких як теплове випромінювання та шум.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

- Забезпечити простоту експлуатації, надійність, економічність та естетичний вигляд систем освітлення.

					ДП.ПІМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту було проведено аналіз технологічності конструкції деталі, який виявив помилки та недоліки креслення деталі і поверхні, отримання яких вимагає додаткових операцій. На основі аналізу технологічності, вибору способу отримання заготовки та вивченої технології виготовлення деталі в умовах виробництва, була намічена допустима послідовність обробки поверхонь деталі. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі, який вимагає мінімальної кількості обладнання та інструменту. Було підібрано обладнання, яке включає верстати з ЧПК, та інструмент для виготовлення деталі. Проведено розрахунок і вибір стандартного пристосування. Розраховано режими різання для всіх технологічних операцій. Були розраховані норми часу. Розроблені керуючі програми для токарної, фрезерної та зубофрезерної операцій з ЧПК в САМ-системі ESPRIT. Також був виконаний розділ з фінансового менеджменту. В розділі соціальної відповідальності були проаналізовані можливі небезпечні та шкідливі фактори, які можуть виникнути на виробництві, безпека при надзвичайних ситуаціях, а також екологічна безпека. Цей розділ показує, що на виробництві необхідно дотримуватися інструкцій з безпеки при роботі на спеціалізованому обладнанні, а також при виникненні небезпечних ситуацій.

Цілі випускної кваліфікаційної роботи виконані в повному обсязі. Опрацьовані дані щодо виробництва деталі «Шестерня-піввісі 35-2303048». Надано кінцеві результати розрахунків і проведена технологічна підготовка виробництва, що передбачає ефективне використання технологічного забезпечення умовного підприємства.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.

2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» (для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»). / Укладачі: Бабенко М.О., Горячева Т.В. Красноармійськ, Видавництво Красноармійського індустріального інституту, 2009. 67 с.

3. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.

4. Якимов А.В., Царюк В.Н., Якимов В.А. и др. Технология машиностроения: Учебник для студ. машиностр. вузов. / Под редакцией Якимова А.В. Одесса: Астропринт, 2012. 784с., ил.

5. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник. [Текст] / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.

6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.

7. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.

8. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., іл.

9. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВПОЛ, 1995. 465 с.

10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПК. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		64

11. Гордєєв А.І., Урбанюк Є.А., Безносів А.Є., Мігаль В.Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

12. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., Сілін Р.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.

13. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордєєв А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

14. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

15. Контрольна робота з дисципліни "Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв" Вінниця, 2015. 13 с.

16. П.А. Лінчевський та ін.. Обробка деталей на обробно-розточувальних верстатах / П.А. Лінчевський, Т.Г. Джугурян, О.А. Оргіян, за заг. ред.. П.А. Лінчевського. – К.: Техніка, 2000. – 300с. ISBN 966-575-048-8

17. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.

18. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.

19. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.

20. <http://ecat.secotools.com/>

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		65