

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

ДИПЛОМНА РОБОТА

Технологія виготовлення деталі "Шестерня 254.4.190.МВТ"
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
Назва

Освітня програма «технології машинобудування»
Назва

Шифр ДРБ.ФІТА.ПМ.23.10.ПЗ


Виконав студент 3 курсу група ПМГе-20-2
Шифр

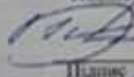
Керівник канд. техн. наук, доцент
Науковий ступінь, звання

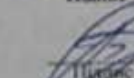
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент


До захисту допускаю:
Завідувач кафедри
технології машинобудування
Назва

Дата «22» 06 2023


Підпис
Вадим ГОРАЙ
Ім'я, прізвище


Підпис
Микола КОСЮК
Ім'я, прізвище


Підпис
Сергій БИСЬ
Ім'я, прізвище


Підпис
Віталій ТКАЧУК
Ім'я, прізвище

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки проекту.

Креслення графічної частини дипломної роботи виконані з дотриманням вимог ЕСКД, при цьому широко використані комп'ютерні технології при оформленні креслень. Пояснювальна записка виконана акуратно з дотриманням вимог ЕСКД.

7. Впізнає професію в цілому.

В цілому дипломна робота Василя Горня виконана на достатньому інженерному рівні.

8. Інші зауваження

9. Оцінка дипломної роботи.

Дипломна робота Василя Горня заслуговує оцінки " "

РЕЦЕНЗЕНТ (прізвище, ім'я по батькові, посада, місце роботи) *Білик Ю.С.ІН., доцент кафедри залізничного машинобудування та аеромеханіки, заслужений експерт "Діафра"*

" " червня 2023 р.

[Підпис] (підпис)

Anti-Plagiarism v-15.257

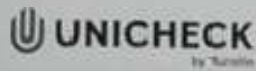
Максимальное совпадение с одним документом 7.0%

Словари проверки: en_US, ru_RU, ua_UA. Ошибок в документах: 9%

ID: 118389 Название: БКР Технологія виготовлення деталей "Шестерня 254.4.190.MBT" з використанням верстата з ЧПК Добавлено в БД: 2023-06-28 Авторы: Горай Вадим Володимирович Руководители: Косіюк М.М., к.т.н., доц. Консультанты: Комменты:	Документ		Суммарное совпадение по Базе Данных	
	Символы	Лексемы	Символы	Лексемы
	35925	375	5156 (14%)	72 (19%)

Источник плагиата

ID	Описание	Наличие плагиата в документе	
		Символы	Лексемы



User name:
Кафедра ТМ

Check date:
28.06.2023 23:05:42 EEST

Report date:
28.06.2023 23:06:40 EEST

Check ID:
1015701437

Check type:
Doc vs Internet + Library

User ID:
10005694

File name: БАР Геран Вадим Владимирович

Page count: 45 | Word count: 7837 | Character count: 50581 | File size: 1.25 MB | File ID: 1015345045

16.4% Matches

Highest match: 7.74% with Library source (File ID: 1015307975)

1.12% Internet sources 1

Page 47

4.7% Library sources 65

Page 47

0% Quotes

No quotes found

No references found

5.94% Exclusions

Some exclusions were automatic (exclusion filters matched word count less than 8 words and 1%)

5.34% Internet exclusions 327

Page 46

0.6% Library exclusions 106

Page 50

Modifind

Text modifications detected. Find more details in the online report.

Reported characters 0

ЗМІСТ

Вступ	5
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Завдання	6
1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	6
1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	7
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	10
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	10
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	12
2.3 Розрахунок режимів різання	25
2.4 Технічне нормування операцій	28
2.5 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	30
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	34
3.1 Проектування спеціального пристосування	34
3.2 Проектування калібра-пробка Ø82H7	36
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	38
4.1 Безпека роботи із металорізальним обладнанням	38
4.2 Санітарно-гігієнічні умови праці	41
Висновки	46
Список використаної літератури	47

Вступ

Природа надає у розпорядження людини мізерну кількість предметів, які можна використовувати безпосередньо, без застосування праці людини. Тому доводиться витратити працю, щоб шляхом якісного перетворення пристосовувати предмети природи для задоволення своїх потреб.

Якісна зміна предметів природи, що здійснюється людиною, одержала назву технологічного процесу. Здійснюючи техпроцес, людина ставить перед собою два завдання:

- 1) отримати виріб, що задовольняє її потреби;
- 2) витратити для його виготовлення якомога менше праці.

Кожен виріб може задовольняти ту чи іншу потребу людини тільки в тому випадку, якщо він має властивість, що визначається його призначенням. Тому, при конструюванні виробу конструктор повинен передбачати можливий метод отримання заготовки, а також враховувати особливості механічної обробки деталей та складання.

Очевидно, що в сучасних умовах для створення технічно грамотної конструкції виробу необхідно при його конструюванні одночасно забезпечити високі експлуатаційні показники і високу технологічність конструкції.

Без належної якості виробу стають непотрібними людині і витрачена нею праця та предмети природи використовуються марно. Тому мета дипломної роботи – навчитися аналізувати існуючу технологію і довести, що технологічний варіант, якому віддається перевага, забезпечить у реальних виробничих умовах найбільший ефект при найменших витратах як трудових, так і матеріальних.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

У роботі необхідно розробити технологічний процес механічної обробки деталі «зубчасте колесо».

1. Базова інформація

- кресленик деталі;
- матеріал деталі – сталь 20Х ДСТУ 7806:2015
- Програма випуску деталі N = 10000 шт.
- режим роботи підприємства – двозмінний.

2. Керівна інформація - стандарт підприємства ДСТУ 1.0-93

3. Довідкова інформація [2, 4].

1.2 Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Деталь «зубчасте колесо», наведена на першому аркуші графічної частини проекту, служить передачі обертального руху.

Деталь належить до класу деталей типу диск, оскільки відношення довжини деталі до її зовнішнього діаметра не перевищує 2-х і становить: $L/D=85/216=0,42$.

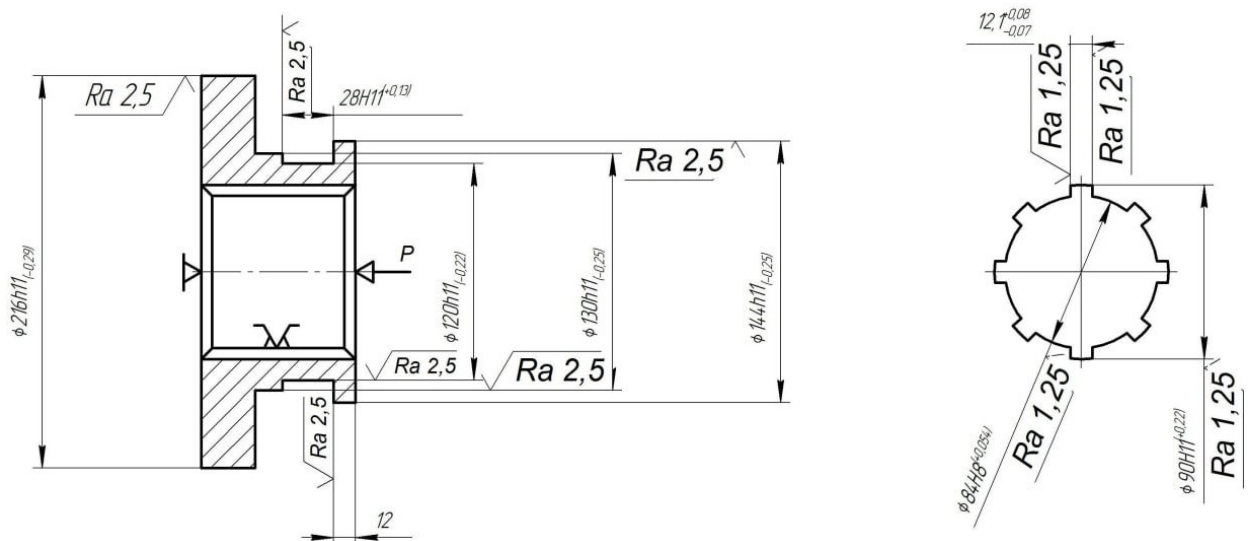


Рисунок 1.1 – Деталь шестерня

Деталь виконується із сталі 20Х ДСТУ 7806:2015, маса 8.22 кг.

Хімічний склад наведено у таблиці 1.1, а фізико-механічні властивості у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20Х ДСТУ 7806:2015.

Зміст елементів, %					
С	Mn	Si	X	Ni	Інші елементи
0.17-0.23	0.5-0.8	0.17-0.37	0.7-1.0	-	-

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 20Х ДСТУ 7806:2015.

Твердість НВ, МПа	Межа текучості σ_T , Па	Межа міцності σ_B , Па	Відносне подовження σ , %
179	650	800	11

1.3 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Режим роботи включає кількість робочих днів у році, за винятком вихідних і святкових днів, з двома змінами на добу, оскільки розробляється автоматизована ділянка.

Повний календарний річний фонд часу показує кількість годин на рік $24 \cdot 363 = 8670$ год. Виключаючи вихідні та святкові дні, з розрахунку п'ятиденного робочого тижня тривалістю 41 год, отримаємо номінальний фонд часу $\Phi_H = 4320$ год. враховуємо простої обладнання на ремонт, Φ_D – дійсний річний фонд часу роботи обладнання при 2-х змінній роботі, $\Phi_D = 3945$ год (при використанні верстатів з ЧПУ).

Такт випуску

Для оцінки інтервалу часу, через який періодично проводиться випуск деталей, що забезпечує виконання річного обсягу у встановлений термін, необхідно визначити такт випуску деталей.

Такт випуску розраховується за формулою:

$$\tau = \frac{\Phi_d \cdot 60}{N_r} \quad (1.1)$$

де τ – такт випуску (хв/шт);

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання при двозмінній роботі, год;

N_r – річний об'єм випуску деталей, шт.

$$\tau = \frac{3945 \cdot 60}{10000} = 24 \text{ хв/шт}$$

Тип виробництва можна визначити орієнтовно на підставі дослідної залежності за річним обсягом випуску та масою деталі, використовуючи дані таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 — Орієнтовне визначення типу виробництва за річним обсягом випуску та масою деталей

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей при масі				
	До 1,0 кг	1,0-2,5 кг	2,5-5,0 кг	5-10 кг	Більше 10 кг
Одиничне	До 10	До 10	До 10	До 10	До 10
Дрібносерійне	10-2000	10-1000	10-500	10-300	10-200
Середньосерійне	1500-100000	1000-50000	500-35000	300-25000	200-10000
Багатосерійне	75000-200000	50000-100000	35000-75000	25000-50000	10000-25000
Масове	Більше 200000	Більше 100000	Більше 75000	Більше 50000	Більше 25000

Приймаємо середньосерійний тип виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Вихідні дані до розрахунку.

Деталь – зубчасте колесо

Матеріал – Сталь 20Х

Маса – 8,22 кг

Програма випуску – 10 000 шт.

Спосіб отримання заготовки – закрите штампування.

Діаметр отвору ($d=59$) дозволяє отримати поглиблення з двох сторін (оскільки $d>30$ мм), а потім перемичку можна прошити на обрізному штампі.

Визначаємо розрахунковий коефіцієнт $K_p=1.8$ (тут і далі при призначенні припусків використано розрахункові та довідкові дані, наведені у [8]).

Визначимо розрахункову масу поковки

$$G_{п.р.} = G_d \cdot K_p = 8,22 \cdot 1,8 = 14,8 \text{ кг} \quad (2.1)$$

Визначення класу точності.

Приймаємо клас розмірної точності Т3.

Визначаємо групу сталі – М1.

Габаритні розміри деталі $D=216$, висота $h=85$.

Для визначення ступеня складності поковки розраховуємо розміри, об'єм і масу фігури, що описує поковку.

$$h_\phi = 85 \cdot 1,05 = 89,25 \text{ мм} = 8,9 \text{ см}$$

$$D_\phi = 216 \cdot 1,05 = 226,8 = 22,7 \text{ см}$$

$$V_\phi = \pi \cdot (D^2/4) \cdot h = 3,14 \cdot (22,7^2/4) \cdot 8,9 = 3600 \text{ см}^3$$

(2.2)

$$G_\phi = V_\phi \cdot \rho = 3600 \cdot 7,85 = 28260 \text{ г} = 28,2 \text{ кг} \quad (2.3)$$

Оскільки $[G_{п.р.}/G_\phi = 14,8/28,2 = 0,52] > 0,32$ і $< 0,63$, то ступінь поковки – С2

Визначаємо конфігурацію поверхні роз'єму штампі – пласка (П).

Для розрахунку маси поковки $G_{п.р.}=14,8$ кг, група сталі М1, ступеня складності С2 та класу точності Т3 знаходимо вихідний індекс – 14.

Знаючи вихідний індекс і значення шорсткості поверхонь деталі, що обробляються, призначаємо припуски і заносимо дані в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Призначення припусків на обробку

Розміри деталі та шорсткість	Припуск на обробку (на сторону), мм
$\varnothing 216_{(-0.046)}$, Ra=0.63 мкм	2,7
$85^{+0.14}_{-0.82}$, Ra=1.25 мкм	2,7
$30_{-0.052}$, Rz=10 мкм	2,2
$\varnothing 144_{-0.74}$, Ra=0.63 мкм	2,7
$\varnothing 84^{+0.87}$, Ra=0,63 мкм	2,2

Призначаємо додаткові припуски:

- Зміщення по поверхні роз'єму штапу - 0.3 мм;
- відхилення від площини – 0,4 мм

Призначаємо штапувальні ухили:

- для внутрішньої поверхні – 10°
- для зовнішньої поверхні – 7°

З урахуванням основних та додаткових припусків визначаємо розміри заготовки, результати розрахунків зводимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок розмірів заготовки (поковки).

Розмір деталі, мм	Розрахунок розмірів поковки, мм	Прийняті розміри, мм
$\varnothing 216_{(-0.046)}$	$216+2 \cdot (2,7+0,3)=222$	$\varnothing 222$
$85^{+0.14}_{-0.82}$	$85+2 \cdot (2,7+0,4)=91.2$	91
$30_{-0.052}$	$30+2 \cdot (2,2+0,4)=35.2$	35
$\varnothing 144_{-0.74}$	$144+2 \cdot (2,7+0,3)=150$	$\varnothing 150$
$\varnothing 84^{+0.87}$	$84-2 \cdot (2,2+0,3)=79$	$\varnothing 79$

Визначаємо допуски на прийняті розміри. Остаточні розміри заготовки з допусками наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Допуски та граничні відхилення розмірів заготовки

Розмір заготовки, мм	Допуск та граничні відхилення, мм	Розмір заготовки на кресленні, мм
Ø222	3.6(^{+2,4} _{-1,2})	Ø222 ^{+2,4} _{-1,2}
91	3,2(^{+2,1} _{-1,1})	91 ^{+2,1} _{-1,1}
35	2.5(^{+1,6} _{-0,9})	35 ^{+1,6} _{-0,9}
Ø150	3.6(^{+2,4} _{-1,2})	Ø150 ^{+2,4} _{-1,2}
Ø79	3,2(^{+2,1} _{-1,1})	Ø79 ^{+2,1} _{-1,1}

Допустима величина залишкового облою – 0,9 мм.

Допустима величина висоти задирки по зовнішньому контуру -3 мм.

Допустиме відхилення від концентричності пробитого отвору щодо зовнішнього контуру поковки – 1.0 мм.

Розрахунок маси поковки.

Для розрахунку маси заготовки необхідно визначити її обсяг.

$$V_{\text{пок}} = \pi h(R^2 + r^2 + Rr)/3 + 2 \cdot (\pi h(R^2 + r^2 + Rr)/3) - 2 \cdot (\pi h(R^2 + r^2 + Rr)/3) = 1057 + 2 \cdot 516,9 - 2 \cdot 171,7 = 1057 + 1033,8 - 343,4 = 1919,1 \text{ см}^3$$

(2.4)

Маса заготовки поковки:

$$G_{\text{пок}} = V_{\text{пок}} \cdot \rho = 1919,1 \cdot 7,85 = 15064,15 \text{ г} = 15 \text{ кг} \quad (2.5)$$

Коефіцієнт вагової точності для поковки:

$$K_{\text{в.т.}} = G_1 / G_{\text{пок}} = 8,22 / 15 = 0,548$$

Визначення вартості поковки.

Вартість 1 тонни сталі 20Х – 19 700 грн.

Вартість 1-єї поковки – 295,5 грн.

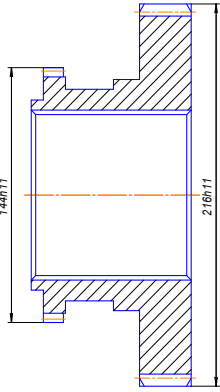
2.2 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

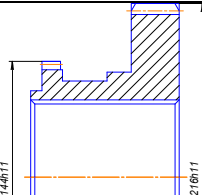
Аналіз технологічності конструкції деталі зводиться до поліпшення можливостей зменшення трудомісткості, здешевлення деталі та обробки її

високопродуктивними методами без шкоди для її службового призначення та ремонтпридатності.

Результати аналізу технологічності конструкції деталі «зубчасте колесо» за геометричною формою та конфігурацією, за наявністю стандартних конструктивних елементів деталі, за точними вимогами, за параметрами шорсткості наведено в таблицях 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 відповідно.

Таблиця 2.4. - Аналіз технологічності конструкції деталі «зубчасте колесо» за геометричною формою та конфігурацією

	Вимоги технологічності	Ескіз	Характеристика технологічності
1	Можлива простота конструкції, наявність поверхонь, зручних для базування та кріплення, при встановленні на верстатах на всіх операціях та можливість скорочення кількості перестановок при обробці.		Конструкція проста – складається з циліндричних поверхонь, має зручні для базування площини. Технологічна.
2	Наявність поверхонь зручних для базування та закріплення заготовки.		Технологічно, для базування можна використовувати вісь деталі (реалізується при встановленні по внутрішній та зовнішній циліндричні поверхні) і торці деталі
3	Доступність всіх поверхонь для обробки на верстатах та безпосереднього вимірювання		Технологічно, оскільки всі поверхні доступні для обробки та вимірювання
4	Хороша оброблюваність матеріалу різанням		Технологічно, оскільки Сталь 20Х має високий коефіцієнт оброблюваності

5	Можливість використання раціональних методів отримання заготовок, відсутність складних роз'ємів та внутрішніх поверхонь для заготовок, що одержуються куванням.		Заготовка отримана штампуванням без роз'ємів. Технологічна.
6	Доступність всіх поверхонь деталі для обробки на верстатах, безпосереднього вимірювання, відсутність складних контурних поверхонь, що обробляються.		Усі поверхні доступні для обробки та вимірювань, немає складних контурів. Технологічна
7	Відсутність великої різниці та незамкнутості контурів, що викликають деформації при термообробці.		Немає замкнутих контурів та великої різниці. Технологічна.
8	Відсутність місць різких змін форми, різких країв, буртиків, які є концентраторами напруги.		Має місця різкої зміни форми. НЕ технологічна.
Додаткові вимоги для зубчастих коліс			
9	Відсутність ступиць або їх одностороннє положення.		Ступиця розташована з одного боку. Технологічна.

10	Достатня точність базуючих поверхонь для зубообробки.		Базуючі поверхні Ø144h11 и Ø216h11. Технологічна.
11	По можливості виключити зубчасті вінці, точність яких забезпечується лише зубошліфуванням.		Точність може бути забезпечена кількома проходами фрез. Технологічна.
Додаткові вимоги для деталей оброблюваних на верстатах з ЧПУ			
12	Форма канавок, фасок, виточок і т. п. конструктивні елементи деталі повинні забезпечувати зручне підведення та відведення інструменту.		Форма фасок забезпечує зручне підведення інструменту. Технологічна.

Висновок: Конструкцію деталі можна визнати технологічною.

Таблиця 2.5 – Аналіз технологічності конструкції деталі зубчасте колесо за наявності стандартних конструктивних елементів (КЕД)

№ пп	Найменування КЕД (ГОСТ ТУ тощо)	Загальна кількість КЕД	Кількість стандартних КЕД	Ступінь стандартизації	Примітки
1	Зовнішні циліндричні поверхні ГОСТ 6636-69	4	2	50%	
2	Внутрішні циліндричні поверхні ГОСТ 6636-69	1	0	0	
3	Лінійні розміри ГОСТ 6636-69	4	4	100%	
4	Фаски ГОСТ 10948-64	4	4	100%	
5	Шліци 1139-80	1	1	100%	
	Всього:	14	11	78.5%	

Висновок: оскільки рівень стандартизації 78.5%, то деталь технологічна.

Таблиця 2.6 – Аналіз технологічності конструкції деталі «зубчасте колесо» за точними вимогами (ЄСКД: ДСТУ ISO 128-1:2005)

№ Пп	Найменування КЕД	Загальна кількість КЕД	Кількість КЕД, оброблених за такими кваліфікаціями точності											
			Висока точність обробки				Середня точність обробки				Вільні розміри			
			7	8	9	%	10	11	12	%	13	14	%	
1	Зовнішні циліндричні	4						4			100%			
2	Внутрішні циліндричні поверхні	1	1			100%								
3	Лінійні розміри	4						2			50%	2		50%
4	Фаски	4										4		100%
5	Шліці	1	1			100%								
Всього		14	2			14%		6			43%	6		43%

Висновок: конструкція деталі технологічна, так як кількість розмірів середньої точності та вільних розмірів становить 86%.

Таблиця 2.7 – Аналіз технологічності конструкції деталі «зубчасте колесо» шорсткості поверхні

№ Пп	Найменування КЕД	Загальна кількість КЕД	Кількість КЕД, що мають наступну шорсткість поверхні Ra(Rz), мкм					
			Rz 100-50	Rz 40-20	Rz 20-10	Rz 2.5-1.5	Ra 1.25-0.63	
1	Зовнішні циліндричні поверхні ГОСТ 6636-69	4						4
2	Внутрішні циліндричні поверхні ГОСТ 6636-69	1						1
3	Лінійні розміри ГОСТ 6636-69	4			3	1		
4	Фаски ГОСТ 10948-64	4				4		
5	Шліці ГОСТ 1139-80	1					1	
Всього								

Висновок: конструкція деталі технологічна, тому що 50% поверхонь мають шорсткість, яка може бути отримана лезовою обробкою.

У результаті проведеного аналізу можна сказати, що деталь «зубчасте колесо» технологічна, оскільки задовольняє найбільшу кількість пред'явлених вимог технологічності.

Вибір технологічних баз

Призначення технологічних баз починається з вибору технологічних баз до виконання першої операції.

Технологічна база, яка використовується при першому установі заготовки, називається чорною технологічною базою. В якості чорної технологічної бази вибираємо поверхню, щодо якої при першій операції можуть бути оброблені поверхні, що використовуються в подальших операціях в якості технологічних баз. У цьому випадку це зовнішньо-циліндрична поверхня з упором у торець.

При призначенні технологічної бази повинні дотримуватися наступних принципів:

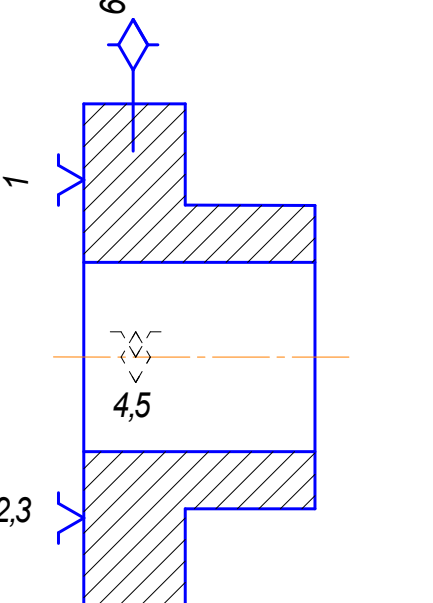
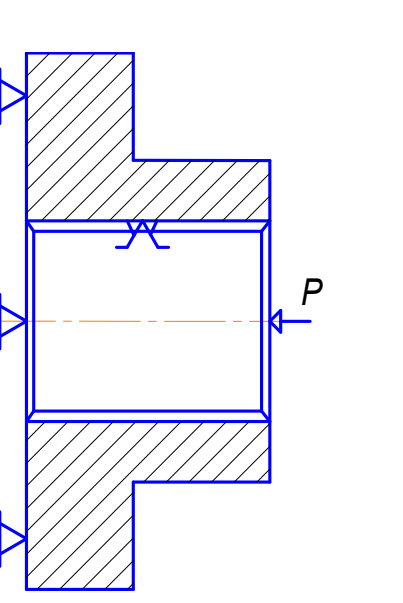
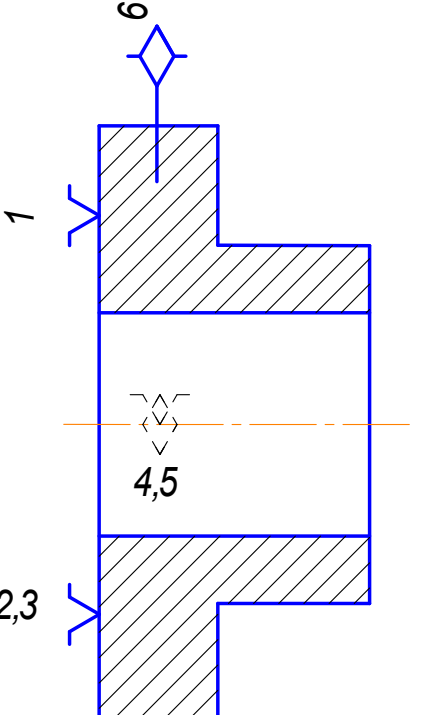
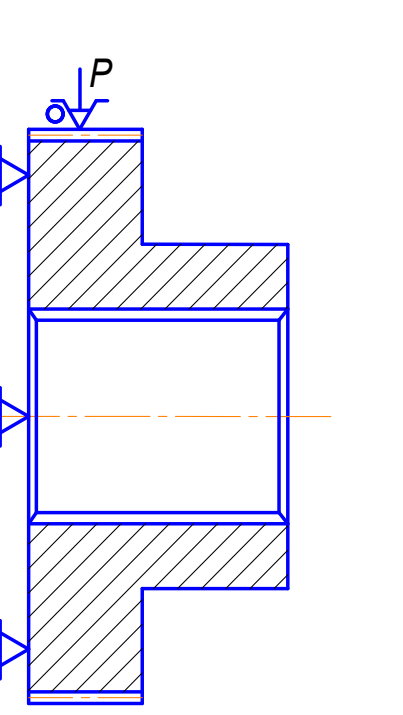
1. Принцип сталості баз, тобто на більшості операцій повинні застосовуватися ті самі бази.
2. Сили закріплення необхідно прикладати перпендикулярно до розміру, що виконується.
3. Поєднувати технологічну та вимірювальну базу, оскільки $\epsilon_6=0$.

Теоретичні схеми базування вибираємо виходячи з ГОСТ 21495-76. На операції 005 базування виконуємо по чорнових базах, всіх інших по чистових базах.

Схеми базування та установки для різних способів обробки наведені у таблиці 2.18.

Таблиця 2.8 – Схеми базування та встановлення заготовки

Операція	Найменування операції	Схема базування	Схема установки
015	Токарна		
020	Протяжна		

025,035, 055	Токарна, зубофрезерна, зубошліфувальна		
045			

Вибір технологічного обладнання

На даному етапі проектування технологічного процесу обробки деталі необхідно вибрати модель обладнання з його технологічних можливостей та габаритів робочого простору.

Від правильного вибору технологічного обладнання залежить продуктивність, економне використання виробничих площ, механізація та автоматизація ручної праці та собівартість виробу.

У разі середньосерійного виробництва доцільно використовувати верстати з ЧПУ. Ефективність застосування верстатів з ЧПУ досягається за рахунок зниження витрат на технологічне оснащення, зниження втрат від браку, скорочення виробничих площ, збільшення швидкостей різання та подач.

Характеристики вибраних моделей верстатів наведено у таблицях.

Таблиця 2.9 - Токарний верстат с ЧПК HAAS ST-10

	
Найбільший діаметр прутка	44 мм
Максимальний діаметр деталі	419 мм
Максимальний діаметр обробки (в залежності від поворотної головки)	356 мм
ПОДАЧІ	
Прискорені переміщення по осях X і Z	30,5 м/хв
Максимальне навантаження по осях X і Z	14,679 кН
ГОЛОВНИЙ ШПИНДЕЛЬ	
максимальна швидкість об/хв	50 - 6 000
Максимальний крутний момент	102 Нм
максимальна потужність	11,2 кВт

Таблиця 2.10 - Верстат зубофрезерний для циліндричних коліс 5B312.

	
Клас точності	Н

Максимальний діаметр оброблюваної деталі мм	320
Максимальний модуль зубів коліс	6
Потужність головного привода кВт	7,5
Межі частот обертання шпинделя об/хв	63..400
Вага верстата кг	5250

Таблиця 2.11- Верстат внутрішньошліфувальний особливо високої точності 3K228A

	
Діаметр отвору, що шліфується, найбільший, мм	400
Найбільша довжина шліфування при найбільшому діаметрі отвору, що шліфується, мм	320
Найбільший кут конуса, що шліфується, град.	60
Потужність приводу головного руху, кВт	7.5
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	14.63
Маса, кг	5600
Шорсткість поверхні зразка-виробу:	
циліндричної внутрішньої Ra, мкм	0.08
плоскої торцевої	0.32

Таблиця 2.12 - Горизонтально-протяжний напівавтомат 7A523

	
Номінальне тягове зусилля, кН	100
Найбільша довжина ходу робочих санок, мм	1 250
Найбільший зовнішній діаметр оброблюваної деталі, мм	500

Найбільша довжина застосовуваної протяжки, мм	1 365
Швидкість робочого ходу, м/хв.	1,5 - 12
Рекомендована швидкість зворотного ходу, м/хв.	20
Швидкість підведення протяжки, м/хв	11,2
Швидкість відведення протяжки, м/хв	18,8
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	11,386

Таблиця 2.13 - Зубошліфувальний напівавтомат 5М841



Найбільший D встановлюваного виробу, мм	400
Найменший D кола западин, мм	30
Найбільша довжина заготовки в центрах, мм	440
Модуль, мм	1.5-10
Число зубів	6-200
Найбільший кут нахилу зубів, град	45
Діаметр шліфувального круга, мм	350
Сумарна потужність ел. двигунів, кВт	7.92
Точність обробки, DIN	4-5
Маса напівавтомата, кг	8000

Технологічний процес виготовлення деталі «Зубчасте колесо» розробимо виходячи зі складу елементарних технологічних операцій, кожна з яких може бути отримана на основі об'єднання типових маршрутів обробки поверхонь заготовки, що виконуються за один або два установи.

Об'єднання переходів до установ та операцій виконується з урахуванням типових технологічних процесів виготовлення деталей даного класу, базового маршруту обробки даної деталі, а також з урахуванням обраних схем встановлення заготовки на верстаті (таблиця 2.13) та технологічних можливостей виконання кількох переходів на обладнанні обраного типу.

На підставі об'єднання елементарних переходів до установ та операцій формується маршрут обробки деталі, який представлений у таблиці 2.14 та у додатку до розрахунково-пояснювальної записки у вигляді маршрутної карти техпроцесу.

Таблиця 2.14 – Проектний варіант техпроцесу механічної обробки деталі «Зубчасте колесо»

Операція	Зміст чи найменування операції	Верстат, обладнання	Оснастка
005	Відрізати заготовку	Автомат стрічковий відрізний 8A544	Лещата
010	Ковальська		
015	Установ А: Підрізати торці Ø216h11/Ø144h11 та Ø 144h11/ Ø84H7. Обточити зовнішню поверхню Ø 144h11 попередньо. Обробити отвір Ø84H7 до Ø82H14. Обточити та розточити 2 фаски 6×45° Установ Б: Підрізати торець Ø216h11/ Ø84H7. Обточити зовнішню поверхню Ø216h11 попередньо.	Токарний верстат ЧПК HAAS ST-10	Трьохкулачковий патрон.
020	Протягнути восьмишлицевий отвір Ø84H7× Ø90H11×12H під протяжний шліфування.	Горизонтально-протяжний напівавтомат 7A523	Жорстка опора
025	Проточити паз В=28h11. Обточити зовнішню поверхню Ø216h11, Ø130h11 і Ø144h11.	Токарний верстат ЧПК HAAS ST-10	Спеціальна оправка
030	Технічний контроль		
035	Фрезерувати 52 зуба (m=5) під шліфування. Фрезерувати 44 зуба (m=2) під шліфування.	Зубофрезерний верстат 5B312	Пристосування
040	Термічна обробка		
045	Шліфувати отвір Ø84H7 остаточно.	Верстат внутрішньошліфувальний особливо високої точності 3K228A	Пристосування
050	Шліфувати 52 зуба (m=5) та 44 зуба (m=2) остаточно.	Зубошліфувальний напівавтомат 5M841	Спеціальна оправка
055	Промити деталь	Мийна машина	
060	Технічний контроль		
065	Нанесення антикорозійного покриття		

2.3 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо для операції обробки деталі «Зубчасте колесо» - операція 005 «Токарна з ЧПК».

Обладнання: верстат токарний з ЧПУ моделі HAAS ST-10, потужність приводу головного руху $N_{ст} = 11$ кВт.

Матеріал, що обробляється – сталь 20Х ГОСТ 4543-88, 179 НВ, $\sigma_B = 800$ МПа.

1) Згідно з попередньо наміченим маршрутом (таблиця 2.14) операція 005 містить наступні переходи:

Перехід 1 – точити зовнішню поверхню $\varnothing 144h11$ начисто.

Розрахунковий діаметр $D_p = 145$ мм.

Припуск на сторону $Z = (145-144)/2 = 0,5$ мм.

Число проходів $i = 1$.

Глибина різання $t = Z/i = 0,5/1 = 0,5$ мм (2.6)

Подача на оберт шпинделя $S_0 = 0,55 \dots 0,65$ мм/об. Приймаємо $S_{ст} = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання $V_p = 148 \cdot 0,9 = 133,2$ м/хв.

Число обертів шпинделя:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D_p} = \frac{133,2 \cdot 1000}{3,14 \cdot 145} = 292,6 \text{ мин}^{-1}$$

(2.7)

Приймаємо $n_{ст} = 300$ мин^{-1} .

Справжня швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 145 \cdot 300}{1000} = 136,6 \text{ м/мин}$$

(2.8)

Потужність, потрібна для різання $N_{пр} = 3,6$ кВт.

2) Перехід 2 – точити канавку $\varnothing 120h11$, витримуючи розмір 28H11.

Розрахунковий діаметр $D_p = 145$ мм.

Припуск на сторону $Z = (145-120)/2 = 12,5$ мм.

Число проходів $i = 3$.

Глибина різання $t = Z/i = 12,5/3 = 4,16$ мм

Подача на оберт шпинделя $S_0 = 0,7...0,9$ мм/об. Приймаємо $S_{ст} = 0,8$ мм/об.

Швидкість різання $V_p = 117 \cdot 0,9 = 105,3$ м/хв.

Число обертів шпинделя:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D_p} = \frac{105,3 \cdot 1000}{3,14 \cdot 145} = 231,3 \text{ мин}^{-1}$$

(2.9)

Приймаємо $n_{ст} = 250 \text{ мин}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 145 \cdot 250}{1000} = 113,9 \text{ м/мин} \quad (2.10)$$

Потужність, потрібна для різання $N_{пр} = 5,6$ кВт.

3) Перехід 3 – точити зовнішню поверхню $\varnothing 130h11$ начисто.

Розрахунковий діаметр $D_p = 145$ мм.

Припуск на сторону $Z = (145-130)/2 = 7,5$ мм.

Число проходів $i = 2$.

Глибина різання $t = Z/i = 7,5/2 = 3,75$ мм

Подача на оберт шпинделя $S_0 = 0,55...0,65$ мм/об. Приймаємо $S_{ст} = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання $V_p = 136 \cdot 0,9 = 122,4$ м/хв.

Число обертів шпинделя:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D_p} = \frac{122,4 \cdot 1000}{3,14 \cdot 145} = 268,8 \text{ мин}^{-1}$$

(2.11)

Приймаємо $n_{ст} = 300 \text{ мин}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 145 \cdot 300}{1000} = 136,6 \text{ м/мин} \quad (2.12)$$

Потужність, потрібна для різання $N_{пр} = 4,2$ кВт.

4) Перехід 4 – точити зовнішню поверхню $\varnothing 216h11$ начисто.

Розрахунковий діаметр $D_p = 217,2$ мм.

Припуск на сторону $Z = (217,2-216)/2 = 0,6$ мм.

Число проходів $i = 1$.

Глибина різання $t = Z/i = 0,6/1 = 0.6$ мм

Подача на оберт шпинделя $S_0 = 0,55...0,65$ мм/об. Приймаємо $S_{ст} = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання $V_p = 148 \cdot 0,9 = 133,2$ м/хв.

Число обертів шпинделя:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D_p} = \frac{133,2 \cdot 1000}{3,14 \cdot 217,2} = 195,3 \text{ мин}^{-1}$$

(2.13)

Приймаємо $n_{ст} = 200 \text{ мин}^{-1}$.

Дійсна швидкість різання

$$V_d = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 217,2 \cdot 200}{1000} = 136,4 \text{ м/мин} \quad (2.14)$$

Потужність, потрібна для різання $N_{пр} = 4,6$ кВт.

Потужність приводу головного руху токарного верстата HAAS ST-10 - 11кВт, отже дані операції можна виконувати на цьому верстаті.

Розрахунок норм часу T_0 та T_v для цієї операції наведено в розділі 2.4.

2.4 Технічне нормування операцій

Нормування технологічних операцій – визначення технічно обґрунтованих норм часу, тобто того часу, який необхідний виконання операції.

Для серійного виробництва $T_{шт.к.}$ визначається з розміру партії за такою формулою:

$$T_{шт.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (2.15)$$

де $T_{шт}$ - штучний час, хв;

$T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, хв

n – кількість деталей в партії, шт

$$n = \frac{N}{253} \cdot 5$$

де N – річний об'єм випуску, шт;

253 – кількість робочих днів на рік;

5 – кількість днів зберігання заготовки на складі;

$$n = \frac{10000}{253} \cdot 5 = 198 \text{ шт}$$

Розглянемо нормування операції 010.

Для токарних робіт основний час визначається за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} \quad (2.16)$$

де L – довжина робочого ходу інструменту;

n – частота обертання шпинделя, об/хв

S_0 – подача на оберт шпинделя, мм/об

$$L = l + l_1 + l_2 \quad (2.17)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні, мм

l_1 – величина врізання інструменту, мм;

l_2 – величина перебігу інструменту, мм;

1) Перехід 1: $l = 12 \text{ мм}$, $l_1 = l_2 = 1 \text{ мм}$

$$L_1 = 12 + 1 + 1 = 14 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{14}{300 \cdot 0.6} = 0.1 \text{ хв}$$

2) Перехід 2:

$$L_2 = 12.5 + 28 + 5 + 1 + 1 = 47.5 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{47.5}{250 \cdot 0.8} = 0.23 \text{ хв}$$

3) Перехід 3:

$$L_3 = 10 + 1 + 1 = 12 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{12}{300 \cdot 0.6} = 0.1 \text{ хв}$$

4) Перехід 4:

$$L_4 = 30 + 1 + 1 = 32 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{32}{200 \cdot 0.6} = 0.26 \text{ хв}$$

$$T_{0\text{зар}} = 0.1 + 0.23 + 0.1 + 0.26 = 0.69 \text{ хв}$$

Допоміжний час: $T_{\text{доп}} = 0.45 \text{ хв}$

Оперативний час $T_{\text{оп}}$ визначається за формулою:

$$T_{оп} = T_0 + T_{доп} \quad (2.18)$$

$$T_{оп} = 0,69 + 0,45 = 1,14 \text{ хв}$$

Штучний час визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_{всп} + T_{тех} + T_{орг} + T_{отд} \quad (2.19)$$

де $T_{тех}$ – час технічного обслуговування, хв

$T_{орг}$ – час організаційного обслуговування, хв

$T_{відп}$ – час відпочинку, хв

$$T_{тех} = T_{орг} = 5\% T_{оп} = 0,057 \text{ хв} \quad (2.20)$$

$$T_{відп} = 10\% T_{оп} = 0,14 \text{ хв} \quad (2.21)$$

$$T_{шт} = 0,69 + 0,45 + 0,057 + 0,057 + 0,114 = 1,368 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.} = 1,368 + \frac{6}{198} = 1,398 \text{ хв}$$

Таблиця 2.15 – Професія та розряд виконавців для серійного виробництва

Назва операції	Професія	Розряд
Токарна	Токар-розточник	5
Протяжна	Протяжник	4
Зубофрезерна	Зубофрезерник	4
Шліфувальна	Шліфувальник	5
Слюсарна	Слюсар	3
Контрольна	Контролер	4
Промивна	Мийник	2

2.5 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК



В якості розроблюваної технологічної операції обробки деталі «Зубчасте колесо» прийнято операцію 025 «Токарна з ЧПК»

При розробці маршруту обробки цієї операції було обрано верстат з ЧПУ моделі HAAS ST-10.

Виходячи з технологічних можливостей обладнання, конфігурації заготовки та типу виробництва, встановлюємо схему обробки: одномісна, одноінструментальна, з послідовною концентрацією переходів.

Як різальний інструмент вибираємо різець фірми Seco, характеристики наведені в таблиці 2.16 і на рисунку 2.1.

Таблиця 2.16 – Розміри різця

Розміри в мм								
Застосування		Позначення	h	b	l1	f1	l3	ar
	4	CFIL3225P04	32	25	170	26.5	31	12

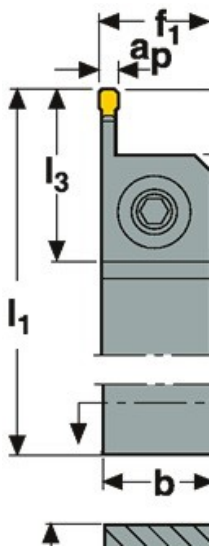


Рисунок 2.1 – Різець

Розрахунок координат опорних точок та траєкторії руху інструменту докладно викладено у підрозділі РПЗ «Розробка керуючої програми».

Як допоміжний інструмент буде використовуватися стандартний інструмент, що входить до комплектації верстата.

Для контролю виконуваних розмірів використовуємо стандартний вимірювальний інструмент, а саме штангенциркуль ШЦ-ІІ-200-0,1 ГОСТ 166-80, штангенколіброметр ШГ-160-0.1 ГОСТ 162-80.

Виконавши усі необхідні розрахунки скористаємося програмним продуктом CAMESPRIT для розроблення керуючої програми оброблення деталі Фланець.

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

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

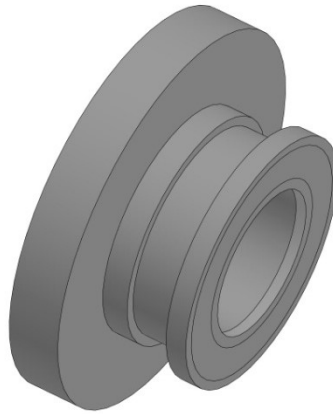


Рисунок 2.2 – Деталь шестерня

2. Створено заготовку (рис 2.2)
3. Виконано розпізнання елементів профілю.
4. Вибрано вид оброблення – «Чорнова обробка» (рис. 2.3).

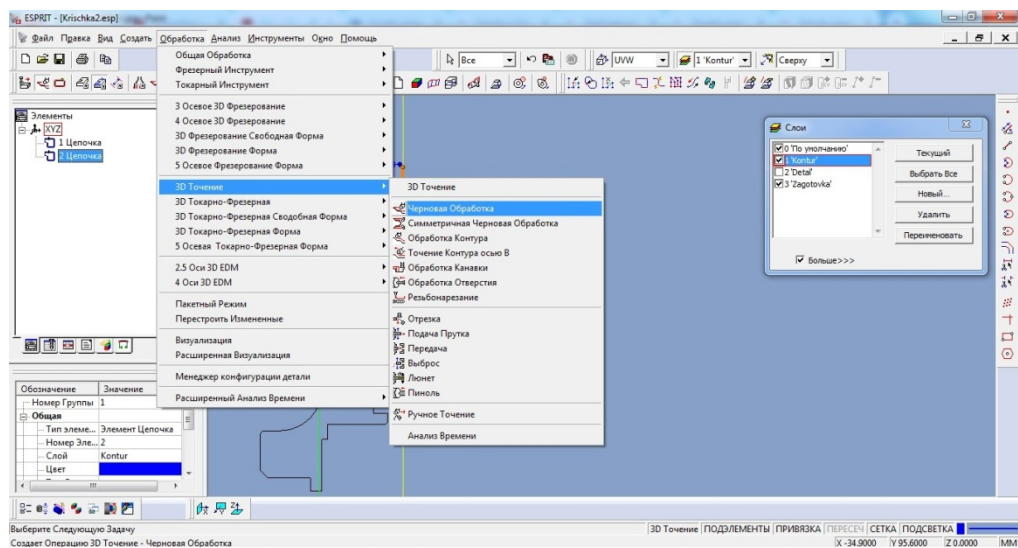


Рисунок 2.3 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри.

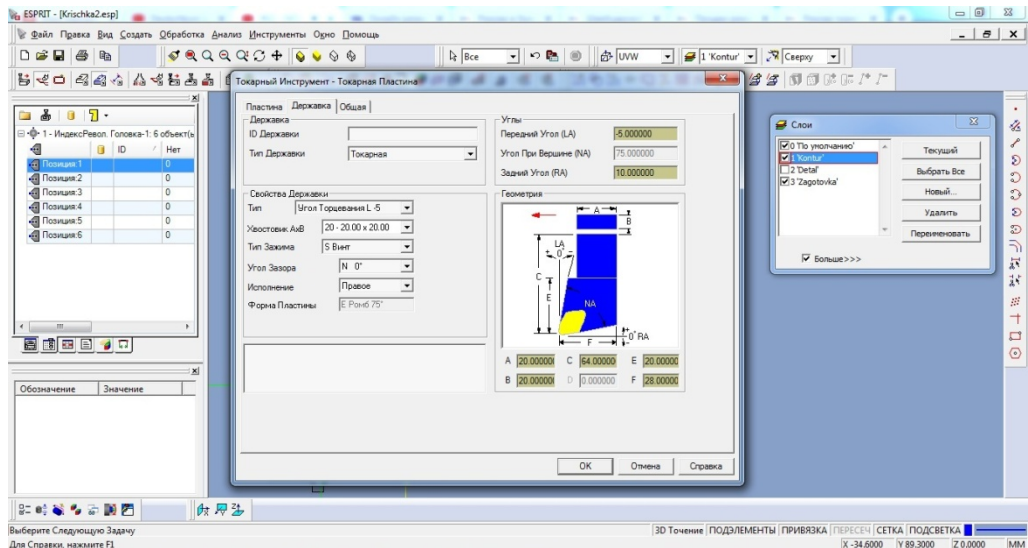


Рисунок 2.4 – Вибір ріжучого інструменту

6. Вибрано режимі 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 2.5).

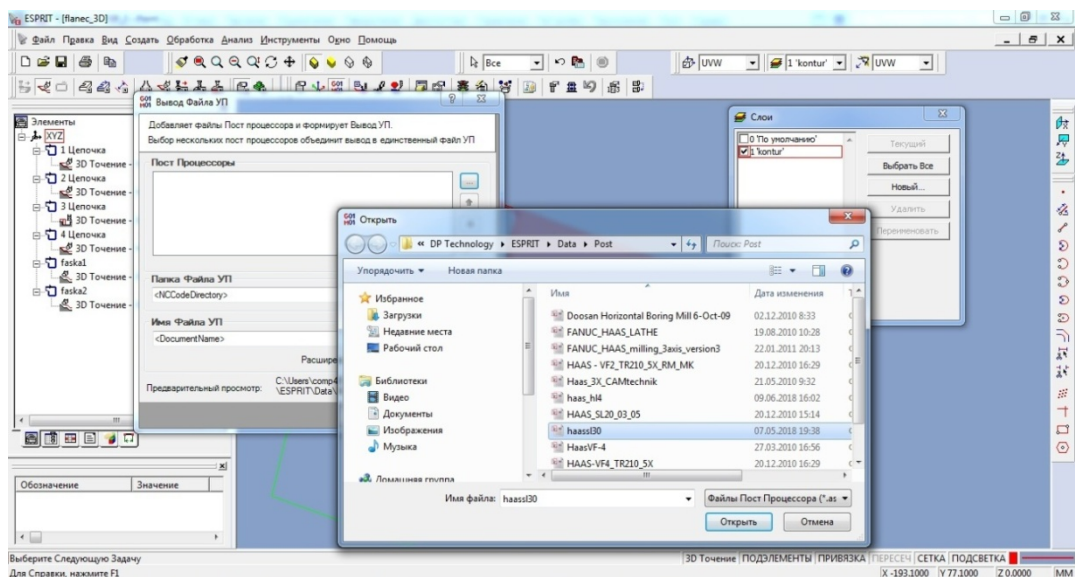


Рисунок 2.5 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M коді

Керуюча програма наведена у додатку В.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування спеціального пристосування

У цьому розділі розробляється пристрій для внутрішньошліфувальної операції, яка застосовується при шліфуванні осьових отворів циліндричних зубчастих коліс. За основу приймаємо робочі поверхні зубів, що дозволяє досягати точної співвісності отвору та зубчастого вінця. Встановлюють та закріплюють зубчасті колеса у спеціальні мембранні патрони.

Для даного випадку використовується мембранний патрон, що самоцентрується.

В якості настановних елементів застосовують ролики. У мембранних патронах точне центрування колеса забезпечується кулачками пружної мембрани з пригорнутими сухарями. Осьову установку колеса виробляють за упорами. При вилученні зубчастого колеса шток прогинає мембрану і кулачки розходяться. При відведенні штока мембрана випрямляється та зубчасте колесо закріплюється. Колесо встановлюють у патрон з одягнутою на нього обоймою, що несе ролики.

На кресленні №3 показаний мембранний патрон із шістьма кулачками для встановлення циліндричних зубчастих коліс при шліфуванні отвору. Ці патрони забезпечують високу точність центрування коліс, надійні в експлуатації та прості у виготовленні.

При конструюванні мембранного патрона розраховують діаметр ролика та відстань між осями ролика та патрона..

$$d=2[R_1 \operatorname{tg}(\gamma+\alpha_2)-R_2 \sin \alpha_2] \quad (3.1)$$

де R_1 – радіус кола виступів колеса, мм;

R_2 – радіус від осі зубчастого колеса до точки торкання ролика із профілем зуба колеса, мм.

У даній формулі радіус R_1 заданий, радіус R_2 приймають рівним радіусу кола виступів, зменшеному на 1-2 мм, кут α визначаємо з формули:

$$\cos \alpha = \frac{R_1}{R_2} \quad (3.2)$$

$$\cos\alpha = \frac{103}{106} \quad (3.3)$$

$$\alpha = 13,66^\circ$$

$$\gamma = \frac{\pi}{z} \left(\frac{S}{2 \cdot R_d} + \theta_1 \right) + \theta_2 \quad (3.4)$$

де Z – число зубів,

S – товщина зуба по дузі ділительного кола, мм

$$\theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1 = 0,243 - 0,238 = 0,005; \quad \theta_2 = \operatorname{tg} \alpha - \alpha = 0,363 - 0,348 = 0,015$$

$$\gamma = \frac{3.14}{52} \left(\frac{4.6}{2 \cdot 106} + 0.005 \right) + 0.015 = 0.102$$

$$d = 2[103 \cdot \operatorname{tg}(584 + 1366) - 106 \cdot \sin 1366] = 2[36,474 - 34,032] = 4,884 \quad (3.5)$$

Отримане значення округлюємо та приймаємо $d = 5$ мм.

Розрахунок сили затиску

Для забезпечення затиску пневмоциліндром визначаємо коефіцієнт запасу

$K_{\text{зап.}}$

$$K_{\text{зап.}} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.6)$$

де $K_0 = 1,4$; $K_1 = 1,18$; $K_2 = 1,0$; $K_3 = 1$; $K_4 = 1,0$; $K_5 = 1,0$; $K_6 = 1,0$

$$K_{\text{зап.}} = 1,8$$

Визначаємо необхідну силу затягування для заготовки, що обробляється:

$$W_{\text{п}} = P_z \cdot K_{\text{зап.}} \quad (3.7)$$

де P_z – складова сили різання, Н

$$W_{\text{п}} = 450 \cdot 1,8 = 810 \text{ Н}$$

Визначаємо розрахунковий діаметр пневмоциліндра

$$D_{\text{п}} = \sqrt{\frac{W_{\text{п}}}{0.785 \cdot P \cdot \eta}} \quad (3.8)$$

де P – тиск в системі,

$$D_{\text{п}} = \sqrt{\frac{810}{0.785 \cdot 0.4 \cdot 0.85}} = 51.2 \text{ мм}$$

Прийmemo стандартний діаметр $D = 52$ мм

Визначаємо дійсну силу затиску:

$$W_{\text{п}} = 0,785 \cdot D_{\text{п}}^2 \cdot P \cdot \eta = 0,785 \cdot 52^2 \cdot 0,4 \cdot 0,85 = 721,7 \text{ Н}$$

Визначаємо час спрацьовування пневмоциліндра:

$$T_c = \frac{D_n l_x}{d_0^2 V_c} \quad (3.9)$$

де l_x - хід поршня;

d_0 – діаметр повітредову;

V_c – швидкість подачі повітря;

$$T_c = \frac{52 \cdot 25}{5^2 \cdot 180} = 0.28 \text{ с.}$$

3.2 Проектування калібру-пробка Ø82H7

Розрахунок калібру-пробки для контролю отвору Ø82H7 Допуски та відхилення калібру за ДСТУ2485-2001: $Z = 15$ мкм; $Y = 0$ мкм; $H = 6$ мкм. На рис. 9 представлена схема розташування полів допусків калібру-пробки для отвору Ø82H7 (всі відхилення дані в мкм):

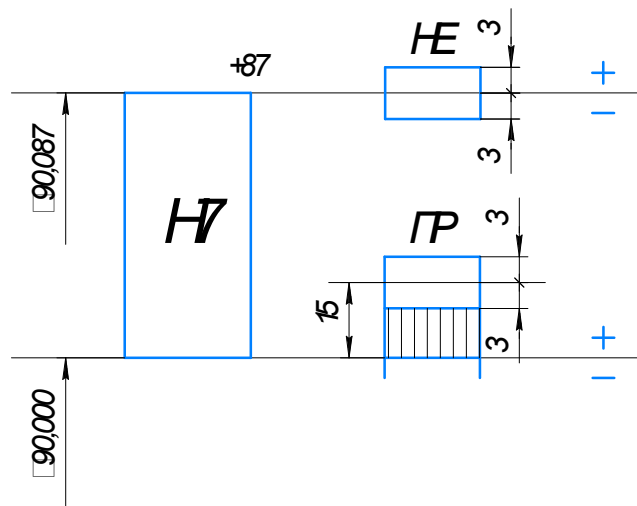


Рисунок 3.3 – Поля допусків

Прохідний калібр – пробка:

Виконавчий розмір:

$$\frac{ж}{и} D_{\min} + Z + \frac{H_{\text{II}}}{2 \text{ III} H} = \frac{ж}{и} 82 + 0,015 + \frac{0,006_{\text{II}}}{2 \text{ III} 0,006} = 82,018_{-0,006} \text{ мм;}$$

Середньостатистичне зношування:

$$Z_{\text{ср}} = Z = 15 \text{ мкм;} \quad (3.10)$$

$$30\% \text{З}_{H_{cp}} = 0,3 \cdot 15 = 4,5 \text{ мкм} = 0,0045 \text{ мм}; \quad (3.11)$$

Зношування робітниками допустимо до розміру:

$$D_{\min} + 30\% \text{З}_{H_{cp}} = 85 + 0,0045 = 82,0045 \text{ мм}; \quad (3.12)$$

Зношування цеховим контролером допустимо до розміру:

$$D_{\min} = 82 \text{ мм.}$$

Непрохідний калібр-пробка

Виконавчий розмір:

$$D_{\max} + \frac{H_{\text{ц}}}{2} = 82,087 + \frac{0,006}{2} = 82,090 - 0,006 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Результати розрахунків (в мм) зведемо до таблиці 3.1:

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків виконавчих розмірів калібр-пробки

Найменування калібру	Номинальний розмір калібру	Виконавчий розмір калібру	Середнє зношув. $Z_{H_{cp}}$	Зношуван. робітн.	Зношув. цеховим контролер.
ПР	82	82,018 - 0,006	0,015	82,0045	82
НЕ	82,087	82,090 - 0,006	—	—	—

Креслення спроектованих двох односторонніх калібрів-пробок представлені у додатку.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є комплексом заходів і положень, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини під час виконання трудової діяльності. Ця система включає в себе правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні заходи та засоби.

Керівники підприємств мають відповідальність за організацію, забезпечення та контроль за трудовою діяльністю працівників у відповідності до вимог законодавства про охорону праці. Вони повинні забезпечувати безпечні методи праці на всіх робочих місцях.

Працівники, які приймаються на роботу і працюють, мають пройти навчання та інструктаж з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим у нещасних випадках та правил поведінки у разі аварії. Роботодавець має забезпечити ці процеси.

Працівники, які працюють у небезпечних умовах або потребують спеціального добору, повинні щороку пройти спеціальне навчання та перевірку знань з нормативно-правових актів з охорони праці за рахунок роботодавця.

4.1 Безпека роботи із металорізальним обладнанням

Під час механічної обробки металів різанням виникає низка небезпечних та шкідливих факторів на робочому місці:

- Рухомі частини обладнання на підприємстві;
- Використання ріжучих інструментів;
- Використання пристосувань для фіксації оброблюваної деталі;
- Присутність оброблюваних деталей;
- Висока температура поверхні деталей та інструментів;
- Утворення стружки, пилу та шкідливих аерозолей внаслідок обробки матеріалів;
- Підвищена напруга або наявність статичної електрики;

- Шум та вібрація від верстатів;
- Недостатнє освітлення на робочій зоні;
- Використання мастильно-охолоджувальних рідин;
- Фізичні перевантаження тіла;
- Перенапруження зору;
- Монотонна характеристика роботи.

Ці фактори можуть становити загрозу для безпеки та здоров'я працівників, і важливо приділяти їм належну увагу під час виконання механічної обробки металів різанням.

Найпоширеніші види травм та їх причини

Найбільш поширеними травмами, які страждають верстатники під час роботи з холодною обробкою металів, є ушкодження очей, обличчя, рук та тіла в цілому. Аналіз причин виробничого травматизму в цехах холодної обробки металів показує, що основними факторами, що призводять до цих травм, є:

- Відсутність або недосконалість захисних огорожень та запобіжних пристроїв, а також несправний стан обладнання, інструментів та пристосувань.
- Неправильне розміщення верстатного обладнання в цеху, що сприяє виникненню небезпечних ситуацій.
- Неправильні методи та прийоми роботи, які можуть збільшувати ризик травм.

Отже, безпека під час роботи з металорізальними верстатами залежить від дотримання вимог безпеки та вжиття необхідних заходів для організації робочого місця верстатника. Важливо дотримуватись принципів охорони праці та санітарних норм при роботі з верстатами.

Заходи безпеки

При роботі на верстатах з металорізальними інструментами, важливо враховувати наступні вимоги з охорони праці:

1. Передачі, такі як ремінні, зубчасті, канатні, шарнірні, ланцюгові тощо, які знаходяться поза корпусом верстата і можуть становити небезпеку травмування, повинні бути обладнані захисними огорожами. Ці огорожі можуть бути суцільними, з жалюзі або з отворами і повинні мати пристрої (рукоятки, скоби тощо) для зручного і безпечного відкривання, зняття, переміщення та установки.

2. Захисні пристрої, такі як щити, ширми, екрани, які огорожують зону обробки, повинні захищати працівників, які працюють на верстаті, а також людей, які знаходяться поряд з верстатом, від відлітаючої стружки, мастильно-охолоджувальної рідини та інших небезпечних матеріалів. Застосування таких захисних огорожувальних пристроїв є обов'язковим для різних типів верстатів, включаючи токарні, фрезерні, свердлильні, розточувальні, стругальні, зуборізні, шліфувальні верстати.

3. Захисні пристрої не повинні обмежувати технологічні можливості верстата і не повинні створювати незручностей при роботі, прибиранні, налагодженні, а також не повинні при відкриванні створювати забруднення підлоги. У разі потреби вони повинні мати рукоятки, скоби для зручності відкривання, закривання, зняття, переміщення та установки.

4. Кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним, щоб уникнути самовідкривання. Приспособлення, які утримують огорожі у відкритому стані, повинні надійно фіксувати їх у цьому положенні.

5. Поверхні верстатів, захисних пристроїв, органів управління, верстатних приладів і пристосувань не повинні мати гострих кромek і задирок, які можуть травмувати працівника.

6. Важливо надійно закріплювати на верстатах оброблювані заготовки, патрони, планшайби, оправки, насадні головки, інструменти та інші знімні елементи, щоб запобігти нещасним випадкам на робочому місці.

7. Органи управління верстатами повинні мати зручне обладнання і бути оснащені надійними фіксаторами, що запобігають ненавмисному переміщенню

і випадковому включенню. Вони також повинні мати відповідні блокування, пояснювальні написи та символи.

8. Слід суворо дотримуватися правил носіння спецодягу. Щоб запобігти захопленню одягу і волосся працівника обертовими механізмами верстата, робочий одяг не повинен мати вільно розвіваючихся деталей, рукави повинні щільно облягати руку і бути застебнуті на гудзики, волосся слід збирати під берет або косинку, причому кінці косинки повинні бути ретельно заправлені.

Дотримання цих вимог сприятиме забезпеченню зручності роботи та безпеки праці під час роботи з верстатами.

4.2 Санітарно-гігієнічні умови праці

Виробниче освітлення

Правильно спроектоване і виконане виробниче освітлення має такі переваги:

1. Поліпшує умови зорової роботи, що сприяє кращій видимості об'єктів і деталей, забезпечує належну освітленість робочої зони і допомагає уникнути надмірного напруження очей.

2. Знижує втому працівників, оскільки відповідне освітлення допомагає зберегти енергію очей і підтримує високу концентрацію протягом робочого дня.

3. Підвищує продуктивність праці і якість виробництва, оскільки належне освітлення допомагає точніше сприймати і керувати об'єктами, знижує ймовірність помилок і покращує оцінку деталей.

4. Благотворно впливає на виробниче середовище, створюючи комфортну атмосферу для працівників і сприяючи їхньому загальному самопочуттю. Це може підвищити мотивацію, настрій та задоволення від виконаної роботи.

5. Покращує безпеку праці і зменшує травматизм на виробництві, оскільки належне освітлення допомагає виявляти потенційно небезпечні ситуації, надає достатню видимість шляхів руху, перешкод та обладнання, а також зменшує ризик помилок і нещасних випадків.

Загальною метою правильного виробничого освітлення є забезпечення оптимальних робочих умов, які сприяють безпеці, здоров'ю і ефективності працівників.

Природне освітлення

У виробничих, допоміжних та побутових приміщеннях найбільш бажане є природне освітлення, яке відповідає спектральному складу світла, характерному для природних джерел. Вимоги щодо природного освітлення у таких приміщеннях встановлені СНиП П-4-79 та ДБН В.2.5-28-2006.

Коефіцієнт природної освітленості, який використовується у приміщеннях машинобудівних підприємств, залежить від типу освітлення. У випадку бокового освітлення, середній коефіцієнт природної освітленості має бути близько 1,0. У випадку верхнього освітлення або комбінації верхнього та бокового освітлення, середній коефіцієнт природної освітленості має бути близько 0,3.

Ці вимоги спрямовані на забезпечення належних умов освітлення у виробничих приміщеннях, що дозволяє досягти оптимальної видимості та комфорту для працівників.

Штучне освітлення

Освітлення приміщення та робочих місць може бути забезпечене шляхом використання загального або комбінованого освітлення. Загальним освітленням називають таке, коли світильники освітлюють всі приміщення, тоді як місцеве освітлення призначене лише для конкретного робочого місця і освітлює прилеглу площу.

Приміщення та робочі місця повинні мати достатнє штучне освітлення, яке забезпечує безпеку під час виконання робіт, перебування та руху людей.

Повітряне середовище та заходи з його оздоровлення

Залежно від хімічного складу, фізичних характеристик та інших властивостей повітря, таких як температура, вологість, тиск, а також наявності пилу, патогенних мікроорганізмів та інших забруднень, повітряне середовище може бути сприятливим, несприятливим або навіть небезпечним. Сприятливе

повітряне середовище досягається, коли в робочій зоні забезпечена достатня чистота повітря та відповідні метеорологічні показники, за винятком випадків, коли певні технічні процеси створюють забруднене повітря.

Основні заходи з оздоровлення повітряного середовища:

1. Використання механізації та автоматизації виробничих процесів і дистанційного керування ними.
2. Використання технологічних процесів та обладнання, що запобігають утворенню шкідливих речовин та їх поширенню у робочу зону.
3. Захист від джерел теплового випромінювання.
4. Установка систем вентиляції та опалення.
5. Використання засобів індивідуального захисту.

Захист від шуму та вібрації

Шум представляє собою невпорядковане поєднання звуків різної сили та частоти.

Інтенсивний шум на робочому місці може спричиняти професійні захворювання, такі як втрата слуху або погіршення слуху. Крім того, працівники, що постійно піддаються його впливу, стикаються з наступними проблемами:

- Зниження продуктивності праці;
- Зниження уваги, уповільнення реакції, запаморочення, дратівливість, зниження працездатності та гостроти зору;
- Підвищення кров'яного тиску, зміни ритму дихання та серцевої діяльності, порушення роботи клітин кори головного мозку та інші проблеми.

Шумовий фон з рівнем звукового тиску від 15 до 35 децибел (дБ) вважається нормальним для людини.

Зменшення шуму в джерелі може бути досягнуто за допомогою застосування неметалевих деталей, малошумних металів та звукоізолюючих кожухів у машинах та механізмах. Шум можна зменшити на шляху його поширення шляхом використання акустичних екранів та різноманітних огорожень.

Для загального зменшення шуму в приміщеннях використовуються звукопоглинальні матеріали (наприклад, деревина, волокнисті плити, мінеральна вата, капронове волокно) для облицювання стін і стель.

Зменшення шуму в приміщеннях досягається за допомогою використання об'ємних (штучних) звукоабсорберів, які підвішуються до стелі. У торгових залах підприємств торгівлі та громадського харчування використовують підвісні стелі для зменшення шуму.

На підприємствах застосовуються архітектурно-планувальні методи захисту від шуму, такі як раціональне розташування технологічного обладнання на робочих місцях. Наприклад, вентиляційні камери, машинні відділення холодильних установок та місця проведення завантажувально-розвантажувальних робіт максимально віддалені від приміщень, де постійно перебувають люди.

Організуючи роботи, важливо враховувати застосування малошумного обладнання та технологічних процесів. Рекомендується використовувати м'які килимки з синтетичних матеріалів під настільні апарати, машини і механізми, що виробляють шум, а також прокладки з м'якої гуми або войлоку товщиною 6-8 мм під ніжки столів.

Шум може бути знижений шляхом своєчасного та належного регулювання, змащування або заміни металевих вузлів різних апаратів, машин і механізмів.

Захист від шуму регламентується діючими стандартами, такими як:

- ДСТУ 4167:2012 "Охорона праці. Вимоги безпеки щодо шуму на робочих місцях. Загальні вимоги".

- ДСТУ 4260:2003 "Охорона праці. Засоби та методи захисту від шуму. Класифікація".

- ДСТУ 4199:2003 "Охорона праці. Шум. Допустимі рівні в житлових і громадських будівлях".

Для забезпечення безпечних умов роботи щодо вібрації використовуються наступні заходи:

- Зменшення вібрації на джерелі виникнення.
- Уникнення резонансу.
- Використання віброгасіння та вібродемпфування.
- Динамічне гасіння коливань за допомогою віброізоляції.

Найпоширенішими інженерними методами захисту від вібрації є використання віброгасіння та вібродемпфування. Вібруюче обладнання, таке як вентилятори, насоси і агрегати, монтується на окремих фундаментах. Між фундаментами

Обмеження часу дії вібрації на працівників забезпечується встановленням регулярних перерв під час робочої зміни для активного відпочинку та проведення лікувально-профілактичних заходів.

Вимоги щодо віробезпечних умов праці регулюються діючими стандартами, такими як:

- ДСТУ 4193:2003 "Охорона праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги".
- ДСТУ 4154:2013 "Охорона праці. Засоби індивідуального захисту рук від вібрації. Загальні технічні вимоги".
- ДСТУ 4156:2013 "Охорона праці. Спеціальне віброзахисне взуття. Загальні технічні вимоги".

Ці стандарти встановлюють вимоги щодо захисту працівників від впливу вібрації та містять рекомендації щодо безпечних рівнів вібрації та використання спеціального захисного обладнання.

Враховуючи ці нормативні вимоги та стандарти, необхідно вживати відповідні заходи для забезпечення безпеки працівників у відношенні вібрації.

ВИСНОВКИ

У цій дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «зубчасте колесо».

Здійснено розрахунок та вибір способу отримання заготовки, нормування технологічних операцій, розрахунок припусків та визначення розмірів заготовки, проведено аналіз технологічності конструкції деталі. У конструкторській частині здійснено розрахунок пристосування, розрахунок діаметра поршня, розрахунок сили затиску.

Оптимальні режими різання на операціях відповідають технічним характеристикам верстатів та загальноприйнятим технологічним нормативам.

Список використаної літератури

1. Технологія машинобудування. Навчальний посібник / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
2. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Технологічні основи машинобудування» (для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка»). / Укладачі: Бабенко М.О., Горячева Т.В. Красноармійськ, Видавництво Красноармійського індустріального інституту, 2009. 67 с.
3. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.
4. Якимов А.В., Царюк В.Н., Якимов В.А. и др. Технология машиностроения: Учебник для студ. машиностр. вузов. / Под редакцией Якимова А.В. Одесса: Астропринт, 2012. 784с., ил.
5. Гевко Б.М. Технологія обробки на верстатах з ЧПК: Навчальний посібник. [Текст] / Гевко Б.М., Матвійчук А.В. Тернопіль: ТДТУ, 2004. 131 с.
6. Технологія машинобудівних підприємств: підручник / В. Л. Дикань, Ю. Є. Калабухін, Н. Є. Каличева та ін., за заг. ред. В. Л. Диканя. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. 386 с.
7. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д. Гончаров; за загальн. ред. В.О. Залоги. Суми: Сумський державний університет, 2013. 371 с.
8. Родін П.Р. і др. Металорізальні інструменти. В 2-х ч. / П.Р. Родін, Ю.М. Бугай, Н.С. Равська, В.І. Солодкий. Київ, «Вища школа», 1993. Ч.1. 226 с., іл.
9. Данюк В. М., Абрамов В. М. Нормування праці. К.: ВІПОЛ, 1995. 465 с.

10. Кирилович В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. / В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський ; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
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. Железна 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. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів. Афіша 2004. 248 с.
17. Катренко Л. А., Пістун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Суми: Університетська книга, 2001. 345 с.
18. SANDVIK COROMAT [Електронний ресурс] // www.sandvik.coromant.com. 2021. Режим доступу до ресурсу: <https://www.sandvik.coromant.com/ruru/products/pages/technologies.aspx#inveio>.
19. <http://ecat.secotools.com/>