

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ

Технологія виготовлення деталі
Назва теми

" Поршень ММ437601" 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.24.06.ПЗ

Виконав студент 4 курсу група ПМТ-20-1
Шифр


Підпис

Владислав ШЕРЕПА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

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


Підпис

Віталій ТКАЧУК
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 » 06 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**

Шерені Владиславу Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема дипломної роботи Технологія виготовлення деталі "Поршень ММ437601" з використанням верстатів з ЧПК

керівник роботи Ткачук Віталій Павлович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 15 лютого 2024 р. № 8

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2024

3 Вихідні дані до проєкту (роботи) кресленник деталі "Поршень ММ437601" 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: кресленник деталі із 3D моделлю (1 лист А2); створення деталі в САМ Esprit (1 лист А1); кресленник карти наладки (1 лист А2); кресленник верстатного пристрою (1 лист А1); кресленник 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 6.03.2024

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

Владислав ШЕРЕПА
Ім'я, прізвище

Керівник проєкту (роботи)


Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ ТМ

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 Поршень НК 437601

Автор Шереша В.

Освітня програма Технологія: механізмобудування

Спеціальність: криміналістська механіка

Науковий керівник: Гназус В.Р.

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.	+
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 навівсні текстові спотворення, перераховані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	-
5	Інше:	-

Підтвердження:

20%
15%

Дата

Завідувач кафедри

Гназус В.Р.
Підпис

Віталій Гназус
Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми

Милуш
Підпис

Володимир Милуш
Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи

Гназус В.Р.
Підпис

Віталій Гназус
Ім'я, прізвище

Завідувачу кафедри

здобувача вищої освіти (студента
ПІБ, факультет, «курс», «група»)

*Шереха В.В. «Прикладна механіка»
IV - курс, група П.МТ-20-1*

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.

20.06.2024

дата



підпис

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Шерепа Владислав Володимирович на захист дипломного проекту (роботи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Технологія виготовлення деталі "Поршень ММ437601" з використанням верстатів з ЧПК

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

ВІКТОР
ОЛЕКСАНДРЕНКО

Декан факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Шерепа В. В. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2020 по 2020 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 0,00 %, добре 16,67 %, задовільно 83,33 %.
шкалою ЄКТС: А 1,92 %, В 7,69 %, С 13,46 %, D 25,00 %, E 51,92 %.

Методист факультету

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Владислав Шерепа приступив до виконання дипломного проекту власною та систематично працював над його виконанням. Робота виконана згідно із завданням на великому технічному рівні із оформленням вимог ЄКТС.

Оцінка дипломного проекту (роботи)

"добре"

Керівник дипломного проекту

(підпис)

Вікторія Ткачук

(ім'я, прізвище)

" 70 " 06 2024 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Шерепа В. В. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

технології машинобудування

(підпис)

Вікторія ТКАЧУК

(підпис, ім'я, прізвище)

" 70 " 06 2024 р.

Міністерство освіти і науки України
Хмельницький національний університет

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проєкт Владислава Шерепи
Тема роботи: Технологія виготовлення деталі "Поршень ММ437601" 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, в подальшому був розроблений технологічний процес механічного оброблення деталі "Поршень ММ437601" з використанням сучасного 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.

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: Баларій О.В., к.т.н. заступ. кадра АМ

«20» «06» 2024 р.

Реферат

Дипломного проекту на тему:
Технологія виготовлення деталі "Поршень ММ437601" з використанням
верстатів з ЧПК

Здобувач: Владислав ШЕРЕПА Керівник: к.т.н., доцент Віталій ТКАЧУК

Випускна кваліфікаційна робота 54 с., 21 рис., 12 табл., 17 використаних
джерел, 4 дод. Графічна частина 4 листи А1.

Ключові слова: Поршень, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС,
МЕТАЛОРІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ВЕРСТАТ, ЧПК, РЕЖИМИ
РІЗАННЯ, НОРМИ ЧАСУ.

Цілі та завдання дослідження: розробити технологічний процес
виготовлення деталі повзуна та конструювання пристосування.

Актуальність роботи є необхідністю розробки технологічного процесу
виготовлення конкретної деталі «поршень», який забезпечується необхідною
точністю.

Об'єктом дослідження є деталь «поршень».

Автор: Владислав ШЕРЕПА
/Підпис/

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Вихідні дані	7
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі	7
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	11
2.1 Розробка маршруту виготовлення деталі «Поршень ММ437601»	11
2.2 Розробка маршруту технології виготовлення деталі «Поршень ММ437601»	12
2.3 Розрахунок припусків на обробку заготовки	18
2.3.1 Розрахунок припусків на діаметральні розміри	18
2.4 Вибір засобів технологічного оснащення	20
2.5 Розрахунок режимів різання	23
2.5.1 Токарна операція: підрізання торця $A_{1,1}$	25
2.5.2 Токарна операція: точіння поверхні $D_{1,1}$, чорнова обробка	27
2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	29
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	33
3.1 Розробка принципової розрахункової схеми та компоновання пристосування	33
3.2 Розробка принципіальної схеми пристосування	33
3.3 Визначення необхідної сили затиску	34
3.4 Розрахунок міцності деталей пристосування	38
3.5 Розрахунок та проектування вимірювального інструменту	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	44
4.1 Основні вимоги до охорони праці на виробництві	44
4.2 Характеристика безпеки обладнання, застосовуваного в проєкті	45
4.3 Способи захисту	47
ВИСНОВКИ	49
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	

					ДП.ПМ.ФІТА.24.06.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Технологія виготовлення деталі "Поршень ММ437601" з використанням верстатів з ЧПК			Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Шерепа В.						н	5	
Перев.		Ткачук В.П.			ХНУ ПМТ-20-1					
Н. контр.		Бись С.С.								
Затв.		Ткачук В.П.								

ВСТУП

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі “Повзун” для подальшого виготовлення цієї деталі у великосерійному виробництві. Повзун це деталь кривошипно-повзунного механізму, що здійснює зворотно-поступальний рух по нерухомих напрямних.

Метою даної роботи є розробка необхідних документів та виконання розрахунків для організації виробництва з виготовлення деталі.

У роботі викладено обґрунтування виконання ВКР, проведено аналіз креслення деталі та її технологічності, обраний тип виробництва, описаний принцип вибору заготовки відповідно до її матеріалу та серійності виробництва, виконано креслення заготовки, визначено маршрут обробки деталі з поданням операційних ескізів та описом переходів по кожній операції, розраховані припуски на обробку та технологічні розміри, виконано розмірний аналіз техпроцесу з уточненням технологічних розмірів, розраховані режими різання для кожного технологічного переходу та необхідна потужність обладнання для кожної операції, призначена модель верстата, розрахований час виконання кожної операції.

У конструкторській частині роботи розраховано зусилля для закріплення заготівлі та спроектовано механізований пристрій з пневмоприводом.

Для виконання поставлених завдань випускна кваліфікаційна робота містить такі основні розділи:

1. Технологічний.
2. Конструкторський.
3. Фінансового менеджменту, ресурсоефективності та ресурсозбереження.
4. Соціальна відповідальність.

Область застосування – машинобудування.

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

Конструкція деталі включає в себе мінімальне число поверхонь простої геометричної форми (циліндричні та плоскі поверхні). Включає три отвори з різьбленням та три пази шириною 5 мм та довжиною 16 мм. Шорсткість на діаметрі $\varnothing 44 f6_{-0,041}^{-0,025}$ становить Ra 1,25, оскільки вимагає додаткові чистові обробки. Розміри на основній поверхні деталі встановлені, тому під час обробки та контролю жодних інших розрахунків не потрібно. Можна використовувати універсальні вимірювальні прилади.

Загалом можна відзначити, що у деталі є технологічність.

1.3 Визначення типу виробництва

Тип виробництва за ДСТУ 3.1128:2014 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, що показують відношення всіх різних технологічних операцій $K_{3,0}$, що визначається за формулою:

$$K_{3,0} = \frac{t_B}{T_{cp}}, \quad (1.1)$$

де T_{cp} – середній штучно-калькуляційний час на виконання операцій технологічного процесу;

t_B – такт випуску деталі, хв.

Такт випуску деталі визначаємо за формулою:

$$t_B = \frac{F_r}{N_r}, \quad (1.2)$$

де F_r – річний фонди часу роботи обладнання, хв.;

N_r – річна програма випуску деталей.

Річний фонд часу роботи обладнання приймаємо при двозмінному режимі роботи: $F_r = 4029$ год.

$$t_B = \frac{F_r}{N_r} = \frac{4029 \cdot 60}{5000} = 48,348 \text{ хв.}$$

Середній штучно – калькуляційний час для виконання операція процесу:

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.кi}}{n}, \quad (1.3)$$

де i – ої основної операції, хв.;

n – кількість основних операцій;

$T_{ш.кi}$ – штучно–калькуляційний час.

Штучно–калькуляційний час

$$T_{ш-к} = \varphi_K T_O \cdot 10^{-3}, \quad (1.4)$$

де T_O – основний технологічний час, хв.;

φ_K – коефіцієнт і-ої основної операції, що залежить від виду верстата і типу передбачуваного виробництва.

Відрізання: ($\varphi_K = 1,98$)

$$t_{шт.1} = \varphi_K \cdot 0,19D^2 \cdot 10^{-3} = 1,98 \cdot 0,19 \cdot 50^2 \cdot 10^{-3} = 0,941 \text{ хв.}$$

Токарна робота: ($\varphi_K = 1,98$)

$$\begin{aligned} t_{шт.2} &= \varphi_K \cdot [0,037(D^2 - d^2) + 0,1dl + 0,172dl + 0,52dl] \cdot 10^{-3} = \\ &= 1,98 \cdot [0,037 \cdot (50^2 - 0^2) + 0,1 \cdot 44 \cdot 30 + 0,52 \cdot 44 \cdot 30] \cdot 10^{-3} = 1,804 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Токарна робота: ($\varphi_K = 1,98$)

$$t_{шт.3} = \varphi_K \cdot [0,037(D^2 - d^2)] \cdot 10^{-3} = 1,98 \cdot [0,037 \cdot (50^2 - 0^2)] \cdot 10^{-3} = 0,183 \text{ хв.}$$

Фрезерувальна робота: ($\varphi_K = 1,72$)

$$\begin{aligned} t_{шт.4} &= \varphi_K \cdot [0,52Bl \cdot 3 + 0,21Bl \cdot 3 + 0,52Bl \cdot 3 + 0,18Bl \cdot 3] \cdot 10^{-3} = \\ &= 1,73 \cdot [0,52 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 3 + 0,21 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 3 + 0,52 \cdot 2,5 \cdot 3 \cdot 3 + 0,18 \cdot 2,5 \cdot 3 \cdot 3] \cdot 10^{-3} = 0,199 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Фрезерувальна робота: ($\varphi_K = 1,72$)

$$\begin{aligned} t_{шт.5} &= \varphi_K \cdot [0,21Bl \cdot 3 + 0,21Bl \cdot 3 + 0,52Bl \cdot 3 + 0,52Bl \cdot 3] \cdot 10^{-3} = \\ &= 1,73 \cdot [0,21 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 3 + 0,21 \cdot 44 \cdot 10 \cdot 3 + 0,52 \cdot 5 \cdot 16 \cdot 3 + 0,52 \cdot 5 \cdot 16 \cdot 3] \cdot 10^{-3} = 0,665 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Круглошліфувальна робота: ($\varphi_K = 2,10$)

$$T_{шт.6} = \varphi_K \cdot 1,5dl \cdot 10^{-3} = 2,10 \cdot 1,5 \cdot 44 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 4,158 \text{ хв.}$$

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

Середній штучно–калькуляційний час для виконання операції процесу визначаємо за формулою (1.3)

$$T_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} = \frac{t_{шт.1} + t_{шт.2} + t_{шт.3} + t_{шт.4} + t_{шт.5} + t_{шт.6}}{6} =$$
$$= \frac{0,941 + 1,804 + 0,183 + 0,199 + 0,665 + 4,158}{6} = 1,325 \text{ хв.}$$

Тип виробництва визначаємо за формулою (1.1):

$$K_{3.0} = \frac{t_B}{T_{cp}} = \frac{48,348}{1,325} = 36,489.$$

Так як $K_{3.0} = 21 \dots 40$, то тип виробництва дрібносерійний.

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка маршруту виготовлення деталі «Поршень ММ437601»

Враховуємо технічні характеристики, матеріал деталі «Поршень ММ437601» (Сталь 95Х18 1 % вуглецю, 18 % хрому і заліза 78 %), його габарит і маса, вимоги до механічних властивостей: без особливих вимог та тип виробництва: великосерійний, вибираємо як вихідну заготовку – прокат.

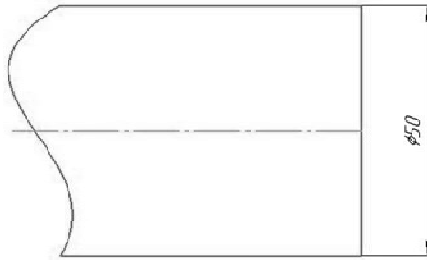


Рисунок 2.1 – Початкова заготовка

Таблиця 2.1 – Хімічний склад у % матеріалу сталі 95Х18

C	Si	Mn	Ni	S
0,9 – 1	До 0,8	До 0,8	До 0,6	До 0,025
P	Cr	Ti	Cu	Fe
До 0,03	17 – 19	До 0,2	До 0,3	~78

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 95Х18

Стан постачання, режим термообробки	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	ψ , %	KCU	HB (HRCe)
Загартування з 1000–1050 °С Олива.	–	–	–	–	–	Св. 56

Стан постачання, режим термообробки	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)	ψ , %	KCU	НВ (HRCe)
Відпуск 200 – 300 °С, повітря чи олія						
Пруток. Повний відпал 885–920 °С, 1–2 год.	420	770	15	30	–	–
Пруток. Повний відпал 730–790 °С, 2–6 год.	770	880	12	25	–	24–29
Підігрів 850–860 °С. Закалка 1000–1070 °С, олія чи повітря. Обробка холодом 70–80 °С. Відпуск 150–160 °С, повітря	–	1980– 2300	–	–	63	Св. 59

2.2 Розробка маршруту технології виготовлення деталі «Поршень ММ437601»

Маршрут технології виготовлення деталі «Поршень ММ437601» представлений у табл. 2.3.

Номер операції		Ескіз	Опис
Операції	Перехід		
0,5	1 Заготівельна		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготівлю. 2. Відризати заготівлю. 3. Зняти заготівлю.

Номер операції		Ескіз	Опис
Операції	Перехід		
10	1 Токарна		<p>Установ А.</p> <p>1. Встановити заготовлю.</p> <p>2. Підрізати торець 1, витримавши розмір 1.</p>
	2		<p>3. Точити поверхню 2, витримавши розміри 1 і 2.</p>
	3		<p>4. Свердлити отвір 1 на прохід,</p>
	4		<p>5. Разточити отвір 1,</p> <p>6. Зняти заготовлю.</p>

Номер операції		Ескіз	Опис
Операції	Перехід		
15	1 Токарна		<p>Установ Б.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготівлю. 2. Підрізати торець 1, витримавши розмір 1. 3. Зняти заготівлю.
20	1 Фрезерувальний верстат з ЧПУ		<p>Установ А.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготівлю. 2. Фрезерувати отвір 1, 2, 3, витримавши розміри 3. Зняти заготівлю.

Номер операції		Ескіз	Опис
Операції	Перехід		
	2		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготівлю. 2. Точити фаски 4, 5, 6, витримавши розмір А2,2. 3. Зняти заготівлю
	3		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготівлю. 2. Свердлити отвір 7, 8, 9, 3. Зняти заготівлю.

Номер операції		Ескіз	Опис
Операції	Перехід		
	4		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготівлю. 2. Нарізати різьблення 10, 11, 12, витримавши розміри А2,3, М2.5-7Н. 3. Зняти заготівлю
25	1 Фрезерувальний верстат з ЧПУ		<p>Установ Б.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготівлю. 2. Фрезерувати пази 1, 2, 3,
	2		

Номер операції		Ескіз	Опис
Операції	Перехід		
	3		3. Свердлити отвір 7, 8, 9,
	4		4. Розгорнути отвори 10, 11, 12, 5. Зняти заготовлю.
30	1	Термічна 38...43 HRC	1. Закалка. 2. Відпустка.

Номер операції		Ескіз	Опис
Операції	Перехід		
35	1 Кругло-шліфувальна		<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовлю. 2. Шліфувати поверхню витримавши розмір Ø44. 3. Зняти заготовлю
40	1 Слюсарна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прибрати задирки. 2. Міцність різблення та отвори. 	
45	1 Контрольна		

2.3 Розрахунок припусків на обробку заготовки

2.3.1 Розрахунок припусків на діаметральні розміри

Мінімальний припуск на оброблюваний діаметр визначається за формулою з [12]:

$$z_{i\min} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{p_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (2.1)$$

де Rz_{i-1} – шорсткість із попереднього переходу, мкм;

$z_{i\min}$ – мінімальний припуск на обробку поверхні обертання, мкм;

p_{i-1} – сумарна похибка форми, яка отримана на попередньому переході, мкм;

ε_i – похибка установки та закріплення перед аналізованою обробкою (під час розгляду обробки), мкм;

h_{i-1} - товщина дефектного поверхневого шару, сформованого з попереднього переходу, мкм.

Припуски $Z_{1,3}^D$:

Розрахунковий мінімальний припуск:

$$Z_{1,3\min}^D = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{30^2 + 35^2}) = 265 \text{ мкм.}$$

Сума допусків ланок у ланцюзі:

$$TZ_{1,3}^D = TD_{1,2} + TD_{1,3} = 200 + 200 = 400 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий максимальний припуск:

$$Z_{1,3\max}^D = Z_{1,3\min}^D + TZ_{1,3}^D = 265 + 180 = 665 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий середній припуск:

$$Z_{1,3\text{cp}}^D = \frac{Z_{1,3\min}^D + Z_{1,3\max}^D}{2} \pm \frac{TZ_{1,3}^D}{2} = \frac{265 + 665}{2} \pm \frac{180}{2} = 355 \pm 90 \text{ мкм.}$$

Припуски $Z_{1,1}^D$:

Розрахунковий мінімальний припуск:

$$Z_{1,1\min}^D = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{4^2 + 40^2}) = 207 \text{ мкм.}$$

Сума допусків ланок у ланцюзі:

$$TZ_{1,1}^D = TD_{2,1} + TD_{1,1} = 10 + 620 = 630 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий максимальний припуск:

$$Z_{1,1\max}^D = Z_{1,1\min}^D + TZ_{2,1}^D = 207 + 630 = 837 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий середній припуск:

$$Z_{1,1\text{cp}}^D = \frac{Z_{1,1\min}^D + Z_{1,1\max}^D}{2} \pm \frac{TZ_{1,1}^D}{2} = \frac{207 + 830}{2} \pm \frac{630}{2} = 418 \pm 415 \text{ мкм.}$$

Припуски $Z_{0,1}^D$:

Розрахунковий мінімальний припуск:

$$Z_{0,1\min}^D = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{40^2 + 80^2}) = 359 \text{ мкм.}$$

Сума допусків ланок у ланцюзі:

$$TZ_{0,1}^D = TD_{0,1} + TD_{1,1} = 740 + 620 = 1360 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий максимальний припуск:

$$Z_{0,1\max}^D = Z_{0,1\min}^D + TZ_{0,1}^D = 359 + 1360 = 1719 \text{ мкм.}$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

Розрахунковий середній припуск:

$$Z_{0,1\bar{m}}^D = \frac{Z_{0,1\min}^D + Z_{0,1\max}^D}{2} \pm \frac{TZ_{0,1}^D}{2} = \frac{359 + 1719}{2} \pm \frac{1360}{2} = 1039 \pm 415 \text{ мкм.}$$

Розраховані дані, заносимо до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку припусків по переходах

Розрахунковий припуск	Елементи припусака				Розрахунковий мінімальний припуск, мкм	Сума допусків ланок у ланцюзі, мкм	Розрахунковий максимальний припуск, мкм	Розрахунковий середній припуск, мкм
	Rz_{i-1}	h_{i-1}	p_{i-1}	ε_i				
$Z_{1,3}^D$	40	50	4	35	265	400	665	465±90
$Z_{1,1}^D$	40	50	4	40	207	630	837	418±415
$Z_{0,1}^D$	40	50	40	80	359	1860	1719	1039±415

2.4 Вибір засобів технологічного оснащення

При виборі обладнання (верстата) слід враховувати тип виробництва (дрібносерієне) та обсяг випуску (5000 шт/рік) та діаметр деталей.

На усі опірації використовуються стрічковопилний, токарний і вертикально-фрезерний верстати з ЧПУ та круглошліфувальний верстат.



Рисунок 2.2 – Верстат з ЧПК DOOSAN LYNX 2100G

Основні характеристики наведено у табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Основні характеристики Токарного верстата з ЧПК DOOSAN PUMA ST 10GS

Напруга, В	400
Діаметр обточування над станиною, мм	330
Діаметр обточування над супортом	197
Відстань між центрами, мм	760
Торець шпинделя DIN 55029 (Camlock)	D1-4
Прохідний отвір шпинделя, мм	Ø38
Оберти шпинделя, об/хв.	70-12000
Довжина, мм	1650
Ширина, мм	760
Висота, мм	1200
Маса, кг	600
Довжина в упаковці, см	175
Ширина в упаковці, см	76
Висота в упаковці, см	150
Маса в упаковці, кг	1680



Рисунок 2.3 – Стрічковопилний верстат CORMAK HBS 320

Основні характеристики наведено у табл. 2.6

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики Стрічковопилного верстата CORMAK HBS 320

Напруга, В	230
Споживана (вихідна) потужність, кВт	0,25 (0,18)
Швидкість руху полотна, м/хв.	900
Довжина пильного полотна, мм	1400
Ширина пильного полотна, мм	3–8 мм
Діаметр шківів, мм	210 мм
Кут нахилу робочого столу	0–45 °
Максимальна висота заготівлі, мм	80
Максимальна ширина заготівлі (просвіт до рами), мм	205
Розміри робочого столу (ДхШ), мм	305×305
Маса, кг	200

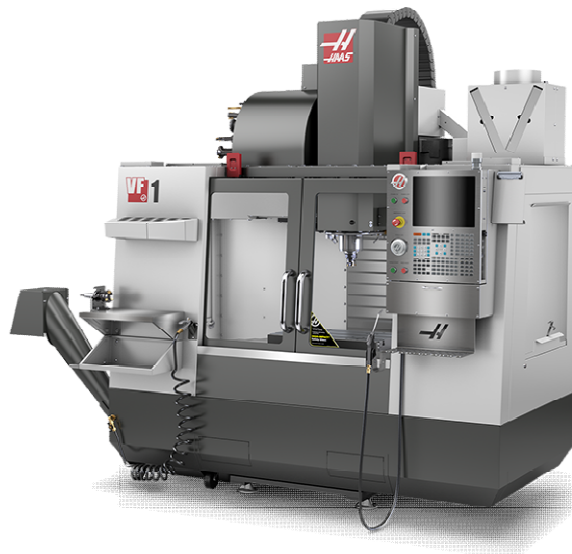


Рисунок 2.4 – Вертикально–фрезерний верстат з ЧПК Haas VF–1

Основні характеристики наведено у табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики верстата з ЧПК Haas VF-1

Максимальне переміщення по осі X, мм	762
Максимальне переміщення по осі Y, мм	305
Максимальне переміщення по осі Z, мм	406
Максимальна відстань від столу до торця шпинделя, мм	508
Максимальна відстань від столу до торця шпинделя, мм	102
Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв.	4000
Максимальна потужність шпинделя, кВт	5,6
Максимальний крутний момент, Нм	45
Максимально осьове зусилля, кН	8,9
Максимальна швидкість холостих подач, м/хв.	5,1
Максимальні робочі подачі по осях XYZ, м/хв.	5,1
Точність позиціонування, мм	±0,010
Об'єм бака MOP, л	57 (опція)
Орієнтована маса верстата (залежить від комплектації), кг	2050



Рисунок 2.5 – Верстат круглошліфувальний Bernardo URS 500 N

Основні характеристики наведено у табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики круглошліфувального верстата Bernardo URS 500 N

Діаметр отвору, що шліфується, найбільший, мм	400
Найбільша довжина шліфування	320
Найбільший зовнішній діаметр виробу	400
Найбільший кут конуса, що шліфується, град	60
Відстань від осі шпинделя виробу до дзеркала столу, мм	340
Потужність приводу головного руху, кВт	7,5
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	14,63
Габарити верстата: довжина* ширина*висота, мм	2150x1450x1700 мм
Маса Bernardo URS 500 N, кг	2170

2.5 Розрахунок режимів різання

При визначенні режимів різання слід враховувати характер процесу, розмір та тип інструменту, матеріал різальної частини, стан заготовлі та матеріалу, а також стан та тип обладнання.

Елементи режиму різання зазвичай встановлюються у такому порядку:

1. Подача.
2. Швидкість різання.
3. Глибина різання.

Подальший розрахунок:

1. Фактична швидкість різання.
2. Число обертів.
3. Потужність різання.
4. Головна складова сила різання.
5. Перевірка на потужність.

6. Потужність головного приводу руху.

2.5.1 Токарна операція: підрізання торця $A_{1,1}$

Вибираємо різець для токарної обробки виготовленого із твердого сплаву Т15К6:

1. Відповідно до вимог до точності розмірів та шорсткості поверхні, вказати глибину різання обробки: $t = 0,7$ мм.

2. Призначаємо подачу S відповідно до табл. 11 [3, С. 364]. За допомогою цього процесу подача встановлюється відповідно до вимог шорсткості поверхні та точності розмірів: $S = 0,7$ мм/об.

3. Швидкість різання розраховується за такою формулою: [3, С. 363]:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V. \quad (2.2)$$

Коефіцієнт: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$, з табл. 17 [3, С. 367].

Період стійкості інструменту приймаємо: $T = 50$ хв. [3, С. 363].

Коефіцієнт K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{EV}, \quad (2.3)$$

де K_{EV} – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента;

K_{IV} – коефіцієнт, що відбиває стан поверхні заготовлі;

K_{MV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблююмого матеріалу.

Визначаємо формулу за табл. 1 [3, С. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}. \quad (2.4)$$

За табл. 2 [3, С. 359]: $K_r = 0,9$.

За табл. 2 [3, С. 359]: $n_V = 1,0$.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

За табл. 5 [3, С. 361]: $K_{IV} = 0,9$.

За табл. 6 [3, С. 361]: $K_{EV} = 1$.

Остаточно коефіцієнт K_V визначається як:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{EV} = 0,9 \left(\frac{750}{770} \right)^1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,8;$$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{50^{0,2} \cdot 0,7^{0,15} \cdot 0,7^{0,35}} \cdot 0,8 = 126,81 \text{ м/хв.}$$

4. Розрахунок швидкості обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 126,81}{\pi \cdot 50} = 807,30 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо фактичну швидкість обертання шпинделя

$$n = 800 \text{ об/хв.}$$

5. Визначаємо основні складові сили різання за формулою:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \text{ [3, С. 371].}$$

Значення коефіцієнтів визначаємо за табл. 22 [3, С. 372]:

$$C_p = 300; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = -0,15.$$

Коефіцієнт K_p визначаємо за формулою [3, С. 371]:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{OD} \cdot K_{\dot{O}D} \cdot K_{\lambda D} \cdot K_{rD}, \quad (2.5)$$

де K_{MP} – визначається за формулою [3, С. 362]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

де $\sigma_B = 770$ МПа – фактичний параметр,

$n = 0,75$ – визначено за табл. 9 [3, С. 362]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{770}{750} \right)^{0,75} = 1,02.$$

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

Значення коефіцієнтів визначаємо за табл. 23 [3, С. 374]:

$$K_{\dot{O}D} = 1; K_{\dot{O}D} = 1; K_{\lambda D} = 1; K_{rD} = 0,87,$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\dot{O}D} \cdot K_{\dot{O}D} \cdot K_{\lambda D} \cdot K_{rD} = 1,02 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,89.$$

Сила різання:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,7^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 126,81^{-0,15} \cdot 0,89 = 691,77 \text{ Н.}$$

6. Потужність різання [3, С. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{691,77 \cdot 126,81}{1020 \cdot 60} = 1,4 \text{ кВт.} \quad (2.6)$$

7. Потужність приводу головного руху:

$$N_{i\delta} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{2,3}{0,75} = 3,1 \text{ кВт.}$$

2.5.2 Токарна операція: точіння поверхні $D_{1,1}$, чорнова обробка

Вибираємо різець для токарної обробки виготовленого із твердого сплаву Т15К6:

1. Відповідно до вимог до точності розмірів та шорсткості поверхні вказуємо глибину різання обробки: $t = 0,5$ мм.

2. Призначаємо подачу S відповідно до табл. 11 [3, С. 364]. За допомогою цього процесу подача встановлюється відповідно до вимог шорсткості поверхні та точності розмірів: $S = 0,7$ мм/об.

3. Швидкість різання розраховується за такою формулою:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V.$$

Коефіцієнт: $C_V = 290$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$, з табл. 17 [3, С. 367].

Період стійкості інструменту приймаємо: $T = 50$ хв. [3, С. 363].

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

Коефіцієнт K_V :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{\dot{E}V},$$

Визначаємо формулу за табл. 1 [3, С. 358]:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V}.$$

За табл. 2 [3, С. 359]: $K_r = 0,9$.

За табл. 2 [3, С. 359]: $n_V = 1,0$.

За табл. 5 [3, С. 361]: $K_{IV} = 0,9$.

За табл. 6 [3, С. 361]: $K_{\dot{E}V} = 1$.

Остаточно коефіцієнт K_V визначається як:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{\dot{E}V} = 0,9 \left(\frac{750}{770} \right)^1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,79;$$

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V = \frac{290}{45^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,9^{0,35}} \cdot 0,79 = 123,18 \text{ м/хв.}$$

4. Розрахунок швидкості обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 123,18}{\pi \cdot 50} = 784,19 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо фактичну швидкість обертання шпинделя

$$n = 800 \text{ об/хв.}$$

5. Визначаємо основні складові сили різання за формулою:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p \text{ [3, С. 371].}$$

Значення коефіцієнтів визначаємо за табл. 22 [3, С. 372]:

$$C_p = 300; \quad x = 1,0; \quad y = 0,75; \quad n = -0,15.$$

Коефіцієнт K_p визначаємо за формулою [3, С. 371]:

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

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\dot{O}D} \cdot K_{\ddot{O}D} \cdot K_{\lambda D} \cdot K_{rD},$$

де K_{MP} – визначається за формулою [3, С. 362]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

де $\sigma_B = 770$ МПа – фактичний параметр,

$n = 0,75$ – визначено за табл. 9 [3, С. 362]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{770}{750} \right)^{0,75} = 1,02.$$

Значення коефіцієнтів визначаємо за табл. 23 [3, С. 374]:

$$K_{\dot{O}D} = 1; K_{\ddot{O}D} = 1; K_{\lambda D} = 1; K_{rD} = 0,87,$$

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\dot{O}D} \cdot K_{\ddot{O}D} \cdot K_{\lambda D} \cdot K_{rD} = 1,02 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,89.$$

Сила різання:

$$P_z = 10 C_p t^x s^y v^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 0,5^1 \cdot 0,7^{0,75} \cdot 123,18^{-0,15} \cdot 0,89 = 496,28 \text{ Н.}$$

6. Потужність різання [3, С. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{496,28 \cdot 123,18}{1020 \cdot 60} = 1,00 \text{ кВт.}$$

7. Потужність приводу головного руху:

$$N_{i\delta} = \frac{N_e}{\eta} = \frac{3,7}{0,75} = 4,9 \text{ кВт.}$$

2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

На рисунку 2.1 показаний токарний центр з ЧПК моделі DOOSAN LYNX 2100G.

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

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

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище Esprit.
2. Створено заготовку (рис 2.6)

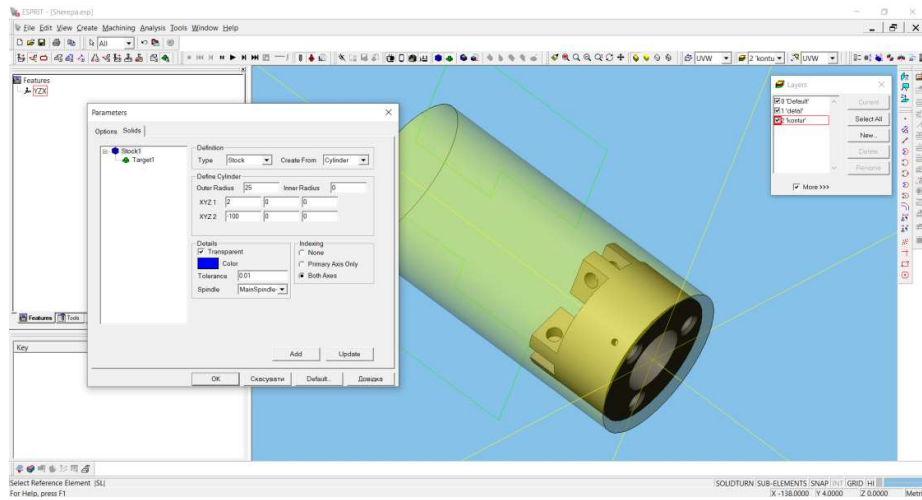


Рисунок 2.6 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю.

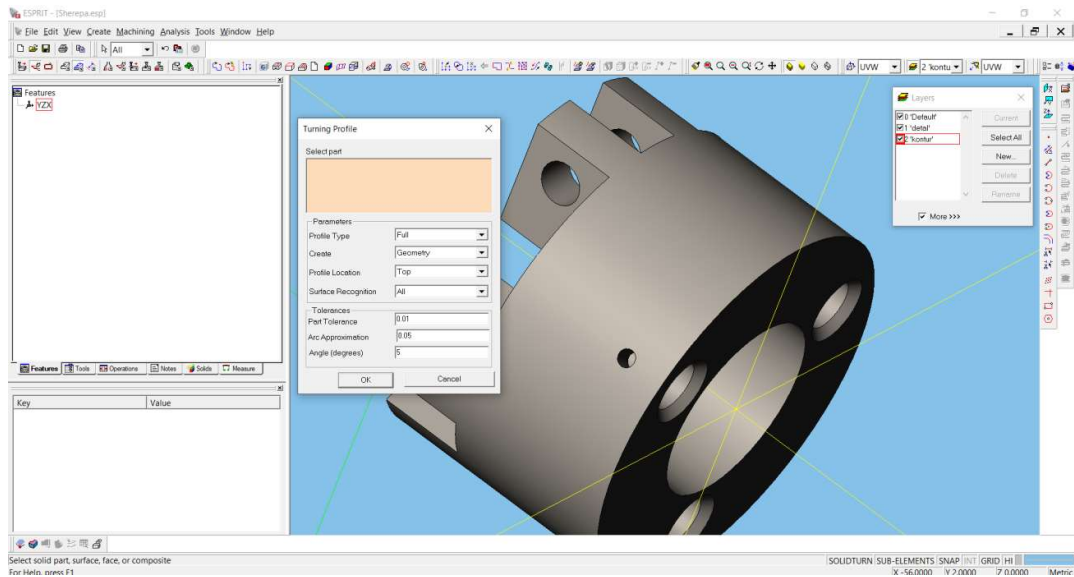
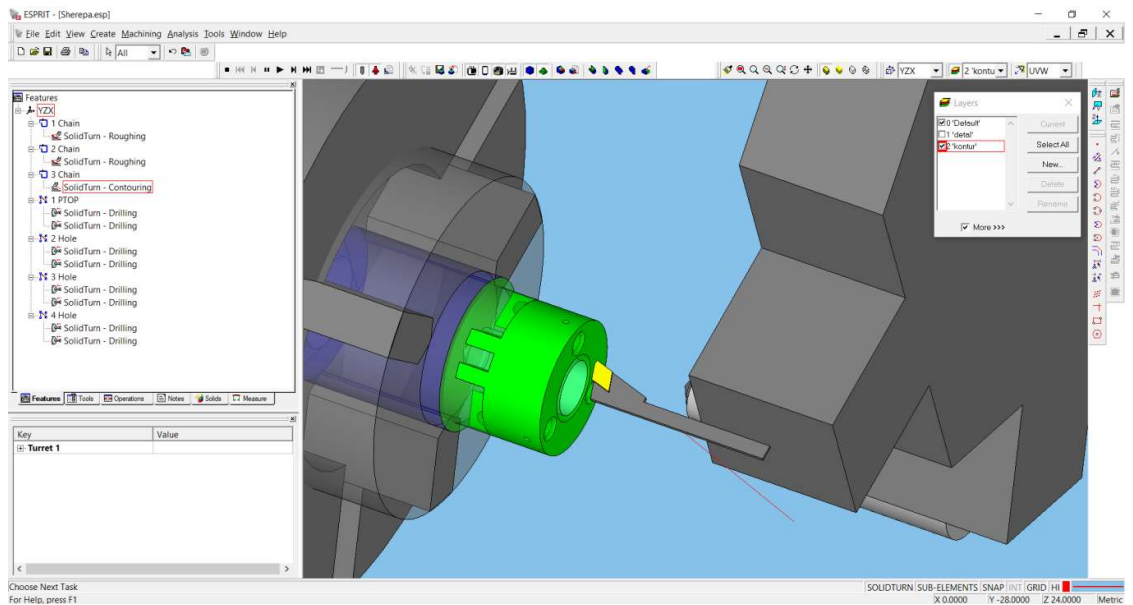


Рисунок 2.7 – розпізнання елементів профілю

4. Вибрано вид оброблення.



5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри.

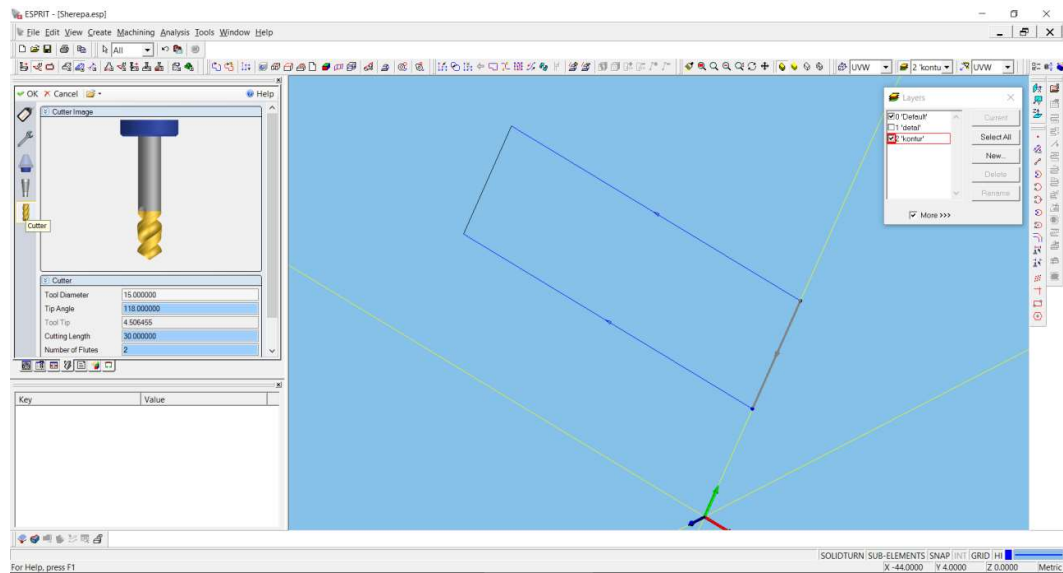


Рисунок 2.8– Вибір ріжучого інструменту

6. Вибрано режими різання.
7. Автоматизовано згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі.
8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.9).

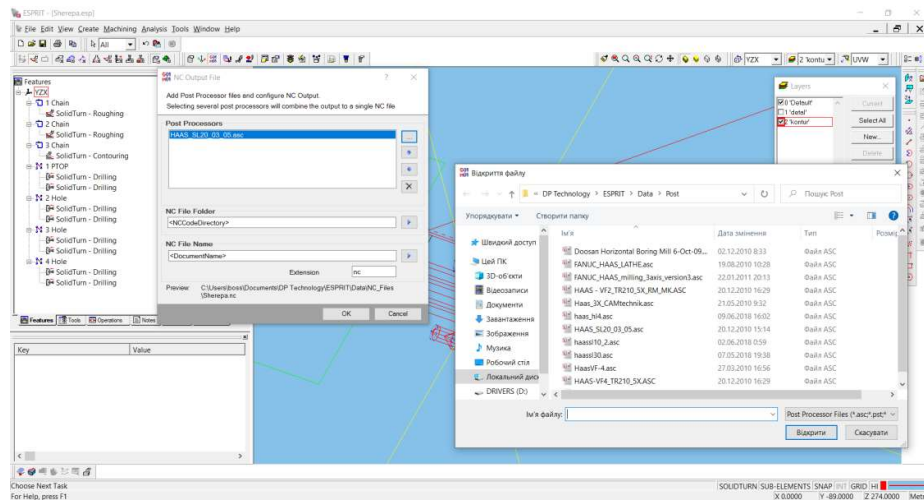


Рисунок 2.9 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодi

Керуюча програма наведена у додатку В.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка принципової розрахункової схеми та компоновання пристосування

Маючи технічні рішення та вихідні дані, які представлені в технічному завданні, приступаємо до проектування пристосування. Ціль даного розділу – створити працездатну, економічну у виготовленні та конструкцію пристосування, що відповідає всім вимогам.

У деталей, що представляють тіло обертання, при довжині менше діаметра (склянка) опорні точки розташовуються на торці, що позбавляють деталь трьох ступенів свободи, осьовий отвір позбавляє двох ступенів свободи. Представимо схему базування на рис. 3.1.

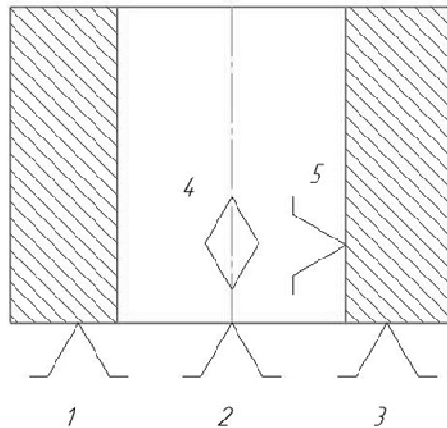


Рисунок 3.1 – опорні точки № 1, 2, 3 – установча опорна, що позбавляє оброблювальну деталь чотирьох ступенів свободи.

Точка № 5 служить упором

3.2 Розробка принципіальної схеми пристосування

Пристосування, яке проектується, працює наступним чином. Оброблена заготовка встановлюється на циліндричний палець осьовим отвором зі ковзною посадкою, потім за допомогою двох пневматичних прихваток заготовка надійно затискається у пристосуванні.

Після закінчення обробки, пневмоциліндр 1 разом з прихватом 2 піднімається вгору і повертається вправо на 90° , і розтискає заготовку, після чого її можна прибрати з пристосування.

Принципову схему пристрою наведемо на рис. 3.2.

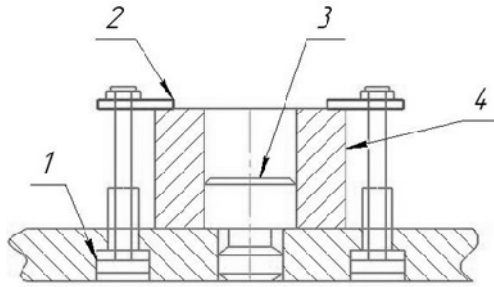


Рисунок 3.2 – Принципова схема пристосування

На схемі зображено: заготівля 4 (після обробки), пневмоциліндр – позиція 1; прихват – позиція 2; стіл (для встановлення прихватів); палець циліндричний – позиція 3.

3.3 Визначення необхідної сили затиску

Основне призначення затискного пристрою пристосування – забезпечення надійного контакту заготівлі з настовними елементами пристосування, в даному випадку з прихватами, і попередження їх зміщення та вібрацій від сил різання, що виникають в процесі обробки за допомогою циліндричного пальця. Тому, щоб визначити необхідну силу затискання, необхідно визначити сили різання.

Для наочного відображення сил різання, відобразимо їх на схемі, де вкажемо частину заготівлі, фрезу (умовно), напрям подачі (напряму подачі столу, оскільки саме він буде переміщатися) та напрямки дії сил різання, які мають найбільший вплив на процес різання. Схему наведемо на рис. 3.3.

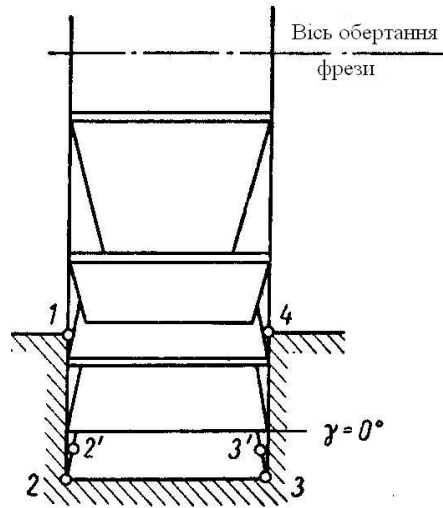


Рисунок 3.3 – Схема різання

Розрахуємо основну (тангенціальну) складову сили різання за формулою

(3.1)

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{iD}, \quad (3.1)$$

де P_z – тангенціальна складова сили різання, Н;

C_p – поправочний коефіцієнт, що характеризує матеріал ріжучої кромки;

B – ширина фрези, мм;

z – кількість зубів фрези, шт.;

D – діаметр фрези, мм;

x, y, u, q, w – поправочні показники ступеня.

$$C_p = 825; x = 1,0; y = 0,75; u = 1,1; q = 1,3; w = 0,2.$$

K_{iD} – визначається за формулою [3, 362]

$$K_{iD} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

де $\sigma_B = 770$ МПа – фактичний параметр,

$n = 0,75$ – визначено за табл. 9 [3, С. 362]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{770}{750} \right)^{0,75} = 1,02.$$

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{iD} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,3^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 4^{0,75} \cdot 5}{6^{1,3} \cdot 500^{0,2}} \cdot 1,02 = 241,75 \text{ Н.}$$

Визначимо складову силу різання, яка діє у напрямку подачі P_h за формулою (3.2)

$$P_h = 0,8P_z \quad (3.2)$$

$$P_h = 0,8 \cdot 241,75 = 193,4 \text{ Н.}$$

Затискач у пристосуванні здійснюється за допомогою штока–притиску. Сила затискання заготівлі прихватом визначається за формулою (3.3)

$$W = \frac{K}{f} \cdot \sqrt{P_z^2 + P_h^2}, \quad (3.3)$$

де W – сила затиску заготовки прихватом, Н;

K – коефіцієнт запасу;

f – коефіцієнт тертя для гладких поверхонь.

Коефіцієнт запасу K у свою чергу розраховується за формулою (3.4)

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.4)$$

де K_0 – мінімальний коефіцієнт запасу, який враховує надійність розрахунків;

K_1 – коефіцієнт, який враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні заготівлі;

K_2 – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту;

K_3 – коефіцієнт, який враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні;

K_4 – коефіцієнт, який враховує мінливість сили закріплення;

K_5 – коефіцієнт, який враховується, якщо допуск на розмір заготівлі впливає на силу закріплення;

K_6 – коефіцієнт, який враховується за наявності можливості повороту заготовки під дією сили різання.

Тоді сила різання становитиме:

$$W = \frac{K}{f} \cdot \sqrt{P_z^2 + P_h^2} = \frac{6,61}{0,25} \cdot \sqrt{241,75^2 + 193,4^2} = 8185,59 \text{ Н.}$$

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

Так як шток безпосередньо пов'язаний з поршнем пневмоциліндра, то сила затиску W і сила, що розвивається на штоку пневмоциліндра Q це та сама величина: $W = Q$.

Знаючи значення сили пневмоциліндра Q , що розвивається на штоку, розраховуємо діаметр поршня D пневмоциліндра за формулою (3.5)

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \eta \cdot p}}, \quad (3.5)$$

де η – КПД пневматичного циліндра;

p – тиск стисненого повітря, МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8185,59}{3,14 \cdot 0,98 \cdot 0,6}} = 133 \text{ мм.}$$

Отримане значення діаметра поршня пневмоциліндра D округлим до найближчого великого стандартного значення, рекомендованого за ДСТУ 3455.2-96. Таким чином, приймаємо значення діаметра поршня пневмоциліндра D рівним 140 мм.

Розрахуємо дійсне значення сили, що розвивається на штоку пневмоциліндра Q_A , при діаметрі поршня пневмоциліндра $D = 180$ мм за формулою (3.6)

$$Q_A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta \cdot p, \quad (3.6)$$

$$Q_A = \frac{3,14 \cdot 140^2}{4} \cdot 0,98 \cdot 0,6 = 9046,97 \text{ Н.}$$

Визначимо час спрацьовування пневмоциліндра за формулою (3.7)

$$T_c = \frac{D \cdot l_x}{d_B^2 V_B}, \quad (3.7)$$

де T_c – година спрацьовування пневмоциліндра, с;

D – діаметр поршня пневмоциліндра, мм;

l_x – довжина ходу поршня, мм;

d_B – діаметр вхідного отвору кришки пневмоциліндра, мм;

V_B – швидкість переміщення повітря, см/с.

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

$$T_c = \frac{40 \cdot 50}{5^2 \cdot 1500} = 0,053.$$

3.4 Розрахунок міцності деталей пристосування

Однією із зовнішніх деталей пристосування є шток (шток–притиск) гідроциліндра, який працює на розтягування. Він безпосередньо піддається навантаженням, тому вважатимемо його найслабшим елементом всього пристосування.

Якщо шток пройде перевірку на міцність, то будемо вважати, що пристосування проходить перевірку на міцність.

Для забезпечення працездатності має виконуватись така умова (3.8)

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q_A}{\pi \cdot d_1^2}, \quad (3.8)$$

де σ – фактичне напруження розтягування, МПа;

d_1 – діаметр штока поршня, мм;

$[\sigma_p]$ – напруга, що допускається, при розтягуванні для сталі, МПа.

Підставивши необхідні значення формули (3.8) перевіримо шток на міцність

$$\sigma = \frac{4 \cdot 9046,97}{3,14 \cdot 140^2} = 0,59 < 160 \text{ МПа.}$$

Як видно з отриманої нерівності, деталь пристосування, що розраховується витримує робочі навантаження, а значить і весь пристрій їх витримує, цим пристосування пройшло перевірку на міцність.

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

3.5 Розрахунок пристосування на точність

Обробка ведеться дисковою фрезою на налаштованому верстаті способом автоматичного одержання заданих розмірів. Заготовка 1 встановлюється на плиту з Т-подібними пазами 2, найбільш точними поверхнями і затискається Г-подібними прихватами 4 (остаточне компонування пристосування представлено на рис. 3.4).

Оскільки одержуваному розміру не пред'являється жодних вимог у формі поверхні крім дотримання допуску на паралельність, то вимоги до форми поверхні не пред'являтимуться і до пристосування.

Точність отримання необхідного розміру 12×8 забезпечуватиметься попереднім налаштуванням верстата, точністю виготовлення пристосування (що включає в себе точність базування заготівлі) та жорсткою фіксацією заготівлі у пристосуванні.

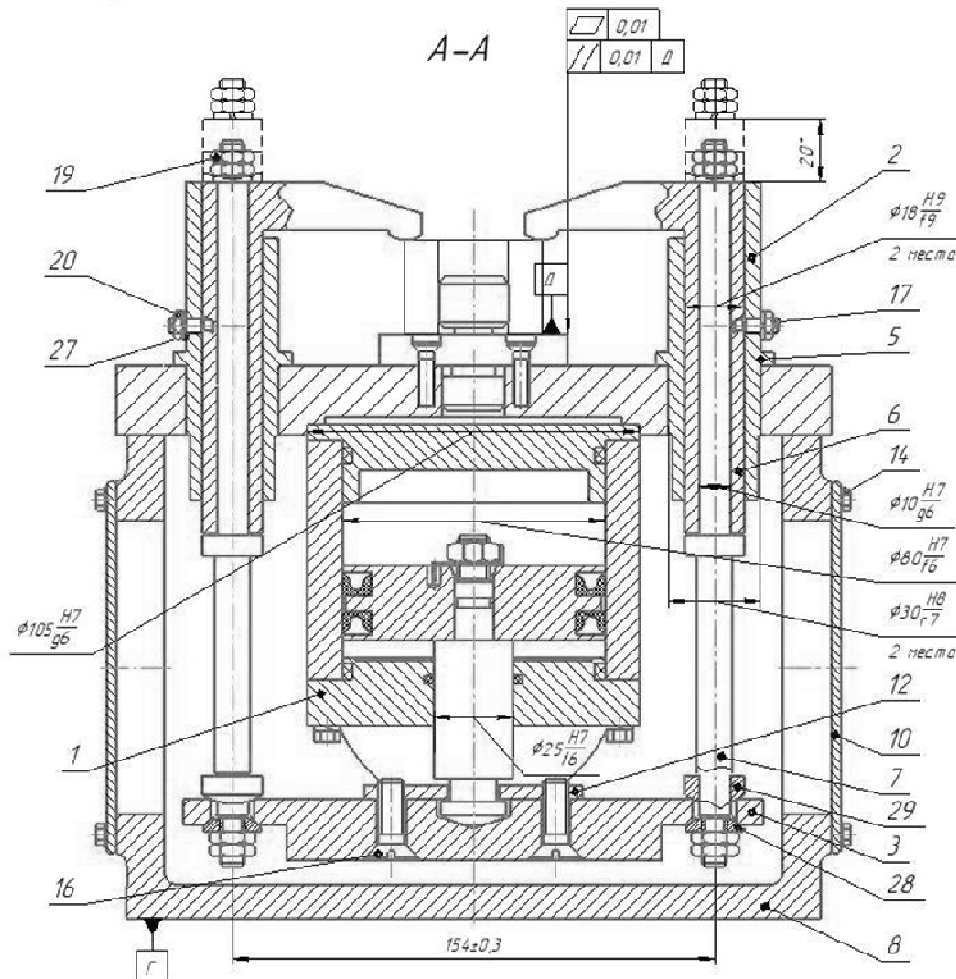


Рисунок 3.4 – Схема базування та встановлення пристосування

Визначимо точність виготовлення пристосування розрахувавши похибку його виготовлення за формулою (3.9).

$$\varepsilon_{i\delta} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_a)^2 + \varepsilon_{\zeta}^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_e^2 + \varepsilon_i^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (3.9)$$

де $\varepsilon_{i\delta}$ – похибка виготовлення пристосування, мм;

T – допуск на виконуваний під час обробки розмір, мм;

K_T – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу;

K_{T1} – коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування під час роботи на налаштованих верстатах;

ε_a – похибка базування заготівлі у пристосуванні, мм;

ε_{ζ} – похибка закріплення заготівлі, що виникає в результаті дії сил затиску, мм;

ε_c – похибка установки пристосування на верстаті, мм;

ε_e – похибка положення заготівлі, що виникає в результаті зносу елементів пристосування, мм;

ε_i – похибка від перекосу інструменту, мм;

K_{T2} – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки у сумарної похибки, яка викликається факторами, що не залежать від пристосування;

ω – економічна точність обробки (точність, витрати для забезпечення якої при даному способі обробки є меншими ніж за іншими способами).

Допуск на виконуваний під час обробки розмір становить 0,2 мм.

Коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу K_T прийmemo рівним 1.2.

Коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування під час роботи на налаштованих верстатах K_{T1} прийmemo рівним 0,85.

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

Похибку базування заготівлі у пристосуванні ε_a розрахуємо за формулою (3.10):

$$\varepsilon_a = \frac{\Delta D}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} - 1 \right), \quad (3.10)$$

де ΔD – допуск на настановний розмір заготівлі, мм.

$$\varepsilon_a = \frac{0,2}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin\left(\frac{90^\circ}{2}\right)} - 1 \right) = 0,0175 \text{ мм.}$$

Похибку закріплення заготівлі, що виникає в результаті дії сил затиску ε_c приймаємо рівною 0,02 мм.

Похибка пристрою пристосування на верстаті ε_c складе 0,027 мм, як значення допуску найточнішого Т-подібного паза, за яким і відбуватиметься встановлення пристосування.

Похибку положення заготовки, що виникає в результаті зносу елементів пристосування ε_c розрахуємо за формулою (3.11)

$$\varepsilon_c = \beta \cdot N, \quad (3.11)$$

де β – поправочний коефіцієнт, який залежить від матеріалу опорних поверхонь;

N – кількість контактів заготівлі з опорою, шт.

Приймемо кількість контактів заготовки з опорою N (стіл) рівним 5000 штук.

$$\varepsilon_c = 0,002 \cdot 5000 = 0,01 \text{ мм.}$$

Припускаючи регулярну та своєчасну зміну ріжучого інструменту, що виключить критичний знос, який може призвести до збільшення сили різання, що у свою чергу може спричинити деформацію інструменту, похибку від перекосу інструменту ε_f прийmemo рівною 0 мм.

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

Коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки сумарної похибки, викликаний факторами, які не залежать від пристосування K_{T2} приймемо рівним 0,6.

Економічну точність обробки ω приймемо відповідно точності одержуваного розміру 11×6, що складе 0,2 мм.

Таким чином, похибка виготовлення пристосування $\varepsilon_{i\delta}$ за формулою (3.11), дорівнюватиме:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{i\delta} &= 0,2 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,0175)^2 + 0,02^2 + 0,027^2 + 0,01^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,075)^2} = \\ &= 0,019 \approx 0,02 \text{ мм}.\end{aligned}$$

Таким чином, похибка виготовлення пристосування $\varepsilon_{i\delta} = 0,02$ мм є допуском виготовлення пристосування та замикаючої ланки розмірного ланцюга пристосування.

3.5 Розрахунок та проектування вимірювального інструменту

Калібр для контролю діаметра $44f6$ ($\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,041 \end{smallmatrix}$).

Для виконання розрахунку калібру скоби деталі поршень контроль поверхні з допуском $44f6$, необхідно визначити граничні розміри та конструкцію калібру. Ось кроки для цього процесу:

1. Визначення номінальних розмірів та допусків

Для позначення розміру $44f6$:

- Номінальний розмір (D): 44 мм

- Поле допуску (k6): Згідно зі стандартом ISO 286, для валу з допуском $f6$ при номінальному розмірі 44 мм.

2. Визначення граничних розмірів для $44f6$

Для контролю розміру $44f6$ розраховуємо калібр - скобу. Для цього використовуємо літературу [13].

Знаходимо граничні розміри валу за формулами:

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

$$\begin{aligned} l_{\max} &= d + es, \\ l_{\min} &= d + ei. \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$l_{\max} = 44 - 0,025 = 43,975 \text{ (мм)}.$$

$$l_{\min} = 44 - 0,041 = 43,959 \text{ (мм)}.$$

Для розмірів у діапазоні від 20 до 50 мм і 6-го квалітету необхідно знайти дані для визначення параметрів потрібних калібрів і контркалибрів:

- $Z_1 = 0,0025$ мм – зміщення середини поля допуску для виготовлення прохідного калібру для валу стосовно найбільшого граничного розміру деталі;

- $Y_1 = 0,002$ мм – допустиме відхилення розміру зношеного прохідного калібру для валу за межі поля допуску деталі;

- $H_1 = 0,003$ мм – допуск на виготовлення калібрів для валу;

- $H_p = 0,0012$ мм – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби.

Розміри калібру-скоби визначаємо таким чином:

1) мінімальний розмір прохідного нового калібру-скоби ПР обчислюємо за формулою:

$$PP_{\min} = l_{\max} - Z_1 - H_1 / 2. \quad (3.13)$$

$$PP_{\min} = 43,975 - 0,0025 - 0,003 / 2 = 43,954 \text{ (мм)}.$$

2) найменший розмір непрохідного калібру-скоби НЕ визначаємо за формулою:

$$HE_{\min} = l_{\min} - H_1 / 2. \quad (3.14)$$

$$HE_{\min} = l_{\min} - H_1 / 2 = 43,959 - 0,003 / 2 = 43,945 \text{ (мм)}.$$

1) граничний розмір зношеної скоби – калібру ПР визначимо за формулою:

$$PP_{зн} = l_{\max} + Y_1. \quad (3.15)$$

$$PP_{зн} = l_{\max} + Y_1 = 43,975 - 0,002 = 43,973 \text{ (мм)}.$$

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні вимоги до охорони праці на виробництві

Основною метою освіти в галузі БЖД є досягнення високого професіоналізму, який передбачає глибоке вивчення методів і засобів аналізу, проектування, розвитку та управління ерготехнічними системами, що є окремими конкретними реалізаціями загальної системи «людина — машина — середовище існування».

Особливо гостро проявляються проблеми забезпечення безпеки людини безпосередньо на підприємствах, де зони формування різних небезпечних і шкідливих факторів практично пронизують усю виробничу середу, в якій здійснюється трудова діяльність персоналу.

Водночас проблеми забезпечення безпеки працівників на сучасному підприємстві можна умовно поділити на проблеми, характерні для будь-якого об'єкта господарської діяльності, і проблеми, пов'язані зі специфікою технологічних процесів, організації виробництва та дислокації підприємств.

Так, характерною особливістю сучасного виробництва є застосування на одному підприємстві, в цеху, а часто і на виробничій ділянці найрізноманітніших технологічних процесів, складних за своєю фізико-хімічною основою, що реалізуються на сучасному високопродуктивному обладнанні з використанням широкої номенклатури технологічних матеріалів. При цьому сучасному виробництву властива також швидка зміна технологій, оновлення обладнання, впровадження нових процесів і матеріалів, які часто недостатньо вивчені з точки зору негативних наслідків їх застосування.

На більшості підприємств широко застосовуються високотоксичні, легкозаймисті речовини, різного роду випромінювання, технологічні процеси часто супроводжуються значними рівнями шуму, вібрації, ультра- та інфразвуку, жорсткими та стабільними параметрами мікроклімату, більшість операцій проводиться в умовах високого зорового напруження, запиленості та загазованості.

Водночас на багатьох підприємствах використовується високомеханізоване та автоматичне обладнання, оснащене електронно-обчислювальною технікою, поточно-механізовані лінії, роботи та маніпулятори з програмним управлінням та

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

інші сучасні верстати й обладнання. У зв'язку з цим збільшується потенційна небезпека виникнення травмонебезпечних ситуацій, ступінь ризику виникнення професійного захворювання, значного впливу умов праці на стан здоров'я працівників.

Іншими словами, усе це різноманіття, складність і новизна технологій визначають, у свою чергу, різноманіття, складність і новизну проблем безпеки, причому вирішувати їх часто доводиться у стислі терміни, не припиняючи виробництво.

Складність технологічних процесів, високі вимоги до точності технологічних режимів значною мірою виключають можливість безпосереднього впливу на технологічні процеси для підвищення безпеки, тобто виключається «боротьба у джерелі».

Тому центр ваги заходів переноситься на створення нових технологій, а також пристроїв, що знижують шкідливий вплив технологічних процесів на обслуговуючий персонал, на створення ефективних організаційних і управлінських впливів.

4.2 Характеристика безпеки обладнання, застосовуваного в проєкті

Умови праці на робочих місцях виробничих приміщень та майданчиків формуються під впливом великої кількості факторів, різних за своєю природою, формами прояву та характером дії на людину. Відповідно до ГОСТ 12.01.003-74* (СТ СЕВ 790-77) небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за своєю дією на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізичні.

Фізичними шкідливими виробничими факторами є підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони, високий рівень шуму і вібрації, недостатнє освітлення робочої зони тощо.

Обладнання на проєктованій ділянці повинно регулярно проходити технічний огляд, під час якого визначається його безпека та відповідність вимогам норм екологічної безпеки.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

Обладнання, що використовується на ділянці, повинно бути оснащено спеціальними захисними та огорожувальними пристроями, які зменшують ризик травмування працівників.

Мікроклімат на робочому місці у виробничих приміщеннях визначається температурою повітря, відносною вологістю, швидкістю руху повітря, барометричним тиском та інтенсивністю теплового випромінювання від нагрітих поверхонь.

Виробничі приміщення повинні відповідати вимогам СНиП 11-2-80, СНиП 11-89-80, санітарних норм проектування промислових підприємств СН 245-71. Побутові приміщення повинні відповідати вимогам СНиП 11-92-76.

Природне та штучне освітлення виробничих приміщень повинно відповідати вимогам СНиП 11-4-79.

Рівень шуму не повинен перевищувати 80 дБА.

У випадку пожежі в цеху повинні бути передбачені засоби пожежогасіння та евакуаційні виходи.

На ділянці повинна бути природна та загальнообмінна вентиляція.

Місцева вентиляція повинна забезпечувати видалення пилу, дрібної стружки та аерозолів СОЖ із робочої зони верстатів.

При невідповідності вимогам норм, залежно від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, рівня опромінення та необхідної ефективності захисту застосовують наступні способи та засоби захисту або їх комбінації: захист часом і відстанню; зменшення параметрів випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання; екранування джерела випромінювання; екранування робочого місця; раціональне розміщення установок у робочому приміщенні; встановлення раціональних режимів експлуатації установок і роботи обслуговуючого персоналу; застосування засобів попереджувальної сигналізації (світлової, звукової тощо); виділення зон випромінювання; застосування засобів індивідуального захисту.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

4.3 Способи захисту

1. Захист часом:

- Передбачає обмеження часу перебування людини в робочій зоні, якщо інтенсивність опромінення перевищує норми, встановлені за умови опромінення протягом зміни. Застосовується, коли неможливо знизити інтенсивність опромінення до допустимих значень іншими способами. Допустимий час перебування залежить від інтенсивності опромінення.

2. Захист відстанню:

- Застосовується, коли неможливо ослабити інтенсивність опромінення іншими заходами, в тому числі скороченням часу перебування людини в небезпечній зоні. У цьому випадку збільшують відстань між джерелом випромінювання та обслуговуючим персоналом. Цей вид захисту ґрунтується на швидкому зменшенні інтенсивності поля з відстанню.

3. Зменшення випромінювання безпосередньо в самому джерелі:

- Досягається завдяки застосуванню погоджених навантажень і поглиначів потужності. Поглиначі потужності, які ослаблюють інтенсивність випромінювання до 60 дБ (106 разів) і більше, представляють собою коаксіальні або хвилевідні лінії, частково заповнені поглинаючими матеріалами, в яких енергія випромінювання перетворюється на теплову. Заповнювачами служать чистий графіт або його суміші з цементом, піском та гумою; пластмаси; порошкове залізо в бакеліті, кераміці тощо; дерево; вода та інші матеріали.

4. Зменшення потужності за допомогою атенюаторів:

- Атенюатори (від французького *attenuer* — зменшувати, ослаблювати) плавно-змінних і фіксованих. Промислові атенюатори дозволяють ослабити випромінювання в межах від 0 до 120 дБ при потужності 0,1-100 Вт та довжині хвилі 0,4-300 см.

5. Екранування:

- Найбільш ефективним і часто застосовуваним методом захисту від електромагнітних випромінювань є екранування самого джерела або робочого місця. Форми і розміри екранів різноманітні та відповідають умовам застосування.

					ДП.ПМ.ФІТА.24.00.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51

Заходи щодо організації та експлуатації

- Раціональне розміщення установок:

- Правильне розташування обладнання у приміщенні з метою мінімізації впливу шкідливих випромінювань на персонал.

- Встановлення раціональних режимів експлуатації:

- Визначення оптимальних режимів роботи обладнання та персоналу, що забезпечують мінімальний вплив шкідливих факторів.

- Попереджувальна сигналізація:

- Застосування світлових, звукових та інших засобів сигналізації для інформування персоналу про небезпечні рівні випромінювання.

- Виділення зон випромінювання:

- Встановлення спеціальних зон для джерел випромінювання з обмеженим доступом для персоналу.

- Засоби індивідуального захисту:

- Використання персоналом захисних костюмів, масок, окулярів та інших засобів індивідуального захисту для зниження впливу шкідливих факторів.

Ці заходи та засоби забезпечують комплексний підхід до захисту персоналу від шкідливих випромінювань та інших небезпечних факторів у виробничому середовищі.

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

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Поршень» на основі вихідних даних із заданими технічними характеристиками.

У першому розділі було визначено тип виробництва (дрібносерійний), а також проведено аналіз технологічності конструкції деталі та. Розроблено технологічний процес і виконано його розмірний аналіз.

У другому розділі проекту обрано вихідну заготовку було спроектовано верстатний пристрій до свердлильної операції. На основі базового технологічного процесу виготовлення деталі обрано технологічне обладнання, розраховано режими різання при обробленні деталі та проведено технічне нормування операцій.

У конструкторському розділі спроектовано верстатний пристрій для закріплення деталі на фрезерній операції та контрольний інструмент – скобу для контролю поверхні діаметром 44 ф6.

Розділ «Охорона праці» включає аналіз шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, а також розгляд питань забезпечення екологічної безпеки та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

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

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. Залого. 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		54

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. 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.

18. ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення".: затв. наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 03 жовтня 2018 року N 264: чинний з 01.03.2019. – Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/DBN00078>.

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