

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

тема «Розроблення технологічного процесу виготовлення веденого валу -
шестерні»

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

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ТУМАРЧЕНКО О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент МАТЮХІН А.Ю.

(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний
Кафедра Технологія машинобудування
Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

«_____» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ТУМАРЧЕНКО Олександра Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розроблення технологічного процесу виготовлення веденого валу - шестерні

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «12» травня 2026 року №233

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) _____

робоче креслення деталі, річна програма випуску N=7000 дет.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Розробка планування ділянки; 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності; 5 Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки, маршрут виготовлення деталі, графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПУ, креслення робочого пристосування, графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3, 5	доцент ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В.		
4	доцент ПУХАЛЬСЬКА Г.В.		
нормоконтроль	доцент ДЯДЯ С.І.		

7. Дата видачі завдання « 01 » 05 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
	Технологічна частина	15.05.2026	
	Конструкторська частина	21.05.2026	
	Розробка планування ділянки	25.05.2026	
	Оцінка очікуваної економічної ефективності	29.05.2026	
	Оформлення пояснювальної записки, креслень	01.06.2026	
	Нормоконтроль і рецензія	05.06.2026	
	Захист дипломного проєкту	08.06.2026	

Студент(ка)

_____ Олександр ТУМАРЧЕНКО

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 84 стор., 19 рисунків, 9 таблиць, 11 посилань, 3 додатка.

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ПРИПУСК, ДОПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМА ЧАСУ, УСТАТКУВАННЯ, ВЕРСТАТ, ПЛАНУВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Об'єкт дослідження- ведений вал-шестерня.

Мета дипломного проекту- розробка технологічного процесу виготовлення валу-шестерні.

У даному проекті розроблено технологічний процес виготовлення деталі та спроектовано робоче пристосування. Проведено розрахунок деталі на міцність, а також виконано планування виробничої ділянки.

У процесі виконання проекту було закріплено та поглиблено набуті теоретичні знання, освоєно сучасні технологічні рішення та новітнє обладнання, вивчено засоби автоматизації й механізації виробничих процесів. Крім того, отримано практичний досвід самостійної інженерної діяльності у сфері розроблення технології виготовлення заготовок, механічної обробки деталей і проектування технологічного оснащення.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	17
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	17
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	21
1.6 Розрахунок режимів різання та технічної норми часу	23
1.7 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	41
1.7.1 Розробка токарної операції 015	41
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	43
2.1 Проектування робочого пристосування.....	43
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	43
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	44
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	46
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	49
2.3 Розрахунок на міцність деталі	50
3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ	54
3.1 Розрахунок потрібної кількості обладнання та його довантаження.....	54
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	59
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИСТРОЇВ	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	64

ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	69
ДОДАТОК А. Керуюча програма на токарну операцію.....	71
ДОДАТОК Б. Специфікація робочого пристосування.....	72
ДОДАТОК В. Технологічні карти.....	74

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГКМ Горизонтально-кувальна машина

КГШП Кривошипно-гарячештампувальний прес

МОП Маршрут обробки поверхонь

МОЗ Маршрут обробки заготовки

ТУ Технічні умови

ЗОР Змащуючо-охолоджуюча рідина

РТК Розрахунково-технологічна карта

ЧПК Числове програмне керування

ТО Термічна обробка

ТВ Технічні вимоги

СНіП Система норм і правил

ВСТУП

У прискоренні науково-технічного прогресу, переходу до нових економічних умов нашої держави виключно важлива роль належить машинобудуванню. Воно є базовою галуззю в технічному переозброєнні народного господарства на основі випуску прогресивного високопродуктивного обладнання і машин. Машинобудування справедливо називають ключовою галуззю економіки. Перед машинобудуванням в нинішніх умовах стоять наступні завдання: підвищення якості та продуктивності виробництва. Ці завдання вирішуються шляхом створення нових технологій на основі новітніх наукових розробок. Для отримання якісної і недорогої продукції, її випуск повинен бути технологічним. Якість створюваного виробу забезпечується на етапах підготовки та виробництва продукції і реалізується в процесі експлуатації. Отже, в умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства на ринку буде мати застосування найбільш продуктивних з найменшою собівартістю коштів праці, які забезпечують необхідну якість; застосування найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

Метою дипломного проекту є розроблення технологічного процесу виготовлення веденого валу-шестерні та проектування механічного цеху, а також вирішення комплексу завдань, пов'язаних із проектуванням технологічного процесу з економічним обґрунтуванням прийнятих рішень; розробка та оформлення технологічної документації на спроектований технологічний процес.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Ведений вал-шестерня» (рис. 1.1) за конструкцією належить до класу тіл обертання. Деталь призначена для передачі обертового моменту та зміни параметрів руху в зубчастій передачі. Вона поєднує в собі функції вала і зубчастого колеса, що забезпечує компактність конструкції та підвищення жорсткості вузла.

Вал-шестерня використовується у механічних приводах машин і механізмів для передачі руху між валами за допомогою зачеплення зубців. Деталь працює в умовах значних контактних та згинальних навантажень, тому повинна мати достатню міцність, жорсткість і зносостійкість.

Конструктивно деталь складається із зубчастого вінця, який забезпечує передачу руху, та ступінчастого вала з посадковими поверхнями для встановлення підшипників, муфт або інших елементів механізму. Центральний отвір і шліци передбачені для надійного кріплення та передачі крутного моменту. Перехідні поверхні та фаски виконані для зменшення концентрації напружень і полегшення складання.

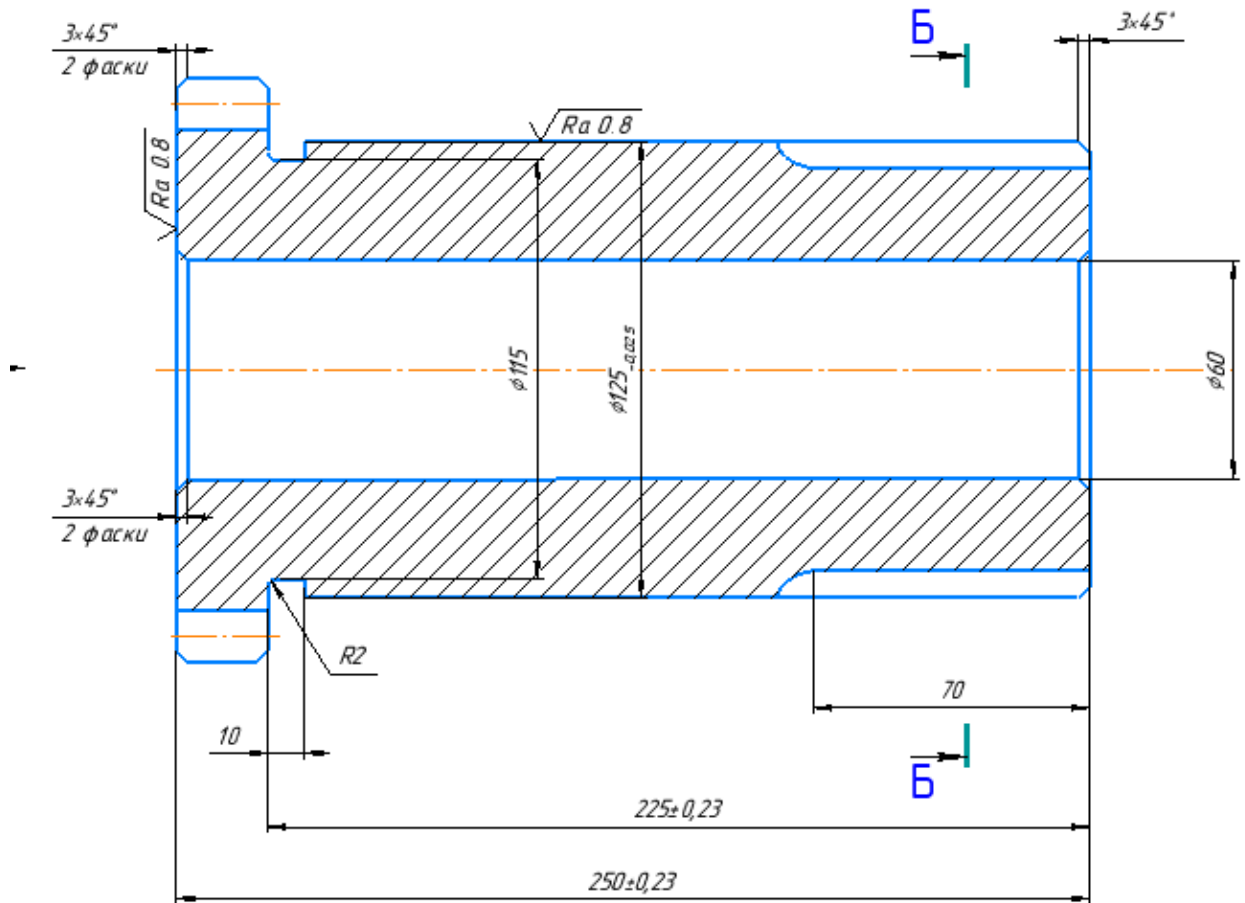


Рисунок 1.1 - Креслення деталі

Виходячи з конструкції деталі та її службового призначення, до неї пред'являються наступні технічні вимоги: матеріал деталі – конструкційна, якісна сталь. До сталі пред'являються наступні вимоги: добра схильність до термообробки, достатня міцність при згинанні, висока міцність поверхневого шару зубів та високий опір стиранню. Матеріал деталі - сталь 45 ДСТУ 7809:2015. Хімічний склад матеріалу надається в таблиці 1.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад в % сталі 45

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Fe
0,42 – 0,50	0,17- 0,37	0,5- 0,8	До 0,25	до 0,04	до 0,035	до 0,25	Все інше

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики сталі 45

Межа міцності при розтягу σ_b , МПа	Межа умовної текучості, $\sigma_{0,2}$, МПа	Відносна в'язкість, δ , %	Відносна звуга, ψ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ³
470	245	19	42	39

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва визначається ступенем спеціалізації, складністю та стабільністю номенклатури продукції, обсягами і повторюваністю випуску виробів, а також масштабами виробництва.

З урахуванням маси деталі та програми випуску приймаємо серійний тип виробництва [1, с. 5, табл. 1.1].

Серійне виробництво - це форма організації виробництва, для якої характерне виготовлення на підприємстві широкої номенклатури однотипної продукції, випуск якої періодично повторюється протягом тривалого часу, а також значна спеціалізація робочих місць.

Форма організації виробництва являє собою певний спосіб поєднання елементів виробничого процесу в просторі та часі за відповідного рівня їх інтеграції, що виражається системою сталих взаємозв'язків.

Обираємо паралельно-послідовну форму організації робіт.

Визначимо обсяг партії виробів, що випускаються:

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

де $a=12$ - періодичність запуску деталей у виробництво;

$$n = \frac{a \cdot N}{A} = \frac{12 \cdot 7000}{250} = 336 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Враховуючи особливості конструкції деталі, матеріал деталі, тип виробництва, пропоную порівняти два види отримання заготовки штампуванням: в кривошипному гарячештампованому пресі (КГШП) та горизонтально-ковочній машині (ГКМ).

Вихідні дані:

Матеріал – сталь 45.

Річна програма випуску $N = 7000$ шт.

Тип виробництва – серійний.

Маса деталі $q = 18,28$ кг (рис. 1.4)

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси деталі до маси заготовки за формулою 1.2:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

де q – маса деталі, кг; Q – маса заготовки, кг.

Вартість 1 заготовки отриманої штамповкою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{отх}}{1000} \quad (1.3)$$

де B_B – базова вартість 1 т. заготовок, грн.; $K_T, K_M, K_B, K_3, K_{II}$ – коефіцієнти, що враховують клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску.

Річна економія на виготовлення заготовки:

$$E_{\text{изг}} = (B_2 - B_1) \cdot N \quad (1.4)$$

де B_1, B_2 – вартість 1 заготовки, грн; N – річна програма випуску.

Річна економія матеріалу:

$$M = \frac{q \cdot (\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

де q – маса деталі; η_1, η_2 – коефіцієнти використання матеріалу для першого та другого способу отримання заготовки.

Припуск на сторону обираємо за [2, с. 12, табл. 1.3] та заносимо в табл. 1.3 та 1.4.

Визначаємо масу штамповки в програмі NX на КГШП (рис.1.2).

Визначаємо масу штамповки в програмі NX на ГКМ (рис.1.3).

Визначаємо масу деталі в програмі NX (рис.1.4).

Таблиця 1.3 - Розміри заготовки на КГШП

Номінальний р-р, мм	Розрахунок р-ра, мм	Фактичний р-р, мм
Ø160	$160+2 \cdot 2,9=165,8$	Ø166
Ø125	$125+2 \cdot 2,9=130,8$	Ø131
250	$250+2 \cdot 2,9=255,8$	256
225	$225+2,9-2,9=225$	225
Ø60	$60-2 \cdot 2,6=54,8$	Ø55

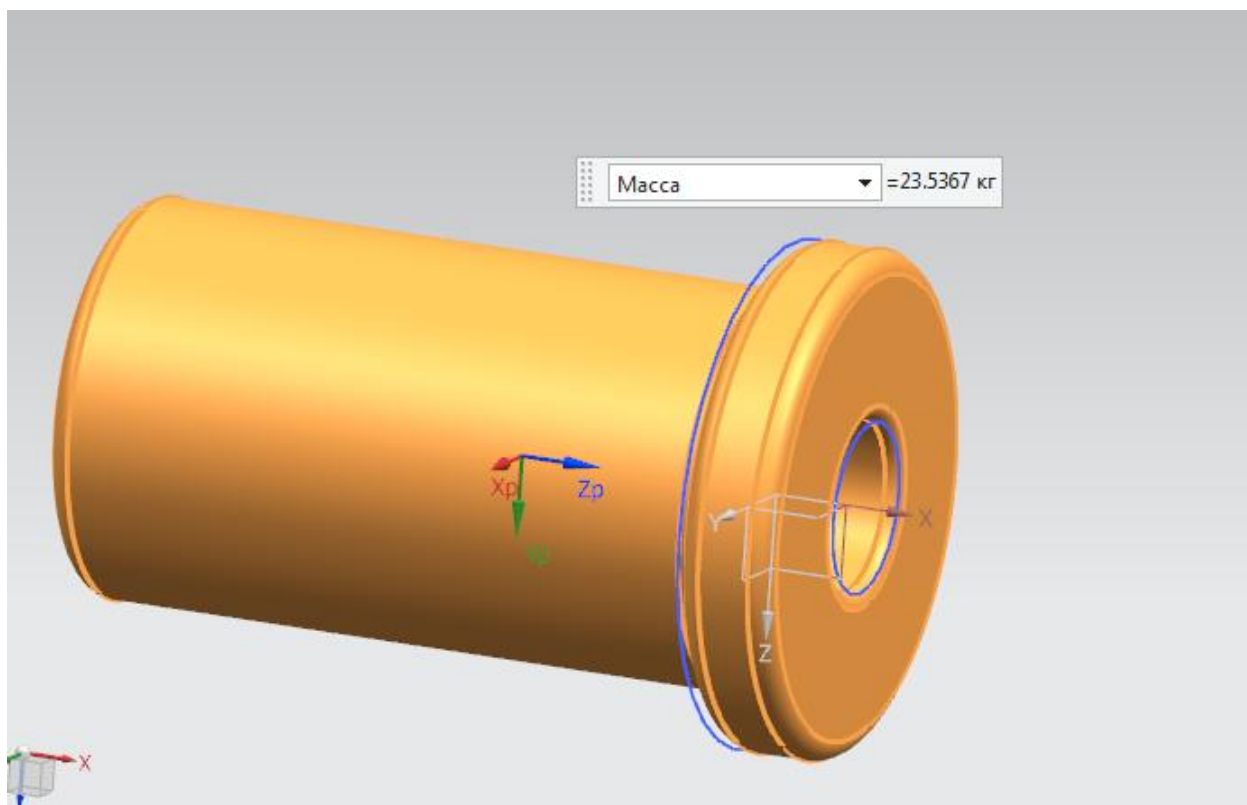


Рисунок 1.2 - Визначення маси штамповки на КГШП в NX

Таблиця 1.4 - Розміри заготовки на ГКМ

Номинальний р-р, мм	Розрахунок р-ра, мм	Фактичний р-р, мм
Ø160	$160+2\cdot3,1=166,2$	Ø167
Ø125	$125+2\cdot3,1=131,2$	Ø132
250	$250+2\cdot3,1=256,2$	257
225	$225+3,1-3,1=225$	225
Ø60	$60-2\cdot2,8=54,4$	Ø54

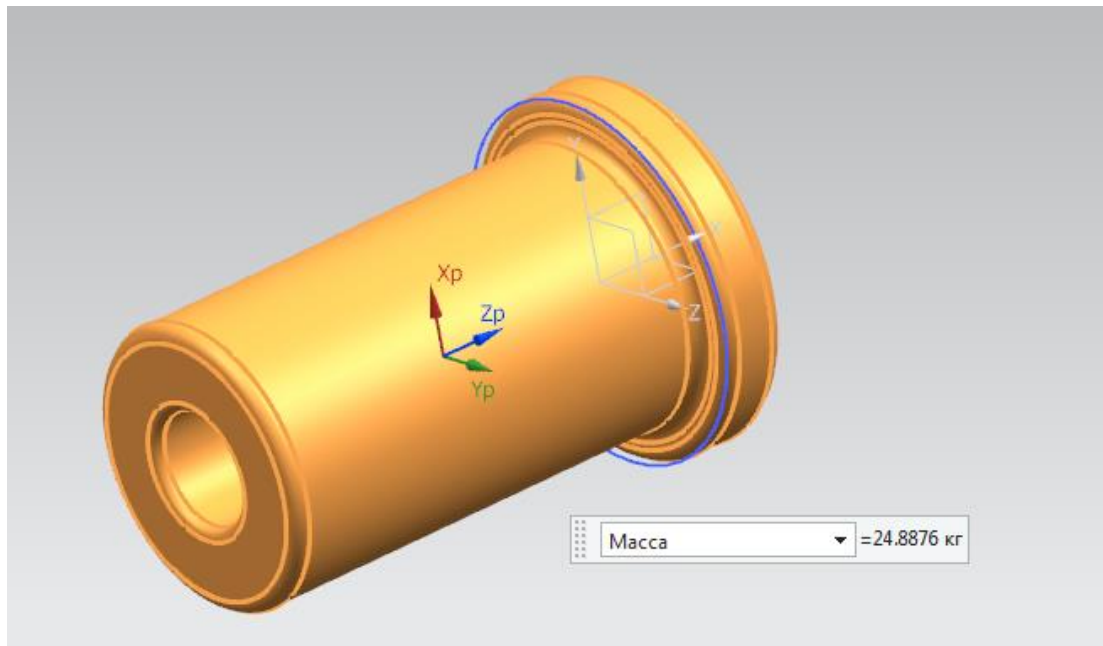


Рисунок 1.3 - Визначення маси штампівки на ГКМ в NX

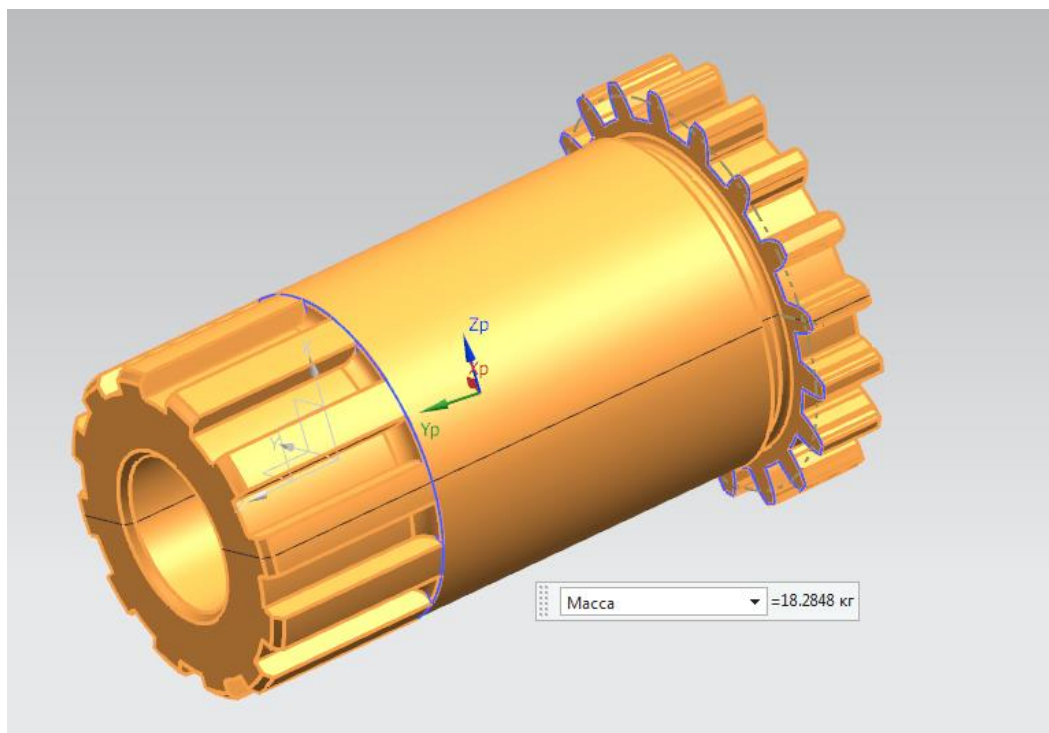


Рисунок 1.4 - Розрахунок маси деталі

Коефіцієнт використання матеріалу за формулою 1.2:

$$\eta_{\text{ГКМ}} = \frac{18,28}{24,89} = 0,73$$

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{18,28}{23,54} = 0,77$$

$$\eta_{\text{ГКМ}} < \eta_{\text{КГШП}}$$

Собівартість заготовок за формулою 1.3:

$$B_{\text{ГКМ}} = \frac{3150}{1000} \cdot 24,89 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 1 - (24,89 - 18,28) \cdot \frac{140}{1000} = 106,38 \text{ грн};$$

$$B_{\text{КГШП}} = \frac{3500}{1000} \cdot 23,54 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 1 - (23,54 - 18,28) \cdot \frac{140}{1000} = 116,10 \text{ грн};$$

$$B_{\text{ГКМ}} < B_{\text{КГШП}}$$

Порівнюємо додаткові витрати на виготовлення заготовок за другим варіантом з додатковими витратами на матеріал по першому варіанту:

$$Z_{\text{М1}} = \frac{B_{\text{Б1}}}{1000} \cdot M_1 \cdot K_{\text{T}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{В}} \cdot K_{\text{З}} \cdot K_{\text{П}}$$

$$Z_{\text{М1}} = \frac{106,38}{1000} \cdot 2476,9 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 1 = 303,92$$

Річна економія визначається за формулою (1.5):

$$E = (116,1 - 106,38) \times 7000 = 68040, \text{ грн}$$

Річна економія матеріалу за формулою (1.6):

$$M = \frac{18,28 \cdot (0,77 - 0,73)}{0,77 \cdot 0,73} \cdot 7000 = 2476,9 \text{ кг}$$

Порівнюємо заощадження на виготовлення з додатковими витратами на матеріал: $E_B > 3M$, тож приймаємо ГKM, так як цей спосіб потребує найменших додаткових витрат.

Таблиця 1.5 - Параметри заготовки

Показник	Позначення	Од. виміру	ГKM	КГШП
Маса	Q	кг	24,89	23,54
Баз. ціна 1т. заготовок	B_0	грн	3150	3500
Вартість 1 т. стружки	$B_{отх}$	грн	140	140
Вартість 1 заготовки	B	грн	106,38	116,10
KBM	η	-	0,73	0,77

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

За чорнову базу приймається зовнішня циліндрична поверхня деталі, що має правильну геометричну форму. Для базування використовується один раз на першій механічній операції. На всіх інших операціях деталь базується по чистовим базам. Цим самим дотримується принцип постійності баз при виконанні токарної з ЧПК, шліфувальної та фрезерної операцій.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Перетворення заготовки на готову деталь здійснюється у кілька етапів. Кількість цих етапів та їх послідовність встановлюються під час розробки маршруту обробки поверхонь (МОП).

Для визначення кількості механічних переходів для отримання необхідної точності і якості поверхні розраховують:

- загальне уточнення:

$$\varepsilon_{0i} = \frac{T_{i_{заг}}}{T_{i_{дет}}} \quad (1.7)$$

де $T_{i_{заг}}$ – допуск на i -й параметр заготовки; $T_{i_{дет}}$ – допуск на i -й параметр деталі за робочим кресленням.

- кількість переходів за лімітуючим показником:

$$k_{Ti} = 2lg\varepsilon_{T0i} \quad (1.8)$$

- часткове уточнення на кожному j -тому переході

$$\varepsilon_{ij} = \frac{T_{i(j-1)}}{T_{ij}} \quad (1.9)$$

де $T_{i(j-1)}$ и T_{ij} – відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на попередньому ($j - 1$) і даному j -тому переходах.

Маршрут обробки поверхні вважається прийнятним, якщо виконується умова:

$$\varepsilon_{i0} \leq \prod_{i=1}^k \varepsilon_{ij} \quad (1.10)$$

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 125_{-0,025}$ мм

Вихідні дані:

Заготовка:

$Td_3 = 3200$ мкм;

$Ra_3 = 100$ мкм;

Квалітет - IT 17;

Деталь:

$Td_d = 0,025$ мм = 25 мкм;

$Ra_d = 0,8$ мкм

Квалітет – h6.

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.7):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}} = \frac{3200}{25} = 128$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}} = \frac{100}{0,8} = 125$$

Визначаємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою (1.8):

$$k_{розр} = 2lg\varepsilon_{oTd} = 4$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 17 - 6 = 11 = 6 + 3 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT17 \rightarrow h11 \rightarrow h8 \rightarrow T/O \rightarrow h6$$

$$Ra 100 \rightarrow Ra 12,5 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow T/O \rightarrow Ra 0,8$$

Визначаємо уточнення за формулою (1.9):

1) Точіння чорнове

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{Td_{заг}}{Td_1} = \frac{3200}{250} = 12,8$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_1} = \frac{100}{12,5} = 8.$$

2) Точіння чистове

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{Td_1}{Td_2} = \frac{250}{63} = 4,$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{Ra_1}{Ra_2} = \frac{12,5}{3,2} = 3,9.$$

3) Шліфування напівчисте

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{Td_2}{Td_4} = \frac{63}{25} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{Ra_2}{Ra_4} = \frac{3,2}{0,8} = 4.$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.10):

$$\varepsilon_{Td0} = \prod_{i=1}^k \varepsilon_{iTd} = \varepsilon_{1Td} \cdot \varepsilon_{2Td} \cdot \varepsilon_{3Td} = 12,8 \cdot 4 \cdot 2,5 = 128$$

$$\varepsilon_{Ra0} = \prod_{i=1}^k \varepsilon_{iRa} = \varepsilon_{1Ra} \cdot \varepsilon_{2Ra} \cdot \varepsilon_{3Ra} = 8 \cdot 3,9 \cdot 4 = 124,8$$

$$\varepsilon_{oTd} \leq \prod \varepsilon_{iTd}$$

$$128 \leq 1298 - \text{вірно}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq \prod \varepsilon_{iRa}$$

$$125 \leq 124,8 - \text{вірно}$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятним.

Дані заносимо в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 - План обробки поверхонь

	Показник	Уточнення	Кількість переходів	Різниця показн. ППТК	i	Метод обр.		Td, мкм	Ra, мкм	ϵ_{iTd}	ϵ_{iRa}
Зовнішня циліндр. пов. $\varnothing 125_{-0,025}^{\square}$	Td Ra	128 125	3	17-6= =11=6+ 3+2	1	Заготівельна	IT17	3200	100	-	-
					2	Чорнове точіння	h11	250	12,5	12,8	8
					3	Чистове точіння	h8	63	3,2	4	3,9
					4	T/O	-	-	-	-	-
					5	Шліфування	h6	25	0,8	2,5	4
					Уточнення						

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 125_{-0,025}^{\square}$ мм.

Обираємо мінімальні припуски табличним методом [1, с. 52, табл. 3.2,3.3]:

$$\text{Точіння чорнове } 2Z_2^{\min} = 2 \cdot 2,4 = 4,8 \text{ мм.}$$

$$\text{Точіння чистове } 2Z_3^{\min} = 2 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ мм.}$$

$$\text{Шліфування однократне } 2Z_5^{\min} = 2 \cdot 0,5 = 1, \text{ мм.}$$

Визначаємо номінальні припуски:

$$\begin{aligned} 2z_2^H &= 2z_2^{min} + ei_1 = 4,8 + 1,2 = 6,0 \text{ мм}; \\ 2z_3^H &= 2z_3^{min} + Td_2 = 1,6 + 0,25 = 1,85 \text{ мм}; \\ 2z_5^H &= 2z_5^{min} + Td_4 + es_{дет} = 1,0 + 0,063 = 1,063 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Знайдемо номінальні діаметри:

$$\begin{aligned} d_1^H &= d_2^H + 2z_2^H = 127,913 + 6,0 = 133,913 \text{ мм}; \\ d_2^H &= d_3^H + 2z_3^H = 126,063 + 1,85 = 127,913 \text{ мм}; \\ d_4^H &= d_5^H + 2z_5^H = 125 + 1,063 = 126,063 \text{ мм}; \\ d_5^H &= d_{дет}^H = 125 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Знайдемо максимальні припуски:

$$\begin{aligned} 2z_2^{max} &= 2z_2^{min} + Td_1 + Td_2 = 4,8 + 3,2 + 0,25 = 8,25 \text{ мм}; \\ 2z_3^{max} &= 2z_3^H + Td_3 = 1,85 + 0,063 = 1,913 \text{ мм}; \\ 2z_5^{max} &= 2z_5^{min} + Td_5 + Td_3 = 1,0 + 0,025 + 0,063 = 1,088 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Загальний номінальний припуск:

$$2z_0^H = \sum 2z_i^H = 6,0 + 1,85 + 1,063 = 8,913 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$\begin{aligned} d_{заг}^H - d_{дет}^H &= 2z_0^H; \\ 133,913 - 125 &= 8,913; \\ 8,913 &= 8,913 - \text{вірно.} \\ 2z_2^{max} - 2z_2^{min} &= Td_1 + Td_2; \\ 8,25 - 4,8 &= 3,2 + 0,25; \end{aligned}$$

$$3,45=3,45\text{- вірно.}$$

$$2z_3^{max} - 2z_3^{min} = Td_2 + Td_3;$$

$$1,913-1,6=0,25+0,063;$$

$$0,313=0,313\text{- вірно.}$$

$$2z_5^{max} - 2z_5^{min} = Td_4 + Td_5;$$

$$1,088-1,0=0,063+0,025;$$

$$0,088=0,088\text{- вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 - Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 125_{-0,025}^{\square}$ мм

	Операції	es, мм	ei, мм	Td, мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Виконавчий розмір d, мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготовка	2,0	-1,2	3,2	-	133,913	$\varnothing 132_{-1,2}^{+2,0}$	-	-
2	Чорнове точіння	-	-0,25	0,25	6,0	127,913	$\varnothing 127,91_{-0,25}$	8,25	4,8
3	Чистове точіння	-	- 0,063	0,063	1,85	126,063	$\varnothing 126,06_{-0,063}$	1,913	1,6
4	Т/О								
5	Шліфування остаточне	-	- 0,025	0,025	1,063	125	$\varnothing 125_{-0,025}^{\square}$	1,088	1,0

1.6 Розрахунок режимів різання та технічної норми часу

Етапи призначення режимів різання:

1. Обрати ріжучий інструмент.
2. Призначити стійкість ріжучого інструменту T, хв. Обираємо з таблиць з довідника [3] в залежності від типу, матеріалу і геометрії інструмента та параметрів заготовки.
3. Призначити глибину різання t, мм:

- для точіння, круглого шліфування, розточування, розгортання, зенкерування:

$$t = \frac{d_{i-1} - d_i}{2} \quad (1.11)$$

де d_{i-1} – розмір деталі, отриманий на попередній операції, мм; d_i – розмір, який отримують на даній операції, мм.

- для свердління

$$t = \frac{d_{св.}}{2} \quad (1.12)$$

де $d_{св.}$ – діаметр свердла, мм.

4. Призначити подачу:

- обираємо $S_{табл}$, мм/об за спеціальними таблицями;

- знаходимо $S_{розр}$, мм/об;

Для точіння:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_{Sп} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sф} \cdot K_{Sз} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} \quad (1.13)$$

де $K_{Sп}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{Si} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента;

$K_{Sф}$ – коефіцієнт, що враховує форму поверхні;

$K_{Sз}$ – коефіцієнт, що враховує термообробку;

$K_{Sж}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі.

Для свердління:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_{Si} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} \quad (1.14)$$

де K_{Si} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

K_{sd} – коефіцієнт, який враховує тип оброблюваного отвору.

Для фрезерування:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Si} \cdot K_{Sф} \cdot K_{SR} \quad (1.15)$$

де K_{Sc} – коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{SR} – коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні.

Для шліфування:

$$S_{\text{розр}} = S_{\text{табл}} \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{Vk} \cdot K_t \cdot K_T \cdot K_h \quad (1.16)$$

де K_R – коефіцієнт, що враховує радіус галтелі;

K_D – коефіцієнт, який враховує діаметр круга;

K_{Vk} – коефіцієнт, що враховує швидкість круга;

K_t – коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_T – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_h – коефіцієнт, що враховує припуск на обробку.

- визначаємо S_o , мм/об за паспортом верстата.

5. Визначаємо швидкість різання:

- обираємо $V_{\text{табл}}$, м/мин за спеціальними таблицями;

- знаходимо $V_{\text{розр}}$, м/мин

Для точіння:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{Vп} \cdot K_{Vi} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vз} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \quad (1.17)$$

де K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР;

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує кут в плані.

Для свердління:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Vi} \cdot K_{Vd} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \quad (1.8)$$

де K_{Vl} – коефіцієнт, що враховує довжину свердління.

Для фрезерування:

$$V_{\text{розр}} = V_{\text{табл}} \cdot K_{Vп} \cdot K_{Vi} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vc} \cdot K_{Vф} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VB} \quad (1.19)$$

де K_{VB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної.

6. Визначаємо кількість обертів n , об/хв.:

- визначаємо $n_{\text{розр}}$;

$$n_{\text{розр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{розр}}}{\pi \cdot d} \quad (1.20)$$

- за паспортом верстата приймаємо найближче менше значення $n_{\text{верст}}$, об/хв.;

- знаходимо фактичну швидкість різання V_{ϕ} , м/хв.;

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\text{верст}}}{1000} \quad (1.21)$$

Допоміжний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{б.п}} + t_{\text{б.в}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{щ}} + t_{\text{кор}} + t_{\text{контр}} \quad (1.22)$$

де t_y , $t_{\text{сн}}$ – час на встановлення, зняття, вивірку, закріплення, розкріплення та зняття деталі, хв;

$t_{\text{упр}}$ – час керування верстатом, розраховується за формулою, хв (1.23);

$t_{\text{б.п}}$, $t_{\text{б.о}}$ – час на швидкий підвід та відвід інструменту, хв [4, таб.5.8 с.203];

$t_{зм}$ – час необхідний для зміни інструменту, повороту револьверної голівки, зміни позицій шпинделя, зміни копіїв, хв [4, таб.5.17 с.209];

$t_{щ}$ – відкриття та закриття щитка безпеки, хв;

$t_{кор}$ – час на розрахунок корекції верстатів з ЧПУ, хв [4, таб.5.17 с.209];

$t_{контр}$ – час необхідний для вимірювань та контролю основних параметрів деталі, хв 4, таб.5.10 с.206].

$$t_{упр} = t_{вкл} + t_{викл} + t_{перекл} \quad (1.23)$$

де $t_{вкл}$, $t_{викл}$ – час на включення та виключення верстату, хв [4, таб.5.8 с.202];

$t_{перекл}$ – час необхідний для переключення режимів верстату, хв [4, таб.5.9 с.203].

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} \quad (1.24)$$

Прибавочний час розраховується за формулою:

$$t_{пп} = \alpha_{\Sigma} \cdot t_{оп} \quad (1.25)$$

де α_{Σ} – нормативи часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби, хв [5, таб.6.1 с.214].

Штучний час розраховується за формулою:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{пп} \quad (1.26)$$

Підготовче-заклучний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} + t_{пз3} \quad (1.27)$$

$$t_{шт-к} = t_{шт} + t_{пз}/n \quad (1.28)$$

де $t_{пз1}$, $t_{пз2}$, $t_{пз3}$, ХВ [6, табл.6.4, с.216];

Операція 015 Токарна з ЧПК.

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК HAAS ST- 10.

Пристосування: трьохкулачковий патрон.

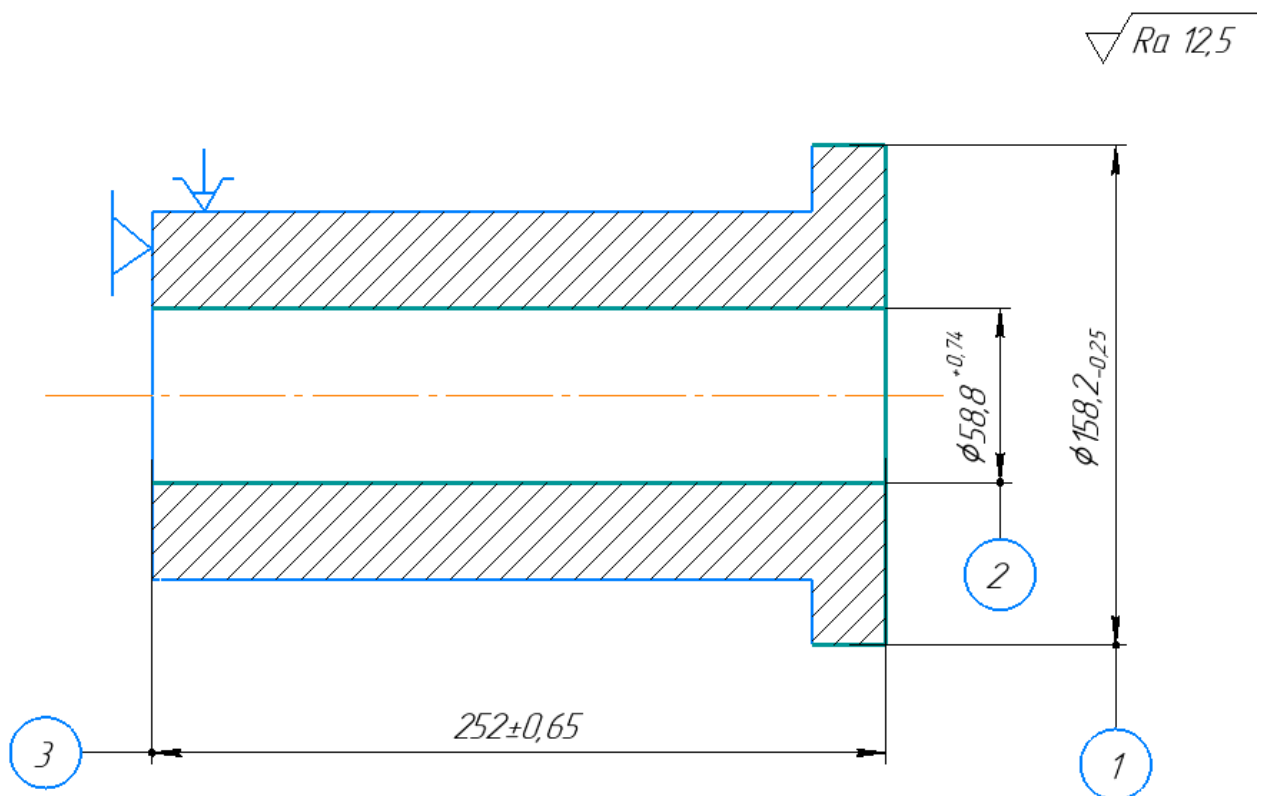


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз токарної операції

Перехід 2:

Інструмент: різець контурний №2101-0641, $\varphi=93^\circ$, $r=1,0$, 25x25 мм, ВК8, ГОСТ 20872-80.

Глибина різання $t=3$ мм.

Вибираємо подачу S_0 мм/об з урахуванням поправочних коефіцієнтів за довідниковою літературою: $S_{табл} = 0,35$ мм/об.

Розраховуємо подачу за формулою (1.13):

$$S_{\text{розр}} = 0,35 \cdot 1,0 \cdot 0,82 = 0,28 \text{ мм/об}$$

Відповідно паспортних даних верстата приймаємо подачу: $S_0 = 0,28$ мм/об.

Швидкість різання V , м/хв за довідниковою літературою з урахуванням поправочних коефіцієнтів: $V_{\text{табл}} = 150,15$ м/хв.

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.17):

$$V_p = 150,15 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 0,87 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 44,08 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв визначається за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 44,08}{3,14 \cdot 160} = 234,5, \text{ об/хв}$$

Дійсна частота обертання n_d , об/хв приймається з паспорту верстата.

$$n_d = 200 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою (1.21):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 200}{1000} = 38 \text{ м/хв}$$

Потужність різання $N_{\text{різ}}$, кВт розраховуємо за формулою (1.22):

$$N = \frac{38 \cdot 0,35 \cdot 3}{25} = 1,6 \text{ кВт}$$

9. Перевірка на достатність потужності двигуна верстата виконується за умовою (1.29):

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{ел.дв.}} \cdot \eta, \quad (1.29)$$

де $N_{\text{ел.дв.}}$ – потужність головного електродвигуна, визначається за паспортом верстата;

$\eta=0,85$ – коефіцієнт корисної дії.

$$1,6 < 15 \cdot 0,85$$

$$1,6 < 12,75$$

Умова виконується.

Основний машинний час T_o , хв розраховується за формулою (1.30):

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.30)$$

де i - кількість проходів;

$L_{\text{р.х.}}$ - довжина робочого ходу, яка розраховується за формулою (1.31):

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{рез}} + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}, \text{ мм} \quad (1.31)$$

де $l_{\text{різ.}}$ - довжина різання, мм;

$l_{\text{вр.}}$ - довжина врізання, $l_{\text{вр.}}=2\dots3$ мм;

$l_{\text{пер.}}$ - довжина перебігу, $l_{\text{пер.}}=2\dots3$ мм.

$$L_{\text{р.х2}} = 80+2+2=84 \text{ мм}$$

$$L_{\text{р.х3}} = 25+2+2=29 \text{ мм}$$

За формулою проводимо розрахунок машинного часу на 2-й перехід:

$$T_{o1} = \frac{84}{0,35 \cdot 200} \cdot 2 = 2,4 \text{ хв}$$

$$T_{o2} = \frac{29}{0,35 \cdot 200} \cdot 2 = 0,83 \text{ хв}$$

Перехід 3:

Інструмент: різець розточувальний №2141-0204, $\varphi=90^\circ$, $r=4$, 12×12 мм, Т15К6, ГОСТ 18883-73.

Глибина різання $t=2$ мм.

Обираємо $S_{табл} = 0,49$ мм/об

Розраховуємо подачу за формулою (1.13):

$$S_{розр} = 0,49 \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 0,27 \text{ мм/об}$$

Відповідно паспортних даних верстата приймаємо подачу: $S_o = 0,27$ мм/об.

Обираємо $V_{табл} = 150,15$ м/хв.

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.17):

$$V_p = 150,15 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,18 \cdot 1,55 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 107,88 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя n , об/хв визначається за формулою (1.20):

$$n = \frac{1000 \cdot 107,88}{3,14 \cdot 55} = 858,91, \text{ об/хв}$$

Дійсна частота обертання n_d , об/хв приймається з паспорту верстата.

$$n_d = 900 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою (1.21):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 55 \cdot 900}{1000} = 113,04 \text{ м/хв}$$

Потужність різання $N_{\text{різ}}$, кВт розраховуємо за формулою (1.22):

$$N = \frac{113,04 \cdot 0,27 \cdot 2}{25} = 2,4 \text{ кВт}$$

Перевірка на достатність потужності двигуна верстата виконується за умовою (1.29):

$$2,4 < 15 \cdot 0,85$$

$$2,4 < 12,75$$

Умова виконується.

Основний машинний час T_o , хв розраховується за формулою (1.30):

$$T_{o3} = \frac{256}{0,27 \cdot 900} \cdot 2 = 2,1 \text{ хв}$$

Основний час операції за формулою (1.32):

$$T_o = T_{\text{осн } 1} + T_{\text{осн } 2} + T_{\text{осн } 3} = 2,4 + 0,83 + 2,1 = 5,33 \text{ хв.}$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.22):

$$t_{\text{доп}} = 0,21 + 0,113 + 0,15 + 0,398 + 0,24 + 0,856 + 0,368 + 0,485 = 2,82 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.23):

$$t_{\text{уп}} = 0,012 + 0,095 + 0,006 = 0,113 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.24):

$$t_{0П} = 5,33 + 2,82 = 8,15 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.25):

$$t_{ПР} = 12\% \cdot 8,15 = 0,98 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.26):

$$t_{шт} = 8,15 + 0,98 = 9,13 \text{ хв}$$

Підготовче-заключний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулами відповідно (1.27), (1.28):

$$t_{ПЗ} = 8 + 9 + 7 = 24 \text{ хв}$$

$$t_{шт-к} = 9,13 + 24/336 = 9,2 \text{ хв}$$

Операція 030 Круглошліфувальна.

Операція виконується на круглошліфувальному верстаті Si-8s.

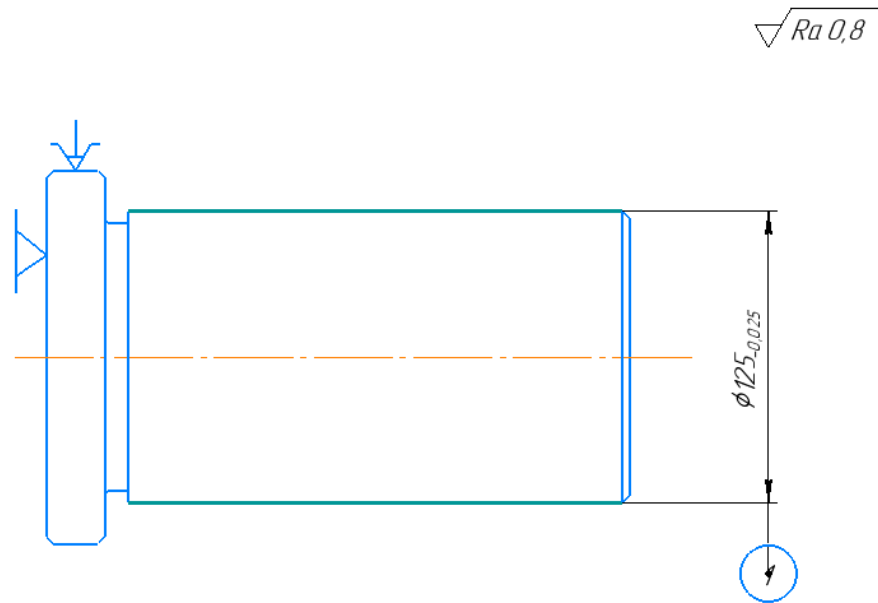


Рисунок 1.6 - Операційний ескіз свердлильної операції

Частота обертання круга $n_{кр}$ об/хв вибирається по паспорту верстата

$$n_{кр}=7000$$

Перевірка на розривну швидкість круга, $V_{кр}$, м/с

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} \leq V_{роз} \quad (1.32)$$

де $V_{роз}=25$ м/с

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 7000}{1000 \cdot 60} = 21,9 \leq 25$$

Умова виконується

Радіальна подача круга S_t мм/об призначається по таблиці 11 [5, с.35].

$$S_t=0,025$$

Поздовжня подача $S_{поз}$ мм/об призначається по таблиці 11 [5, с.35].

$$S_{\text{поз}}=9,6$$

Дійсна радіальна подача $S_{\text{тд}}$ мм/об коригується по паспорту верстата.

$$S_{\text{тд}}=0,025$$

Глибина різання t , мм

$$t = S_{\text{тд}} \quad (1.33)$$

$$t = 0,025$$

Швидкість різання V_i , м/хв розраховується по формулі

$$V_i = \frac{C_v \cdot d^p}{T^m \cdot t^x} \quad (1.34)$$

де C_v – коефіцієнт, обирається по [5, с.36, табл.13];

m , x , p – показники степеню обираються по [5, с.36, табл.13];

T – стійкість круга, хв обирається [5, с.36, табл.12];

$C_v=0,055$; $m=0,5$; $x=1,2$; $p=0,3$;

$$V_i = \frac{0,055 \cdot 60^{0,3}}{15^{0,5} \cdot 0,025^{1,2}} = 4,06$$

Частота обертання деталі $n_{\text{дет}}$, об/хв розраховується по формулі (1.20)

$$n_{\text{дет}} = \frac{1000 \cdot 4,06}{3,14 \cdot 160} = 8,08$$

Дійсна частота обертання деталі n_d , об/хв приймається з паспорту верстата

$$n_d = 40$$

Дійсна швидкість V_d , м/хв розраховується по формулі (1.21)

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 40}{1000} = 20,09$$

Хвилинна поздовжня подача $S_{\text{хв.поз}}$ мм/хв розраховується по формулі

$$S_{\text{хв.п}} = S_{\text{поз}} \cdot n_d \quad (1.35)$$

$$S_{\text{хв.п}} = 9,6 \cdot 40 = 384$$

Потужність різання $N_{\text{різ}}$, кВт розраховується по формулі

$$N_{\text{різ}} = C_N \cdot V_d^x \cdot S_{\text{поз}}^y \cdot d^q \cdot t^z \quad (1.36)$$

де C_N – коефіцієнт, який вибирається по [6, с.38, табл.14];

q, x, z, y – дрібні показники степеню, які вибираються по [6, с.38, табл.14];

$C_N=2,2; q=0; x=0,5; z=0,5, y=0,55;$

$$N_{\text{різ}} = 2,2 \cdot 20,09^{0,5} \cdot 9,6^{0,55} \cdot 160^0 \cdot 0,025^{0,5} = 1,91$$

Перевірка двигуна верстата на достатність потужності виконується із умови (1.29)

$$1,91 < 136$$

Основний машинний час T_o , хв розраховується по формулі

$$T_o = \frac{h}{n_{дет.д} \cdot t} \cdot K \cdot i \quad (1.37)$$

де h – припуск на бік, мм;

K – коефіцієнт точності, мм вибирається по [5, с.39, табл.15];

i – число переходів;

$K=1,1$;

$$T_o = \frac{0,075}{40 \cdot 0,025} \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,08$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.22):

$$t_{доп} = 0,15 + 0,15 + 0,2 = 0,5 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.24):

$$t_{оп} = 0,08 + 0,5 = 0,58 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.25):

$$t_{пр} = 12\% \cdot 0,58 = 0,07 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою (1.26):

$$t_{шт} = 0,58 + 0,07 = 0,65 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.28):

$$t_{шт-к} = 0,65 + 25/336 = 0,72 \text{ хв}$$

Операція 040 Зубофрезерна.

Операція виконується на зубофрезерному полуавтоматі 53А80.

Інструмент: фреза 2220 – 0166 ГОСТ 17025 – 71.

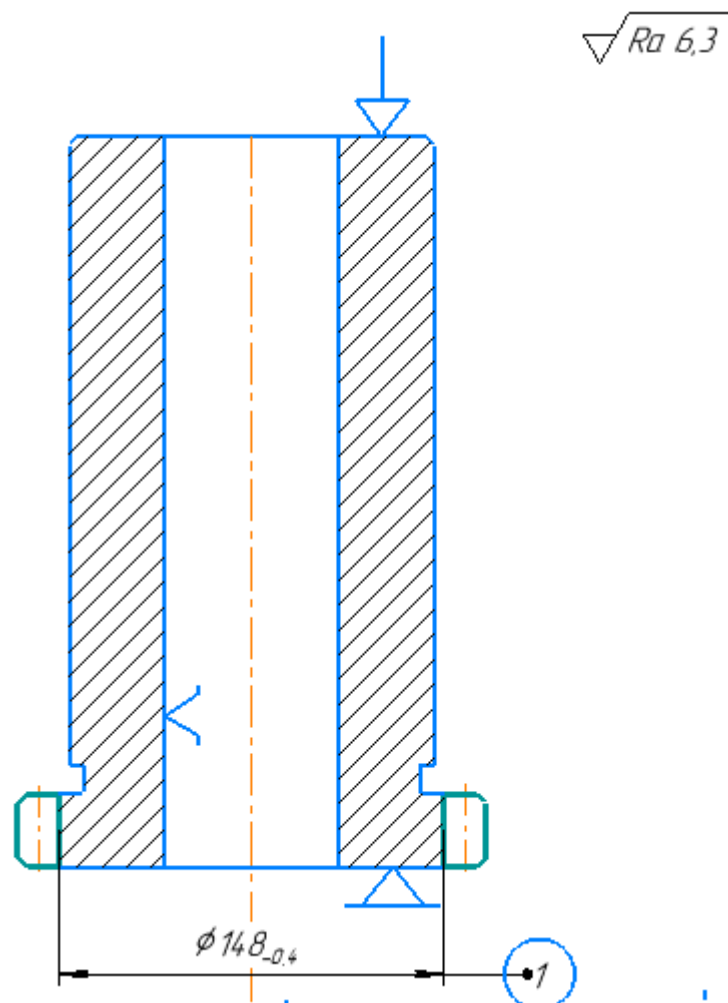


Рисунок 1.7 - Операційний ескіз фрезерної операції

Глибина різання t , мм при зубофрезеруванні дорівнює глибині западини зубів колеса, так як колесо нарізається в один прохід.

$$t = 6$$

Подача S_o , мм/об розраховується по формулі (1.15):

$$S_o = 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,6$$

де S_o табл. = 1,6 – чорнове фрезерування, $m=1$, [3, с.422, табл.17]

$K_{s1} = 1$ – для кількості заходів фрези = 1 [3, с.422, табл.17]

$K_{s2} = 1$ – для матеріалу деталі сталь 45 [3, с.422, табл.17]

$K_{s3} = 1$ – для кута нахилу зуба 0° [3, с.422, табл.17]

Дійсна подача $S_{o,d}$ коригується по паспорту верстата

$$S_{o,d} = 1,5$$

Швидкість різання V_i , м/хв розраховується по формулі (1.19)

$$V_i = 30 \cdot 1,32 = 39,6$$

де $V_{\text{табл}} = 30$ м/хв – для подачі 1,5 мм/об [3, с.422, табл.17]

$K_{v1} = 1$ – для кількості заходів фрези = 1 [3, с.422, табл.17]

$K_{v2} = 1,1$ – для матеріалу деталі сталь 45 [3, с.422, табл.17]

$K_{v3} = 1$ – для кута нахилу зуба 0° [3, с.422, табл.17]

$K_{v4} = 1,2$ – для періоду стійкості інструмента до 160 [3, с.422, табл.17]

Частота обертання фрези n_ϕ , об/хв розраховується по формулі (1.20)

$$n_\phi = \frac{1000 \cdot 39,6}{3,14 \cdot 32} = 396$$

Дійсна частота обертання фрези n_{ϕ} , об/хв приймається з паспорту верстата

$$n_{\phi}=350$$

Дійсна швидкість V_d , м/хв розраховується по формулі (1.21)

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 32 \cdot 350}{1000} = 35$$

Потужність різання $N_{\text{різ}}$, кВт

$$N_{\text{різ}} = 4,7$$

Перевірка двигуна верстата на достатність потужності виконується із умови (1.29)

$$4,7 < 10,6$$

Основний час за формулою (1.30):

$$T_{\text{осн}} = \frac{(6 + 25 + 5) \cdot 1}{1,5 \cdot 350 \cdot 1} \cdot 20 = 1,37 \text{ хв}$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.33):

$$t_{\text{доп}} = 0,175 + 0,01 + 0,12 = 0,3 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = 1,37 + 0,3 = 1,67 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{ПР}} = 12\% \cdot 1,67 = 0,2 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = 1,67 + 0,2 = 1,87 \text{ хв}$$

Підготовче-заключний та штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт-к}} = 1,87 + 23/336 = 1,94 \text{ хв}$$

1.7 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

1.7.1 Розробка токарної операції 015

Траєкторія руху інструменту на підрізання торця надається на рисунку 2.
Траєкторія руху інструменту на точіння зовнішньої поверхні деталі надається на рисунку 3.

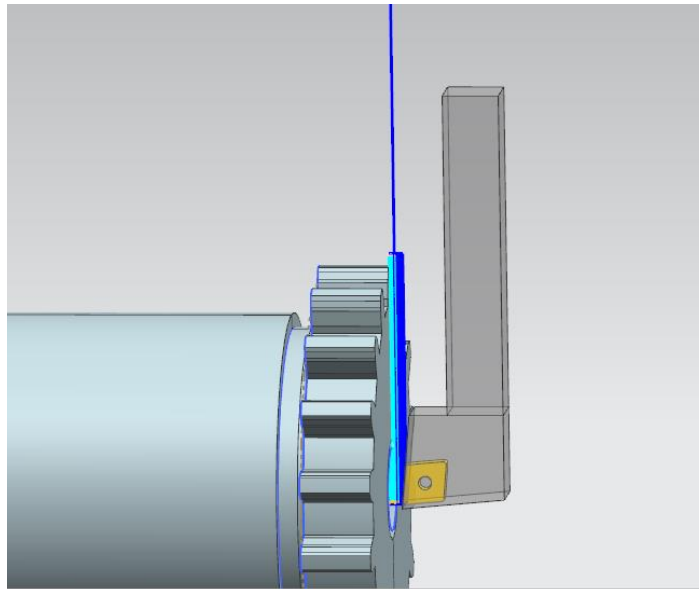


Рисунок 1.12 – Траекторія та ескіз виду інструменту в процесі обробки

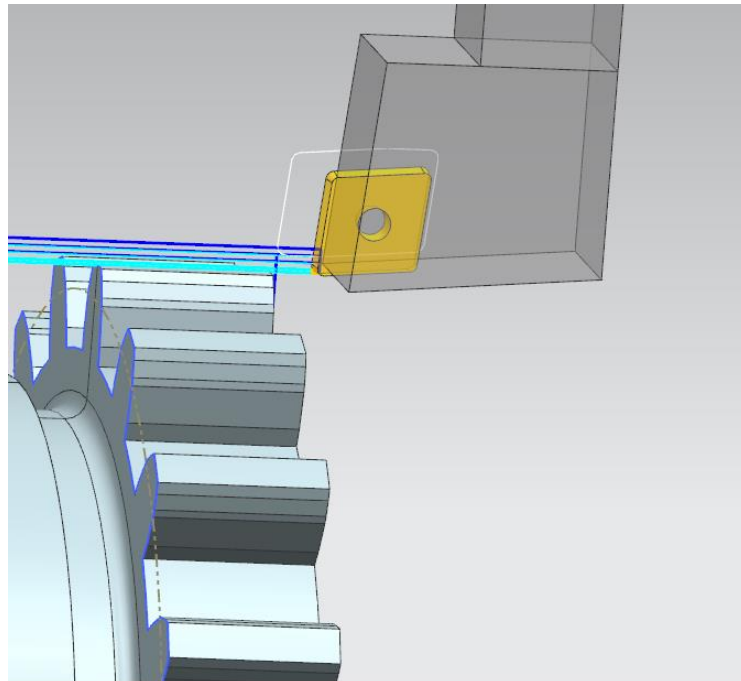


Рисунок 1.13 – Траекторія та ескіз виду інструменту в процесі обробки

Керуюча програма розроблена з використанням програми NX в модулі «Токарна обробка» наведено в додатку А.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Для обробки зубчастого вінця деталі на зубофрезерному верстаті застосовується спеціальне пристосування з пневматичним приводом затиску. Основним елементом пристосування є корпус, який жорстко закріплюється на столі верстата за допомогою кріпильних елементів. У корпусі розташований центральний шпиндельний вузол, встановлений на підшипниках кочення, що забезпечують плавне обертання та високу точність позиціонування заготовки.

Базування деталі здійснюється по центральному отвору та опорному торцю за допомогою установчих поверхонь оправки. Таке базування забезпечує співвісність оброблюваних зубців відносно осі деталі та виключає можливість перекосу під час затиску.

Затиск заготовки виконується пневматичним приводом. До складу приводу входять пневмоциліндр, шток, натискний елемент та система передачі зусилля на затискний вузол. При подачі стисненого повітря через штуцер у робочу порожнину пневмоциліндра поршень переміщується вздовж осі пристосування. Рух поршня через шток передається на затискний механізм, який створює осьове зусилля та притискає деталь до базової опорної поверхні.

Після завершення зубофрезерування подача стисненого повітря перемикається в іншу порожнину пневмоциліндра. Поршень переміщується у зворотному напрямку, затискний механізм розвантажується, і деталь може бути швидко знята оператором. Такий принцип роботи значно зменшує допоміжний час у порівнянні з ручним затиском і підвищує продуктивність праці.

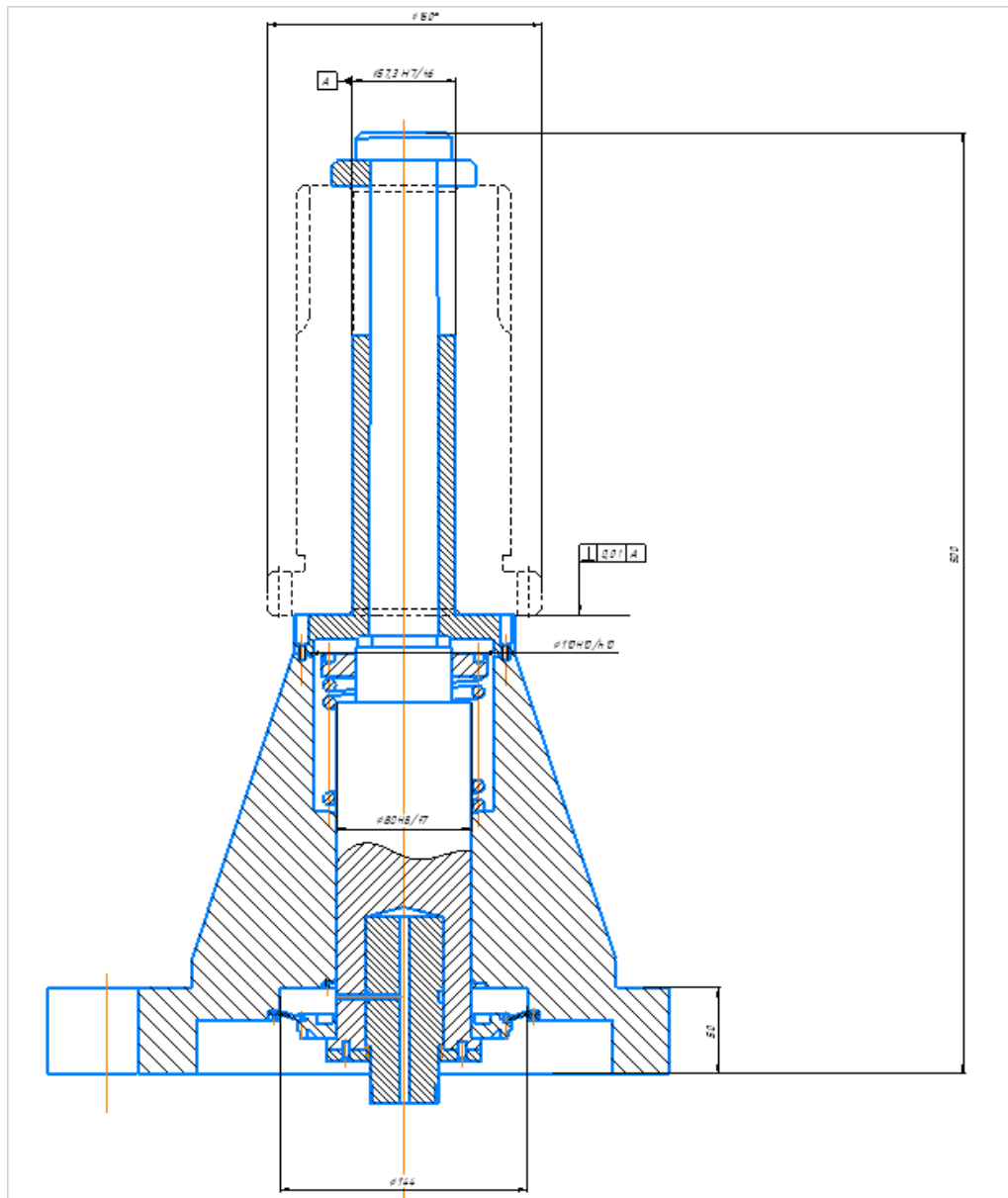


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для зубофрезерування

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки і 38 розраховується за формулою [7]:

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

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

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

Деталь встановлюється по отвору $\varnothing 60^{+0,19}$.

Максимальний зазор у з'єднанні:

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} \quad (2.2)$$

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

$$60,19 - 59,981 = 0,209 \text{ мм}$$

Похибка базування розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}} / 2 \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,209 / 2 = 0,105 \text{ мм}$$

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення.

Так як напрямок розміру обробки та сили закріплення взаємноперпендикулярні, то $\varepsilon_{\text{зак}} = 0$. Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,105^2 + 0} = 0,105$$

Розрахунок точності пристосування полягає у встановленні виконавчих розмірів та полів допусків установчої шийки оправки верстатного пристосування, які гарантують задану точність встановлення заготовки під час обробки. Умова точності:

$$\frac{S_{max}}{2} \leq F \quad (2.4)$$

де F – допустиме биття, $F=0,1$ мм.

$$0,1 \text{ мм} \leq 0,1 \text{ мм}$$

Базування при нарізуванні зубчастого вінця відповідає допустимому биттю.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Силу затиску розраховуємо за формулою:

$$W = \frac{3 \cdot M_{кр}(D_1^2 - d_2^2)}{f(D_4^3 - d_3^3)}, \quad (2.5)$$

Силу різання визначимо згідно формули:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z_\phi}{D_\phi^q \cdot n^w} K_{mp}$$

де x, y, q, w, n, C_p – значення коефіцієнтів сили різання [5];

K_{mp} – поправочний коефіцієнт оброблююмого матеріалу.

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

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5,5^{0,86} \cdot 0,022^{0,76} \cdot 7,8^1 \cdot 12}{100^{0,86} \cdot 100^0} \cdot 0,95 = 320,5 \text{ Н}$$

Момент різання:

$$M_p = P_z \cdot l \quad (2.6)$$

де l – плече прикладання сили.

$$M = 320,5 \cdot 0,0675 = 21,6 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Силу затиску дорівнює:

$$W = \frac{3 \cdot 21,6(0,125^2 - 0,06^2)}{0,15(0,15^3 - 0,059^3)} = 1200 \text{ Н}$$

Сила на штоці розраховується згідно формули:

$$Q = k \cdot W \quad (2.7)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення;

$$k = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.8)$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 0,5$ [10];

K_1 – враховує зміни (коливання) сил різання у процесі обробки через нерівномірність припусків, $K_1 = 1,2$ [10];

K_3 – коефіцієнт залежить від виду обробки, оброблювального матеріалу, $K_3 = 1$ [10];

K_4 – характеризує затискний пристрій з погляду постійності сил затиску, $K_4 = 1$ [10];

K_5 – характеризує затискачі з погляду зручності закріплення деталі, $K_5 = 1$ [10];

K_6 – враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і від виду опорної поверхні, $K_6 = 1$ [10].

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

$$Q = 1200 \cdot 2,16 = 2592 \text{ Н.}$$

Мінімальний діаметр штока розраховуємо за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma]}} \quad (2.9)$$

де $[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг, $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$;

α – коефіцієнт затяжки, $\alpha = 2,25$ [10].

ρ – 0,2 ... 0,6 МПа, тиск стисненого повітря.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 2592}{3,14 \cdot 100}} = 8,62$$

Приймаємо 80 мм.

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\rho\eta} + d^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2592}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,9} + 80^2} = 117,2$$

Приймаємо згідно з ГОСТ 15608-81 найближче більше значення діаметра поршня 125 мм і штока 80 мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначене для перевірки радіального биття зовнішньої циліндричної поверхні деталі відносно її базового отвору (рис. 2.2). Воно складається з плити-основи, на якій закріплена базова оправка для встановлення деталі, а також стійки з рухомим кронштейном для кріплення індикаторного годинника.

Контрольована деталь встановлюється на базову оправку по центральному отвору, що забезпечує точне базування відносно осі контролю. Індикаторний годинник закріплюється у тримачі на вертикальній стійці та налаштовується таким чином, щоб його вимірювальний наконечник контактував із контрольованою зовнішньою поверхнею деталі. Положення індикатора регулюється переміщенням кронштейна по напрямній та фіксується затискними гвинтами.

Перед початком вимірювання індикатор встановлюють на нульове положення за еталонною деталлю або безпосередньо по контрольованій поверхні. Після цього оператор вручну повертає деталь навколо осі оправки. Під час обертання деталі стрілка індикаторного годинника відхиляється залежно від зміни відстані між контрольованою поверхнею та вимірювальним наконечником.

За різницею між найбільшим і найменшим показами індикатора визначають величину радіального биття зовнішньої поверхні відносно базового отвору. Отримане значення порівнюють із допустимими

відхиленнями, зазначеними в конструкторській документації, після чого роблять висновок про придатність деталі до подальшої експлуатації.

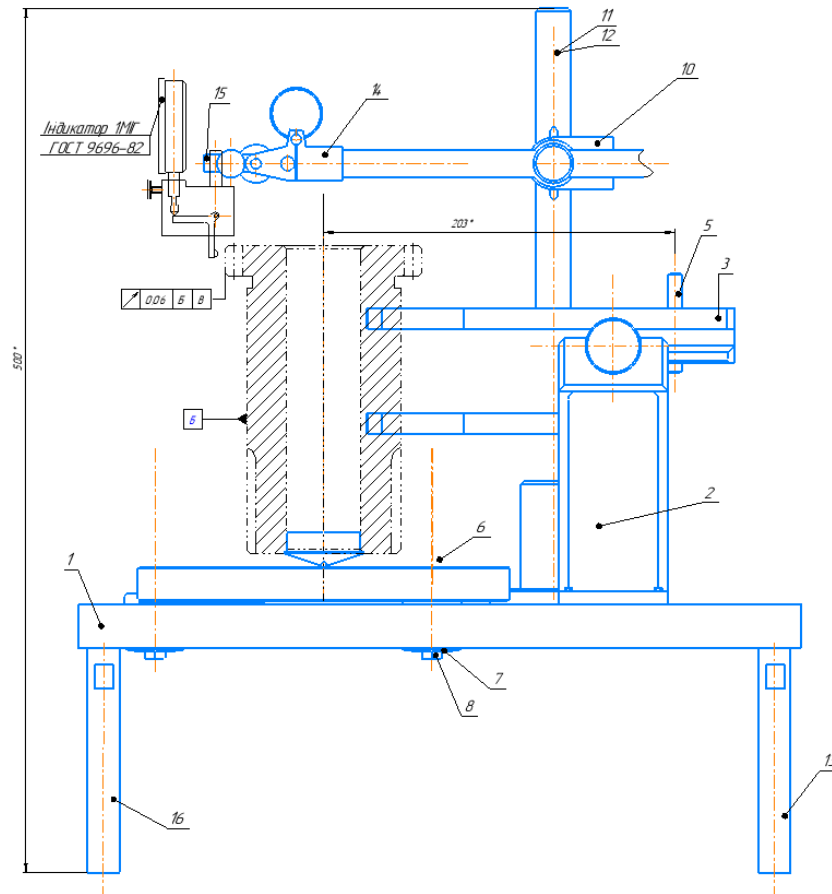


Рисунок 2.2 – Ескіз контрольного пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Під час експлуатації зубчасте колесо піддається дії згинальних навантажень, які виникають унаслідок взаємодії зубців у зоні зачеплення. Крім того, передача крутного моменту через шліцьове з'єднання спричиняє появу крутильних напружень. Найбільш навантаженими та потенційно небезпечними ділянками конструкції є зубчастий вінець і шліци. Для

дослідження напружено-деформованого стану деталі застосовується програмний комплекс NX CAM.

Величина коефіцієнта запасу міцності розраховується за формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.10)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі плинності сталі 45, $[\sigma]=355$ МПа [1];
 σ_{\max} – максимальне напруження, яке виникає в деталі.

3D-модель було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.3).

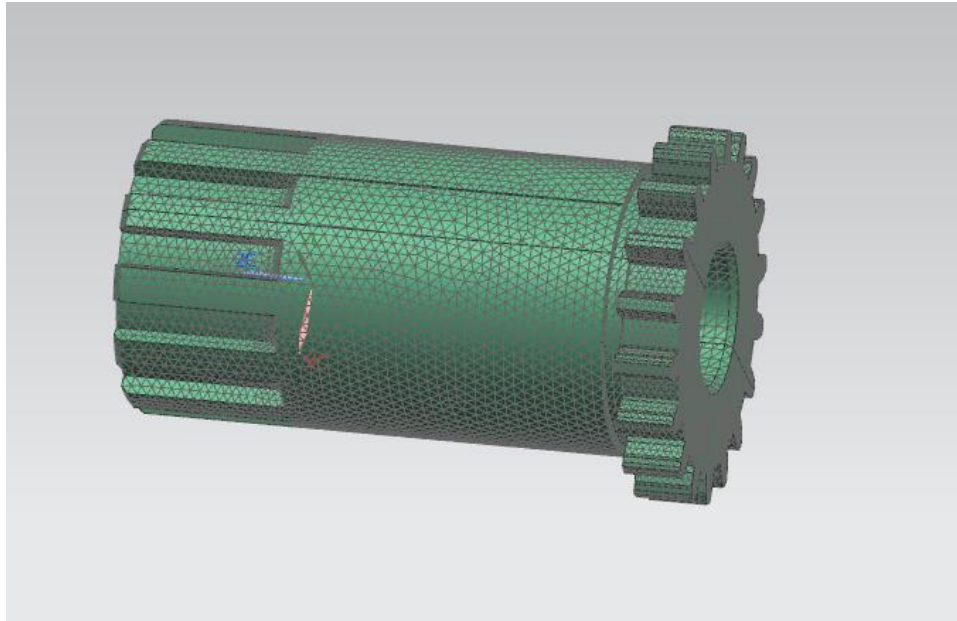


Рисунок 2.3 - 3D-модель, розбита на сітку

Під час роботи передачі навантаження сприймає один зубець, на який прикладено навантаження. Для забезпечення передачі крутного моменту шпонковий паз фіксується нерухомо, що відповідає граничним умовам розрахункової моделі (рис. 2.4).

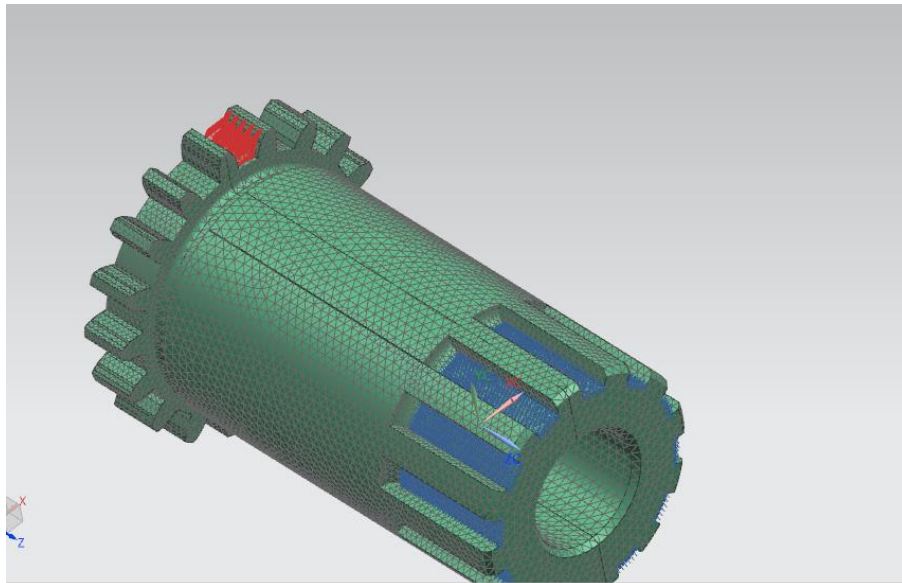


Рисунок 2.4 - Модель деталі з визначеними зонами фіксації та напружень

Після виконання розрахунку напружено-деформованого стану отримано результати у вигляді графічного розподілу напружень, представленого на рис. 2.5.

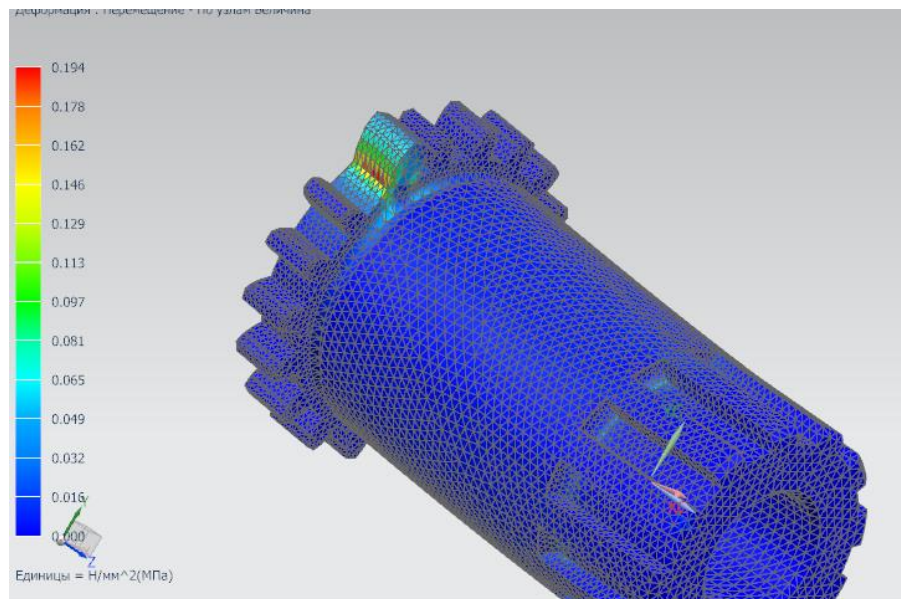


Рисунок 2.5 - Модель напруженої за елементами та вузлами деталі

Максимальне значення напружень знаходиться у ніжці зубців 195 МПа. Згідно формули (2.10) розрахуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$k = \frac{355}{195} = 1,82$$

Таким чином, розрахункові напруження є меншими за допустимі, що підтверджує достатню міцність конструкції та коректність обраних геометричних параметрів навантаженої деталі.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

3.1 Розрахунок потрібної кількості обладнання та його довантаження

Для визначення необхідної кількості робочих місць на ділянці з не потоковою організацією виробництва за окремими операціями необхідно зробити наступні розрахунки:

Розрахунок ефективного річного фонду часу роботи одного верстата, $F_{\text{еф.}}$, год., розраховується за формулою:

$$F_{\text{еф}} = [(D_{\text{к}} - D_{\text{в}} - D_{\text{св}}) \cdot t_{\text{зм}} - t_{\text{п.св}}] \cdot h \cdot K_{\text{рем}}, \quad (3.1)$$

де $D_{\text{к}}$, $D_{\text{в}}$, $D_{\text{св}}$ – дні календарні, вихідні, святкові;

$t_{\text{зм}}$ – тривалість зміни 8 годин;

$t_{\text{п.св}}$ – кількість годин передсвяткових скорочень робочого дня, год.;

h – кількість змін праці на добу;

$K_{\text{рем}}$ – коефіцієнт який враховує час перебування верстата у ремонті.

Ефективний (дійсний) річний фонд часу роботи верстата з ручним керуванням:

$$F_{\text{еф}} = [(365 - 105 - 11) \cdot 8 - 5] \cdot 1 \cdot 0,96 = 1\,907,52$$

Ефективний (дійсний) річний фонд часу роботи верстата з ЧПК:

$$F_{\text{еф}} = [(365 - 105 - 11) \cdot 8 - 5] \cdot 1 \cdot 0,92 = 1\,828,04$$

Розрахункова кількість устаткування (верстатів), $C_{\text{роз.і}}$, шт, розраховується за формулою:

$$C_{розр.i} = \frac{T_{заг.i}}{F_{эф} \cdot K_{В.Н}}, \quad (3.2)$$

де $T_{заг}$ – загальна трудомісткість по операціям, год.;

$K_{В.Н}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку, приймається рівним одиниці.

Розрахункова кількість верстатів $C_{роз}$ округляється до більшого цілого числа – прийнята кількість верстатів $C_{пр}$.

Трудомісткість виготовлення деталі $T_{дет}$ розраховується за формулою:

$$T_{дет.i} = \frac{t_{шт.кал.i}}{60} \cdot N_{вип}, \quad (3.3)$$

$$T_{дет.015} = \frac{9,2}{60} \cdot 7000 = 1073,3$$

Задана програма випуску деталей не може в достатньо завантажити обладнання. Тому проектування ділянки механічної обробки серійного, дрібносерійного та одиничного виробництва здійснюється за допомогою трудомісткості довантаження.

Трудомісткість довантаження верстату іншими технологічно-однорідними деталями ($T_{дован}$) розраховується за формулою:

$$T_{дован.i} = (F_{эф} - N_{вип} \frac{t_{шт.кал.i}}{60}) \cdot K_{в.н.} \cdot K_{зав.i}, \quad (3.4)$$

де $N_{вип}$ – річна програма випуску типової деталі, шт.;

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку ($K_{вн}=1,0$);

$K_{зав.i}$ – плановий коефіцієнт завантаження обладнання. Приймається $K_{зав.i}=0,65\dots 0,85$.

$$T_{дован.015} = (1\,828,04 - 1\,073,3) \cdot 1 \cdot 0,85 = 641,53$$

Загальна трудомісткість виготовлення деталі на одній операції розраховується за формулою:

$$T_{заг.i} = T_{дет} + T_{дован.i}, \quad (3.5)$$

$$T_{заг.015} = 1\,073,3 + 641,53 = 1\,714,83$$

$$C_{розр.015} = \frac{1\,714,83}{1\,828,04 \cdot 1} = 0,93$$

Приймається кількість верстатів $C_{спр} = 1$.

Коефіцієнт завантаження кожного робочого місця $K_{з.i}$, розраховується за формулою

$$K_{з.i} = \frac{C_{розр.i}}{C_{прин.i}} \quad (3.6)$$

$$K_{з.015} = 0,93/1 = 0,93$$

Середній коефіцієнт завантаження розраховується по формулі:

$$K_{з.сер.} = \frac{C_{розр.1} + C_{розр.2} + \dots + C_{розр.i}}{C_{прин.1} + C_{прин.2} + \dots + C_{прин.i}} \quad (3.7)$$

$$K_{з.сер.} = \frac{8,8}{10} = 0,88$$

Розрахунок загальної трудомісткості надається в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Розрахунок загальної річної трудомісткості

№ опер	Назва операції	Трудомісткість базової деталі, год.			Трудомісткість довант., Т _{довант.} , год.	Річна трудомісткість за операціями (загальна), Т _{заг.} , год.
		t _{шк.} , хв.	Річний обсяг виробництва, N _{вип.} , шт.	Річного випуску деталі T _{вип.} , год		
010	Токарна з ЧПК	8,4	7000	980	720,83	1700,183
015	Токарна з ЧПК	9,2	7000	1073,3	641,57	1714,87
020	Токарна з ЧПК	4,47	7000	521,5	1110,56	1632,06
025	Токарна з ЧПК	3,95	7000	460,83	1162,13	1622,96
030	Круглошліфувальна	0,72	7000	84	1482,43	1566,43
040	Зубофрезерна	1,94	7000	226,3	1429,04	1655,34
045	Зубофрезерна	1,94	7000	226,3	1429,04	1655,34
050	Фрезерна	6,35	7000	740,83	924,13	1664,96
055	Слюсарна	1,3	7000	151,66	1492,48	1581,14
060	Мийна	0,99	7000	115,5	1523,21	1638,71
Разом		39,26	7000	4580,22	11852,42	16431,99

Розрахунок кількості обладнання надається в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок кількості робочих місць та коефіцієнти їх завантаження

№ опер	Назва операції	Річна працеемність, год., $T_{\text{заг.}}$	Ефективний фонд часу, год, $F_{\text{эф.}}$	Коефіцієнт виконання норм, $K_{\text{в.н.}}$	Кількість робочих місць		Коефіцієнт завантаження K_3
					Розрахункова, шт., $C_{\text{розн.}}$	Прийнята, шт., $C_{\text{прийн.}}$	
010	Токарна з ЧПК	1700,183	1828,04	1	0,93	1	0,93
015	Токарна з ЧПК	1714,87	1828,04	1	0,93	1	0,93
020	Токарна з ЧПК	1632,06	1828,04	1	0,89	1	0,89
025	Токарна з ЧПК	1622,96	1828,04	1	0,88	1	0,88
030	Круглошліфувальна	1566,43	1828,04	1	0,85	1	0,85
040	Зубофрезерна	1655,34	1907,52	1	0,86	1	0,86
045	Зубофрезерна	1655,34	1907,52	1	0,86	1	0,86
050	Фрезерна	1664,96	1828,04	1	0,91	1	0,91
055	Слюсарна	1581,14	1907,52	1	0,83	1	0,83
060	Мийна	1638,71	1907,52	1	0,86	1	0,86
Разом		16431,99	-	-	8,8	10	0,88

На підставі виробничих розрахунків будується графік завантаження устаткування дільниці (рис. 3.1).

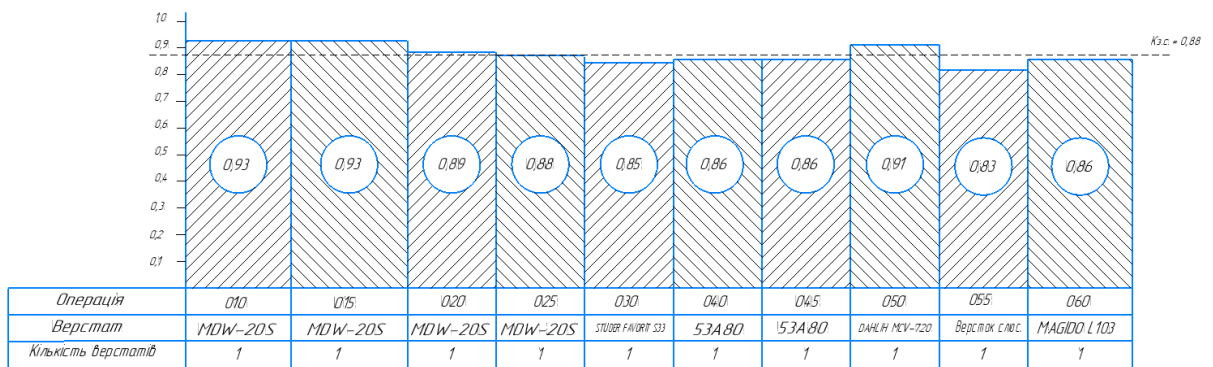


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання на дільниці

3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників

Багатоверстатне обслуговування застосовується на верстатах із ЧПК і можливе за умови, що основний машинно-автоматичний час виконання операції перевищує сумарний допоміжний час на інших операціях разом із часом, необхідним оператору для переходу між верстатами, тобто:

$$t_{0 \max} \geq \sum t_{\text{доп}} + \sum t_{\text{пер}} \quad (3.8)$$

де $t_{\text{доп}}$ – допоміжний час на операції, хв.;

$t_{\text{пер}}$ – час, що використовується на переході оператора від верстата до верстата, хв. ($t_{\text{пер}} = 0,2$ хв).

Розраховуємо кількість верстатів, яке може обслужити один робітник у попередньо прийнятій зоні обслуговування, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{0 \max}}{t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}}} \quad (3.9)$$

де $t_{0 \max}$ – максимальний оперативний час на верстатах, намічених до об'єднання в зону обслуговування;

$t_{\text{пер}}$ – час, затрачуване перехід від верстата до верстата, $t_{\text{пер}} = 0,2$ хв;

$t_{\text{обс}}$ – час обслуговування робочим оператором верстата, тобто час, що витрачається на встановлення, закріплення та зняття деталі, керування верстатом, контроль якості обробки та інші ручні та машинно-ручні прийоми.

Число операторів в зоні багатоверстатного обслуговування:

$$R_i = \frac{S_i}{m_{si}} \quad (3.10)$$

де S_i – кількість прийнятих верстатів на операції, що перевіряється;
 i – номер зони обслуговування;

Для групи токарних операцій 010–025 доцільно застосувати багатостатне обслуговування. Визначальною при цьому є операція 015, для якої операційний час є найбільшим і складає 8,15 хв. На основі цього розраховується максимально можлива кількість верстатів, що можуть обслуговуватися одним оператором. Розрахунок виконується за формулою (3.9):

$$m_s = \frac{8,15}{0,98 + 0,2} = 6,9$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою (3.10):

$$R = \frac{4}{6,9} = 0,58$$

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що один оператор може ефективно обслуговувати чотири токарні верстати. Враховуючи загальну кількість обладнання в технологічному процесі, для забезпечення роботи десяти верстатів необхідно залучити 7 робітників.

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИСТРОЇВ

Оцінювання економічної доцільності застосування пристосування базується на зіставленні витрат, пов'язаних з його використанням, та отриманого економічного ефекту протягом року. До складу витрат входять амортизаційні відрахування, а також витрати на обслуговування й експлуатацію пристосування. Економічний ефект досягається завдяки скороченню трудомісткості виготовлення деталей.

Пристосування вважається економічно вигідним, якщо величина річної економії, отриманої від його впровадження, перевищує сумарні річні витрати, пов'язані з його використанням.

Визначаємо собівартість використання нового пристосування на зубофрезерній операції 040 за формулою:

$$C_a = Z_a \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_a}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A_{\square}} + \frac{q_{\square}}{100}\right), \quad (4.1)$$

Собівартість використання старого пристосування на зубофрезерній операції 040 розраховують за формулою:

$$C_b = Z_b \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_b}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A_{\square}} + \frac{q_{\square}}{100}\right), \quad (4.2)$$

де Z_a , Z_b - заробітна плата робітника за одну деталь відповідно для нового та старого пристосування, грн;

H – нарахування цехових витрат на заробітну плату, 200%

Π - програма випуска, шт = 7 000;

A_{\square} - срок амортизації (1...4 года), обирають в залежності від складності конструкції пристосування;

S_a , S_b - витрати на виготовлення відповідно нового та старого

приспосувань, грн;

q_{\square} – додаткові нарахування на вартість приспосування для його обслуговування та ремонту = 20 %.

У початковий період проектування, коли визначена лише принципова схема нового приспосування, точно визначити його вартість неможливо. У цьому випадку застосовують наближений спосіб розрахунку за формулою:

$$S = N \cdot C_{\text{п}}, \quad (4.3)$$

де N - кількість деталей в приспосуванні;

$C_{\text{п}}$ - затрати на одну деталь приспосування, грн;

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу:

$$З = t_{\text{шт}} \cdot З_{\text{хв}} \quad (4.4)$$

де $t_{\text{шт}}$ - штучно-калькуляційний час;

$З_{\text{хв}}$ - хвилинна ставка робітника, грн.

Вартість нового приспосування, що проектується дорівнює:

$$S_a = 13 \cdot 150 = 1950 \text{ грн}$$

Вартість старого приспосування дорівнює:

$$S_b = 5 \cdot 75 = 375 \text{ грн}$$

Собівартість нового приспосування, що проектується:

$$C_a = 1,94 \cdot 0,96 \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{1950}{7000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{390}{100}\right) = 6,77 \text{ грн}$$

Собівартість старого пристосування:

$$C_e = 2,61 \cdot 1,085 \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{375}{7000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{75}{100}\right) = 8,59 \text{ грн}$$

Величина собівартості значною мірою визначається річним обсягом виготовлення деталей. Програма випуску (Π_K) являє собою такий обсяг виробництва, за якого обидва варіанти пристосувань мають однакову економічну ефективність. Значення програми випуску розраховують за такою формулою:

$$\Pi_K = \frac{(S_a - S_b) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(3_a - 3_b) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.5)$$

$$\Pi_K = \frac{(1950 - 375) \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{390}{100}\right)}{(2,83 - 1,86) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} = 2652 \text{ шт}$$

Так як задана річна програма $\Pi > \Pi_K$, та $C_a < C_b$, то більш вигідно застосовувати складне пристосування з пневмоприводом.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Безпека праці при обслуговуванні верстатів з ЧПК

При проведенні огляду верстата з ЧПК і усунення несправностей необхідно дотримуватися всіх запобіжних заходів, застосовувати справні робочі інструменти, прилади.

Робочий інструмент повинен відповідати наступним вимогам:

- рукоятки плоскогубців повинні мати захисну ізоляцію;
- тримач викрутки повинен бути виготовлений з ізоляційного матеріалу, а на її стрижень повинна бути надіта ізоляційна трубка, залишається відкритою тільки робоча частина викрутки;

- переносні світильники повинні бути напругою 12 або 36 Вт, в залежності від умов роботи.

Перед налагодженням верстата пробним вмиканням і вимиканням необхідно перевірити, чи не може статися мимовільне включення двигуна верстата. На видному місці слід повісити попереджувальний напис: «Не вмикати - працюють люди». Перед налагодженням верстата перевіряють його роботу на холостому ході. Всі елементи налагодження необхідно виконувати поступово, після ретельної перевірки кожного попереднього елемента. При наладці або ліквідації несправностей на верстаті необхідно узгодити свої дії з напарником. Про всі помилки в керуючій програмі повідомляють технологу-програмісту. Забороняється самостійно змінювати керуючу програму.

При необхідності роботи на налагоджувальному режимі з відкритим огорожею зони обробки оператор повинен надягати захисні окуляри. Після закінчення наладки верстата необхідно відновити і міцно закріпити огорожі і запобіжні пристрої і перевірити, чи не залишилися в механізмах ручний інструмент, кріпильні деталі та інші предмети.

Для обслуговування і ремонту верстатів з ЧПК допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, навчання за відповідною

програмою і атестовані кваліфікаційною комісією. Вони повинні пройти інструктаж з безпечних методів роботи безпосередньо на робочому місці. Інструктаж проводиться не рідше 1 разу на 3 місяці.

Не дозволяється приступати до роботи без попереднього ознайомлення з вимогами безпеки «Правил технічної експлуатації електроустановок», «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок», експлуатаційної документації на верстат з ЧПК і інструкцією з охорони праці на робочому місці.

Витяг з інструкції з охорони праці для операторів з ЧПК

1. Виконувати лише ту роботу, якою пройшов навчання, інструктаж з охорони праці та до якої допущений працівником, відповідальним за безпечне виконання робіт.

2. Працювати лише у справному спецодязі та спецвзутті та застосовувати індивідуальні засоби захисту.

3. Застосовувати необхідні для безпечної роботи справне обладнання, інструмент, пристрої; використовувати їх тільки для робіт, для яких вони призначені.

4. Не допускати розливу розчинників на підлогу, а у разі розливу негайно прибрати їх.

5. Не допускається користування електронагрівальними приладами та ку-ріння на робочому місці, а також виконання будь-яких робіт, пов'язаних з появою іскри або полум'я.

6. Не допускається працювати на верстатах у рукавицях або рукавичках, а також із забинтованими пальцями без напальчників. Перед установкою деталі в пристрій необхідно протерти поверхню закріплювальних пристроїв.

7. Маса і габаритні розміри виробів, що оброблюються, не повинні перевищувати вимог паспорта верстата.

8. При появі напруги («б'є» струмом) на корпусі обладнання, кожусі пус-

корегулюючої апаратури, виникненні стороннього шуму, запаху ізоляції, що горить, мимовільної зупинки або неправильній дії механізмів і елементів обладнання його слід зупинити (вимкнути) кнопкою «Стоп» вимикача і відключити за допомогою пускового пристрою. Повідомити про це безпосереднього керівника та до усунення несправності не включати.

9. При автоматичній зміні інструментів забороняється перебувати у зоні роботи маніпулятора.

10. Ручна перевірка розмірів оброблюваних деталей та зняття деталей для контролю повинні проводитися тільки при відключених механізмах обертання або переміщення заготовок, інструментів, пристроїв.

11. Не допускайте скупчення стружки на ріжучому інструменті та оправці, використовуйте для цього спеціальний гачок або щітку.

12. Охолоджувати різальний інструмент мокрими ганчірками або щітками забороняється.

13. Не передавати та не приймати що-небудь через верстат під час його роботи.

14. Вимкнути верстат при:

- Ухиляння від верстата навіть на короткий час;
- тимчасове припинення роботи;
- Перерви в подачі електроенергії;
- Прибирання, мастилі, чищення верстата;
- Виявленні несправності в обладнанні, інструменті, пристосуванні, заземлюючих елементах, захисних огороженнях, блокуючих пристроїв, упорів;
- регулювання трубки з охолоджувальною рідиною;
- встановлення, вимірювання та знімання деталі;
- перевірки та зачистці ріжучої кромки ріжучого інструменту.

При роботі на шліфувальних верстатах з ЧПК потрібно:

- перед початком робіт отримати шліфувальний круг, який пройшов випробовування на розрив, з відміткою у паспорті круга.

- встановити круг та запустити на холостому ході на тих режимах, на яких буде працювати верстат, впевнитися про придатність круга.

- верстат повинен мати загорожу (бункерний тип), коли вся зона шліфування повністю закрита.

- перевірити наявність мастильно-охолоджуючої рідини. Забороняється виконувати шліфувальні роботи на «сухо».

- перевірити справність роботи відводу та фільтрації МОР. Якщо пристрій для відділення мілкої стружки не працює, повідомити механіку з ремонту обладнання.

- при поломках або несправностей під час роботи потрібно вимкнути верстат, зробити запис у журналі експлуатації верстата та визвати ремонтну бригаду, паралельно повідомити майстра за поломку верстата.

15. Забороняється:

- відкривати та знімати огороження та запобіжні пристрої під час роботи вер-стата;

- Прибирати стружку зі верстата голими руками або стисненим повітрям.

16. Забороняється самостійно робити ремонт верстатів з програмним управлінням та іншої апаратури на робочому місці.

17. Не захаращувати робоче місце, проходи до нього та між обладнанням, столами, стелажми, проходи до пультів управління, рубильників, шляхи ева-куації та інші проходи стендами, інвентарем, пристроями.

18. При роботі на верстатах з програмним управлінням керуватиметься інструкцією з експлуатації обладнання заводу-виробника.

19. Бути уважним, обережним та не відволікатися на сторонні розмови.

20. Не приймати їжу, не курити на робочому місці.

21. Дотримуватись правил переміщення в приміщенні та на території організації, користуватися лише встановленими проходами.

ВИСНОВКИ

Відповідно до завдання дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення веденого валу-шестерні. Обґрунтовано вибір найбільш раціонального способу отримання заготовки та визначено необхідні припуски на її обробку. Режими різання і норми часу встановлено на підставі рекомендацій чинних нормативних документів.

За допомогою програмного комплексу NX створено тривимірні моделі деталі та заготовки. Під час розроблення технологічного процесу враховано вимоги охорони праці та виробничої безпеки. Спроектовано пристосування для зубофрезерування, яке забезпечує швидке й надійне закріплення заготовки в процесі обробки, сприяє скороченню частки ручної праці та підвищує ефективність виробництва в умовах серійного випуску.

Для токарної операції розроблено керуючу програму із застосуванням програмного забезпечення NX CAM.

Також виконано проектування виробничої дільниці для виготовлення деталі «Ведений вал-шестерня», визначено необхідну кількість технологічного обладнання та розраховано чисельність основних виробничих працівників.

За результатами роботи сформовано комплект технологічної документації на виготовлення веденого валу-шестерні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
2. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування для студентів спеціальностей: 8.090203, 8.090202, 7.100102 усіх форм навчання/ укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексеєнко. - Запоріжжя: ЗДТУ, 1999. - 78с.
3. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов, 1990.-400с.
4. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение, 1961.-Т2.-890с.
5. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /Под ред. А.Ф. Горбачевича. - Минск: Высшая школа, 1983 – 256 с
6. Богуслаев В. А. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 461 с.
7. Методичні вказівки з оформлення технологічної документації в курсових проектах та магістерських роботах для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / укл. В.О. Логомінову – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 70 с.
8. Методичні рекомендації до проектування магістерської роботи з технології авіадвигунобудування та машинобудування / В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Кореневський. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 245 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.

11. Косилова, А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении/ А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. – 352 с.

ДОДАТОК А

Керуюча програма на токарну операцію

N0010 G94 G90 G20	N0300 G00 X82.5
N0020 G50 X0.0 Z0.0	N0310 Z-185.1832
N0030 T00 H00 M06	N0320 G92 S0
N0040 G94 G00 X1000. Z-180.	N0330 G96 M03
N0050 X-5.4	N0340 G01 Z-183.9832
N0060 G97 S1200 M03	N0350 Z78.3832
N0070 G01 X-4.2 F250.	N0360 Z79.5832
N0080 X83.4832	N0370 G00 X83.5
N0090 X84.6832	N0380 Z-185.2
N0100 G00 Z-183.	N0390 X81.5
N0110 X-5.4	N0400 G01 Z-184.
N0120 Z-179.	N0410 Z78.4
N0130 G01 X-4.2	N0420 Z79.6
N0140 X83.5	N0430 G00 X82.5
N0150 X84.7	N0440 Z-185.2
N0160 G00 Z-182.	N0450 X80.5
N0170 X-5.4	N0460 G01 Z-184.
N0180 Z-178.	N0470 Z78.4
N0190 G01 X-4.2	N0480 Z79.6
N0200 X83.5	N0490 G00 X81.5
N0210 X84.7	N0500 Z-185.2
N0220 G00 Z-181.	N0510 X80.
N0230 X-5.4	N0520 G01 Z-184.
N0240 Z-177.0583	N0530 Z78.4
N0250 G01 X-4.2	N0540 Z79.6
N0260 X-1.2	N0550 M02
N0270 X16.7686 Z-178.	
N0280 X15.92 Z-178.8485	
N0290 G97 S0 M03	

ДОДАТОК Б

Специфікація робочого пристосування

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документация</i>						
<i>НУЗП 293226.031 СК</i>						
<i>Складальне креслення</i>						
<i>Детали</i>						
<i>Корпус</i>						
<i>Оправка</i>						
<i>Шток</i>						
<i>Кільце</i>						
<i>Поршень</i>						
<i>Кришка</i>						
<i>Штуцер</i>						
<i>Гайка</i>						
<i>Пружина</i>						
<i>Кришка</i>						
<i>Шайба розрізна</i>						
<i>Шток</i>						
<i>Кришка</i>						
<i>Стандартные изделия</i>						
<i>Гвинт М5х15 ГОСТ 17475-80</i>						
<i>Гвинт М3х5 ГОСТ 17475-80</i>						
НУЗП 293226.031 СК						
Пристосування для зубофрезерування						
НУЗП М3-112						

ДОДАТОК В
Технологічні карти

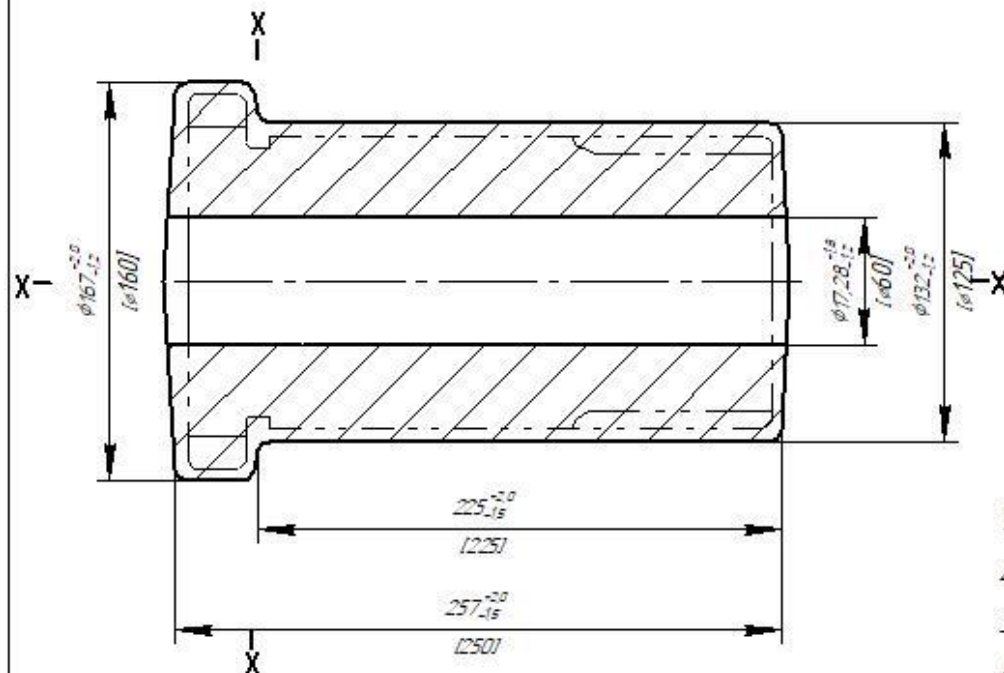
Дубл			
Изб			
Подл			

Глтехнолог
Нач. БПМ

Форма 170-162

				НУЗП 0214.126.031		1	1
Разроб.	Тумарченко			НУЗП	НУЗП 721318.031		
Пробер.	Вишнепольський						
Нконтр	Дядя			Ведений вал-шестерня			005

$\sqrt{Ra 100}$



Технические условия на заготовку			
Материал наимено- вание и марка	Код	Код и вид	профиль и размеры
		Штамповка на ГKM	$\phi 257 \times 167$
Сталь 45			
Технические условия	Маркировка	Твердость	Масса детали
ДСТУ 9182:2022		HВ 180.220	18,28
Сортамент	Допускаемая кривизна		Ким
			0,73
Размер исходного материала	Кол.дет. из зап.	Норма расхода	
		Разм. листо.ручка	Масса
$\phi 260 \times 200$	1		24,88

1. Заготовка - штамповка. Група контролю 1 за ОСТ190074-72.
2. Невказані штапувальні кути $5^{\circ}..7^{\circ}$.
3. Невказані штапувальні радіуси R2.
4. Допустимий облой на сторону до 0,9 мм.
5. Допустиме зміщення штампів по площині роз'єму до 0,2 мм.
6. Короблення до 0,5 мм.

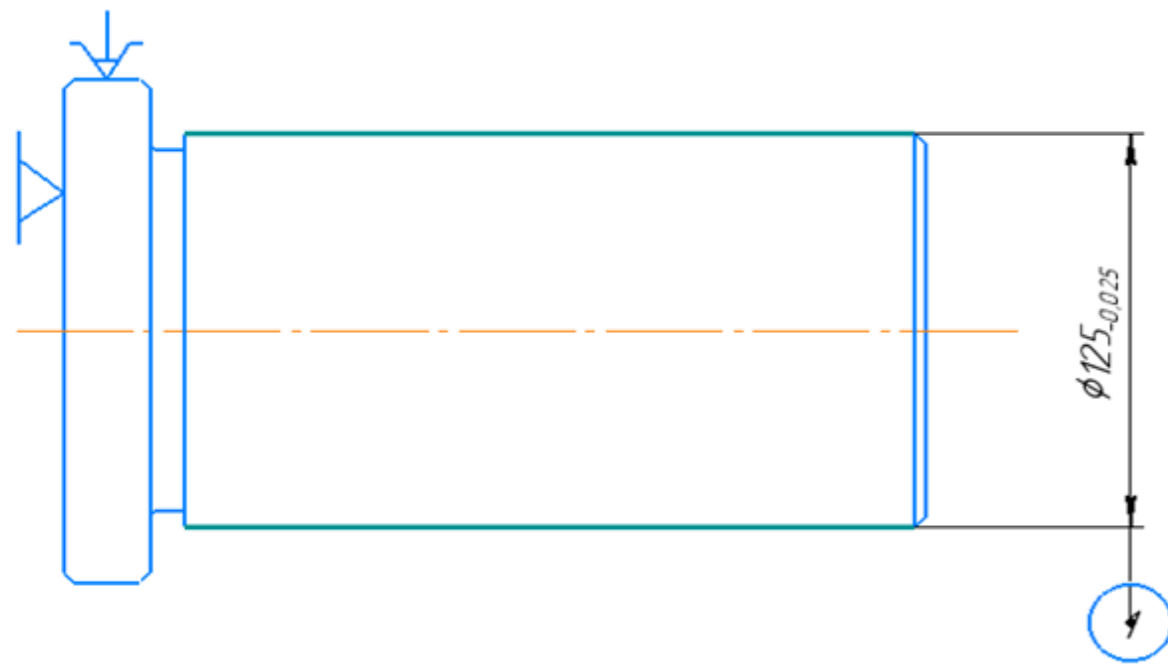
Карта заготовки

Дубл.										
Взам.										
Подл.										

НУЗП 02141.26.031 1 1

Разраб.	Тумарченко			НУЗП	НУЗП 721318.031		Мз-112 10141.00030
Проверил	Вишнепольський						
Нормировал							
Н.контр.	Дядя			МИН	Ведений вал-шестерня		030

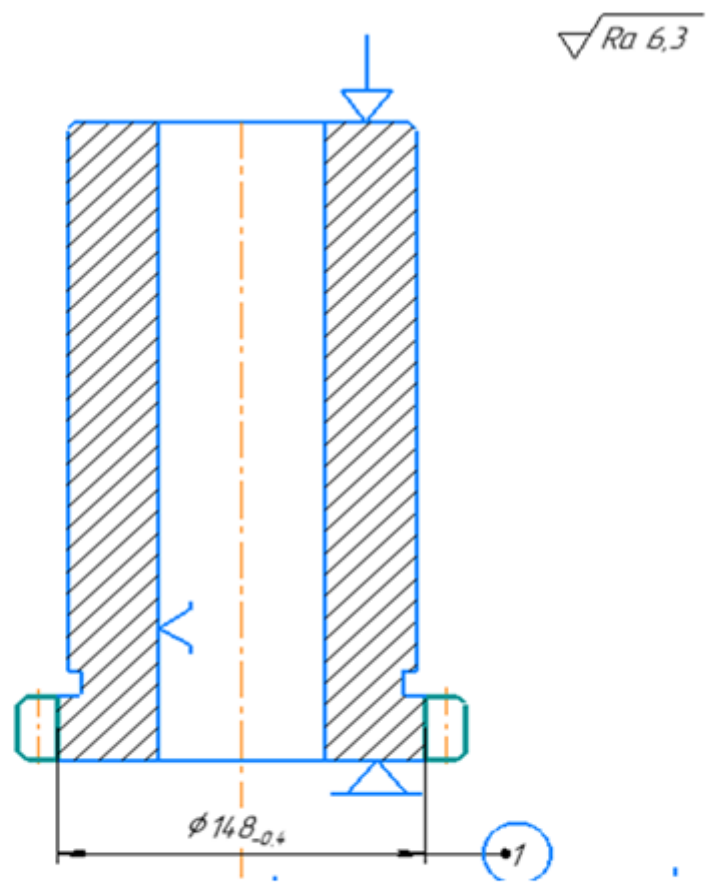
$\sqrt{Ra\ 0,8}$



КЭ							
----	--	--	--	--	--	--	--

Дубл.									
Взам.									
Подл.									

						НУЗП 02141.26.031	1	1
Разраб.	Тумарченко			НУЗП	НУЗП 721318.031		Мз-112 10141.00040	
Проверил	Вишнепольский							
Нормировал								
Н.контр.	Дядя			мин	Ведений вал-шестерня		040	



КЭ								
----	--	--	--	--	--	--	--	--

