

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі "Черв'ячний вал НК 25.52.282"  
Назва теми

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

Освітня програма «технології машинобудування»  
Назва

Шифр ДП.ПМ.ФІТА.25.08.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТ-21-1  
Шифр

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

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри технології машинобудування  
Назва

Дата « 08 » 06 2025

Дмитро КОВАЛЬЧУК  
Ім'я, прізвище

Ольга РОМАНШІНА  
Ім'я, прізвище

Сергій БИСЬ  
Ім'я, прізвище

Віталій ТКАЧУК  
Ім'я, прізвище

Хмельницький 20 25

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМ

Віталій ТКАЧУК

7.02.2025

ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Ковальчуку Дмитру Руслановичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Черв'ячний вал НК 25.52.282" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Романішина Ольга Велеріївна, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 7 лютого 2025 р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2025

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленик деталі " Черв'ячний вал НК 25.52.282 " 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: кресленик деталі із 3D моделлю (1 лист А2); створення деталі в САМ Esprit (1 лист А1); кресленик карти наладки (1 лист А2); кресленик верстатного пристрою (1 лист А1); кресленик 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 6.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Загальний розділ	20.03.2025	
2 Технологічний розділ	20.04.2025	
3 Конструкторський розділ	20.05.2025	
4 Охорона праці	10.06.2025	

Студент



\_\_\_\_\_

Дмитро КОВАЛЬЧУК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проєкту (роботи)



\_\_\_\_\_

Ольга РОМАНШІНА  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Ковальчук Дмитро Русланович на захист дипломного проєкту (роботи)  
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка  
На тему: Технологія виготовлення деталі «черв'ячний вал НК 25.52.282» з використанням верстатів з ЧПК

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

Декан факультету

ОЛЕГ ПОЛІЩУК

(підпис, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Ковальчук Д. Р. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2021 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 3,57 %, задовільно 96,43 %.

національною шкалою: А 1,89 %, В 0,00 %, С 5,66 %, D 16,98 %, E 75,47 %.

Методист факультету

(підпис)

(підпис, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)  
ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Ковальчук Дмитро Русланович

на тему: «Технологія виготовлення деталі «черв'ячний вал НК 25.52.282» з використанням верстатів з ЧПК»

Оцінка дипломного проєкту (роботи) задовільно

Керівник дипломного проєкту

(підпис)

Олег Поліщук  
"17" червня 2025 р.

(підпис, прізвище)

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

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

Завідувач кафедри

(підпис)

2025

(підпис, ім'я, прізвище)

Завідувачу кафедри  
Т.М. Фіталіно  
Т.КА.ЧУКЧ  
здобувача вищої освіти (студента  
ПФ, факультет «курс», «група»)  
Кривошець О.Р. ФІТА  
УР ПМТ-21

### 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 (StrikePlagiarism 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.

16.06.2025р  
дата

  
підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТН

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Термодинаміка Висока температура, частота, кореляція з параметрами  
 Автор Новолюбова О.О.  
 Освітня програма Термодинаміка та молекулярна фізика  
 Рівень вищої освіти бакалавр  
 Спеціальність Фізика  
 Науковий керівник: Романішин О.Т.

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим програмним засобом(ами) комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	✓
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби уникнути текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	

Підтвердження: Аудіо-редакція - 8%  
багаторазово вилучено - 5.5.1

Дата

Завідувач кафедри

С.К. Дмитрів ТКАЧУК  
 Підпис Ім'я, ПІРІЗВИЩЕ

Гарант освітньої програми

Володимир МІЛАВКА  
 Підпис Ім'я, ПІРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи

Олена РОМАНІШИН  
 Підпис Ім'я, ПІРІЗВИЩЕ

**РЕЦЕНЗІЯ**

на дипломний проект студента Ковальчук Д. Р.  
Тема проекту: Технологія виготовлення деталі «Черв'ячний вал НК  
25.52.282» з використанням верстатів з ЧПК

Тема дипломного проекту, та його зміст відповідають обраній спеціальності. Дипломний проект містить необхідні розділи, розрахунки та креслення згідно завдання.

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

Вибрав (економічно обґрунтувавши) метод виготовлення заготовки, в подальшому був розроблений маршрутний і технологічний процес механічного оброблення штока з використанням сучасного устаткування з ЧПК. 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.

В конструкторській частині розроблено конструкції пристроїв та спеціального інструменту для оброблювальних операцій.

Всі конструкторські рішення підкріплені розрахунками і заслуговують позитивної оцінки.

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

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

Вагомих недоліків в дипломному проекті не виявлено.

Дипломний проект, виконаний згідно завдання, у повному обсязі та на достатньому технічному рівні і заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: \_\_\_\_\_



Багак О.П.

« 11 » « 06 » 2025 р.

Реферат  
Дипломного проекту на тему:

Технологія виготовлення деталі " Черв'ячний вал НК 25.52.282" з  
використанням верстатів з ЧПК

Здобувач: Дмитро КОВАЛЬЧУК Керівник: к.т.н., доцент Ольга  
РОМАНШІНА

Випускна кваліфікаційна робота 65 с., 12 рис., 22 табл., 23 використаних  
джерел, 1 дод.

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

У дипломному проекті розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Черв'ячний вал НК 25.52.282», яка належить до деталей типу тіл обертання зі складною геометрією. Основна увага приділена вибору раціональної заготовки, обґрунтуванню методів базування, розробленню маршруту обробки з використанням сучасних токарних і фрезерних верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), підбору ріжучого інструменту та режимів різання. Розглянуто питання забезпечення точності виготовлення, якості поверхні, а також контролю готової деталі. У процесі проєктування застосовано САМ-систему Esprit для моделювання траєкторій інструменту та генерування керуючих програм для обробного обладнання. Запропоноване технологічне рішення спрямоване на підвищення продуктивності, стабільності якості й зниження собівартості виготовлення деталі.

Автор:

Дмитро КОВАЛЬЧУК

/Підпис/

## ЗМІСТ

Вступ		7
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ		8
1.1 Задачі дипломного проектування		8
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі		10
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт		12
2	ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	РОЗДІЛ
14		
2.1 Вибір методу отримання заготовки		14
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі		18
2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність		18
2.2.2 Вибір технологічних баз		20
2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі		21
2.2.4 Вибір металорізального інструменту		24
2.3 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні		25
2.4 Розрахунок режимів різання		28
2.5 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК в САМ Esprit		31
2.6 Оформлення технологічної документації		36
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ		37
3.1 Спеціальне механізоване оснащення		37
3.1.1 Вихідні дані пристрою		37
3.1.2 Кінематична схема пристосування		37
3.2 Розрахунок сили закріплення деталі та вибір циліндра. Розрахунок на точність. Розрахунок слабкої ланки на міцність		38
3.2.1 Розрахунок сили закріплення		38

<b>ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
Розроб.		Д. Ковальчук		
Перев.		Романішина		
Н. контр.		С. Бись		
Затв.		В. Ткачук		
Технологія виготовлення деталі " Черв'ячний вал НК 25.52.282" з використанням верстатів з ЧПК				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		н	5	
<b>ХНУ гр. ПМТ-21-1</b>				

**ДП.ПМ.ФІТА.10.25.ПЗ**

<b>Зм.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ документа</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>	Технологія виготовлення деталі " Черв'ячний вал НК 25.52.282" з використанням верстатів з ЧПК		
Розроб.	Д. Ковальчук						
Перев.	Романішина				Літера	Аркуш	Аркушів
					н	5	
Н. контр.	С. Бись				ХНУ гр. ПМТ-21-1		
Затв.	В. Ткачук						

3.2.2 Розрахунок слабкої ланки на міцність	40
3.2.3 Розрахунок на точність	41
3.3 Проектування калібру–скоби для контролю розміру Ø30 h7	43
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	45
4.1 Аналіз виявлених шкідливих та небезпечних факторів	45
4.2 Обґрунтування заходів щодо зниження рівнів впливу небезпечних та шкідливих факторів	48
4.3	Екологічна безпека
50	
4.4 Безпека	у надзвичайних ситуаціях
51	
ВИСНОВКИ	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	54
ДОДАТКИ	57

## ВСТУП

Сучасне машинобудування неможливо уявити без широкого впровадження високоточної обробки деталей за допомогою верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Одним із відповідальних елементів передавального механізму є черв'ячний вал — деталь, що входить до складу черв'ячної пари та служить для передавання обертового руху з великим передаточним числом.

У даному дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення деталі "Черв'ячний вал НК 25.52.282", яка характеризується складною просторовою геометрією, високими вимогами до точності та зносостійкості.

Проєкт включає аналіз конструкції деталі, вибір заготовки, розробку технологічного маршруту обробки, підбір обладнання, інструменту та режимів різання. Особливу увагу приділено застосуванню сучасного САМ-програмного забезпечення для генерації траєкторій різання та написання керуючих програм.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Задачі дипломного проектування

Черв'ячний вал є основним передавальним елементом у черв'ячному редукторі одноступінчастого типу, таким як SIEMENS MOTOX 110, і виконує ключову роль у забезпеченні зниження швидкості обертання та збільшення крутного моменту. Він входить у зачеплення з черв'ячним колесом і утворює так звану черв'ячну передачу.

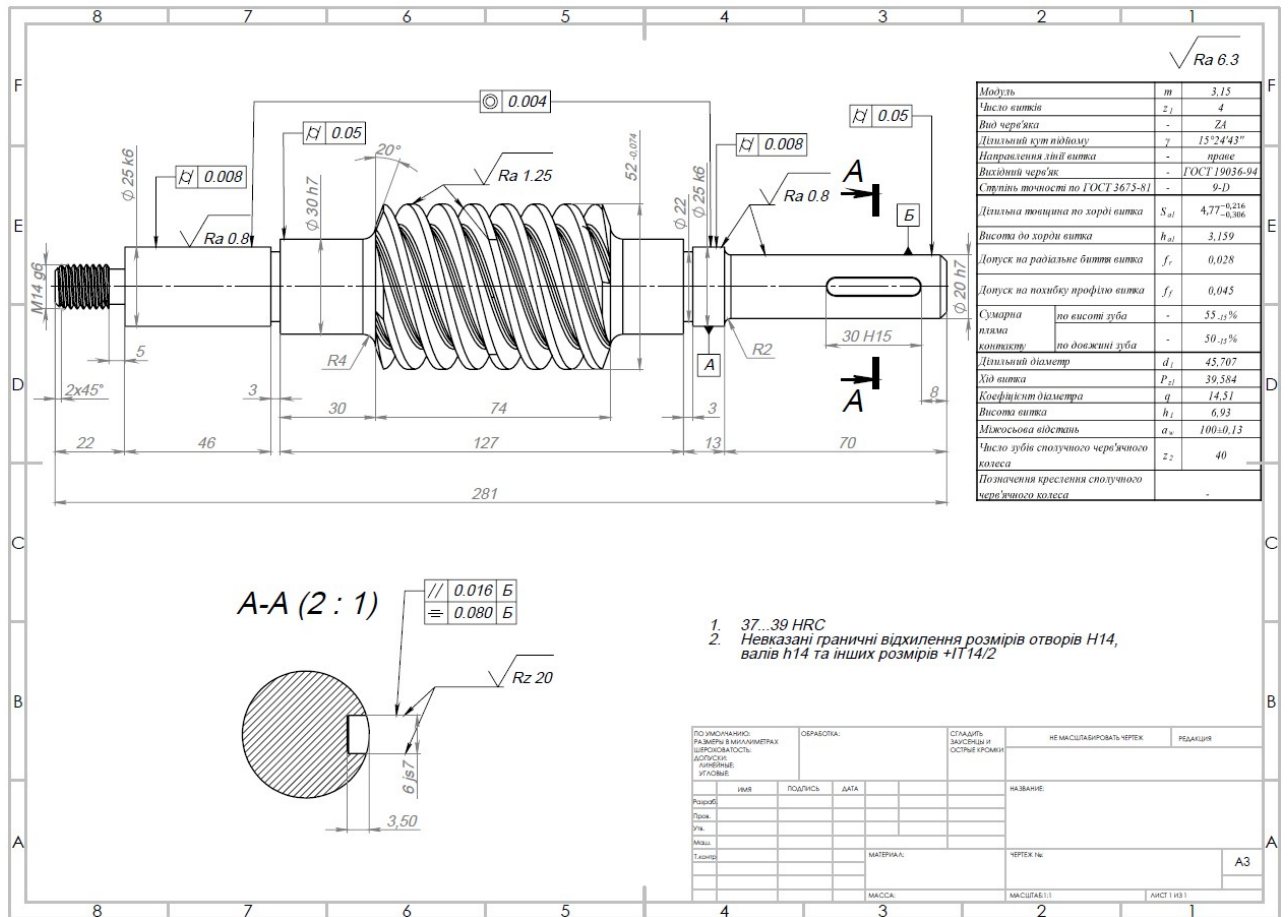


Рисунок 1.1 – деталь черв'ячний вал

Метою дипломного проектування є розроблення технологічного процесу виготовлення відповідальної машинобудівної деталі – черв'ячного вала НК 25.52.282, що застосовується в редукторах типу SIEMENS MOTOX 110, з використанням сучасного високопродуктивного технологічного обладнання –

верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Проєкт спрямований на досягнення високої якості обробки, дотримання жорстких вимог до точності, забезпечення надійності роботи передачі в експлуатаційних умовах.

У процесі дипломного проєктування необхідно вирішити такі основні задачі:

– Проаналізувати службове призначення та конструктивні особливості черв'ячного вала, виявити вимоги до точності, шорсткості, геометрії поверхонь, термічного зміцнення;

– Вибрати раціональну заготовку для виготовлення деталі з урахуванням матеріалу, припусків, продуктивності та економічності подальшої обробки;

– Розробити технологічний маршрут обробки на основі принципів мінімізації кількості установок, забезпечення точності базування та технологічної спадкоємності;

– Обґрунтувати вибір верстатів з ЧПК для реалізації основних етапів механічної обробки, включаючи токарні, фрезерні та шліфувальні операції;

– Підібрати сучасний ріжучий інструмент (Kennametal, Sandvik тощо), що забезпечує стійкість, точність та відповідну чистоту обробки при роботі з конструкційною сталлю;

– Виконати розрахунок режимів різання для кожної технологічної операції, визначити сили різання, потужність і необхідні параметри подачі;

– Розробити керуючі програми у САМ-системі (наприклад, Esprit), змоделювати траєкторії обробки та оптимізувати програму з урахуванням стратегії обробки;

– Запропонувати засоби контролю та вимірювання для перевірки геометричних параметрів і якості обробки (шорсткість, співвісність, циліндричність, профіль гвинтової поверхні);

– Передбачити заходи з охорони праці, безпеки працівників і охорони навколишнього середовища під час виконання обробки на верстатах з ЧПК.

Реалізація цих задач дозволить отримати ефективний, точний і стабільний у серійному виробництві технологічний процес виготовлення відповідальної деталі з урахуванням сучасних вимог до механічної обробки.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Черв'яковий редуктор служить для передачі крутного моменту між валами з осями, що схрещуються.

Черв'як являє собою ступінчастий вал з нарізаною на середній щаблі гвинтовою поверхнею. За ДСТУ 2458-94, прийнято умовне позначення типу черв'яка, черв'як має архімедову гвинтову поверхню. Гвинтова поверхня черв'яка повинна мати малу шорсткість для зменшення тертя у передачі; на цьому черв'яку шорсткість гвинтової поверхні — Ra 1,6. Також ця деталь має 2 точні шийки під підшипники. Точність цих шийок задана допуском на розмір (кб), допуском на відхилення форми (допуск на відхилення від циліндричності), допуском на взаємне розташування поверхонь (допуск на відхилення від співвісності). Для виключення перекосу підшипника після встановлення заданий допуск на відхилення від перпендикулярності торцевої поверхні, в яку впирається підшипник. Шпонковий паз також має досить високу точність і шорсткість (Ra3,2), так як шпонка є концентратором напруг і необхідно виключити надмірний зазор або натяг у цьому з'єднанні. Матеріал виготовлення черв'яка — сталь 50 (вуглецева конструкційна сталь) – легко піддається обробці різанням. Матеріал черв'яка повинен мати високу твердість, тому гвинтову поверхню черв'яка піддають загартування, після якого твердість становить HRC 56 ... 62 од.

Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням. На рис. 1.2 представлена систематизація поверхонь.

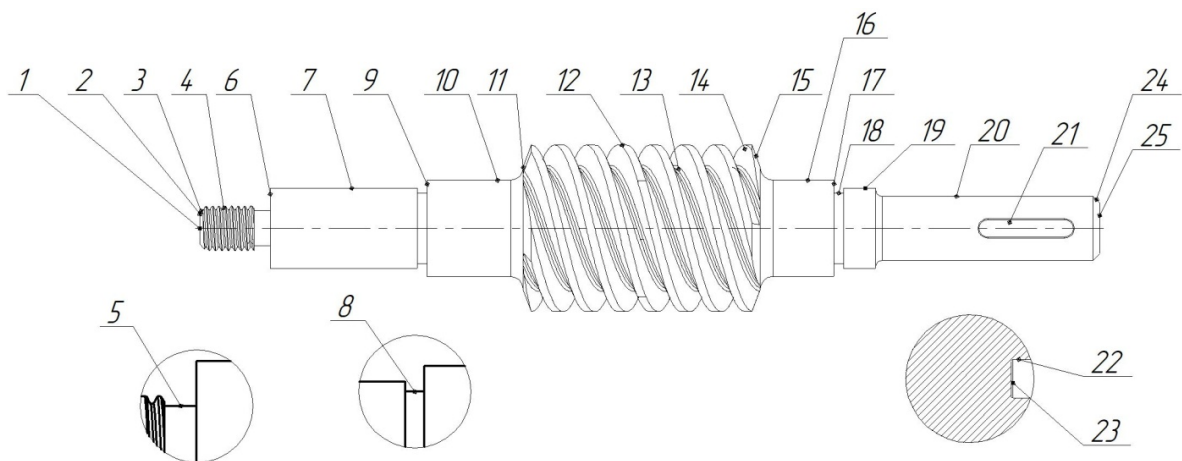


Рисунок 1.2 – Нумерація поверхонь

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

Таблиця 1.1 — Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням

	Вид поверхонь	Номери поверхонь
1	Виконавчі	21, 22, 23, 12, 13, 14
2	Основні конструкторські бази (ОКБ)	7, 19
3	Допоміжні конструкторські бази (ДКБ)	11,26
4	Вільні	решта

Термообробка: Нормалізація

Температура кування, °С: початку 1250, кінця 800. Перетину до 400 мм охолоджуються на повітрі.

Твердість матеріалу: НВ  $10^{-1} = 207$  МПа.

Зварюваність матеріалу: що важко зварюється. Способи зварювання: РДС.

Рекомендується підігрів та подальша термообробка.

Схильність до відпускнуї крихкості: не схильна.

Таблиця 1.2 — Механічні властивості поковок

Механічні властивості поковки ДСТУ 9182:2022						
Термо- обробка	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$ ( МПа)	$\sigma_b$ (МПа)	$\delta_5$ (%)	КСУ (Дж/см <sup>2</sup> )	НВ, не більше
Нормалізація	100-300	275	530	17	34	156-197
	до 100	315	570	17	39	167-207

$\sigma_{0,2}$  — межа текучості умовна, МПа

$\sigma_b$  — тимчасовий опір розриву (межа міцності при розтягуванні), МПа

$\delta_5$  — відносне подовження після розриву, %

$\psi$  — відносне звуження, %

КСУ — ударна в'язкість, визначена на зразку з концентраторами відповідно до виду U і V, Дж/см<sup>2</sup>

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

НВ — твердість по Бринеллю

### 1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом консолідації операції, який показує кількість різних операцій. Середнє значення по цеху (дільниці) для кожного робочого місця протягом місяця.

За даними ДСТУ-Н 7914:2015, були прийняті наступні коефіцієнти консолідації операції  $K_{з.о.}$ :

Масове виробництво -  $K_{з.о.} = 1$ ;

Багатосерійне -  $K_{з.о.} = 2 \dots 10$ ;

Середньосерійне -  $K_{з.о.} = 10 \dots 20$ ;

Дрібносерійне - Scale -  $K_{з.о.} = 20 \dots 40$ ;

Одиничне -  $K_{з.о.} > 10$ .

Тип виробництва визначаємо за коефіцієнтом закріплення операцій, який знаходимо за формулою 1.1:

$$K_{з.о.} = \frac{t_{\partial}}{t_{ис}}, \quad (1.1)$$

де  $t_{\partial}$  - такт випуску деталі, хв.;

$t_{ис}$  – середній штучно-калькуляційний час виконання операцій технологічного процесу, хв.

Такт випуску деталі визначаємо за такою формулою 1.2:

$$t_{\partial} = \frac{60 \cdot \Phi_{Д}}{N}, \quad (1.2)$$

де  $\Phi_{Д}$  — річний фонд часу роботи обладнання, хв.;

$N$  – річна програма випуску деталей.

Річний фонд часу роботи обладнання при двозмінному режим роботи:

$\Phi_{Д} = 4029$  год.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Тоді

$$t_{\theta} = \frac{60 \cdot 4029}{1500} = 161,16 \text{ хв}$$

Середній штучно-калькуляційний час на виконання операцій технологічного процесу визначаємо за формулою 1.3:

$$t_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{шк.i}}{n} = \frac{T_{ш.к.i} + T_{ш.к.i} + T_{ш.к.i}}{3} \quad (1.3)$$

$$t_{сер} = \frac{9,8 + 15,21 + 0,38}{3} = 8,05 \text{ хв.}$$

Тоді коефіцієнт закріплення операцій розрахуємо за формулою 1.4:

$$K_{з.о.} = \frac{t_{\theta}}{t_{сер}} \quad (1.4)$$

$$K_{з.о.} = \frac{161,16}{8,05} = 20,02.$$

Оскільки  $K_{з.о.} = 20,02 > 20$ , то тип виробництва дрібносерійний.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір методу отримання заготовки

При виборі методу одержання заготовки вирішальними факторами є: форма деталі, маса, матеріал, обсяг випуску деталей. Вибрати заготовку — означає встановити спосіб її отримання, намітити припуски на обробку кожної поверхні, розрахувати розміри та вказати допуски на неточність виготовлення. Від правильного вибору заготовки залежить трудомісткість та собівартість обробки.

При виборі вихідної заготовки спочатку формується група пріоритетних способів одержання заготовки на основі вихідної інформації деталі. Цей етап називається технічним. Потім із вибраних пріоритетних способів визначається шляхом розрахунку найбільш економічний спосіб отримання вихідної заготовки. Цей етап називається економічним.

Технічний етап.

Аналіз та класифікація вихідної інформації.

1) Тип виробництва — середньосерійне (СС).

2) Матеріал деталі – сталь 50. За ковкістю така сталь відноситься до групи – М2, отже сталь має задовільну ковкість.

3) Маса поковки. За кресленням деталі масу поковки в 1-ому наближенні можна визначити за такою формулою 2.1:

$$G_n = \frac{G_d}{K_{im}^{сер}} \quad (2.1)$$

$$G_n = \frac{1,593}{0,62} = 2,57 \text{ кг}$$

$K_{im}^{сер}$  приймається рівним 0,62 незалежно від способу формоутворення.

Класифікаційний індекс маси заготовки – G2.

4) Ступінь складності поковки. Визначається із відношення:

де  $C_n$  — маса (обсяг) поковки,  $C_\phi$  — маса (обсяг) геометричної фігури, якою можна описати поковку.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Геометрична фігура, що описує поковку – циліндр. При визначенні розмірів, що описує поковку геометричної фігури допускається виходити із збільшення в 1,05 рази габаритних лінійних розмірів деталі, що визначають положення оброблених поверхонь. Значить, діаметр  $D_{\text{цил}}=52 \cdot 1,05=54,6$  мм;  $L=282 \cdot 1,05=296,1$  мм.

Об'єм циліндра розраховуємо за формулою 2.2:

$$C_{\phi} = V_{\text{цил}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} L \quad (2.2)$$

$$C_{\phi} = \frac{3,14(54,6)^2}{4} 296,1 = 693288 \text{ мм}^3$$

$$C = \frac{C_n}{C_{\phi}} = \frac{204215}{693288} 0,295.$$

Значить класифікаційний індекс поковки за ступенем складності — С3.

5) Конструктивна форма. За конструктивною формою цю поковку можна віднести до групи К2 - осесиметричні, що штампуються вздовж осі, стрижневі, вал-шестерні.

6) Вагові коефіцієнти вихідних параметрів. Аналіз вихідних параметрів показує, що кожен параметр за своєю вагомістю (значущістю) по-різному впливає вибір способу гарячої об'ємної штампування. Значимість кожного вихідного параметра оцінюють, так званим, ваговим коефіцієнтом а [24].

Таблиця 2.1 — Значення вагового коефіцієнта

Вихідний параметр	Тип виробництва	Матеріал	Маса	Ступінь складності	Конфігурація
Позначення вагового коефіцієнта	$a_m$	$a_m$	$a_g$	$a_c$	$a_k$
Значення коефіцієнта	0,25	0,1	0,15	0,3	0,2

$$\sum a_1 = 0,25 + 0,1 + 0,15 + 0,3 + 0,2 = 1$$

Попередній вибір способів штампування методом бальної оцінки.

За кожним способом штампування по таблиці визначаємо сумарну кількість балів, що відповідають знайденим класифікаційним індексів формула 2.3.

$$B_{сум}^1 = a_T \cdot B_T^i + a_M \cdot B_M^i + a_8 \cdot B_8^i + a_C \cdot B_C^i + a_K \cdot B_K^i \quad (2.3)$$

Таблиця 2.2 — Способи штампування та їх бали

Спосіб штампування	Сумарна кількість балів
1. На молотах	$B_{сум}^1 = 0,2560,170,1570,3100,226,6$
2. На КГШП	$B_{сум}^1 = 0,2570,1100,1560,390,247,15$
3. На ГKM	$B_{сум}^1 = 0,25 \cdot 8 + 0,1 \cdot 9 + 0,15 \cdot 5 + 0,3 \cdot 4 + 0,2 \cdot 10 = 6,85$
4. На гвинтовому пресі	$B_{сум}^1 = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,55$
5. На гідравлічному пресі	$B_{сум}^1 = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 2 + 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 6 = 4,55$
6. Високошвидкісне штампування	$B_{сум}^1 = 0,25 \cdot 6 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 8 + 0,3 \cdot 6 + 0,2 \cdot 7 = 6,4$
7. Штампування рідкого металу	$B_{сум}^1 = 0,2580,110,15100,380,287,6$

Далі проводимо облік відносної продуктивності процесів та відносної технологічної вартості виробництва одиниці маси поковок різними способами гарячого об'ємного штампування. Визначаємо остаточний сумарний бал за формулою 2.4.

$$B_{сум}^{i0} = B_{сум} \cdot \frac{P_i}{C_{m_i}} \quad (2.4)$$

Де  $P_i$  – відносна продуктивність способу,

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

$St_i$  - відносна собівартість.

Таблиця 2.3 — Способи штампування та їх сумарні бали

Спосіб штампування	Сумарна кількість балів
1. На молотах	$B_{сум}^{i0} = \frac{6,65 \cdot 1}{1} = 6,65$
2. На КГШП	$B_{сум}^{i0} = \frac{7,15 \cdot 1,3}{0,9} = 10,33$
3. На ГKM	$B_{сум}^{i0} = \frac{6,85 \cdot 1,25}{0,8} = 10,7$
4. На гвинтовому пресі	$B_{сум}^{i0} = \frac{4,55 \cdot 0,9}{1,1} = 3,72$
5. На гідравлічному пресі	$B_{сум}^{i0} = \frac{4,5 \cdot 0,8}{1,4} = 2,6$
6. Високошвидкісне штампування	$B_{сум}^{i0} = \frac{6,4 \cdot 1,4}{1,15} = 7,79$
7. Штампування рідкого металу	$B_{сум}^{i0} = \frac{7,6 \cdot 0,6}{1,08} = 4,22$

Формування групи пріоритетних методів штампування.

Формуємо групу пріоритетних способів штампування за отриманими значенням  $B_{сум}^{i0}$ , включаючи способи, за якими отримано максимальну кількість балів, враховуючи й ті способи, якими різниця значень  $B_{сум}^{i0}$  від максимального  $B_{сум}^{max}$  не перевищує 30%. Відповідно до цього у пріоритетну групу увійдуть 2 способи: штампування на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП), та штампування на горизонтально-кувальній машині (ГKM). Різновид способу штампування – у відкритих штампах.

Далі з двох пріоритетних методів слід вибрати найбільше економічний.

Проектування поковки

1) Вибір положення та конфігурації площини роз'єму. Площину роз'єму вибираємо по осі симетрії деталі. Таке становище площини роз'єму, встановлене в площині найбільших габаритних розмірів, забезпечує найменшу глибину та

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

найбільшу ширину потоку штампу, полегшуючи їх заповнення та зменшуючи напуски. Єдиним недоліком даного розташування площини роз'єму є збільшення периметра та обсягу задирки.

2) Визначення класифікаційних індексів параметрів проекрованої поковки.

Приватні індекси наведені вище для вибору способу штампування, необхідно змінити згідно з ДСТУ EN 10250-1:2008 для проектування поковки.

- Група матеріалу М3;
- Ступінь складності С3;
- Клас точності поковки Т4.

Далі за новообраними класифікаційними індексами визначаємо узагальнений вихідний індекс за ДСТУ EN 10250-1:2008. Отримуємо, що для цієї поковки вихідний індекс – 14. Потім, виходячи з узагальненого вихідного індексу та розмірів деталі визначаємо основні та додаткові припуски на механічну обробку та складаємо креслення заготовки (рис.2.1).

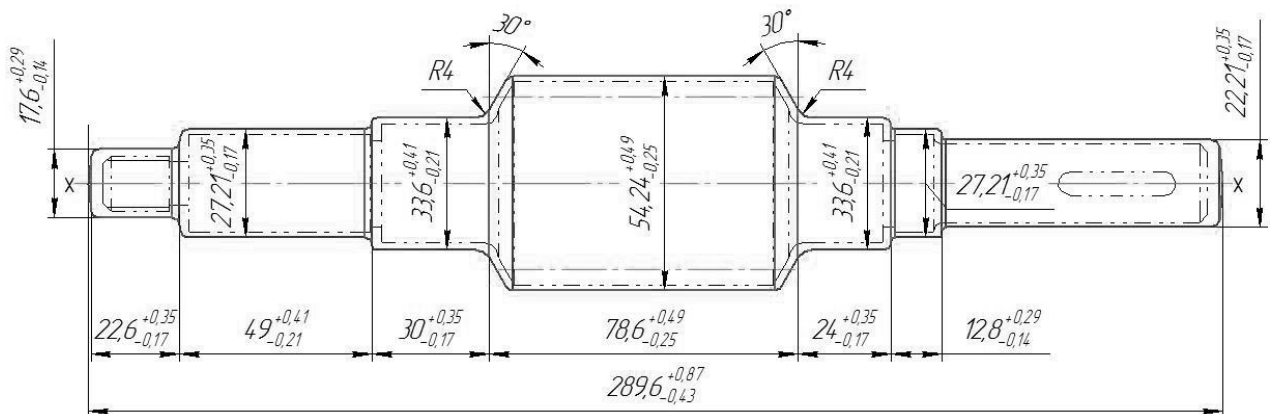


Рисунок 2.1 — Заготовка деталі

## 2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

### 2.2.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Мета аналізу – виявлення особливостей конструкції за даними креслень та технічних вимог, можливе покращення технологічності розглянутої конструкції [4].

До завдань аналізу входять зменшення трудо- та металоємності, прагнення обробки високопродуктивними методами. Поліпшення технологічності

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

конструкції дозволить знизити собівартість її виготовлення без шкоди для службового призначення. [4]

Технологічність конструкції деталей оцінюється кількісно з допомогою системних показників, що обчислюються за такими формулами:

коефіцієнт використання матеріалу, формула 2.5:

$$KBM = \frac{m_d}{m_z}, \quad (2.5)$$

де  $m_d$  - маса деталі,

$m_z$  - маса заготовки.

$$KBM = \frac{1,59}{2,39} = 0,67,$$

коефіцієнт точності обробки формула 2.6:

$$K_{m.o} = \frac{Q_{p.n.m}}{Q_p}, \quad (2.6)$$

де:  $Q_{p.n.m}$  – число розмірів необґрунтованої точності;

$Q_p$  – загальна кількість розмірів.

$$K_{m.o} = \frac{24}{30} = 0,8,$$

коефіцієнт шорсткості формула 2.7:

$$K_{ш} = \frac{Q_{p.n.ш}}{Q_n}, \quad (2.7)$$

де:  $Q_{p.n.ш}$  – кількість поверхонь необґрунтованої шорсткості;

$Q_n$  – загальна кількість поверхонь.

$$K_{ш} = \frac{87}{130} = 0,67$$

Коефіцієнт уніфікації:

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Уніфікованим називається такий елемент, який отримано на універсальному обладнанні з використанням універсального ріжучого та контрольований універсальним вимірювальним інструментом розраховано за формулою 2.8.

$$K_y = \frac{Q_{y.e}}{Q_e} \quad (2.8)$$

де  $Q_e$  – загальна кількість елементів;

$Q_{y.e}$  – кількість уніфікованих елементів.

$$K_y = \frac{15}{35} = 0,43$$

Висновок: За всіма розрахунковими коефіцієнтами та з проведення аналізу уніфікованих інструментів бачимо, що деталь є технологічною, так як 3 коефіцієнти з 4-х  $> 0,6$ .

### 2.2.2 Вибір технологічних баз

Раціональний вибір технологічних баз є одним з ключових чинників забезпечення точності виготовлення деталі, особливо для відповідальних деталей з підвищеними вимогами до співвісності, точності діаметрів і шорсткості, таких як черв'ячний вал.

Базування при чорновій токарній обробці: Для встановлення деталі використовуються центрувальні отвори, які забезпечують правильне розміщення за віссю. Це дозволяє обробити зовнішні поверхні та сформувати базові шийки з дотриманням геометричної точності.

Базування при фрезеруванні паза: Використовуються посадочні шийки  $\varnothing 25$  або  $\varnothing 20$ , які вже мають точні геометричні характеристики після чистової токарної обробки. Позиціонування по цим поверхням забезпечує правильне розміщення шпонкового паза відносно осі вала.

Базування при нарізанні черв'яка: за базу приймаються точні опорні шийки, оскільки профіль черв'ячної гвинтової поверхні повинен бути строго співвісним до

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

осі обертання. Важливо забезпечити повторювану установку на обробному центрі з ЧПК (через патрон або центр).

Базування при шліфуванні: використовується двоточкове центрування по центрувальних отворах та підтримка люнетом. Це дозволяє досягти високої точності (0,005...0,008 мм) та забезпечити співвісність опорних шийок і черв'яка.

Базування при контролі: контроль здійснюється шляхом встановлення деталі у прецизійні центри, аналогічно до шліфувальних операцій. Це забезпечує однаковість вимірювальних умов і дозволяє достовірно оцінити відхилення від заданих розмірів та геометричних параметрів.

### 2.2.3 Проектування маршруту оброблення поверхонь деталі

Розглянемо маршрутну карту аналогового технологічного процесу (рис. 2.2), сконцентрувавши увагу на важливих пунктах.

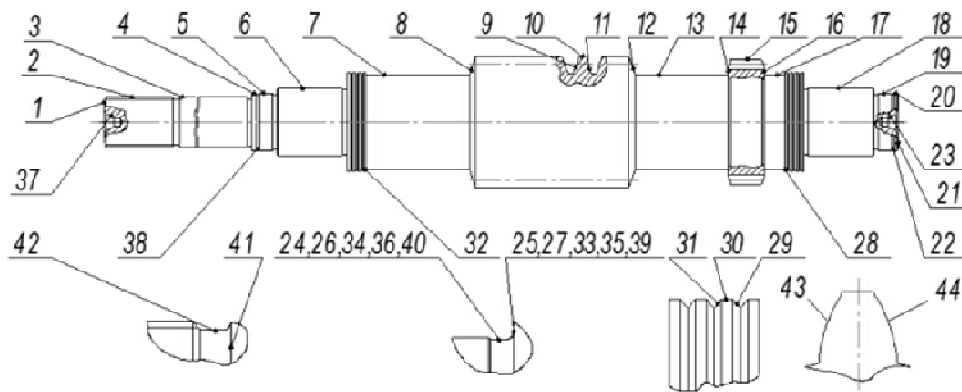


Рисунок 2.2 – Ескіз деталі на аналоговому технологічному процесі

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Маршрутна технологія аналогового технологічного процесу

№ оп.	Найменування операції	Сучасне обладнання	Зміст операції
005	Заготовельна (штампування)	 КГШП	Штампувати заготовку
010	Центрування і базування	Верстат DMG CTX 310 	Центрування торців і свердління центрових отворів (із ЧПК-позиціонуванням)
015	Чорнова токарна обробка	DMG CTX 310 	Точіння Ø44 мм, формування баз, попереднє обточування посадкових шийок
020	Чистова токарна обробка	HAAS ST-20Y з приводним інструментом 	Чистове точіння Ø25 k6, Ø20 H15, нарізання різьби M14×1.5, Ra = 0,8
025	Фрезерування шпонкового паза	Обробний центр HAAS VF-2 	Фрезерування паза 5×5×13 зі шліфованим інструментом (Ra 3,2)

			
030	Нарізання черв'яка	Обробка з G-кодом (Esprit) + CAM	Фрезерування черв'ячної поверхні ( $m = 3,15$ , $z_1 = 1$ ), $Ra = 1,25$
035	Термообробка	Індукційне гартування	Гартування поверхні черв'яка до HRC 37...39
040	Шліфування опорних шийок	Круглошліфувальний Studer S33 	Шліфування $\varnothing 25$ і $\varnothing 20$ до 0,008 мм, $Ra = 0,4$
045	Контроль якості	Координатно-вимірювальна машина ZEISS 	Контроль геометрії, профілю черв'яка, співвісності, шорсткості, паза
45	Миття та упаковка	Установка мийна автоматична	Промивання деталі від змащення, сушіння, нанесення консерваційного мастила

Даний типовий технологічний процес повністю нам підходить. На точність механічної обробки значний вплив має похибка базування на верстатах. Перевагою цього технологічного процесу є те, що для обробки використовується універсальне обладнання та універсальне оснащення. У свою чергу, недолік цього технологічного процесу очевидний: дуже тривалий цикл обробки, велика кількість верстатів.

Його модифікуємо шляхом впровадження верстатів із ЧПУ на токарних операціях.

## 2.2.4 Вибір металорізального інструменту

Вибір інструментів для оброблення черв'ячного вала НК 25.52.282

Деталь: Черв'ячний вал НК 25.52.282

Матеріал: Сталь 50, термооброблена до HRC 37–39

Дільний діаметр: Ø45,707 мм | Модуль: 3,15 | Крок: 9,9 мм | Кількість заходів: 1

Шорсткість гвинтової поверхні: Ra 1,25 | Шийки: Ra 0,8

Таблиця 2.5 – Перелік інструментів за операціями

№	Операція	Тип інструменту	Марка / приклад
1.	Центрування	Центрувальне свердло Ø6 	P6M5, кут 120°, Sandvik 880-D060
2.	Чорнове точіння	Прохідний різець з СРП 	Kennametal SVJCL 2525M16 + VNMG 160404
3.	Чистове точіння	Різець для чистової обробки	Sandvik CoroTurn 107 + DCMT 11T304

			
4.	Нарізання різьби	Різьбонарізний різець 	CoroThread 266, пластина 16ER AG60-PF
5.	Торцювання	Торцевий різець	SCLCR / Sandvik або HSS
6.	Обробка шпонкового паза	Пальцева фреза Ø5 	CoroMill Plura Ø5, TiAlN
7.	Нарізання черв'яка	Модульна черв'ячна фреза 	Sandvik CoroMill 176, m=3,15, Ø80, H13A
8.	Термічна обробка	—	Гартування до HRC 37– 39
9.	Шліфування шийок	Шліфувальний круг	BK46CM, Ø250×32×76, Ra=0.4
10.	Фаски 2×45°	Фасочний різець	ISO E-type
11.	Контроль	Мікрометри, калібри, шаблони	МК 25, калібр-скоба, шаблон профілю

### 2.3 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні.

Розрахунок припуску на механічну обробку посадкової поверхні під підшипник Ø25к6<sup>(+0,005/+0,002)</sup>.

Шорсткість поверхні деталі  $\sqrt{Ra0,8}$ , допуск на розмір деталі  $\delta_{дет}=0,013\text{мм}$ , відхилення форми не виходять за межу допуску діаметра деталей.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

Шорсткість поверхні заготовки  $\sqrt{Ra40}$ , допуск на діаметр по 14-му квалітету  $\delta_{заг}$  (IT 14) = 0,52мм = 520 мкм.

Для отримання розміру циліндричної поверхні шийки валу з необхідною точністю необхідно в результаті обробки забезпечити отримання уточнення формула 2.9.

$$\epsilon_{дет} = \frac{\delta_{заг}}{\delta_{дет}} \quad (2.9)$$
$$\epsilon_{дет} = \frac{520}{13} = 40$$

і шорсткості поверхні  $\sqrt{Ra0,8}$ .

Основним методом обробки поверхонь валів, що дозволяє отримати необхідну точність та шорсткість поверхні є кругле шліфування Але заготовки, що надходять на шліфування, повинні мати діаметральний розмір з допуском, меншим  $\delta_{заг} = 0.52\text{мм}$ , і приблизно відповідним 9-му квалітету (h9), тобто  $\delta_{чист} = 0,052\text{мм}$ , і з шорсткістю поверхні  $\sqrt{Ra1,6}$ .

Кругле шліфування економічно може дати уточнення:

$$\epsilon_{шліф} = \frac{\delta_{чист}}{\delta_{дет}} = \frac{0,052}{0,013} = 4.$$

Зіставляючи цю величину з необхідною  $\delta_{дет} = 40$ , бачимо, що здійснити перехід від заготовки до готової деталі шляхом одного переходу не є можливим. Необхідно знайти ще один або кілька методів обробки, які б забезпечили отримання величини уточнення, що залишилася:

$$\epsilon_{ост} = \frac{\delta_{дет}}{\delta_{шліф}} = \frac{40}{4} = 10.$$

Для обробки штампованої заготовки вибираємо чорнове точіння. Чорнове точіння при економічній обробці може дати уточнення:

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{\text{чорн.точ}} = \frac{\delta_{\text{заг}}}{\delta_{\text{чорн.точ}}} = \frac{0,52}{0,21} = 2,48.$$

Допуск на діаметральний розмір після чорнового точіння визначено за 12-м квалітетом (h12)  $\delta_{\text{чорн.точ}} = 0,21$  мм.

Як видно, величина уточнення 2-х намічених операцій дорівнює:

$$\varepsilon_{\text{отр}} = \varepsilon_{\text{шліф}} \cdot \varepsilon_{\text{чорн.точ}} = 4 \cdot 2,48 = 9,92,$$

замість необхідного  $\varepsilon_{\text{дет}} = 40$ , отже, між чорновим точінням і круглим шліфуванням необхідно ввести ще обробку, яка б давала уточнення:

$$\varepsilon_{\text{чист}} = \frac{\delta_{\text{дет}}}{\delta_{\text{отр}}} = \frac{40}{9,92} = 4,03.$$

В якості такої обробки можна застосувати чистове точіння. Чистове точіння при економічній обробці може дати уточнення:

$$\varepsilon_{\text{чист.точ}} = \frac{\delta_{\text{чорн.точ}}}{\delta_{\text{чист.точ}}} = \frac{0,21}{0,052} = 4,04.$$

Таким чином, для отримання необхідної точності діаметра шийки валу, заготовка повинна пройти 3 операції:

- 1) чорнове точіння  $\delta_{\text{чорн.точ}} = \varepsilon_1 = 2,48$ ;
- 2) чистове точіння  $\delta_{\text{чист.точ}} = \varepsilon_2 = 4,04$ ;
- 3) кругле шліфування  $\delta_{\text{шліф}} = \varepsilon_3 = 4$ .

В результаті обробки загальне уточнення:

$$\varepsilon'_{\text{ост}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 2,48 \cdot 4,04 \cdot 4 = 40,08.$$

Встановивши послідовність обробки, вибравши методи обробки, розрахуємо припуски та міжперехідні розміри.

Розрахунок припусків на механічну обробку ведеться з використанням таблиці 2.6 (розрахункової картки):

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

Таблиця 2.6 – Розрахункова карта  $\varnothing 25k6^{(+0,005/+0,002)}$

Технологічні переходи при обробці поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $Z_{i-1}^{np}$	Розрахунковий розмір, мкм	Допуск $\delta_1$ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	$Rz_{(i-1)}$	$T_{(i-1)}$	$\rho_{(i-1)}$	$\epsilon_i$				$a_{min}^{np}$	$a_{max}^{np}$	$Z_{min}^{np}$	$Z_{max}^{np}$
Циліндрична поверхня валу $\varnothing 25k6^{(+0,005/+0,002)}$											
Вихідна заготовка – IT14	160	200	472	-	-	27,04	520	27,04	27,56	-	-
Чорнове точіння – h12	40	50	28	-	2·832	25,376	210	25,38	25,59	1660	1970
Dd h9	10	40	19	-	2·118	25,14	52	25,14	25,192	240	398
	5	15	9	-	2·69	25,0002	13	25,002	25,015	138	177
Всього										2038	2545

#### 2.4 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання є одним із основних етапів проектування технологічного процесу. Режими різання визначаються глибиною різання –  $t$  мм, подачею –  $s$  мм/об та швидкістю різання –  $v$  м/хв, які мають значний вплив на точність та якість оброблюваної поверхні, продуктивність та технологічну собівартість обробки.

При обробці поверхні на попередньо налаштованому верстаті глибина різання дорівнює припуску на заданий розмір цієї поверхні виконуваного технологічного переходу.

Подача має бути встановлена максимально допустимою. При чорновій обробці вона обмежується міцністю та жорсткістю елементів технологічної системи верстата, а при чистовій та оздоблювальній – точністю розмірів та шорсткістю оброблюваної поверхні. Визначена розрахунком або за нормативами подання має відповідати паспортним даним верстата [22].

Швидкість різання залежить від обраної глибини різання, подачі, якості та марки оброблюваного матеріалу, геометричних параметрів різальної частини інструменту та ряду інших факторів.

При призначенні режимів різання слід враховувати вид обробки, тип та розміри інструменту, матеріал його різальної частини, матеріал заготовки, тип та стан верстата.

Таблиця 2.7– Зведені дані режимів різання

Номер операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання $t$ , мм	Довжина різання $l_{\text{різ}}$ , мм	Подача $S_0$ , мм/об		Швидкість $V$ , м/хв		Частота обертання, $\text{хв}^{-1}$		Хвилинка подача $S_M$ , мм/хв
				Розрахункова	Прийнята	Розрахункова	Прийнята	Розрахункова	Прийнята	
010	<u>Токарна з ЧПУ</u>									
	Точитиначорно:									
	1.Точити фаску $2 \times 45^\circ$	0,8	3,5	0,4	0,4	125,5	125,5	1800	1800	
	2.Точити шию черв'яка $\varnothing 20$	0,8	68	0,4	0,4	208,5	125,5	2990	1800	
	3.Підрізатиторець	2	2,5	0,4	0,4	125,5	125,5	1800	1800	
	4.Точити шийку черв'яка $\varnothing 25$	0,8	13	0,4	0,4	141	141	1800	1800	
	5.Підрізати торець	0,8	2,5	0,4	0,4	141	141	1800	1800	
	6.Точити шийку черв'яка $\varnothing 30$	1,3	24	0,4	0,4	170	170	1800	1800	
	7.Підрізати торець	2	2,5	0,4	0,4	170	170	1800	1800	
	8.Точити фаску $4 \times 30^\circ$	0,8	4	0,4	0,4	290	290	1800	1800	
	9.Точити шийку черв'яка $\varnothing 52$	0,8	68	0,4	0,4	290	290	1800	1800	
	Точити начисто:									
	10.Точити фаску $2 \times 45^\circ$	0,2	2	0,1	0,1	125,5	125,5	1800	1800	
		0,2	68	0,1	0,1	125,5	125,5	1800	1800	

	11.Точити шийку черв'яка Ø20	0,5	2,5	0,1	0,1	125,5	125,5	1800	1800
	12.Підрізати торець	0,2	13	0,1	0,1	141	141	1800	1800
	13.Точити шийку черв'яка Ø25	0,5	2,5	0,1	0,1	125,5	125,5	1800	1800
	14.Підрізати торець	0,5	24	0,1	0,1	170	170	1800	1800
	15.Точити шийку черв'яка Ø30	0,5	2,5	0,1	0,1	170	170	1800	1800
	16.Підрізати торець	0,2	4	0,1	0,1	290	290	1800	1800
	17.Точити фаску 4×30°	0,5	68	0,1	0,1	290	290	1800	1800
	18.Точити шийку черв'яка Ø52								
015	<u>Токарна з ЧПУ</u> Точити начорно: 1.Точити фаску 2×45° 2.Точити шию вала Ø14 3.Підрізати торець 4.Точити шийку черв'яка Ø25 5.Підрізати торець 6.Точити шийку черв'яка Ø30 7.Підрізати торець 8.Точити фаску	0,8 1,3 2 0,8 2 1,3 2 0,4	3,5 22 2,5 49 2,5 30 2,5 4	0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4	0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4 0,4	125,5 79 100 141 141 170 170 290	125,5 79 100 141 141 170 170 290	1800 1800 1800 1800 1800 1800 1800 1800	1800 1800 1800 1800 1800 1800 1800 1800

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						35

	4×30° Точити начисто:									
	9. Точити фаску 2×45°	0,2	2	0,1	0,1	79	79	1800	1800	
	10.Точити шийку черв'яка Ø14	0,2	22	0,1	0,1	79	79	1800	1800	
	11.Підрізати торець	0,5	2,5	0,1	0,1	100	100	1800	1800	
	12.Точити шийку черв'яка Ø25	0,2	49	0,1	0,1	141	141	1800	1800	
	13.Підрізати торець	0,2	2,5	0,1	0,1	141	141	1800	1800	
	14.Точити шийку черв'яка Ø30	0,5	30	0,1	0,1	170	170	1800	1800	
	15.Підрізати торець	0,5	2,5	0,1	0,1	170	170	1800	1800	
	16.Точити фаску 4×30°	0,5	4	0,1	0,1	290	290	1800	1800	
	17.Нарізати різьбу	0,35	17	2	2	79	79	1800	1800	
020	<u>Шпоночно-фрезерна</u>									
	1. Фрезерувати паз	0,3	30	0,3	0,3	146,4	75	7750	4000	800
045	<u>Шліфувальна.</u>									
	1. Шліфувати шийку черв'яка.	0,19	49	0,005	0,005	35	35	445	445	
	2. Шліфувати торець.	0,41	3	0,005	0,005	35	35	445	445	

## 2.5 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК в САМ Esprit

Процес створення керуючої програми в середовищі САМ Esprit розпочинається з імпорту або створення 3D-моделі деталі. У випадку токарної обробки (наприклад, деталі типу "черв'ячний вал"), достатньо 2D-ескізу профілю обертання у форматі \*.dxf, \*.igs або \*.step.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ					Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						36

Після імпорту деталі виконується налаштування координатної системи обробки (WCS). Як правило, початок координат обирається у торцевій точці базової поверхні, співвісно з віссю обертання деталі.

Далі створюється заготовка, для якої задаються:

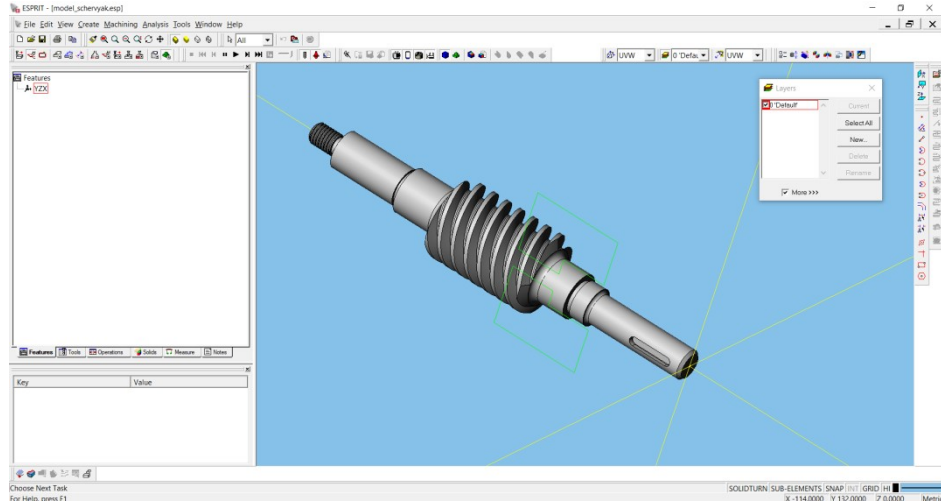


Рисунок 2.3 – 3D-модель деталі

На етапі налаштування виконується завдання параметрів заготовки, визначення її положення у просторі та встановлення нуля обробки.

Задання заготовки (Stock):

Обирається тип заготовки — суцільний циліндр, напівфабрикат після попередньої обробки або сортовий прокат. Визначаються основні геометричні параметри заготовки: зовнішній діаметр, довжина та технологічні припуски на обробку.

Розміщення деталі:

Встановлюється орієнтація заготовки у робочому просторі верстата. Визначається, на яку глибину деталь буде затиснута у патрон, а також її положення відносно осей X та Z. Це критично важливо для правильного формування траєкторії обробки.

Встановлення нуля обробки (Workpiece Zero):

Задається координатна система обробки (WCS), яка використовується для усіх наступних операцій. Зазвичай нуль програми встановлюється на торцевій поверхні

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

деталі по осі Z та по центру обертання по осі X, що відповідає загальноприйнятій практиці обробки на токарних верстатах з ЧПК.

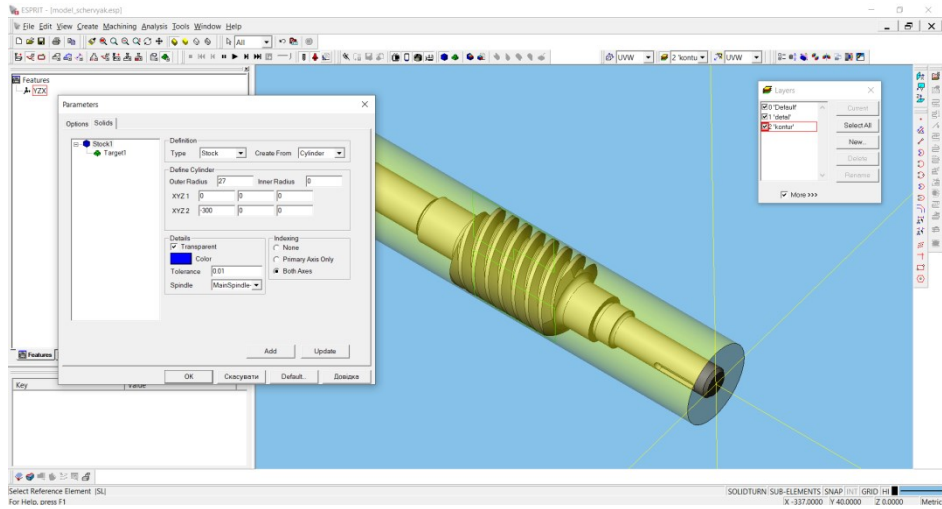


Рисунок 2.4 – Задавання заготовки (Stock)

1. Обрано вид оброблення – «Чорнове оброблення» (рис. 2.5).

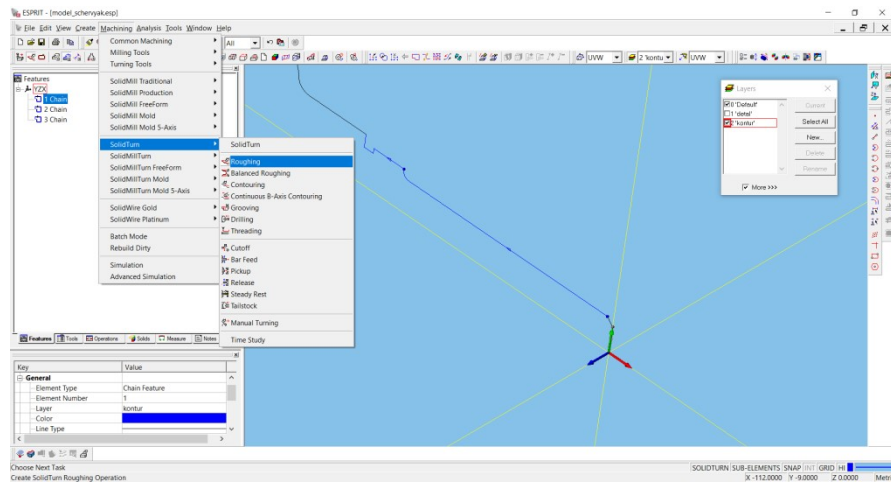


Рисунок 2.5 – Проведення вибору виду оброблення

2. Обрано металообробний інструмент та встановлено його параметри (рис. 2.6).

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

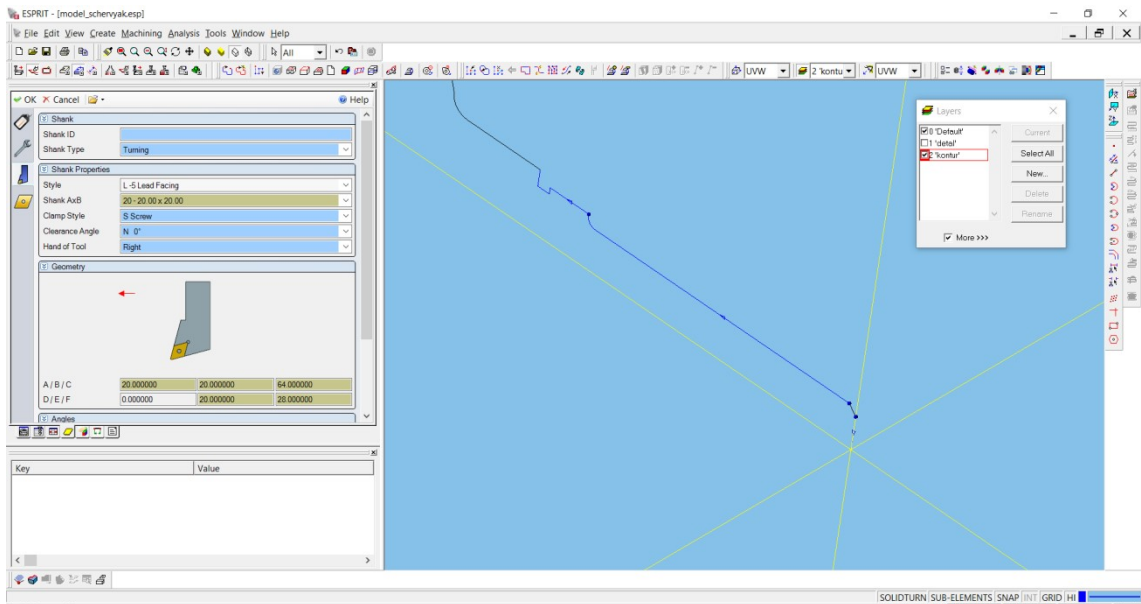


Рисунок 2.6 – Вибір оброблювального інструменту та його параметрів

3. Згідно із розрахунками обрано режими різання (рис 2.7).

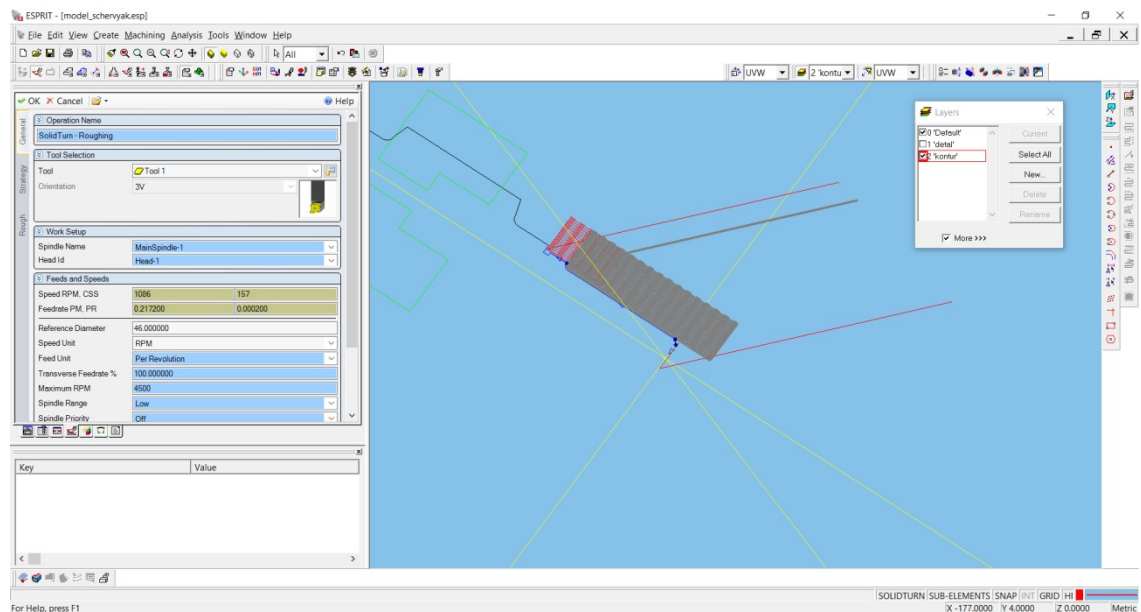


Рисунок 2.7 – Проведення вибору режимів оброблення

4. Для оброблення контуру деталі автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту (рис 2.8).

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

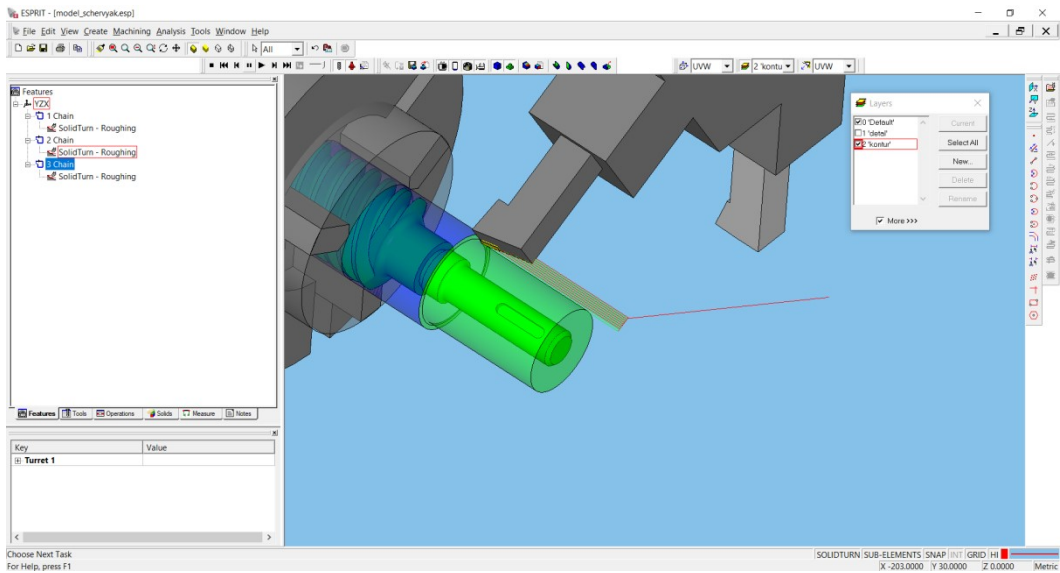


Рисунок 2.8 – Рух металорізального інструменту траєкторією при обробленні контуру корпусу

5. Виконання автоматичного генерування програми оброблення на верстаті з ЧПУ у G–M кодах за допомогою постпроцесору (рис 2.9).

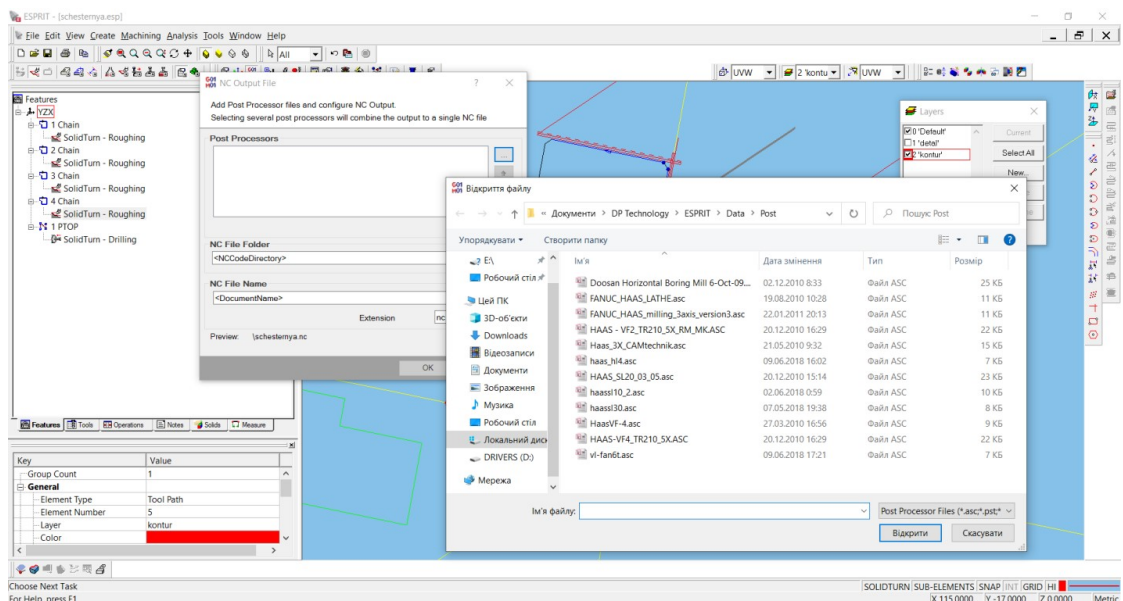


Рисунок 2.9 – Проведення автоматичного генерування програми оброблення в G–M коді

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ

Арк.

40

## 2.6 Оформлення технологічної документації

Після розробки технологічного процесу механічної обробки оформлюється комплект технологічної документації відповідно до вимог нормативів ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 «Єдина система технологічної документації» та ДСТУ-Н 7914:2015 «Система технологічної документації».

До складу цієї документації входять такі документи:

Маршрутна карта (МК) – визначає послідовність виконання технологічних операцій та взаємозв'язок між ними під час виготовлення деталі.

Операційна карта (ОК) – містить детальний опис конкретної технологічної операції, включаючи всі переходи та режими обробки.

Карта типового технологічного процесу (КТТП) – узагальнює технологічний процес для групи однотипних виробів.

Карта ескізів (КЕ) – подає графічну інформацію, що ілюструє зміст технологічних операцій або переходів; її структура та формат визначаються розробником.

Увесь комплекс документації наведено в додатку Б.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Спеціальне механізоване оснащення

Пристрій, розроблений для фрезерної операції (055), призначений для затиску оброблюваної деталі призмах. Оброблювана деталь встановлюється призми, після чого здійснюється притиск деталі прихватом (важіль), на який у свою чергу надає вплив шток пневмоциліндра, що виключає можливість провертання та переміщення вздовж осі валу. Головна вимога, яку необхідно забезпечити, чи є достатня сила притиску. Поряд з попередньою вимогою потрібно забезпечити точність та міцність усіх елементів пристосування [2].

##### 3.1.1 Вихідні дані пристрою

Потужність, що витрачається на різання:  $N_{\text{різ}}=1,18\text{кВт}$ ;

Сила різання  $P_z=576\text{Н}$ ;

Діаметр шийки валу у призмі:  $d=30\text{мм}$ ;

Тиск стисненого повітря у системі:  $p=0.5\text{Мпа}$

##### 3.1.2. Кінематична схема пристосування

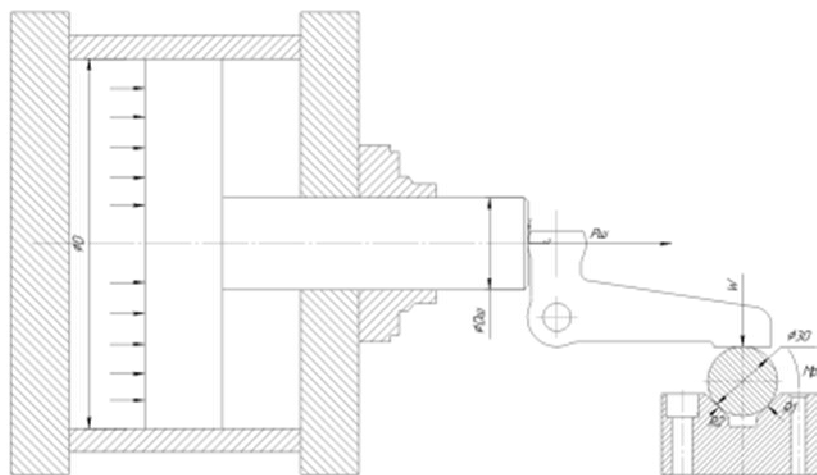


Рисунок 3.1 – Кінематична схема пристосування

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

3.2 Розрахунок сили закріплення деталі та вибір циліндра. Розрахунок на точність. Розрахунок слабкої ланки на міцність

### 3.2.1 Розрахунок сили закріплення

Рівняння рівноваги заготовки на основі кінематичної схеми представлено формулою 3.1:

$$KM_p = M_{mp.1} + M_{mp.2} = W_{f1}r + W_{fnp}r, \quad (3.1)$$

Сила затиску розраховується за формулою 3.2:

$$W = \frac{kM_p}{r(f_1 + f_{np})}; \quad (3.2)$$

де  $f_1 = 0,25$  – коефіцієнт тертя між прихватом і деталлю.

$f_{np}$  – коефіцієнт прихвату заходиться за формулою 3.3.

$$f_{np} = f_1 \frac{1}{\sin(\alpha/2)} \quad (3.3)$$

$$f_{np} = 0,25 \frac{1}{\sin(45)} = 0,35$$

$M_p$  – момент обробки розраховується за формулою 3.4:

$$M_p = P_z r \quad (3.4)$$

$$M_p = 576 \cdot 0,015 = 8,64 \text{ Нм}$$

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 = 1,5 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,808.$$

$k_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $k_1 = 1,3$  - коефіцієнт, що враховує зростання сил обробки при затупленні інструменту,  $k_2 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність сил різання, через непостійність припуску, що знімається,  $k_3 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує зміну сил обробки при переривчастому різанні (для

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

торцевого фрезерування),  $k_4 = 1$  – коефіцієнт, що враховує непостійність сил затиску, що розвиваються приводами.

Потрібна сила затиску дорівнює:

$$W = \frac{2,808 \cdot 8,64}{0,015 \cdot (0,25 + 0,35)} = 2695 \text{ H};$$

Знаходимо силу пристосування:

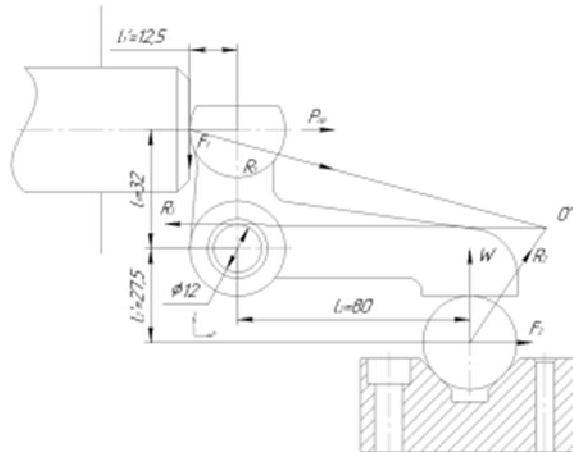


Рисунок 3.2 – Схема сил пристосування

Рівняння рівноваги важеля:  $\Sigma M_0 = 0$ ;

$$P_{пр}l_1 + F_1l_1' + R_3\rho + Wl_2 + F_2l_2' = 0;$$

$$F_1 = P_{пр}f_1; \quad F_2 = P_{пр}f_2; \quad R_3 = 0,4P_{пр} + 0,96W.$$

Радіус круга тертя в цапфі знаходиться за формулою 3.5:

$$R = f \cdot r \tag{3.5}$$

$$R = 0,2 \cdot 6 = 1,2 \text{ мм.}$$

$$P_{пр} = \frac{W(l_2 + f_2l_2' + 0,96\rho)}{l_1 + f_1l_1' + 0,4\rho} \tag{3.6}$$

$$P_{пр} = \frac{2695 \cdot (80 + 0,25 \cdot 27,5 + 0,96 \cdot 1,2)}{32 + 0,15 \cdot 12,5 + 0,4 \cdot 1,2} = 6905 \text{ H};$$

Сила на штоку пневмоциліндра розраховується з а флормулою 3.7:

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		44

$$P_{uz} = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta - P_n, \quad (3.7)$$

звідки діаметр циліндра

$$D = \sqrt{\frac{4(P_{uz} + P_n)}{\pi p \eta}} = \sqrt{\frac{4(6905 + 299)}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,142 \text{ м} = 142 \text{ мм}$$

де  $P_{uz} = P_{uz}$  – сила на штоку,

$P_n$  – сила опору зворотної пружини:

$$P_n = c \Delta x \quad (3.8)$$

$$P_n = 14,93 \cdot 20 = 299 \text{ Н}$$

$p$  – тиск стисненого повітря,  $\eta$  – ККД циліндра.

Приймаємо циліндр із  $D=160$ мм, з ряду стандартних,  $d_{шт}=40$ мм.

### 3.2.2 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Найбільш навантаженою ланкою у системі є вісь, навколо якої робить поворот важіль.

Сила, що діє на вісь дорівнює реакції:

$$R_3 = 0,4 P_n + 0,96 W \quad (3.9)$$

$$R_3 = 0,4 \cdot 6905 + 0,96 \cdot 2695 = 5349,2 \text{ Н}$$

Вісь сприймає радіальне навантаження, яке створюватиме напругу зрізу в осі на стику важеля та місця кріплення осі.

Умова міцності осі на зріз:  $\tau_{cp} \leq [\tau_{cp}]$ ;

$$\tau_{cp} = \frac{R_3}{S_n} = \frac{R_3}{\pi d^2 / 4} \quad (3.10)$$

$$\tau_{cp} = \frac{5349,2}{3,14 \cdot 0,012^2 / 4} = 47,3 \text{ МПа}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$[\tau_{cp}] = 85 \text{ МПа}$  – допустима напруга зрізу стали 45 після відпалу.

$\tau_{cp} = 47,3 \leq [\tau_{cp}] = 85$ , отже міцність елемента буде достатньою.

### 3.2.3 Розрахунок на точність

Точність обробки заготовок значною мірою залежить від правильного призначення вимог до точності виготовлення пристосувань.

На точність обробки впливає ряд технологічних факторів, які викликають сумарну похибку. Найбільш суттєвими з них є:

$\varepsilon_{\delta}$ - похибка базування заготовки у пристосуванні;

$\varepsilon_3$ - похибки, що виникають в результаті деформації заготовки при закріпленні;

$\varepsilon_{yc}$ - похибка установки пристосування на верстаті;

$\varepsilon_{np}$  – похибки, що виникають в результаті неточності виготовлення пристосування;

$\varepsilon_{ц}$  – похибки, що викликаються в результаті зносу деталей пристосування;

$W$  – табличне значення середньої економічної точності для аналізованого методу обробки деталі у пристосуванні.

Сумарна похибка обробки визначається як сума всіх перерахованих вище складових і має бути меншою за допуск на розмір деталі, а їх різниця є допустимою похибкою виготовлення пристосування:

$$\sum \varepsilon_{об} \leq T; \varepsilon_{об} \leq T - \sum \varepsilon_{об}$$

Таким чином, похибка, допустима для даного пристрою і викликана неточністю його виготовлення, може бути визначена за формулою 3.11:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K \sqrt{(K_1 \varepsilon_b)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_u^2 + (K_2 W)^2} \quad (3.11)$$

де  $K$ -коефіцієнт зменшення похибки  $\varepsilon_{\delta}$  внаслідок не абсолютної рівності дійсних розмірів настановної поверхні:

$$K_1 = 0,8-0,85; \quad K_2 = 0,6-0,8;$$

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Похибка базування  $\Sigma\delta$  – відхилення фактично досягнутого положення заготовки при базуванні від необхідного.

Похибка базування даної схеми установки розраховується з аформулою 3.12:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5ITd \left( \frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right), \quad (3.12)$$

де  $ITd$  – допуск розмір;

$2\alpha=90^{\circ}$ - кут призми;

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,0052 \cdot \left( \frac{1}{0,707} + 1 \right) = 0,0062 \text{ мм} = 662 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення чистової обробки  $\varepsilon_3=0,05\text{мм}$ ;

Похибка  $\varepsilon_{yc}$  з'являється при перекосі та зміщенні пристосування у верстаті. У дрібносерійному виробництві дана похибка виводиться до значення  $\varepsilon_{yc}=0,01-0,02$  мм і залишається постійною протягом обробки деталі партії.

Похибки, що виникають внаслідок зношування деталей пристосування  $\varepsilon_i$  можна визначити залежно від кількості контактів заготовок із настановними елементами пристосувань.

Для спеціальних нерозбірних пристроїв (СНП) число контактів можна прийняти рівним 4X річний програми. Тоді  $\varepsilon_i=0,063\text{мм}$ .

Помилка пристосування:

$$\varepsilon_{np} \leq 0,14 - 1,2\sqrt{(0,8 \cdot 0,0062)^2 + 0,05^2 + 0,01^2 + 0,063^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,0188 \text{ мм}$$

Таким чином, похибка допустима для проектованого пристосування має перевищувати 0,0188 мм.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

### 3.4 Проектування калібру–скоби для контролю розміру Ø30 h7

Калібр-скоба призначений для контролю допустимих меж зовнішнього діаметра Ø30 h7, що є посадковою поверхнею з високими вимогами до точності. Скоба забезпечує швидкий і зручний безінструментальний контроль деталей на відповідність допуску.

Вихідні дані

Номинальний розмір: Ø30 мм

Поле допуску h7 (за [ДСТУ ISO 286-1]):

Верхнє відхилення: 0 мкм

Нижнє відхилення: -21 мкм

Отже, допустимий інтервал розмірів: 30,000...29,979 мм

Тип калібру

Обрано скобу типу ПР/НЕ (прохід/непрохід) для контролю вхідного контролю та бракування деталей.

Розрахунок розмірів скоби

Розрахунок розмірів скоби

Прохідна сторона (ПР):

Розмір ПР =  $30,000 - (0,33 \times 0,021) \approx 29,993$  мм

Непрохідна сторона (НЕ):

Розмір НЕ =  $29,979 + (0,33 \times 0,021) \approx 29,986$  мм

Матеріал і обробка

Матеріал: інструментальна сталь У10А

Твердість робочих поверхонь: 58–62 HRC (загартовані, шліфовані)

Шорсткість поверхні:  $Ra \leq 0,32$  мкм

Робочі губки калібру мають бути рознесені на сталевій основі, з можливістю заміни/регулювання.

Позначення на калібрі

На прохідній стороні (ПР) гравірується: 30 h7 ПР

На непрохідній (НЕ): 30 h7 НЕ

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Зворотна сторона: номер креслення, дата виготовлення, клеймо ОТК

Висновок

Проектований калібр-скоба дозволяє здійснювати оперативний контроль точності деталей з посадкою  $\varnothing 30\ h7$  на виробництві. Забезпечується проста візуальна оцінка: деталь має вільно проходити ПР і не проходити НЕ, що виключає потребу у прецизійних засобах вимірювання.

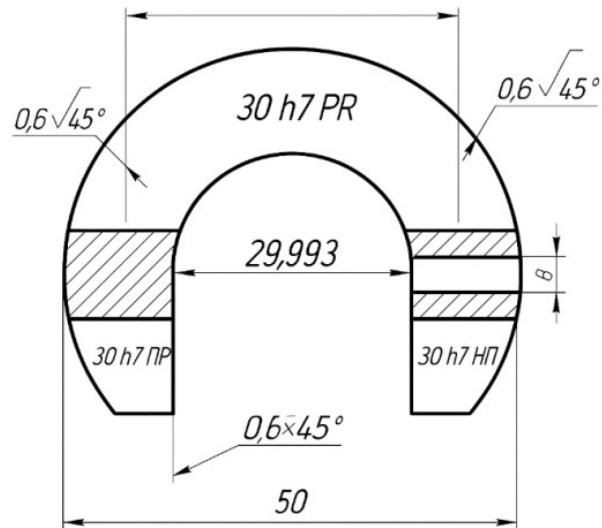


Рисунок 3.3 – калібр скоба

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз виявлених шкідливих та небезпечних факторів

У цьому розділі розглянуто питання, пов'язані з організацією робочого місця відповідно до норм виробничої санітарії, техніки виробничої безпеки та охорони навколишнього середовища.

На ділянці обладнаним верстатами можуть виникнути такі небезпечні та шкідливі фактори.

Таблиця 4.1 – Можливі небезпечні та шкідливі фактори

Фактори ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007	Етапи робіт			Нормативні документи
	Розробка	Виготовлення	Експлуатація	
Відхилення параметрів мікроклімату	+	+	+	ДСТУ EN 482:2022 Повітря робочої зони.
Недостатня освітлюваність робочої зони	+	+	+	ДСТУ EN 12464-2:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення"
Підвищений рівень шуму на робочому місці		+	+	ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги
Машини та механізми, що рухаються		+	+	ДСТУ 7234:2011. Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
Підвищене значення напруги в електричному ланцюгу	+	+	+	ДСТУ 7237:2011 Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту

#### Відхилення параметрів мікроклімату

Стан здоров'я людини, його працездатність значною мірою залежить від мікроклімату робочому місці. Мікрокліматом виробничих приміщень називають

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

клімат внутрішнього середовища даних приміщень, що визначається спільно діючими на організм людини температурою, відносною вологістю та швидкістю руху повітря, а також температурою навколишніх поверхонь. При перебуванні людини в оптимальних мікрокліматичних умовах зберігається нормальне функціонування організму без напруги механізмів терморегуляції. При цьому відчувається тепловий комфорт, що призводить до високого рівня працездатності [3].

Згідно з нормативним документом ДСТУ EN 482:2022 встановлюється комплекс оптимальних та допустимих метеорологічних умов для приміщення робочої зони, що включає значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря.

Допустимі та оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщення цеху, ператора верстатів з ЧПУ (легка Іб) наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Допустимі та оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні приміщення цеху

Категорія робіт	Період року	Температура, °С		Відносна вологість, %		Швидкість повітря, м/с	
		Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.	Оптим.	Допуст.
Легка, Іб	Холодний	21-23	17-24	40-60	Не більше 75	0,1	Не більше 0,2
	Теплий	22-24	21-28	40-60	60 (при 27°С)	0,2	0,1-0,3

Недостатня освітленість робочої зони. Погана освітленість.

Недостатня освітленість робочої зони призводить до перенапруги органів зору, внаслідок чого знижується гострота зору та людина швидко втомлюється. Працює менш продуктивно, виникає потенційна небезпека нещасних випадків та, крім того, тривале, погане освітлення може призвести до професійних захворювань (близорукість та ін.).

Причиною поганого освітлення в цеху є зниження рівня природного освітлення у зв'язку із забрудненням зашкелених поверхонь світлових прорізів, стін та стель.

Для забезпечення достатнього освітлення використовується ДСТУ EN 12464-2:2016 Світло та освітлення. Освітлення робочих місць та ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення", згідно з яким під час роботи високої точності (розряд III, підрозряд В) освітленість робочого місця за системою комбінованого освітлення має становити 750 лк, коефіцієнт пульсацій трохи більше 10 %. Є потреба у використанні локалізованого штучного освітлення разом із загальним. При виконанні робіт високої точності загальна освітленість має становити 200 лк, комбінована освітленість – 300 лк.

Підвищений рівень шуму робочому місці. Монотонний шум, викликаний роботою верстатів. При обробці деталі на токарних та фрезерних верстатах дратівливу дію на верстатника спричиняє шум у вигляді скрипу і свисту, обумовлений тертям інструменту про оброблювані матеріалів, а також шум, що виникає під час роботи верстатів. Вплив шуму на організм може виявлятися у вигляді специфічного ураження органу слуху у поєднанні з порушеннями з боку різних органів та систем. Також монотонний шум може призвести до послаблення уваги верстатника. Наслідком цього можуть бути помилкові перемикання верстатного обладнання, а це призводить до важких різних травм.

Гранично допустимий рівень шуму в цеху має бути не більше 80 дБА, що відповідає ДСТУ 2867-94. Допустимі рівні шуму на робочі місця відносяться до широкосмугового шуму.

Машини і механізми, що рухаються. Усі частини верстата (машини), які рухаються у процесі виконання роботи, можуть стати причиною аварій, пов'язаних з тілесними ушкодженнями та матеріальними збитками [3].

Небезпечними можуть бути як обертові, так і лінійні рухи машини, а також джерела енергії:

– Рух обертання. Навіть гладкі обертові вали можуть захопити предмет одягу або, наприклад, руку людини, що дуже небезпечно. Небезпека збільшується, якщо

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

біля валу, що обертається, є виступаючі частини або нерівні, гострі поверхні, так як регулювальні гвинти, болти, щілини, канавки або ріжучі кромки.

– Лінійний рух. Вертикальний, горизонтальний та зворотно-поступальний рух може викликати тілесні пошкодження різними шляхами: людина може отримати тичок або удар від якоїсь частини машини, вона може потрапити між частиною машини та будь-яким іншим об'єктом, вона може отримати поріз від гострої кромки або виявитися затиснутою між рухомою частиною та іншим об'єктом.

Небезпека ураження електричним струмом. Виникає в результаті зіткнення з електричним ланцюгом здатним викликати протікання струму по частині тіла, що потрапила під напругу. Вплив електричного струму може бути від легкого, ледь відчутного судомного скорочення м'язів пальців рук, до припинення роботи серця або легень, тобто летальний результат. Безпечні номінали:  $U = 12-36$ ,  $I = 0,1$  А,  $R = 4$  Ом. Відчутний (0,6-1,5 мА) – відчувається слабкий свербіж, при тривалій дії викликає невпевненість та помилки в діях. Невідпускний (10-15 мА) викликає сильний біль, судоми. Фібриляційний (100 мА та більше) глибоко проникає та впливає на м'язи серця. Засобами захисту є діелектричні рукавички, ізолюючі штанги, ізолюючі та електровимірювальні кліщі, слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими ручками. ДК – діелектричні килимки та доріжки, захисні огорожі (кожухи, кришки, сітки і т.д.).

#### 4.2. Обґрунтування заходів щодо зниження рівнів впливу небезпечних та шкідливих факторів

Для створення сприятливих умов проводяться такі заходи, як природна вентиляція приміщення, кондиціонування повітря в теплий період та опалення в холодний період.

Для забезпечення нормативних значень освітленості у приміщеннях слід проводити чищення скла, віконних отворів та світильників не рідше як двічі на рік і проводити своєчасну заміну ламп, що перегоріли.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для штучного освітлення можуть бути використані як лампи розжарювання, так і газорозрядні лампи: люмінесцентні та дугові ртутні – ДРЛ.

Зниження шуму у виробничих приміщеннях є складним завданням. Для зниження шуму, що випромінюється в ізольоване приміщення, використовують такі архітектурно-будівельні заходи як підвищення звукоізоляції перекриттів, стін, перегородок, дверей та вікон. Для зменшення шуму від внутрішніх джерел проектують ізоляцію робітників від місць від найгучнішого обладнання. Для цього обладнання розміщують по можливості в боксах, передбачають над ним звукоізолюючі кожухи, а на шляху розповсюдження звукових хвиль розміщують акустичні екрани та звукопоглинаючі облицювання. При розробці планувальних рішень будівель слід відокремлювати мал шумні приміщення від приміщень з інтенсивними джерелами шуму.

Частини виробничого обладнання, що рухаються, є можливим джерелом травмонебезпеки, повинні бути огорожені або розташовані так, щоб унеможливилася торкання до них працюючого або використані інші засоби (наприклад, дворучне управління), що запобігають травмуванню.

До основних заходів захисту від ураження струмом відносяться забезпечення недоступності струмопровідних частин (ізоляція струмопровідних частин, огороження); електричний поділ мережі (розділяючі трансформатори); застосування малої напруги використання подвійної ізоляції; захисне заземлення; захисне занулення; захисне відключення; застосування спеціальних захисних засобів; організація безпечної експлуатації електроустановок.

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею металевих невідповідних частин, які можуть опинитися під напругою. Область застосування заземлення - трифазні трипровідні мережі до 1000В із ізольованою нейтраллю. Заземлення можуть бути природними (трубопроводи) та штучними (вертикальні та горизонтальні електроди).

Як ЗІЗ застосовуються: різні діелектричні інструменти; діелектричне взуття та рукавички.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

#### 4.3 Екологічна безпека

Охорона навколишнього середовища – це комплексна проблема і найбільше активна форма її вирішення – це скорочення шкідливих викидів промислових підприємств через повний перехід до безвідходних або маловідходних технологій виробництва.

Для переходу до безвідходних виробництв з виготовлення деталі «Черв'як», необхідно здійснювати всі роботи в електронному вигляді, без використання принтерів відповідно до паперу.

Також необхідно подбати про окремі контейнери для відходів техногенного характеру: окремі баки для металевої стружки, відпрацьованої МОР, масел, використаних фільтрів.

Для чищення повітря від пилу, тобто, для відділення твердих частинок від газової фази рекомендується встановити сухий пиловловлювач (циліндричний або конічний циклон), електрофільтр.

Необхідно укласти договір з компанією, що вивозить відходи, щоб вона забезпечувала доставку розділених відходів фірмам, що займаються переробкою відходів.

Усі відомі сьогодні способи утилізації (демеркуризації) люмінесцентних ламп трудомісткі, небезпечні, енерговитратні та економічно недоцільні: вартість подібної операції практично порівнянна з вартістю нової лампи. Для підтримки екологічної рівноваги в природі, на території заводу проводяться заходи щодо озеленення території підприємства.

В результаті використання води в технологічних цілях на механічній ділянці утворюватимуться стічні води. Основними домішками стічних вод є пил, металеві та абразивні частинки, масла та розчинники, що входять до складу МОР. Для одночасного очищення стічних вод від твердих частинок та маслопродуктів рекомендується застосування комбінованого напірного гідроциклону.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

З метою зменшення (виключення) забруднення стічних вод компонентами відпрацьованої МОР, останню рекомендується використовувати багаторазово. З цією метою відпрацьована (забруднена) МОР піддається очищенню. Для очищення МОР від твердих частинок (пилу, стружки) пропонується встановити напірний гідроциклон з ефективністю очищення не менше 80%.

#### 4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Виробництво знаходиться у місті Хмельницькому з помірно континентальним кліматом. Природні явища (землетруси, повені, посухи, урагани і т. д.), у цьому місті малоімовірні.

Можливими НС на об'єкті в даному випадку можуть бути аномально низька температура повітря та пожежі.

Досягнення критично низьких температур призведе до аварій систем тепlopостачання та життєзабезпечення, призупинення роботи, обмороження і навіть жертв серед населення. У разі переморозки труб повинні бути передбачені запасні обігрівачі. Їх кількості та потужності має вистачати для того, щоб робота з виробництва не припинилася. Повинен бути запасний службовий транспорт для доставки робітників на підприємство. Співробітники мають бути забезпечені зимовим набором ЗІЗ.

Пожежі. На підприємстві на основі типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств розробляються об'єктові та цехові протипожежні інструкції. У цих інструкціях визначено основні вимоги пожежної безпеки для цього цеху чи ділянки виробництва.

Згідно з Технічним регламентом про вимоги пожежної безпеки, приміщення та будівлі з вибухопожежної та пожежної небезпеки класифікуються на категорії А, Б, В, Г і Д. Цех, що розглядається, відноситься пожежонебезпечної категорії В (у цеху застосовуються горючі та важкогорючі рідини, тверді горючі та важко горючі речовини та матеріали, здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним тільки горіти).

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Засоби пожежогасіння поділяють на первинні, стаціонарні та пересувні (пожежні автомобілі).

У приміщенні цеху встановлюється пожежний інвентар, до якого входить (згідно з Правилами пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України) такі первинні засоби пожежогасіння, як (з розрахунку на 800 м<sup>2</sup> займаної площі):

- ручні вуглекислотні вогнегасники ВВ-2 (2 шт.), ВВ-5 (1 шт.);
- пінний вогнегасник (2 шт.);
- ящик з піском;
- азбест;
- відра;
- лопати та багор.

Крім того, у деяких приміщеннях цеху використовуються стаціонарні установки пожежогасіння.

У цеху можлива пожежа Класів В (пожежа горючих рідин і твердих речовин, що плавляться) і Е (пожежа, пов'язана з горінням електроустановок).

Для локалізації невеликих загорань обслуговуючий персонал до прибуття пересувних засобів пожежогасіння має використовувати первинні засоби пожежогасіння, що є на пожежних щитах.

Первинні засоби пожежогасіння розміщуються поблизу місць найбільш ймовірного їх застосування, на увазі, в безпечному при пожежі місці, із забезпеченням до них вільного доступу.

У цеху використовують пожежні гідранти надземного типу. Гідранти позначені вказівною табличкою. Пожежний рукав та вся необхідна арматура розташовується поруч із гідрантом у спеціальній шафі. План евакуації розміщується у встановлених вимогами місцях. На підприємстві використовується система автоматичної пожежної безпеки, заснована на датчиках різних видів (димові, теплові, датчики полум'я). У разі виникнення пожежі спрацьовує система оповіщення – подається світловий та звуковий сигнал про небезпеку. Крім того, з'являються табло, що світяться, із зазначенням аварійних виходів і схем евакуації

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

людей. Одночасно спрацьовує система пожежогасіння (порошкові пристрої пожежогасіння), а пристрій зв'язку передає інформацію на пульт централізованого спостереження.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконаної мною роботи з проектування маршрутної технології на виготовлення деталі «Черв'як», були освоєні та відточені такі навички: визначення типу виробництва, як складання маршрутної карти, виконання розмірного аналізу та побудова графа технологічних розмірних ланцюгів, розрахунок припусків на обробку, призначення та розрахунок режимів різання, нормування ТП, конструювання та розрахунок верстатного пристрою.

Також було отримано досвід поглиблений досвід роботи з довідковою машинобудівної літератури.

Отримано навичку виявлення та аналізу шкідливих та небезпечних факторів виробництва, а саме на робочому місці оператора верстатів із ЧПУ.

Визначено згубні фактори на вплив на навколишнє середовище та запропоновано заходи щодо зниження даного впливу.

Були освоєні навички аналізу конкурентоспроможності та SWOT аналізу, виявлення слабких та сильних сторін проектованого рішення.

Виконання роботи фіксувалося у графіці Ганта, та за підсумком її тривалість становила 140 днів.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
2. Гордєєв А. І. Урбанюк Є.А., СілінР.С. Збірник задач з проектування технологічного оснащення: Навчальний посібник. Хмельницький: ХНУ 2013. 159 с., іл.
3. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
4. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
5. ДСТУ EN ISO 4414:2018 Пневмоприводи. Загальні правила застосування та вимоги щодо безпеки для систем та їхніх складових частин (EN ISO 4414:2010, IDT; ISO 4414:2010, IDT).
6. ДСТУ EN 13788:2008 Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні (EN 13788:2001, IDT).
7. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови
8. ДСТУ 8540:2015 Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. Наказ від 18.12.2015 № 197
9. ДСТУ 7806:2015 Прокат із легованої конструкційної сталі. Технічні умови.
10. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики (EN ISO 13385-1:2011, IDT; ISO 13385-1:2011, IDT)
11. ДСТУ ISO 866:2018 Свердла центрувальні для свердління центрових отворів без запобіжних фасок. Тип А (ISO 866:2016, IDT)

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

- 12.ДСТУ ISO 603-4:2019 Абразиви зі зв'язкою. Розміри. Частина 4. Шліфувальні круги для плоского шліфування, шліфування периферією круга (ISO 603-4:1999, IDT)
- 13.ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічну обробку Наказ від 24.02.2020 № 41 Про прийняття та скасування національних стандартів.
- 14.ДСТУ 9182:2022 Поковки з вуглецевої і легованої сталі, виготовлені куванням на пресах. Припуски і допуски.
- 15.ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення». Наказ від 27.02.2019 № 38
- 16.Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залого. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
- 17.Мазур М.П., Zenkin A.C., Karazey V.D. Технологія машинобудування: Навчальний посібник - Львів: "Новий Світ-2000", 2009.-358 с.
- 18.Плескач В.М., Акімов І.В., Мітяєв О.А. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин: підручник / за заг. ред. доц. В.М.Плескача. Запоріжжя: Просвіта, 2013. 370 с.
- 19.Прогресивні технології виготовлення деталей насосного обладнання : навчальний посібник / І. М. Дегтярьов, А. О. Нешта, В. О. Колесник. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 256 с
- 20.Проектування і виробництво заготовок / С.С. Добрянський, Ю.М Малафєєв., Є.С Пуховський. / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.
- 21.Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів [Текст] : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
- 22.Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур та ін. – Львів : Новий Світ, 2010. – 422 с.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

23. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
24. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.
25. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.
26. 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.

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДП.ПМ.ФІТА.08.25.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		