

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення шестерні приводу»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-110сп

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

Ємельянов Б.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Степанов Д.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Фролов М.В.

(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 _____
 « _____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

- Ємельянов Богдан Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення шестерні приводу
- керівник проєкту (роботи) Степанов Д.М.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » квітня 2023 року №83
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 05 червня 2023
3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=5000 шт
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3. Розробка планування дільниці; 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки; 5. Охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки, графічне зображення етапів підготовки управляючої програми та розрахунків на міцність, креслення робочого пристосування.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	Степанов Д.М.		
4	Пухальська Г.В.		
нормоконтр.	Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання 01 травня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН



№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	15.05.2023	
2	Конструкторська частина	22.05.2023	
3	Розробка планування ділянки	27.05.2023	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	29.05.2023	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2023	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2023	
7	Захист дипломного проекту	08.06.2023	



Студент

Ємельянов Б.О.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Степанов Д.М.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 93 с., 19 рис., 11 табл., 2 додатки, 13 джерел.

ШЕСТЕРНЯ ПРИВОДУ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ,
МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ,
РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – шестерня приводу.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення шестерні приводу.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення шестерні приводу, передбачено економічні ризики виробництва, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму для операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцнісні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	10
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	14
1.4.1 Вибір технологічних баз	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	17
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	21
1.6 Розрахунок режимів різання.....	25
1.6.1 Операція 025 – фрезерна.....	25
1.6.2 Операція 045 – зубофрезерна	28
1.6.3 Операція 025 – токарна з ЧПК.....	32
1.7 Технічне нормування операцій	37
1.7.1 Технічне нормування фрезерної операції 035	37
1.7.2 Технічне нормування зубофрезерної операції 045.....	38
1.7.3 Технічне нормування токарної операції 025.....	40
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	46
2.1 Проектування зубофрезерного пристосування.....	46
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	46
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосувань на точність	46
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	48
2.2 Проектування контрольного пристосування	51
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	51
2.3 Розрахунок на міцність деталі.....	52

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ	56
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ	59
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	69
5.1 Освітлення приміщень та робочих місць	69
5.2 Види освітлення виробничих приміщень та робочих місць	71
ВИСНОВКИ	75
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	76
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	78
Додаток Б. Технологічні карти	81

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КГШП – кривошипний горячештампований прес

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

РТК – розрахунково-технологічна карта

САПР – системи автоматизованого проектування

ТО – термічна обробка

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Розробка технологічного процесу виготовлення деталей – це одне з найголовніших напрямів промислового виробництва, яке охоплює різні сфери діяльності. Використання в технологічному процесі верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) дозволяє досягти високої якості отримуваних деталей, великої точності та повторюваності результату. Верстати з ЧПК конкурують із традиційними методами, такими як лиття та штампування. Верстати з ЧПК набули широкого поширення у машинобудуванні, завдяки своїй гнучкості.

При розробці технологічних процесів виготовлення деталей необхідно враховувати основні напрямки в сучасній технології машинобудування. А також прагнути наближення заготовок за формою, розмірами і якістю поверхонь до готових деталей, що дає можливість зменшити витрату матеріалу, значно знизити трудомісткість обробки деталей на металорізальних верстатах, а також зменшити витрати на ріжучі інструменти, електроенергію та інше. Підвищення продуктивності праці при розробці технологічних процесів можливе при застосуванні автоматичних ліній та верстатів з ЧПК, більш досконалих методів обробки, нових марок матеріалів ріжучих інструментів.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Шестерня приводу» (рис. 1.1) розташована в редукторі, що забезпечує роботу таких агрегатів, як: відцентровий суфлер, блок паливних насосів, масло агрегат двигуна Д18Т. Шестерня приводу має складну форму. Зовнішній діаметр становить 81 мм, на ньому виконаний зубчастий вінець $m=3$, $z=25$. Базовими поверхнями деталі є центральні отвори діаметром 25 мм та 35 мм. З обох торців деталі є вибірки для полегшення конструкції. Зуби колеса піддаються термічній обробці після чого вони хонінгуються. Необхідна шорсткість робочих торцевих та циліндричних поверхонь $Ra\ 0,8\ \mu\text{м}$, не робочих поверхонь – $Ra\ 3,2\ \mu\text{м}$. Матеріал шестерні приводу – сталь 14ХГСН2МА-Ш, хімічний склад згідно таблиці 1.1, яка відповідає вимогам експлуатації та сприяє надійній роботі редуктора протягом тривалого періоду.

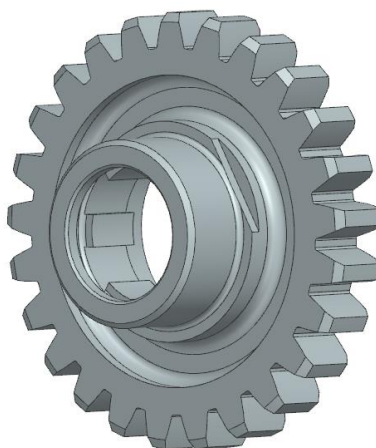


Рисунок 1.1 – Зображення деталі

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 14ХГС2МА-Ш [1]

S	Ni	Cr	Mn	Si	Mo	C	V	P
≤0,025	1,6-2	1,2-1,6	0,7-1	0,45-0,7	0,25-0,4	0,11-0,16	0,03-0,06	≤0,03

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Для деталі «Шестерня приводу» тип виробництва та форму організації робіт призначаємо серійним з потоковою організацією згідно маси деталі (0,286 кг) та програми випуску (5000 шт), від встановленого порядку виконання операцій технологічного процесу (ТП), кількості партії оброблюваних деталей [2, 3].

Кількість партії оброблюваних деталей:

$$n = \frac{\alpha \cdot N}{A}, \text{ шт} \quad (1.1)$$

де N – річна програма випуску, $N = 5000$ шт;

α – періодичність запуску партій деталей в виробництво, $\alpha = 3 \dots 5$;

A – кількість робочих днів на рік, $A = 250$ днів.

$$n = \frac{3 \cdot 5000}{250} = 60 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для шестерні приводу (рис. 1.1) порівнюємо два способи одержання заготовки:

- штампування на кривошипному горячештампованому пресі (КГШП);
- штампування на молоті.

Вихідні дані для розрахунку:

- матеріал заготівлі сталь 14ХГСН2МА-Ш;
- програма випуску $N = 5000$ шт.

Характеристики штамповки [4]:

- клас точності – T2;
- група сталі – M2;
- група складності – C4.

Спосіб розміщення штампування – заготовку розміщуємо вертикально, вісь роз'єму штампу проходить через найбільший діаметр деталі.

Маси заготовок визначаємо за допомогою 3D-моделювання, шляхом виміру масово-центровочних характеристик. 3D-моделі заготовок та розраховані маси наведені на рис. 1.2, 1.3.

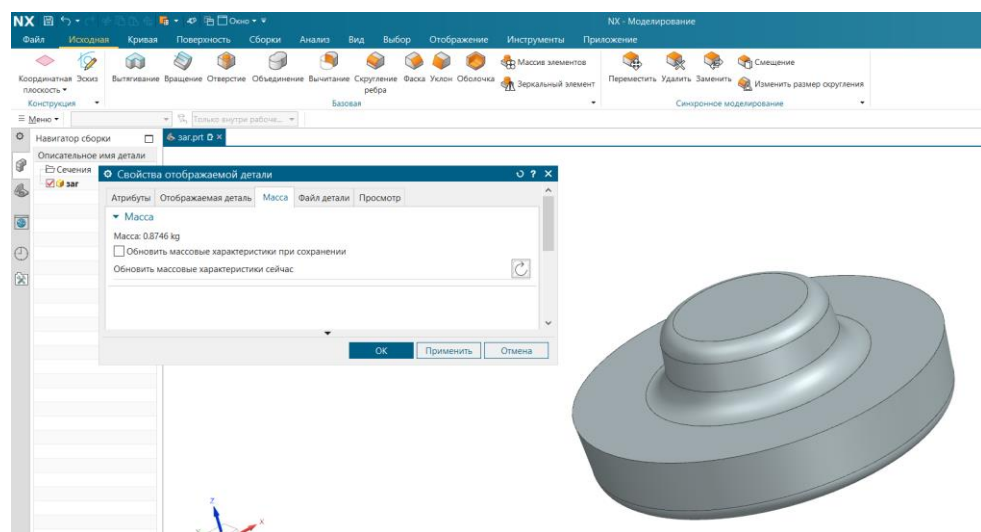


Рисунок 1.2 – 3D-модель заготовки, що отримується на КГШП

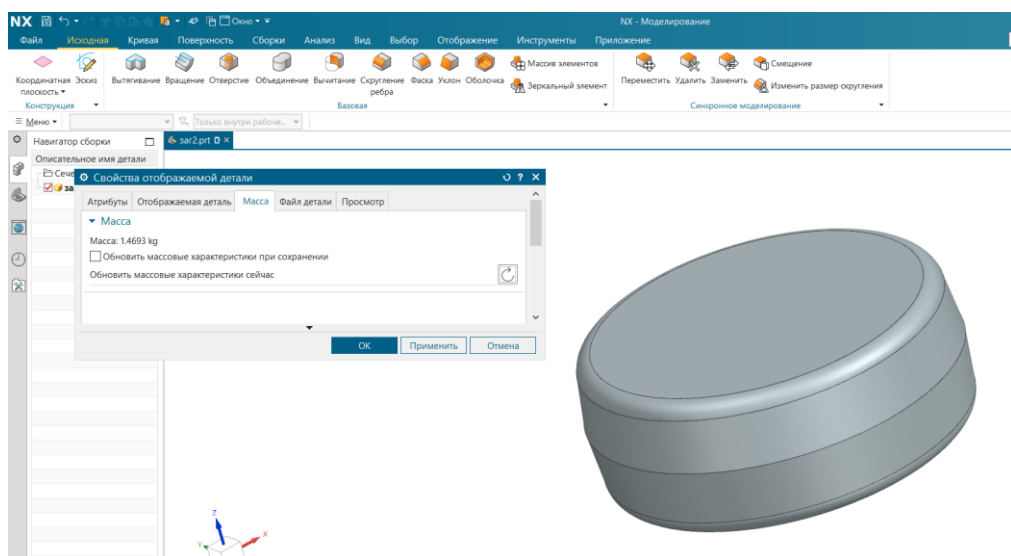


Рисунок 1.3 – 3D-модель заготовки, що отримується на молоті

Собівартість виготовлення однієї заготовки розраховується за формулою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \frac{B_{\text{відх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

B_B – базова собівартість виготовлення 1 т заготовок, грн. [5];

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки [5];

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі [5];

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки [5];

K_3 – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [5];

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки [5];

$B_{\text{відх}}$ – вартість 1 т стружки [5].

$$B_{\text{кгшп}} = \frac{3500}{1000} \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 - (0,87 - 0,286) \cdot \frac{140}{1000} = 4,42 \text{ грн}$$

$$B_M = \frac{3500}{1000} \cdot 1,47 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,51 \cdot 0,77 \cdot 1,27 \cdot 1 - (1,47 - 0,286) \cdot \frac{140}{1000} = 7,42 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

$$\eta_{\text{кгшп}} = \frac{0,286}{0,87} = 0,33$$

$$\eta_M = \frac{0,286}{1,47} = 0,19$$

Розрахункові значення параметрів заготовки заносимо в таблицю 1.2

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок розраховується за формулою:

$$E_B = (B_M - B_{\text{кгшп}}) \cdot N, \quad (1.4)$$

$$E_B = (7,42 - 4,42) \cdot 5000 = 15000 \text{ грн}$$

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			КГШП	Молот
Вага заготовки	Q	кг	0,87	1,47
Базова вартість 1 т заготовки	B _Б	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K _Т		1,0	1,0
	K _М		1,51	1,51
	K _С		0,77	0,77
	K _З		1,27	1,27
	K _П		1,0	1,0
Вартість 1 т стружки	B _{відх}	грн	140	140
Собівартість заготовки	B _з	грн	4,42	7,42
КВМ	η		0,33	0,19

Річні заощадження витрат матеріалу розраховується за формулою:

$$M_e = \frac{q(\eta_k - \eta_z)}{\eta_z \cdot \eta_k} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{0,286 \cdot (0,33 - 0,19)}{0,33 \cdot 0,19} \cdot 5000 = 3192 \text{ кг}$$

В якості заготовки шестерні приводу обираємо штампування на КГШП, так як собівартість виготовлення цим методом менша в порівнянні з заготовкою отриманою на молоті.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

На першій токарній обробці обираємо в якості баз зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 81$ та крайній торець. На першій операції готовимо бази для послідуючих токарних обробок. Також на токарній обробці для зубофрезерування та фрезерування забезпечуємо бази: отвори $\varnothing 35$ мм та $\varnothing 25$ мм, крайні торці. Ці бази будуть в подальшому також використані для базування деталі при шліфуванні. При такому виборі баз забезпечується точність обробки і співпадіння конструкторських баз з технологічними.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) складається з послідовності способів обробки поверхонь (переходів). Технологічну нумерацію поверхонь деталі зображено на рис. 1.4.

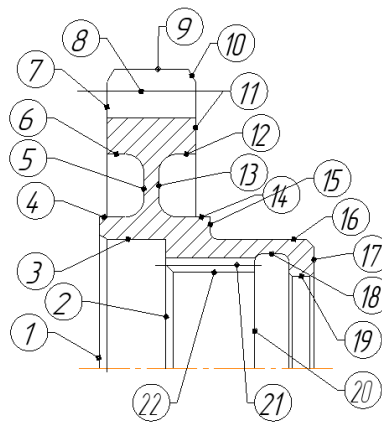


Рисунок 1.4 – Технологічна розмітка поверхонь деталі

Загальне уточнення за показниками точності та шорсткості поверхні розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.6)$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.7)$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (1.8)$$

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні 16 – Ø35j5:

$$\varepsilon_d = \frac{1,2}{0,011} = 109,1$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0,4} = 62,5$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{1,5}{0,02} = 75$$

Кількість переходів розраховується по превалюючому показнику за формулою:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.9)$$

$$k = 2 \cdot \lg 109,1 = 4,1$$

Приймаємо $k=4$ переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k=4$ переходами за законом прогресивного

зменшення: $IT = IT_{17-j5} = 12 = 5 + 3 + 2 + 2$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

- 1) Для допуску: $IT_{17} \rightarrow h_{12} \rightarrow h_9 \rightarrow TO \rightarrow h_7 \rightarrow j_5$
- 2) Для шорсткості: $Ra_{25} \rightarrow Ra_{3,2} \rightarrow Ra_{1,6} \rightarrow TO \rightarrow Ra_{0,8} \rightarrow Ra_{0,4}$

МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння чистове, шліфування чорнове, шліфування чистове.

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1} = 250$ мкм; $T_{Ra1} = 3,2$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1200}{250} = 4,8$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{3,2} = 7,81$$

Другий перехід – точіння чистове: $T_{D2} = 62$ мкм; $T_{Ra2} = 1,6$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{250}{62} = 4$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 4,8 \cdot 4 = 19,2 < \varepsilon_d = 109,1$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,82 \cdot 2 = 15,64 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Четвертий перехід – шліфування чорнове: $T_{D4} = 25$ мкм; $T_{Ra4} = 0,8$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{62}{25} = 2.5$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 19.2 \cdot 2.5 = 48 < \varepsilon_d = 109.1$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15,64 \cdot 2 = 31,28 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

П'ятий перехід – чистове шліфування: $T_{D5}=11$ мкм; $T_{Ra5}=0,4$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d5} = \frac{25}{11} = 2,3$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{0,8}{0,4} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 48 \cdot 2,3 = 110.4 \geq \varepsilon_d = 109.1$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 31,28 \cdot 2 = 62,56 \geq \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Розрахунок МОП інших поверхонь заносено до таблиці 1.3.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення шестерні приводу складається з наступних етапів:

1) I етап – отримання заготовки,

- 2) II термічна обробка (ТО);
- 3) III етап – механічна обробка:
 - токарна обробка (чорнова, чистова);
 - фрезерна обробка;
 - зубофрезерна обробка;
 - слюсарна обробка.
- 4) IV етап – мийка, контроль;
- 5) V етап – ТО;
- 6) VI етап – фінішна обробка:
 - шліфування зовні (чорнове, чистове);
 - шліфування отвору (чорнове, чистове);
 - зубошліфування;
 - зубохонінгування;
- 7) VII етап – мийка, контроль.

Маршрут виготовлення шестерні приводу наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 721003.003.

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск	розміру	шорсткість	розміру
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня 16 – Ø35j5 Ra0.4	Td	109,1	4,1	4	$\Delta IT = IT17 - j5 = 8$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow h7 \rightarrow j5$ $Ra25 \rightarrow Ra3.2 \rightarrow Ra1.6 \rightarrow Ra0.8 \rightarrow Ra0.4$	1	Заготовка-штамповка	1200	25	-	-
	Ra	62,5				2	Точіння чорнове	250	3,2	4.8	7,8
						3	Точіння чистове	62	1,6	4	2
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування чорнове	25	0,8	2,5	2
						6	Шліфування чистове	11	0,4	2,3	2
Внутрішня циліндрична поверхня 3 Ø35G7 Ra0,8	Td	48	3,3	4	$\Delta IT = IT17 - H8 = 8$ $IT17 \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow H8 \rightarrow G7$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8$	1	Заготовка	1200	25	-	-
	Ra	31,2				2	Точіння чорнове	250	6,3	4,8	3,9
						3	Точіння чистове	100	3,2	2,5	2
						4	Термічна обробка	-	-	-	-
						5	Шліфування чорнове	39	1,6	2,5	2
						6	Шліфування чистове	25	0.8	1,6	2

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Торцюва поверхня 15 Ø15h8(-0,027) Ra1,6	Td	41,3	3,2	3	$\Delta IT = IT17 - h8 = 9$ $IT17 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow$ $Ra1,6$	1	Заготовка	1200	25	-	-	
	Ra	31,2				2	Точіння чорнове	180	6,3	6,6	3,9	
						3	Точіння чистове	70	3,2	2,6	2	
						4	Термічна обробка	-	-	-	-	
						5	Шліфування	27	1,6	2,6	2	
Торцюва поверхня 7 12h12(-0.180) Ra3,2	Td	6.7	1.7	2	$\Delta IT = IT17 - h12 = 5$ $IT17 \rightarrow h14 \rightarrow h12$ $Ra25 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2$	1	Заготовка	1200	25	-	-	
	Ra	7.8					2	Точіння чорнове	430	6,3	2.8	3.9
							3	Точіння чистове	180	3,2	2.4	1,9
							4	Термічна обробка	-	-	-	-

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Розглянемо методику розрахунку припусків розрахунково-аналітичним методом та розрахунку технологічних розмірів методом розмірних ланцюгів для поверхні 16 – Ø35j5.

Вибираємо нормативні та розрахункові значення елементів припусків для заготівлі: $Rz_1 = 160$ мкм та $h_1 = 200$ мкм [6].

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.10)$$

де $\rho_{кор}$ – похибка від короблення, $\rho_{кор} = 0.5$ [6];

$\rho_{зм}$ – перекид центрального отвору, $\rho_{зм} = 0.8$ [6];

$$\rho_1 = \sqrt{0,5^2 + 0,8^2} = 0,94 \text{ мм}$$

Для точіння чорнового нормативні значення приймаємо за [6]: $Rz_2 = 20$ мкм, $h_2 = 20$ мкм.

Просторове відхилення визначаємо за формулою:

$$\rho_j = K_{ут} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.11)$$

де $K_{ут} = 0,06$ – коефіцієнт уточнення для механічної обробки по [6].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 940 = 56 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1} \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_3 = 0,25 \cdot \sqrt{1,2^2 + 1} = 0,4 \text{ мм}$$

Для точіння чистового по [6] приймаємо: $R_{z3} = 10$ мкм, $h_3 = 15$ мкм;
 $k_y = 0,04$.

Просторове відхилення:

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 56 = 2 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = K_{yt} \cdot \varepsilon_{i-1} = 0,04 \cdot 400 = 16 \text{ мкм} \quad (1.13)$$

Для термической обработки просторове відхилення:

$$\rho_4 = \Delta_k \cdot L = 0,1 \cdot 81 = 8,1 \text{ мкм} \quad (1.14)$$

де $\Delta_{кор}$ – кривизна після ТО, $\Delta_{кор} = 0,1$ [6].

Для шліфування чорнового: $k_y = 0,03$, $R_{z5} = 6,3$ мкм та $h_5 = 10$ мкм [6].

Просторове відхилення:

$$\rho_5 = 0,03 \cdot (8,1 + 2) = 0,3 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 16 = 0,5 \text{ мкм}$$

Для шліфування чистового: $k_y = 0,02$, $R_{z6} = 3,2$ мкм та $h_6 = 5$ мкм [6].

Просторове відхилення:

$$\rho_6 = 0,02 \cdot 0,3 = 0 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_6 = 0,02 \cdot 0,5 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски за переходами:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.15)$$

$$2z_2^{\min} = 2(160 + 200 + \sqrt{940^2 + 400^2}) = 2763 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{56^2 + 16^2}) = 196 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2(10 + 15 + \sqrt{10,1^2 + 0,5^2}) = 70 \text{ мкм}$$

$$2z_6^{\min} = 2(6,3 + 10 + \sqrt{0,3^2 + 0^2}) = 33 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховується за формулою:

$$d_6^{\max} = d_4^{\min} + ES_{d4} \quad (1.16)$$

$$d_6^{\max} = 35 + 0,006 = 35,006 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.17)$$

$$d_5^{\max} = 35,006 + 0,033 + 0,025 = 35,064 \text{ мкм}$$

$$d_3^{\max} = 35,064 + 0,07 + 0,062 = 35,196 \text{ мкм}$$

$$d_2^{\max} = 35,196 + 0,196 + 0,25 = 35,642 \text{ мкм}$$

$$d_1^{\max} = 35,642 + 2,763 + 1,2 = 39,605 \rightarrow 39,6 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.18)$$

$$d_6^{\min} = 35,006 - 0,011 = 34,995 \text{ мм}$$

$$d_5^{\min} = 35,064 - 0,025 = 35,039 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 35,196 - 0,062 = 35,134 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 35,642 - 0,25 = 35,392 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 39,6 - 1,2 = 38,4 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.19)$$

$$2z_2^{\max} = 39,6 - 35,392 = 4,208 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 35,642 - 35,134 = 0,508 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 35,196 - 35,039 = 0,603 \text{ мм}$$

$$2z_6^{\max} = 35,064 - 34,995 = 0,069 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{зар}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.20)$$

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (1.21)$$

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.22)$$

$$2z_0^{\max} = 39,6 - 34,995 = 4,605 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 38,4 - 35,006 = 3,394 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 1,2 + 0,011 = 1,211 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 4,605 - 3,394 = 1,211 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 38,8_{-0,4}^{+0,8}$ мм.

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуски		Виконавчий розмір
	ІТ	Метод обробки		$d_i^{\max}$, мм	$d_i^{\min}$, мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
Ø35j5 Ra=0.4 ↑=0,02	17	Заготовка	1,2	39,6	38,4	-	-	Ø38,8 ^{+0,8} _{-0,4}
	-	Точін. чорн.	0,25	35,642	35,392	4208	2763	Ø 35,65 _{-0,25}
	12	Точін. чист.	0,062	35,196	35,134	508	196	Ø 35,2 _{-0,062}
	9	ТО	-	-	-	-	-	-
	7	Шліф. чорн.	0,025	35,064	35,039	603	70	Ø 35,064 _{-0,025}
	5	Шліф. чист.	0,011	35,006	34,995	69	33	Ø35 ^{+0,034} _{+0,009}
4,605-3,394=1,2+0,011				1,211=1,211		4,605	3,394	

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 035 – фрезерна

Для фрезерування пазу обираємо фрезерний верстат з моделі 6Р13Ф3.
Операційний ескіз зображено на рис. 1.5.

Технічні характеристики верстата:

1) найбільше переміщення столу:

- повздовжнє – 1000 мм;
- поперечне – 400 мм;
- вертикальне – 420 мм;

2) число швидкостей шпинделя – 18;

3) діапазон частот обертання шпинделя – 40...2000 об/хв;

4) число подач столу – 18;

5) повздовжня та поперечна подача столу – 3...4800 мм/хв;

6) повздовжня та поперечна швидкість швидких переміщень столу – 4800 мм/мин;

7) потужність двигуна – 16 кВт;

Для операції фрезерування обираємо фрезу діаметром $D=10$ мм з числом зубців $z=2$ та матеріалу Р6М5 за ГОСТ 9140-78 [7].

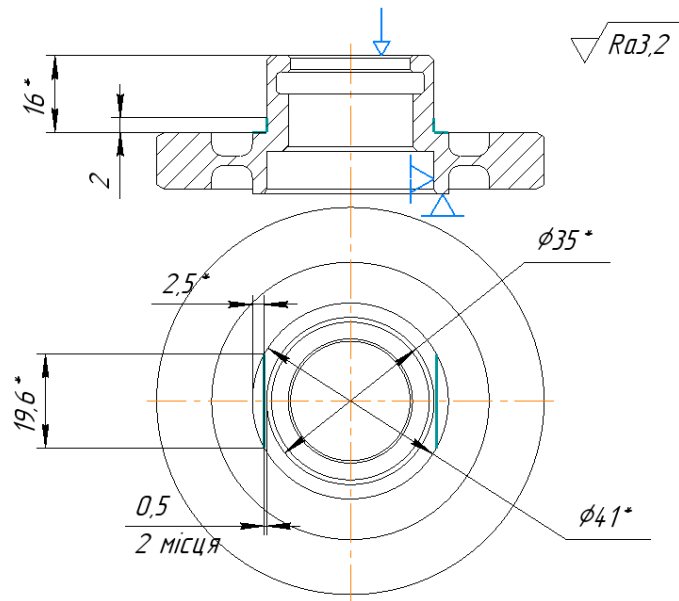


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{Z_{max}}{2} \quad (1.23)$$

де $i=2$ – кількість проходів.

$$t = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (1.24)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,05$ мм/зуб [8];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{SK} \cdot K_{Sy} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sr} \cdot K_{SM} \quad (1.25)$$

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези [8];

K_{SZ} – коефіцієнт, що враховує кількість зубців [8];

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує довжену фрези [8];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу [8].

$$K_S = 1,1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 0,7 = 1$$

$$S_0 = 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D_\phi^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_{zy} \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{V\Pi}, \text{ м/хв} \quad (1.26)$$

де C_v , q , x , y , u , p , m – показники ступеня [7];

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [7];

K_{VI} – коефіцієнт, враховуючий властивості матеріалу ріжучої частини інструмента [7];

$K_{V\Pi}$ – коефіцієнт, враховуючий стан поверхні заготовки [7];

T – період стійкості інструменту;

D_ϕ – діаметр фрези.

$$K_{VM} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{650} \right)^{0,9} = 1,13 \quad (1.27)$$

$$V_p = \frac{12 \cdot 10^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 1^{0,3} \cdot 0,05^{0,25} \cdot 2,5^0 \cdot 3^0} \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 1 = 17,3 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.28)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 17,3}{3,14 \cdot 10} = 550,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d = 500 \text{ об/хв}$.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою:

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (1.29)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 500}{1000} = 16 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу інструменту за формулою:

$$S_M = S_Z \cdot n \cdot z \quad (1.30)$$

$$S_M = 0,05 \cdot 500 \cdot 2 = 50 \text{ мм/хв}$$

Обираємо за паспортом верстата $S_{M \text{ повз}} = 50 \text{ мм/хв}$,

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l + l_2 + l_1}{S_M} \cdot i \cdot n, \text{ хв} \quad (1.31)$$

де l – довжина фрезерування, мм;

$l_2 = 2 \text{ мм}$ – величина перебігу, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

n – кількість місць фрезерування.

$$l_1 = 0,5 \cdot D_\phi \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot t}{D_\phi} \right) \right), \text{ мм} \quad (1.32)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 10 \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot 2,5}{10} \right) \right) = 4,3 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{19,6 + 4,3 + 2}{50} \cdot 2 \cdot 2 = 1,3 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 045 – зубофрезерна

Для фрезерування зубців вибираємо зуборізний верстат мод. 5К324А відповідно таблиці 1.5. Операційний ескіз представлено на рис. 1.6. Так як виробництво серійне, як інструмент вибираємо однозахідну праву черв'ячну

фрезу $m=3$. Фреза має наступні геометричні параметри: $D=112$ мм, $d=40$ мм, $L=112$ мм, $z=12$, $\omega = 2^{\circ}02'$, матеріал Р6М6.

Пристосування: спеціальний пристрій з автоматичним закріпленням заготовки.

Засоби контролю: зубомір для контролю товщини зуба по постійній хорді, пристрій для контролю радіального биття зуба.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики верстата

Параметри	Значення
Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм	200
Найбільша ширина венця заготовки, мм	180
Частоти обертання шпинделя фрези, об/хв	75 - 500
Подача:	
Заготовки, мм/об	0,06...2,4
вертикальна та продольна, мм/хв	0,45...120
Радіальна, мм/об	0,1...1,6
Потужність, кВт	7,5

Розраховуємо подачу за формулою (1.27):

де S_T – табличне значення подачі, $S_T=0,6$ мм/об [8];

K_{HB} – поправочний коефіцієнт, що залежить від твердості оброблюваного матеріалу [8];

$K_{COЖ}$ – поправочний коефіцієнт, залежить від використання СОТС [8];

K_s – поправочний коефіцієнт враховує напрям руху подачі [8];

K_{HP} – поправочний коефіцієнт враховує клас точності фрези [8];

K_{PI} – поправочний коефіцієнт враховує матеріал фрези [8].

$$S_p = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,86 \text{ мм/об}$$

Приймаємо 0,8 мм/об за паспортом верстата.

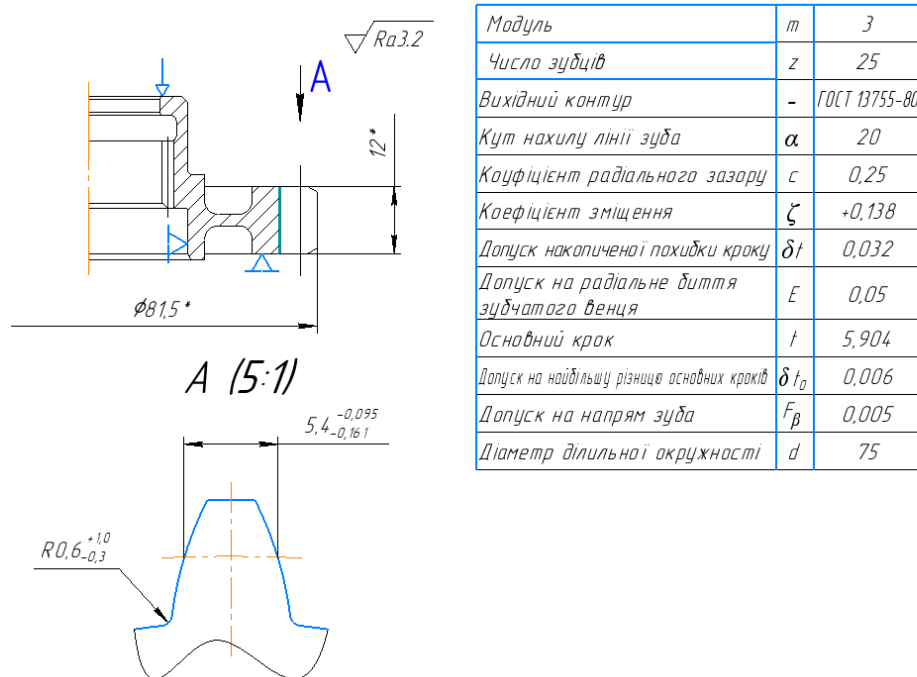


Рисунок 1.6 – Ескіз зубофрезерної операції

Швидкість різання розраховуємо за формулою (1.29):

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.33)$$

де V_T – табличне значення швидкості, $V_T = 33,5$ м/хв [8];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{V_m} \cdot K_{V_n} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_o} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_c} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_{ж}} \quad (1.34)$$

де K_{PI} – враховує оброблюваний матеріал [8];

K_{CT} – поправочний коефіцієнт, що враховує стійкість фрези [8];

K_P – залежить від виду обробки [8];

K_S – залежить від використання СОЖ [8];

K_L – залежить від глибини різання [8].

$$V_p = 33,5 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 22,6 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 22,6}{3,14 \cdot 112} = 72 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d=80$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.32):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 112 \cdot 80}{1000} = 28 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{(b+L_{вр}+L_{пер}) \cdot Z}{S \cdot n \cdot K}, \text{ хв} \quad (1.35)$$

де b – довжина фрезерування, мм;

$L_{пер}$ – величина перебігу, мм;

$L_{вр}$ – величина врізання, мм.

K – кількість заходів фрези;

Z – кількість зубів колеса.

$$L_{вр} = \sqrt{t \cdot (D_\phi - t)}, \text{ мм} \quad (1.36)$$

де $t=6,6$ мм – глибина западини;

$$L_{пер} = 3 \cdot m + tg(\beta - \omega) + 4, \text{ мм} \quad (1.37)$$

де $\omega=2^\circ$ – кут підйому витка фрези.

$$L_{пер} = 3 \cdot 3 + tg(0 - 2) + 4 = 11,7 \text{ мм}$$

$$L_{вр} = \sqrt{6,6 \cdot (112 - 6,6)} = 23,4 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{(12 + 23,4 + 11,7) \cdot 25}{0,8 \cdot 80 \cdot 1} = 22 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 025 – токарна з ЧПК

Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПК 16K20T1. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 1.6. Операційний ескіз токарної операції наведений на рис. 1.7. В якості пристосування використовується патрон трьохкулачковий.

Операція складається із переходів:

- 1) підрізка торців;
- 2) зовнішнє точіння;
- 3) точіння виборки;
- 4) розсвердлення отвору.

Використовується для цього інструмент:

- 1) різець підрізний 2112-0006 $\varphi=95^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8\text{мм}$, 25x16x140, T15K6 ГОСТ 18880-73 [7];
- 2) різець спеціальний $\varphi=2^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8\text{мм}$, 25x16x140, T15K6;
- 3) свердло $D=24\text{мм}$ 2301-3647 ГОСТ10903-77 [7].

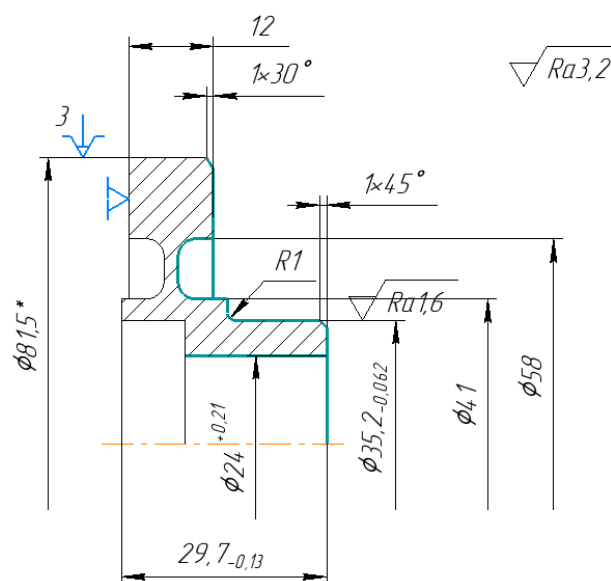


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика верстата

Параметри	Значення
Найбільший розмір оброблюваної деталі, мм	400
Найбільше повздовжнє переміщення супорта, мм	900
Діаметр патрона, мм	250
Потужність привода шпинделя, кВт	11
Частота обертання шпинделя, хв ⁻¹	10-2000
Швидкість руху подачі, мм/об -повздовжня -поперечної	0,01-40 0005-1,4
Швидкість прискореного переміщення, м/хв, супорту -повздовжнього -поперечного	6 5
Позицій інструмента	6
Вага, кг	4000

Виконаємо розрахунок першого переходу –точіння торців.

Припуск на обробку розраховується за формулою:

$$h = h_{\text{заг}} - h_{\text{дет}}, \quad (1.38)$$

де $h_{\text{заг}}$ – розмір заготовки, мм;

$h_{\text{дет}}$ – розмір деталі, мм.

$$h = 12,5 - 12 = 0,5 \text{ мм}$$

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (1.39)$$

де $i=2$ – кількість проходів.

$$t = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою (1.27):

де S_{0T} – табличне значення подачі $S_{0T} = 0,12$ мм/об [8];

K_{SK} – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки, $K_{SK} = 1,0$ [8];

K_{Sr} – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця, $K_{Sr} = 0,85$ [8];

$K_{S\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані, $K_{S\varphi} = 1,0$ [8];

K_{Sy} – коефіцієнт, що враховує схему встановлення заготовки, $K_{Sy} = 1,2$ [8];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{SM} = 1,25$ [8].

$$K_S = 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,25 = 1,27$$

$$S_0 = 0,12 \cdot 1,27 = 0,15 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S = 0,1$ мм/об.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою (1.29):

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 216$ м/хв [8];

K_{Vc} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{Vc} = 0,8$ [8];

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини, $K_{Vi} = 1$ [8];

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата, $K_{Vj} = 0,81$ [8];

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{Vo} = 1,0$ [8];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента,
 $K_{VT} = 0,82$ [8];

K_{Vm} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,
 $K_{Vm} = 1$ [8];

$K_{V\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує геометрію різця, $K_{V\varphi} = 1$ [8];

$K_{Vж}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{Vж} = 0,75$ [8].

$$K_V = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 = 0,53$$

$$V = 216 \cdot 0,53 = 114 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя розраховується за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 114}{3,14 \cdot 81,5} = 445 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 400$ об/хв.

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою (1.32):

$$V_d = \frac{400 \cdot 3,14 \cdot 81,5}{1000} = 102 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу L_{rx} , мм розраховується за формулою:

$$L_{rx} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (1.40)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання [8];

$l_{пер}$ – перебігу [8].

$$L_{rx} = 2 + 5 + 2 + 2 + 11,5 + 2 = 24,5 \text{ мм}$$

Режими різання для зовнішнього точіння та розсвердлювання розраховуються аналогічно. Результати розрахунків режимів різання за переходами наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Режими різання за переходами

Пере- хід	D мм	t, мм	S мм/об	V_d , м/хв	n_d , хв ⁻¹	$\ell_{обр}$, мм	L_{rx} , мм	i, шт
1	81,5	0,25	0,1	102	400	16,5	24,5	2
2	41	0,25	0,1	105	800	17	21	2
3	58	0,1	0,1	90	500	22,5	26,5	2
4	24	4	0,3	35	450	29,7	36,5	1

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.41)$$

$$t_{o1} = \frac{24,5}{0,1 \cdot 400} \cdot 2 = 1,22 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{21}{0,1 \cdot 800} \cdot 2 = 0,52 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = \frac{26,5}{0,1 \cdot 500} \cdot 2 = 1,06 \text{ хв}$$

$$t_{o4} = \frac{36,5}{0,3 \cdot 450} \cdot 1 = 1 \text{ хв}$$

$$\Sigma T_o = 1,22 + 0,52 + 1,06 + 1 = 3,8 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Результати розрахунку режимів різання та норм часу

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання t , мм	кількість проходів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертів шпинделя n , об/хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	01	0,5	4	0,2	90	300
	02	0,5	4	0,2	90	700
	03	0,5	10	0,1	85	500
	04	5	1	0,3	25	800
020 Токарна з ЧПК	01	0,5	4	0,2	90	300
	02	0,5	4	0,2	90	700
	03	0,5	10	0,1	85	500
	04	0,5	4	0,2	90	500
025 Токарна з ЧПК	01	0,25	2	0,1	102	400
	02	0,25	2	0,1	105	800
	03	0,1	2	0,1	90	500
	04	4	1	0,3	35	450
030 Токарна з ЧПК	01	0,25	2	0,1	102	400
	02	0,25	2	0,1	105	800
	03	0,1	2	0,1	90	500
	04	0,1	2	0,1	105	550
	05	4,6	1	0,05	85	450

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7
035 Фрезерна	01	1	4	80	16	500
040 Долбіжна	01	4	6	0,2	15	-
045 Зубофрезерна	01	6,6	25	0,8	28	80
070 Внутрішньошліфувальна	01	0,3	30	0,002/5	23/35	22000/400
	02	0,3	30	0,002/5	23/28	22000/400
075 Круглошліфувальна	01	0,25	1	0,002	50/30	1590/300
080 Круглошліфувальна	01	0,25	1	0,002	50/48	1590/300
085 Внутрішньошліфувальна	01	0,15	30	0,002/5	23/35	22000/400
	02	0,15	30	0,002/5	23/28	22000/400
090 Круглошліфувальна	01	0,1	1	0,001	50/30	1590/300
095 Зубошліфувальна	01	0,2	25	0,005/0,1	35	1670
100 Зубохонінгувальна	01	0,1	25	0,005/0,1	25	900

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Технічне нормування фрезерної операції 035

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{в}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.42)$$

де $t_{\text{в}}$ – час на встановлення та зняття заготівлі при роботі в пристосуванні,

$t_{\text{в}} = 0,32 \text{ хв [9]}$;

$t_{\text{пер}}$ – час на перехід, $t_{\text{пер}} = 0,8 \text{ хв [9]}$;

$t_{\text{контр}}$ – час контролю оброблених поверхонь, $t_{\text{контр}} = 0,21 \text{ хв [9]}$.

$$t_{\text{доп}} = 0,32 + 0,8 + 0,21 = 1,33 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{доп}} \quad (1.43)$$

$$t_{\text{оп}} = 1,3 + 1,33 = 2,63 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.44)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9].

$$t_{\text{дод}} = 2,63 \cdot 0,1 = 0,26 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.45)$$

$$t_{\text{шт}} = 2,63 + 0,26 = 2,89 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}} \quad (1.46)$$

де $t_{\text{п.з1}}$ – час на налагодження пристосування, $t_{\text{п.з1}} = 15 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{п.з2}}$ – підготовчо – заключний час на додаткові роботи,

$t_{\text{п.з2}} = 15 \text{ хв}$ [9].

$$t_{\text{пз}} = 15 + 15 = 30 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n} \quad (1.47)$$

де n – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво (п. 1.2).

$$t_{\text{шт-к}} = 2,89 + \frac{30}{60} = 3,36 \text{ хв}$$

1.7.2 Технічне нормування зубофрезерної операції 045

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.41):

де t_v – час на встановлення та зняття заготівлі при роботі в пристосуванні,

$$t_v = 0,4 \text{ хв [9];}$$

$t_{\text{пер}}$ – час на перехід, $t_{\text{пер}} = 0,4 \text{ хв [9];}$

$t_{\text{контр}}$ – час контролю оброблених поверхонь, $t_{\text{контр}} = 0,2 \text{ хв [9];}$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,4 + 0,2 = 1 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.43):

$$t_{\text{оп}} = 22 + 1 = 23 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.44):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9].

$$t_{\text{дод}} = 23 \cdot 0,1 = 2,3 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.45):

$$t_{\text{шт}} = 23 + 2,3 = 25,3 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.46):

де $t_{\text{п.з1}}$ – час на налагодження пристосування, $t_{\text{п.з1}} = 12 \text{ хв [9];}$

$t_{\text{п.з2}}$ – підготовчо – заклучний час на додаткові роботи,

$$t_{\text{п.з2}} = 15 \text{ хв [9].}$$

$$t_{\text{пз}} = 12 + 15 = 27 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.47):

$$t_{\text{шт-к}} = 25,3 + \frac{27}{60} = 25,75 \text{ хв}$$

1.7.3 Технічне нормування токарної операції 025

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.41):

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,4 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{пер}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{пер}} = 0,4 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 2,2 \text{ хв}$ [9];

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,4 + 2,2 = 3 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.43):

$$t_{\text{оп}} = 3,8 + 3 = 6,8 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.44):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби [9].

$$t_{\text{дод}} = 6,8 \cdot 0,1 = 0,68 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.45):

$$t_{\text{шт}} = 6,8 + 0,68 = 7,48 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.46):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [9];

$t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, що не ввійшли в комплекс, $t_{пз2} = 7$ хв [9];

$t_{пз3}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{пз3} = 2$ хв [9].

$$t_{пз} = 12 + 7 + 2 = 21 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.47):

$$t_{шт-к} = 7,48 + \frac{21}{60} = 7,83 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для решти операцій наведено в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	t_o , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{дод}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{пз}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
015 Токарна з ЧПК	18,5	3	2,15	23,65	21	24,00
020 Токарна з ЧПК	22,5	3	2,55	28,05	21	28,40
025 Токарна з ЧПК	3,8	3	0,68	7,48	21	7,83
030 Токарна з ЧПК	4,2	3	0,72	7,92	21	8,27
035 Фрезерна	1,3	1,3	0,26	2,86	30	3,36
040 Долбіжна	18	1,2	1,92	21,12	25	21,54
045 Зубофрезерна	22	1	2,30	25,30	27	25,75
070 Внутрішньошліфувальна	4,5	0,95	0,55	6,00	18	6,50
075 Круглошліфувальна	2,6	1,1	0,37	4,07	30	4,57
080 Круглошліфувальна	1,5	1,1	0,26	2,86	30	3,36
085 Внутрішньошліфувальна	5,7	0,95	0,67	7,32	18	7,62
090 Круглошліфувальна	0,8	1,1	0,19	2,09	30	2,51
095 Зубошліфувальна	18,5	1,2	1,97	21,67	25	22,09
100 Зубохонінгувальна	12,5	1,5	1,40	15,40	25	15,82

1.8 Розробка керуючої програми на фрезерну операцію з ЧПК

Для фрезерування лисок на фрезерному верстаті з ЧПК розробимо керуючу програму в програмному продукті NX CAM. Спочатку створюємо 3D-модель деталі до фрезерування (рис. 1.8) та після фрезерування лисок (рис. 1.9).

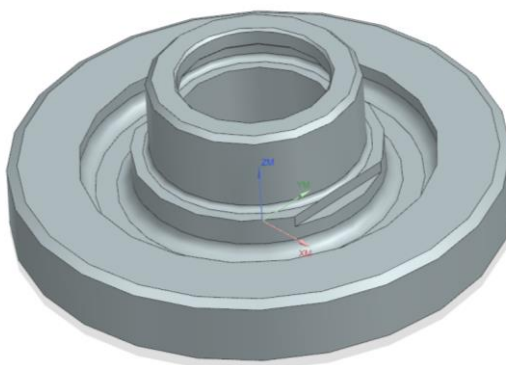


Рисунок 1.8 – 3D-модель деталі до фрезерування лисок

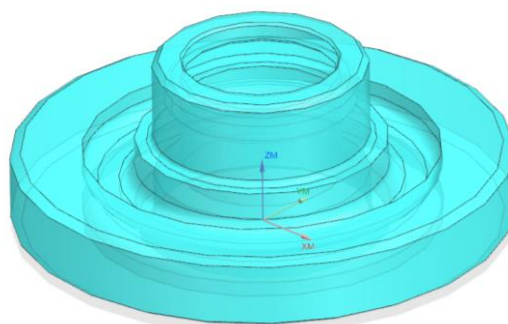


Рисунок 1.9 – 3D-модель деталі після фрезерування лисок

Задаємо в програмі кінцеву фрезу діаметром 10 мм (рис. 1.10) необхідну для обробки.

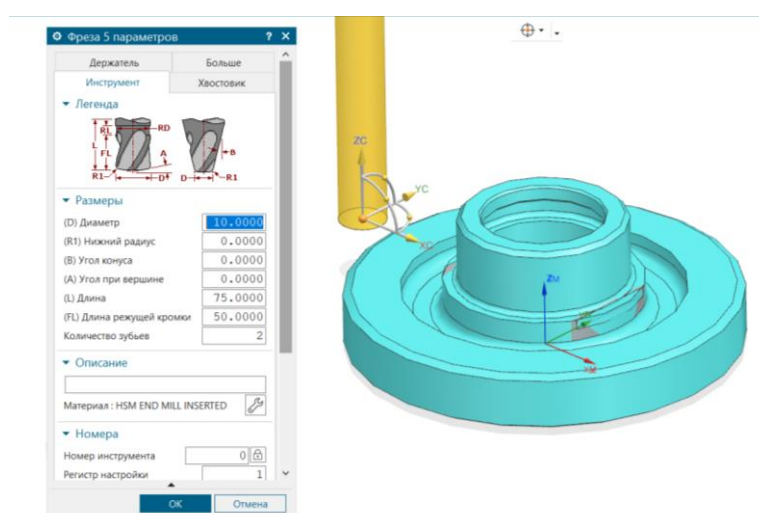


Рисунок 1.10 – Створення інструменту

Далі визначаємо положення системи координат деталі (рис. 1.11).

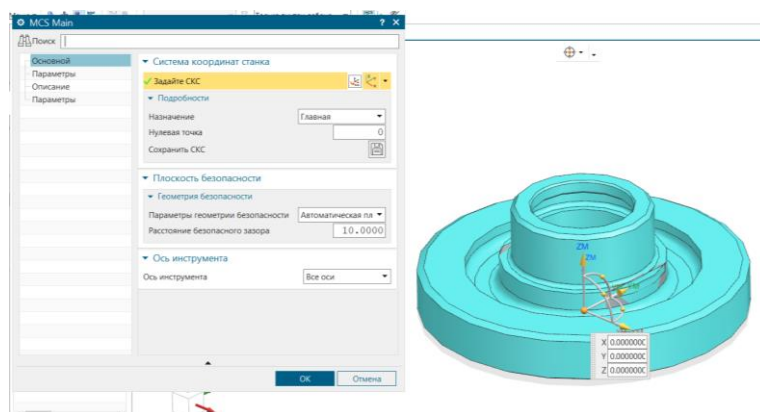


Рисунок 1.11 – Системы координат деталі

Задаємо в програмі деталь та заготовку (рис. 1.12).

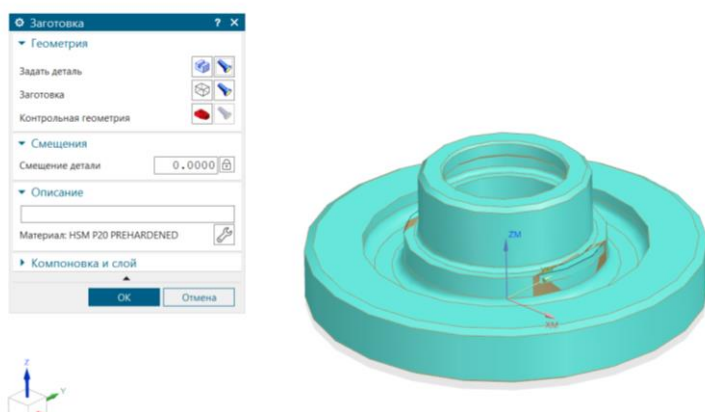


Рисунок 1.12 – Визначення деталі та заготовки

Створюємо операцію фрезерування лисок (рис. 1.13).

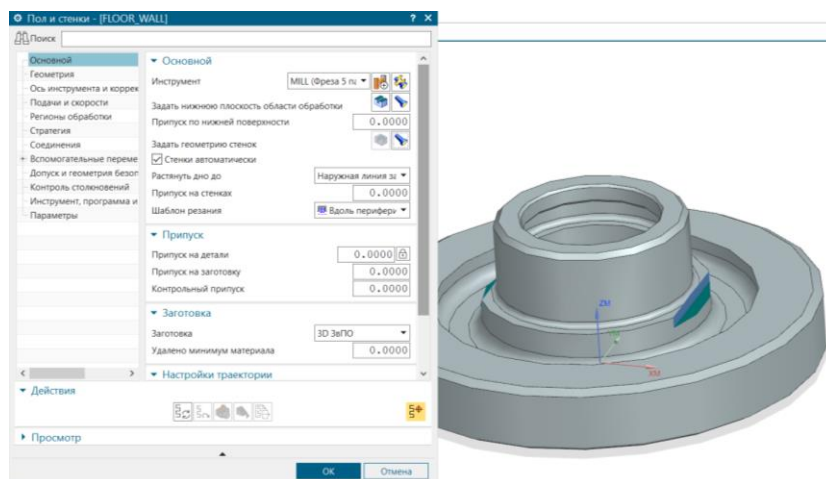


Рисунок 1.13 – Створення операції

Після введення в налаштуваннях всіх необхідних параметрів обробки генеруємо траєкторію (рис. 1.14). Після цього перевіряємо фрезерування в дії (рис. 1.15).

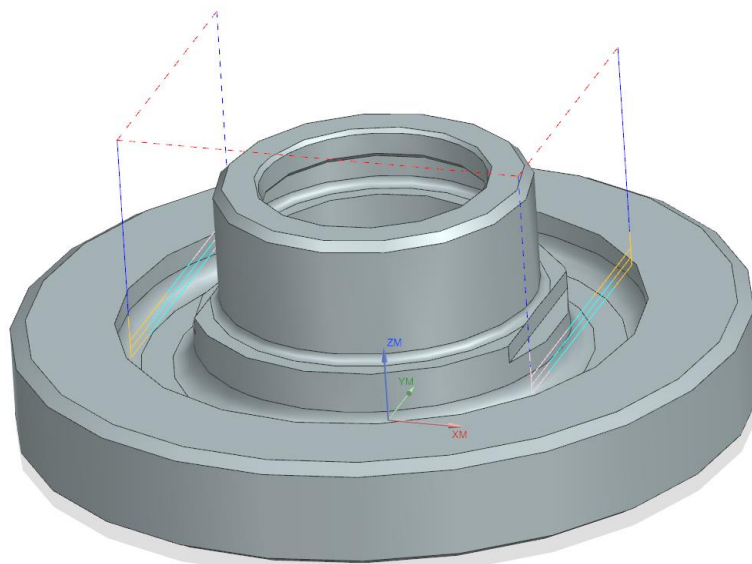


Рисунок 1.14 – Траєкторія обробки

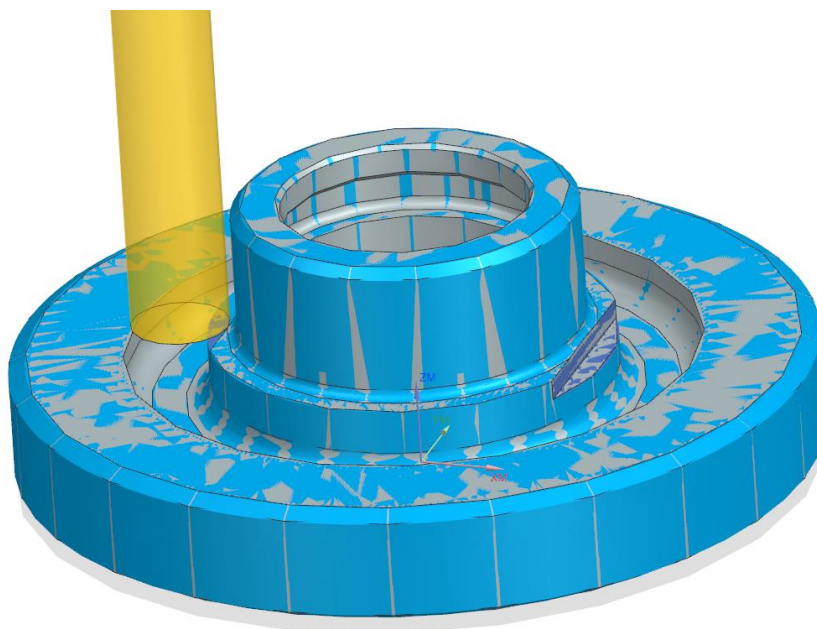


Рисунок 1.15 – Перевірка фрезерування

Перевіривши правильність обробки генеруємо керуючу програму в G-кодах (рис.1.16).

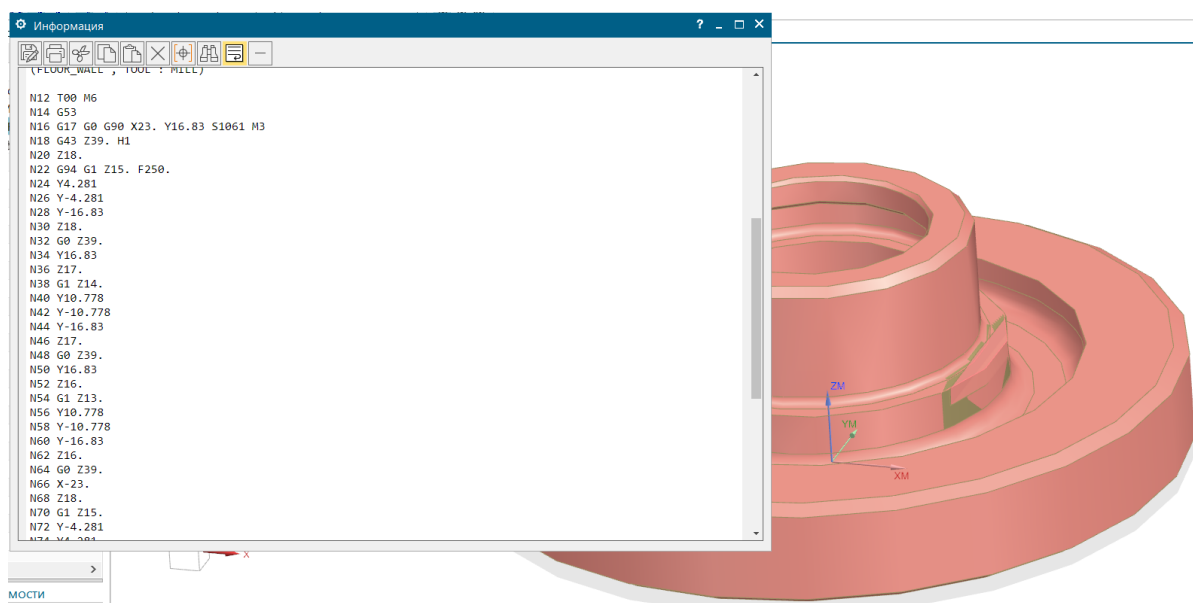


Рисунок 1.16 – Керуюча програма

Результат розробки фрезерної операції в модулі NX CAM наведено на плакаті НУЗП 721004.003.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування зубофрезерного пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип роботи робочого пристосування

Пристосування (рис. 2.1) призначене для закріплення при зубофрезеруванні деталі «Шестерня приводу». Деталь встановлюється на оправку 2 по діаметру 34,5 мм та впирається торцем зубчастого вінця. На шток 12 встановлюється розрізна шайба 11. Після цього в пневмоциліндр подається повітря під тиском, яке тисне на поршень 5. Він, у свою чергу, тягне за собою шток 12, який притискає деталь до опорної площини шайбою 11. Після обробки тиск повітря припиняється, шток 12 під дією пружини 9 піднімається, шайба розрізна 11 знімається, оброблена деталь звільняється.

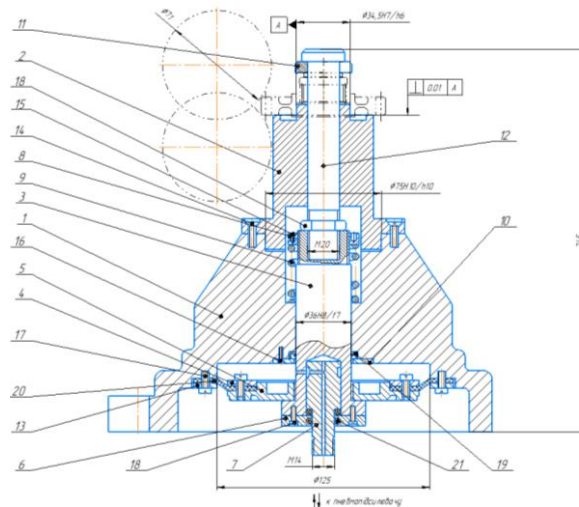


Рисунок 2.1 – Конструкція пристосування

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки [10] і

розраховується за формулою:

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

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

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

Деталь встановлюється по отвору $\varnothing 34,5^{+0,1}$ (рис. 2.2).

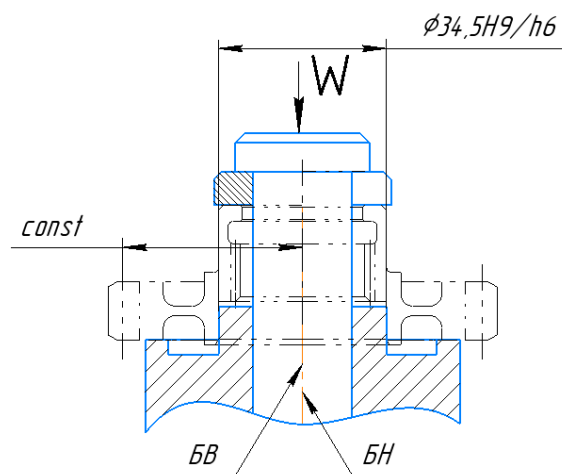


Рисунок 2.2 – Схема установки

Похибка базування [10] розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}}/2 = 0,116/2 = 0,058\text{мм} \quad (2.2)$$

де S_{max} – максимальний зазор у з'єднанні .

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} = 34,569 - 34,484 = 0,085 \text{ мм} \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,085/2 = 0,0425\text{мм}$$

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення. Так як напрямки розміру обробки та сили закріплення взаємноперпендикулярні, то $\varepsilon_{\text{зак}}=0$.

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,0425^2 + 0} = 0,0425 \text{ мм}$$

Розрахунок на точність пристосування полягає у визначенні виконавчих розмірів та допусків на установчу шийку оправки верстатного пристосування. Допуск її треба призначити таким чином, щоб максимальне биття на оправці було менше допустимого биття колеса, що нарізується. Допустиме биття для зубофрезерування дорівнює $F=0,05$ мм.

Биття зубчастого вінця дорівнює: $\delta = 2e = S_{\text{max}}$.

Приймаємо посадкову поверхню шийки пристосування на 3 квалітети точніше за отвір $\varnothing 34,5\text{H}9(+0,069)$, тобто вал – $\varnothing 34,5\text{h}6(-0,016)$. Тоді згідно з формулою (2.3) $S_{\text{max}}=0,085$ мм.

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

$$\frac{S_{\text{max}}}{2} = \frac{0,085}{2} = 0,0425 \text{ мм} \leq 0,05 \text{ мм}$$

Таким чином, отримане биття при нарізуванні зубчастого колеса 0,0425 мм відповідає допустимому технічним умовам.

2.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску. Вибір приводу

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку та місця застосування сили. Затискні пристрої служать для утримання заготовлі під час її обробки. Згідно схеми закріплення (рис. 2.3) складемо рівняння для визначення статичної сили затиску:

$$M_p - M_{\text{тр}} = 0, \quad (2.5)$$

$$M_p = M_{тр}, \quad (2.6)$$

$$M_{mp} = \frac{3W_{cm}(D^2 - d^2)}{f(D^3 - d^3)}, \quad (2.7)$$

$$W_{cm} = \frac{3M_p(D^2 - d^2)}{f(D^3 - d^3)} \quad (2.8)$$

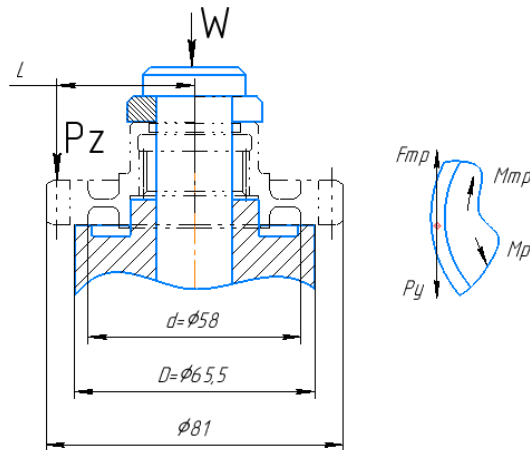


Рисунок 2.3 – Схема до визначення сили закріплення [11]

Силу різання визначимо згідно формули:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^n z_\phi}{D_\phi^q n^w} K_{mp}, \quad (2.9)$$

де x, y, q, w, n, C_p – значення коефіцієнтів [3]

K_{mp} – поправочний коефіцієнт оброблюємого матеріалу.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^{0,3}; \quad (2.10)$$

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

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5,6^{0,86} \cdot 0,06^{0,72} \cdot 2,9^1 \cdot 12}{71^{0,86} \cdot 100^0} \cdot 0,95 = 259 \text{ Н};$$

Момент різання визначено згідно формули:

$$M_p = P_z \cdot l, \quad (2.11)$$

де $l=40,5$ мм – плече прикладання сили.

$$M = 259 \cdot 0,0405 = 10,5 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

Згідно формули (2.5) статична сила закріплення дорівнює:

$$W_{\text{ст}} = \frac{3 \cdot 13,1 \cdot (0,0655^2 - 0,058^2)}{0,15 \cdot (0,0655^3 - 0,058^3)} = 2230 \text{ Н}$$

Дійсна сила затиску [11] розраховується згідно формули:

$$W_g = Q = k \cdot W_{\text{ст}} \quad (2.12)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення [11];

Q – сила на штоці.

$$k = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.13)$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – враховує зміни (коливання) сил різання у процесі обробки через нерівномірність припусків;

K_3 – коефіцієнт залежить від виду обробки, оброблювального матеріалу;

K_4 – характеризує затискний пристрій з погляду постійності сил затиску;

K_5 – характеризує затискачі з погляду зручності закріплення деталі;

K_6 – враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і від виду опорної поверхні.

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

$$W_g = 2230 \cdot 2,16 = 4816,8 \text{ Н}.$$

Привід складається з пневматичної установки, що включає електродвигун з пусковою апаратурою, насос, апаратуру управління та регулювання трубопроводу.

Мінімальний діаметр штока:

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha Q}{\pi[\sigma]}} \quad (2.14)$$

де $[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг,

p – тиск повітря;

α – коефіцієнт затяжки, .

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 4816,8}{3,14 \cdot 100}} = 11,7 \text{ мм}$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p\eta\pi} + d^2} \quad (2.15)$$

де η – ККД, що враховує втрати на тертя [11].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4816,8}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,9} + 11,7^2} = 122,2 \text{ мм}$$

Приймаємо згідно з ГОСТ 15608-81 найближче значення діаметра поршня 125мм і штока 36мм.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 2.4) призначено для вимірювання радіального биття зовнішніх поверхонь. Воно являє собою корпус 5 з встановленими на ньому центрами 1 і 2, в які встановлюється деталь на оправці. Вимірювання биття проводиться індикаторним годинником, який кріпиться на штанзі 3. Штанга 3 розташована збоку від деталі і закріплена на корпусі 5 пристосування трьома болтами 7. Вона також має можливість

повороту навколо своєї осі на 360 градусів. А також є можливість перезакріплення по висоті штанги 3 з індикаторним годинником на необхідний діаметр. Дані особливості пристрою дозволяють легко здійснювати його переналагодження.

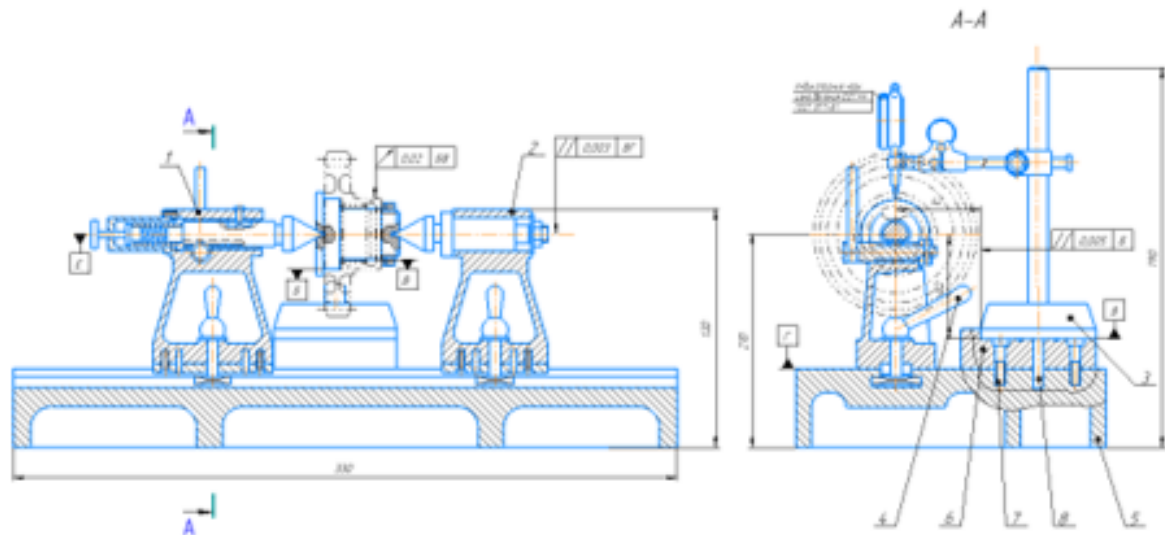


Рисунок 2.4 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Перевірку шестерні приводу на міцність виконаємо на основі отриманих максимальних навантажень в небезпечному перерізі. Оцінку міцності деталі виконаємо на основі порівняння отриманого коефіцієнту запасу міцності з довідковим. Коефіцієнт запасу міцності залежить від ступеня відповідальності конструкції та умов її експлуатації шестерні приводу визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.16)$$

де $[\sigma]=850$ МПа – допустиме значення границі плинності сталі 14ХГС2МА-Ш

$\sigma_{\max}$ – максимальне напруження, яке виникає в деталі.

При роботі зуби шестерні приводу витримують навантаження згину від сил в зачепленні. За рахунок передачі крутного моменту через шліци, шестерня також витримує крутильні навантаження. Для шестерні приводу небезпечними місцями в конструкції є шліци та зубці.

Розрахунок напружено-деформованого стану деталі виконуємо у модулі NX CAM. Спочатку було створено 3D-модель сектору шестерні приводу (рис. 2.5).

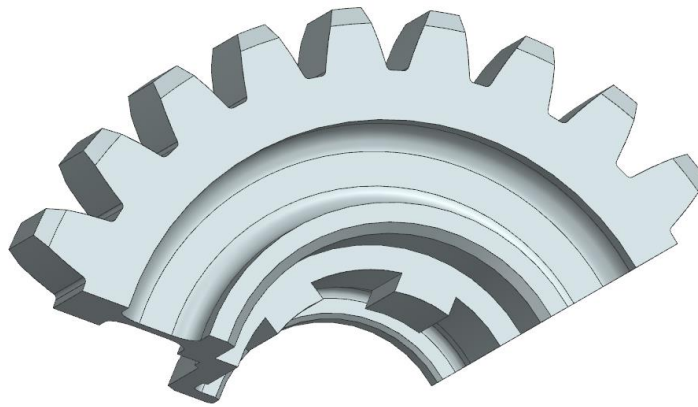


Рисунок 2.5 – 3D-модель для розрахунку

Далі 3D-модель було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.6).

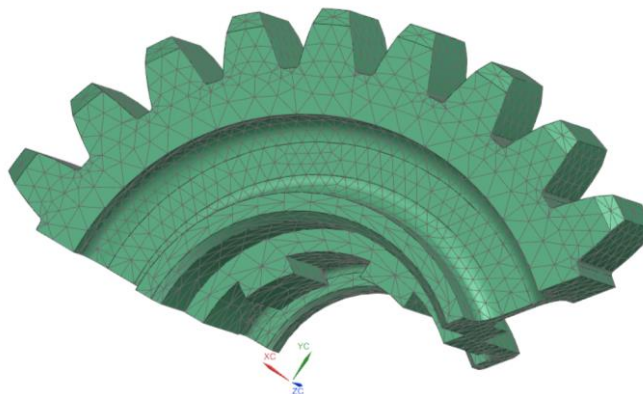


Рисунок 2.6 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

Так як при роботі в зачепленні постійно знаходиться один зуб, то до нього прикладемо радіальну силу рівну 500 Н та колову силу рівну 1500 Н. При цьому шлицьовий отвір, через який передається обертовий момент буде закріплений нерухомо (рис. 2.7).

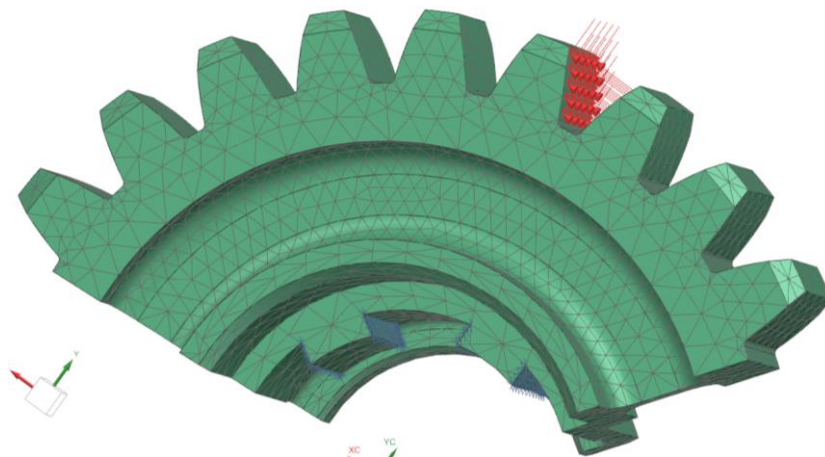


Рисунок 2.7 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Далі був виконаний розрахунок напружено-деформованого стану шестерні приводу та отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.8).

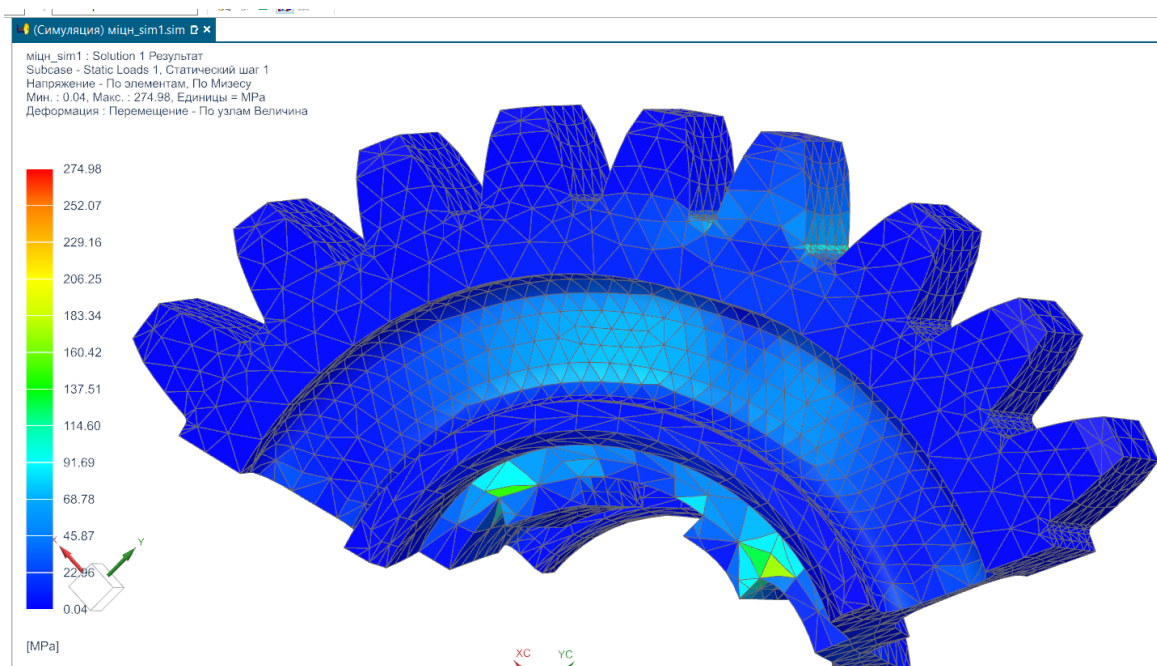


Рисунок 2.8 – Розподіл напружень

Максимальне значення напружень знаходиться у основі зубців та в гострих кутах шліців і становить 274,98 МПа.

Згідно формули (2.39) розрахуємо коефіцієнт запасу міцності:

$$k = \frac{850}{274.98} = 3,1$$

Результати розрахунку виявили більший ніж 3 рази запас міцності шестерні приводу. Тому конструкцію деталі та її розміри можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Річна верстатоемність розрахуємо для кожної операції за формулою:

$$T_j = t_{ш-к_j} \cdot N \quad (3.1)$$

де N – річна програма випуску.

Результати розрахунку за формулою (3.1) приведено в табл. 3.1.

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

$$S_{p_j} = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ш-к_j} \cdot N_j}{F_g \cdot m \cdot 60} \quad (3.2)$$

де $F_g \cdot m = 4000$ год – фонд часу роботи верстата за рік.

Результати розрахунку за формулою (3.2) приведено в табл. 3.1.

Значення розрахункової кількості верстатів (S_p) округлюємо до цілого значення і приймаємо його (S_n) для подальших розрахунків.

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

$$K_{з_j} = \frac{S_p}{S_n} \quad (3.3)$$

Результати розрахунку за формулою (3.3) приведено в табл. 3.1.

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

$$\overline{K_3} = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} \quad (3.4)$$

$$\overline{K_3} = \frac{3,78}{14} = 0,27$$

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та результати розрахунку необхідної кількості технологічного обладнання та його завантаження

Параметри	Номер операції													
	015	020	025	030	035	040	045	070	075	080	085	090	095	100
	Модель верстата													
	16K20T1	16K20T1	16K20T1	16K20T1	6P13Ф3	7A4204	5K324A	3K228	3Y10B	3Y10B	3K228	3Y10B	5B833	5702B
$t_{\text{ш-к}}$	24,00	28,40	7,83	8,27	3,36	21,54	25,75	6,50	4,57	3,36	7,62	2,51	22,09	15,82
T	120000	142000	39150	41350	16800	107700	128750	32500	22850	16800	38100	12550	110450	79100
S_p	0,50	0,59	0,16	0,17	0,07	0,45	0,54	0,14	0,10	0,07	0,16	0,05	0,46	0,33
S_n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K_3	0,50	0,59	0,16	0,17	0,07	0,45	0,54	0,14	0,10	0,07	0,16	0,05	0,46	0,33

Розраховуємо кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Шестерня приводу»: $O=14$ деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...030). Максимальне значення основного часу буде на операції 020 – 28,4 хв.

Розрахуємо кількість верстатів, яке може обслужити один оператор, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{o \max} + t_{\text{доп}}}{t_{\text{доп}} + t_{\text{пер}}} \quad (3.5)$$

де $t_{o \max}$ – максимальний основний час на верстатах об'єднаних в багатOVERстатну зону обслуговування, хв;

$t_{\text{пер}}=0,15$ хв – час на перехід від верстата до верстата.

$$m_s = \frac{22,5 + 3}{2,55 + 0,15} = 9,4$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

$$R_j = \frac{\sum s_n}{m_{sj}} \quad (3.6)$$

$$R_1 = \frac{4}{9,4} = 0,42$$

Згідно розрахунків для роботи на чотирьох верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування $O=14$ верстатів необхідно $M=11$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

$$K_{30} = \frac{O}{M} \quad (3.7)$$

$$K_{30} = \frac{14}{11} = 1,27$$

Так як $1 < K_{30} < 10$, то остаточно тип виробництва приймаємо як серійний, а форму організації виробництва на лінії обробки – змінно-потоккову. Але через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,27), то дільницю виробництва деталей «Шестерня приводу» необхідно завантажити типовими деталями до рівня $\overline{K_3} > 0,7$.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

Для оцінки економічної ефективності розробленого технологічного процесу порівнюємо застосування двох типів верстатів: токарних, фрезерних універсальних та з ЧПК відповідно таблиці 4.1. Розрахунок економічної ефективності заходів виконуємо згідно рекомендацій [12].

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія							Нова технологія				
Модель верстата	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	654	16K20T1	16K20T1	16K20T1	16K20T1	6P13Ф3
Штучний час $t_{шт}$, хв	25	35	15	12	8	10	6	23,65	28,05	7,48	7,92	2,86
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	-	4	4	4	4	1
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	57,5	57,5	57,5	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7	57,7
Число змін m	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Оптова ціна верстата F , грн	307200						1105360	1584000				3441120
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань N_a , %	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,9	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N , кВт	11	11	11	11	11	11	8,5	13	13	13	13	20

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі:

$$Z_o = \frac{\sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шт-кі} \cdot C_{тар} \cdot K_б \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{60} \quad (4.1)$$

де $m_{оп}$ – кількість операцій у технологічному процесі;

$t_{шти}$ – норма штучного часу виконання i – ой операції, год;

$C_{тар}$ – годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції;

$K_б$ – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERCLOCK-верстатному обслуговуванні;

$k_{доп.}$ – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату;

$k_{соц}$ – коефіцієнт, що враховує страхові внески.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатника за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
010	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
015	Токарна	35	76,6	1,2	1,4	75,07
020	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
025	Токарна	12	76,6	1,2	1,4	25,74
030	Токарна	8	76,6	1,2	1,4	17,16
035	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
040	Фрезерна	6	76,6	1,2	1,4	12,87
					Σ	238,07

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
015	Токарна	23,65	57,5	1,2	1,4	38,08
020	Токарна	28,05	57,5	1,2	1,4	45,16
025	Токарна	7,48	57,5	1,2	1,4	12,04
030	Токарна	7,92	57,5	1,2	1,4	12,75
035	Фрезерна	2,86	57,5	1,2	1,4	4,60
					Σ	112,64

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою:

$$З_o = \frac{\Phi_p \cdot C_{\text{тар}} \cdot Ч_n \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{соц}}}{N} \quad (4.2)$$

де Стар.н – годинна тарифна ставка, грн;

Чн – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

Фр – річний фонд часу одного.

топ – кількість операцій у технологічному процесі.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	Фр, хв	С _{тар} , грн	Ч _н	к _{доп}	к _{соц}	З _о , грн
015	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	9,83
020	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	9,83
025	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	9,83
030	Токарна	2028	57,7	0,25	1,2	1,4	9,83
035	Фрезерна	2028	57,7	0,2	1,2	1,4	7,86
						Σ	47,18

Визначимо амортизаційні відрахування на обладнання за формулою:

$$A_{\text{від}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{\text{шт-кі}}}{100 \cdot F_d \cdot 60} \quad (4.3)$$

де Кі – первісна вартість обладнання на і – ої операції, грн;

Наі – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5, 4.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою:

$$S_{\text{ін}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ін}}} \frac{\Pi_{\text{ін}ij} \cdot t_{\text{шт}ij} \cdot \eta_{\text{м}}}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)} \quad (4.4)$$

де C_{ij} – ціна інструменту j – го виду на i – ої операції, грн/шт;

$t_{штj}$ – штучний час роботи j – го інструменту на i – ої операції, хв;

η_m – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення $t_{маш}$ / $t_{шт}$;

T_{ij} – період стійкості інструменту j – го виду на i – ої операції, хв;

n_{in} – номенклатура інструментів на i – ої операції;

n_j – число переточок інструменту j го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.7, 4.8.

Таблиця 4.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
010	Токарна	25	307200	14,2	4015	4,53
015	Токарна	35	307200	14,2	4015	6,34
020	Токарна	15	307200	14,2	4015	2,72
025	Токарна	12	307200	14,2	4015	2,17
030	Токарна	8	307200	14,2	4015	1,45
035	Токарна	10	307200	14,2	4015	1,81
040	Фрезерна	6	1105360	14,9	4015	4,10
					Σ	23,12

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
015	Токарна	23,65	1584000	12,2	4015	18,97
020	Токарна	28,05	1584000	12,2	4015	22,50
025	Токарна	7,48	1584000	12,2	4015	6,00
030	Токарна	7,92	1584000	12,2	4015	6,35
035	Фрезерна	2,86	3441120	12,2	4015	4,98
					Σ	58,81

Визначимо витрати на електроенергію за формулою:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_{\text{ч}} \cdot k_{\text{од}} \cdot k_W \cdot t_{\text{шт-к}}}{\eta \cdot k_B \cdot 60} \cdot \text{Ц}_e \quad (4.5)$$

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

k_N – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для м

$k_{\text{ч}}$ – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстат

$k_{\text{од}}$ – середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстат

k_W – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу;

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_B – коефіцієнт виконання норм часу;

$\text{Ц}_e = 3,45 \text{ грн/кВт} \times \text{год}$ – вартість електроенергії.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{\text{шт, хв}}$	Ц_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{\text{ч}}$	$k_{\text{од}}$	k_W	η_e	k_B	S_e
010	Токарна	25	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,97
015	Токарна	35	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	6,96
020	Токарна	15	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,98
025	Токарна	12	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,38
030	Токарна	8	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,59
035	Токарна	10	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,99
040	Фрезерна	6	3,45	8,5	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	0,92
										Σ	21,79

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою:

$$S_p = \frac{\text{Ц}_{\text{то}} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (4.6)$$

де $C_{то}$ – залишкова вартість обладнання, грн

$K_p = 0,02$ – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду.

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	Це грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_b	S_e
015	Токарна	23,65	3,45	13	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	13,67
020	Токарна	28,05	3,45	13	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	16,21
025	Токарна	7,48	3,45	13	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	4,32
030	Токарна	7,92	3,45	13	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	4,58
035	Фрезерна	2,86	3,45	20	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,54
										Σ	41,32

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.11, 4.12.

Таблиця 4.11 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$C_{то},$ грн	K_p	C_p	$S_p,$ грн
010	Токарна	307200	0,02	0,64	0,79
015	Токарна	307200	0,02	0,64	0,79
020	Токарна	307200	0,02	0,64	0,79
025	Токарна	307200	0,02	0,64	0,79
030	Токарна	307200	0,02	0,64	0,79
035	Токарна	307200	0,02	0,64	0,79
040	Фрезерна	1105360	0,02	0,45	1,99
				Σ	6,71

Таблиця 4.12 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	Ц _{го} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
015	Токарна	1584000	0,02	0,78	4,94
020	Токарна	1584000	0,02	0,78	4,94
025	Токарна	1584000	0,02	0,78	4,94
030	Токарна	1584000	0,02	0,78	4,94
035	Фрезерна	3441120	0,02	0,78	10,74
				Σ	30,5

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули:

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{гн} \cdot t_{ін} \cdot t_o \cdot K_m}{T_m \cdot m \cdot 60} \quad (4.7)$$

де $\varphi = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту;

$C_{гн}$ – середньогодинна заробітна плата наладчиків, грн./год;

$t_{ін}$ – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ($t_{ін} = 4$ хв – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{ін} = 5$ хв – для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп).

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв;

K_m – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі;

T_m – середня стійкість інструменту, хв.;

m – число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

№ опер	Найменування операції	Тип інструменту	t_0 , хв	$C_{тв}$, грн/год	n_i	$t_{ин}$, хв	K_T	T_M	m	S_n , грн
015	Токарна	Різець прохід.	7	50,9	6	4	0,9	240	4	0,03
		Різець розточ.	5	50,9	6	4	0,9	220	2	0,05
		Різець канав.	8	50,9	6	4	0,9	180	1	0,18
020	Токарна	Різець прохід.	8	50,9	6	4	0,9	240	4	0,03
		Різець розточ.	8	50,9	6	4	0,9	220	2	0,07
		Різець канав.	9	50,9	6	5	0,9	180	1	0,25
025	Токарна	Різець прохід.	2,2	50,9	6	5	0,9	240	4	0,01
		Різець розточ.	2,5	50,9	6	5	0,9	220	2	0,03
		Різець канав.	1,9	50,9	6	5	0,9	180	1	0,05
030	Токарна	Різець прохід.	1,8	50,9	6	5	0,9	240	4	0,01
		Різець розточ.	1,6	50,9	6	5	0,9	220	2	0,02
		Різець канав.	2,2	50,9	6	5	0,9	180	1	0,06
035	Фрезерна	Фреза	2,2	50,9	6	5	0,9	80	1	0,14
									Σ	0,92

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою:

$$I_H = Z_o \cdot k_{заг} \quad (4.8)$$

де $k_{заг}$ – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників.

$$I_{H1} = 238,07 \cdot 0,2 = 47,61 \text{ грн}$$

$$I_{H2} = 112,64 \cdot 0,2 = 22,53 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою:

$$C_T = Z_o + Z_H + A_{від} + S_{ін} + S_e + S_p + S_H + I_H \quad (4.9)$$

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за двома варіантами наведено у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Заробітна плата верстатника	Z_o	238,07	112,64
Заробітна плата наладчика	Z_n		47,18
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	23,12	58,81
Витрати на різальний інструмент	$S_{ин}$	11,95	12,86
Витрати на електроенергію	S_e	21,79	41,32
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	6,71	30,5
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_u		0,92
Витрати інші	I_u	47,61	22,53
Технологічна собівартість	C_T	349,25	326,76

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою:

$$E_{ур} = (C_{T_1} - C_{T_2}) \cdot N \quad (4.10)$$

$$E_{ур} = (349,25 - 326,76) \cdot 5000 = 112450 \text{ грн}$$

Згідно проведених розрахунків оцінки очікуваної економічної ефективності впровадження вдосконаленої технологічної обробки деталі «Шестерня приводу» з заміною обробки на універсальних верстатах обробленням на верстатах з ЧПК дає змогу зекономити 112450 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Освітлення приміщень та робочих місць

Практично всю інформацію із зовнішнього світу людина одержує за допомогою зору. Тому роль світла та кольору для людської діяльності величезна [13]. Сприйняття світла є найважливішим елементом нашої здатності діяти, оскільки дозволяє оцінювати місцезнаходження, форму і колір навколишніх предметів. Всякий предмет, що світиться, випромінює енергію, яка у формі електромагнітних хвиль поширюється в різні боки. Для оцінки зорового сприйняття потоку світлової енергії використовують поняття: світловий потік, сила світла, яскравість, освітленість.

Світловим потоком називають потік світлової енергії, оцінений за його впливом на око людини.

Силою світла називають просторову густину світлового потоку, тобто. відношення світлового потоку точкового джерела світла до величини кута тілесного, в якому цей потік поширюється.

Яскравістю (або фотометричною яскравістю) називають силу світла в певному напрямку (в око спостерігача), віднесену до одиниці площі видимої поверхні, що світиться, розташованої перпендикулярно до напрямку поширення світла.

Освітленістю називають поверхневу густину світлового потоку, тобто. світловий потік, віднесений до одиниці площі поверхні, що освітлюється.

Контрастом називають різницю яскравостей об'єкта спостереження та її оточення (фону) чи між різними частинами об'єкта.

До функцій зору, особливо необхідним для безпеки і результативності праці, відносяться: контрастна чутливість, гострота зору, швидкість розрізнення деталей, стійкість ясного бачення, колірна чутливість.

Контрастна (розрізняльна) чутливість – це здатність ока розрізняти мінімальні значення різниці яскравості об'єкта (деталі) та фону. Встановлено

залежність контрастної чутливості від умов освітлення об'єкта та яскравості, до якої око гранично адаптувалося.

Гострота зору – це максимальна здатність розрізняти окремі об'єкти. Великий вплив на гостроту зору надає освітленість. Зі зростанням освітленості до рівня зростає і гострота зору.

Певна роль при виконанні зорової роботи належить до такої зорової функції, як відчуття кольору. Значення цієї функції зростає під час виконання виробничих операцій, що з необхідністю розрізняти кольори. Найбільш сприятливі умови відчуття кольору створюються при природному (сонячному) освітленні (оскільки воно досить велике), а також при штучному освітленні люмінесцентними лампами з виправленою кольоровістю. Для успішної зорової роботи за умов мінливості освітленості велике значення має так звана зорова адаптація, тобто пристосування ока до умов висвітлення. Завдяки процесу адаптації зоровий аналізатор має здатність працювати в широкому діапазоні освітленості. Розрізняють світлову та темнову адаптації.

Світлова адаптація – пристосування ока до роботи за умов високої яскравості поля зору. Світлова адаптація при підвищенні яскравості у полі зору відбувається швидко протягом 5-10 хв.

Темнова адаптація – пристосування ока до нижчих яскравостей поля зору. Темнова адаптація розвивається повільніше – від 30 хв до 2 год.

Процес адаптації супроводжується фотохімічними та нервовими процесами, перебудовою рецептивних полів у сітківці ока, зміною діаметра зіниці (зірчковий рефлекс). Часті зміни рівнів яскравості призводять до зниження зорових функцій, розвитку втоми внаслідок переадаптації ока. Зорова втома, пов'язана з напруженою роботою та частою переадаптацією, призводить до зниження зорової та загальної працездатності. Кожен вид діяльності, пов'язаний із необхідністю розрізнення того чи іншого об'єкта, потребує певного рівня освітленості на тій ділянці, де ця діяльність здійснюється. Зазвичай чим сильніше утруднене зорове сприйняття, тим вище має бути середній рівень освітленості. Разом з тим надмірна локальна

яскравість може спричинити засліплення. Коли у поле зору потрапляє яскраве джерело світла, око на якийсь час втрачає здатність розрізняти предмети. Осліплення може бути прямим, коли воно спричинене знаходженням яскравих джерел світла в полі зору, або відбитим, коли світло відбивається від поверхонь з високим коефіцієнтом відбиття. Людське око захищається від ураження надто яскравим світлом за допомогою миготливого рефлексу, повороту очей та руху голови при дії яскравого світла. При організації раціонального освітлення, виборі джерел світла та світильників враховуються призначення приміщення, його розміри та категорія з вибухопожежонебезпеки, можливі забруднення (пил, газ, пари), характеристика та розряд виконуваної роботи, нормована освітленість та колірна обробка. Для створення нормального світлового середовища застосовують різні системи освітлення.

5.2 Види освітлення виробничих приміщень та робочих місць

Висвітлення як світло від будь-якого джерела, що створює освітленість поверхонь предметів і забезпечує зорове сприйняття цих предметів, буває:

- 1) Природне;
- 2) Штучне;
- 3) Поєднане.

Природне освітлення – освітлення приміщень світлом, що походить від неба (прямим чи відбитим), проникаючим через світлові отвори у зовнішніх конструкціях, що захищають. Поділяється на бічне, верхнє та комбіноване. Нормованою характеристикою є коефіцієнт природного освітлення.

Бокове природне освітлення – природне освітлення приміщення через світлові отвори у зовнішніх стінах.

Верхнє природне освітлення – природне освітлення приміщення через

ліхтарі, світлові отвори у стінах (у місцях перепаду висот будівлі).

Комбіноване природне освітлення – поєднання верхнього та бічного природного освітлення.

Штучне освітлення – освітлення приміщень та інших місць, де недостатньо природного освітлення, поділяється на: робоче, аварійне, охоронне, чергове, загальне, місцеве та комбіноване. При необхідності частина світильників робочого чи аварійного освітлення використовується для чергового освітлення.

Робоче освітлення забезпечують у всіх приміщеннях, а також на ділянках відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей та руху транспорту. Для приміщень, що мають зони з різними умовами природного освітлення та з різними режимами роботи, передбачається роздільне керування робочим освітленням.

Аварійне висвітлення – висвітлення об'єктів різного призначення, яке не припиняється або автоматично вводиться в дію при раптовому вимкненні робочих (основних) джерел світла. Призначений для забезпечення евакуації людей або тимчасового продовження роботи на об'єктах, де раптове відключення освітлення створює небезпеку травматизму чи неприпустимого порушення технологічного процесу. Аварійне освітлення поділяється на: освітлення безпеки та евакуаційне освітлення. Освітлення безпеки – освітлення, що передбачається на випадок аварійного відключення робочого освітлення, внаслідок чого можливі: тривале порушення технологічного процесу; порушення роботи таких об'єктів, як електричні станції, вузли радіо- та телевізійних передач та зв'язку, диспетчерські пункти, насосні установки водопостачання, каналізації та теплофікації, установки вентиляції та кондиціонування повітря у виробничих приміщеннях, де неприпустиме припинення робіт та ін. Евакуаційне освітлення – освітлення для евакуації людей із приміщень під час аварійного відключення нормального освітлення. Таке освітлення (у приміщеннях чи місцях виконання робіт поза будинками) слід передбачати:

- 1) у місцях, небезпечних для проходу людей;
- 2) у проходах та на сходах, що служать для евакуації людей, при числі евакуйованих понад 50 осіб;
- 3) з основних проходів виробничих приміщень, у яких працюють понад 50 осіб;
- 4) на сходових клітках житлових будівель заввишки 6 поверхів та більше;
- 5) у виробничих приміщеннях із постійно працюючими в них людьми, де вихід людей із приміщення при аварійному відключенні нормального освітлення пов'язаний із небезпекою травматизму через продовження роботи виробничого обладнання;
- 6) у приміщеннях громадських та допоміжних будівель промислових підприємств, якщо у приміщеннях можуть одночасно перебувати понад 100 осіб;
- 7) у виробничих приміщеннях без природного світла.

Охоронне освітлення (за відсутності спеціальних технічних засобів охорони) передбачається вздовж меж територій, що охороняються у нічний час. Можуть використовуватися будь-які джерела світла, за винятком випадків, коли охоронне освітлення автоматично вмикається лише під час спрацювання охоронної сигналізації або інших технічних засобів. У таких випадках застосовуються лампи розжарювання.

Чергове висвітлення – висвітлення у неробочий час. Область застосування, величини освітленості, рівномірність та вимоги до якості не нормуються.

Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або стосовно розташування обладнання (загальне локалізоване освітлення).

Місцеве освітлення – освітлення, додаткове до загального, створюване світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Комбіноване освітлення – освітлення, у якому до загального освітлення додається місцеве.

Поєднане освітлення – освітлення, у якому недостатнє за нормами природне висвітлення доповнюється штучним. Джерелами штучного освітлення є газорозрядні лампи та лампи розжарювання. Газорозрядні лампи є кращими для застосування в системах штучного освітлення. Світловий потік від газорозрядних ламп за спектральним складом близький до природного освітлення і тому сприятливіший для зору. Однак газорозрядні лампи мають суттєві недоліки, до яких відноситься пульсація світлового потоку. При розгляді деталей, що швидко рухаються або обертаються в пульсуючому світловому потоці виникає стробоскопічний ефект, який проявляється в спотворенні зорового сприйняття об'єктів (замість одного предмета видно зображення декількох, спотворюються напрямки і швидкість руху). У системах виробничого освітлення застосовують люмінесцентні газорозрядні лампи, що мають форму скляної циліндричної трубки. Внутрішня поверхня трубки покрита тонким шаром люмінофора, який перетворює ультрафіолетове випромінювання електричного газового розряду у видиме світло. Люмінесцентні газорозрядні лампи в залежності від люмінофора, що застосовується в них, створюють різний спектральний склад світла. Розрізняють кілька типів ламп: денного світла (ЛД), денного світла з покращеною передачею кольору (ЛДЦ), холодного білого (ЛХБ), теплого білого (ЛТБ) і білого світла (ЛБ). Крім люмінесцентних газорозрядних ламп (низького тиску), у виробничому освітленні застосовують газорозрядні лампи високого тиску.

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процес виготовлення шестерні приводу. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки штампуванням КГШП, розраховано масу заготовки (0,87 кг), коефіцієнт використання матеріалу (0,33). Економічний ефект від впровадження отримання заготовки штампуванням на КГШП становив 15000 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі, який містить обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення.

Для фрезерної операції з ЧПК була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано робоче пристосування для зубофрезерної операції. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний пневмациліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю радіального биття.

Розроблено планування дільниці з виробництва деталі «Шестерня приводу». Було визначено кількість технологічного обладнання – 14 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 11 чоловік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 2. / [под. ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема]. – М. : Машиностроение, 1976, – 720 с.
2. Богуслаев В.О. Основы технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. ГОСТ 14.312-74. Единая система технологической подготовки производства. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 57 с.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. : Гончар Н.В., Тришин П.Р. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 61 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 652 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания при нормировании работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 472с.
9. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.

10. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.

11. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальностей: 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології машинобудування» 133 «Галузеве машинобудування» освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / укл.: Е.В. Вишнепольський, О.Б. Козлова – Запоріжжя: НУЗП, 2020. – 70 с.

12. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023 – 43 с.

13. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						
				<u>Документация</u>		
			НУЗП 293426.003	Складальне креслення		
				<u>Детали</u>		
Спроб. №		1		Корпус	1	
		2		Оправка	1	
		3		Шток	1	
		4		Кольцо	1	
		5		Поршень	1	
		6		Кришка	1	
		7		Штуцер	1	
		8		Гайка	1	
		9		Пружина	1	
		10		Кришка	1	
		11		Шайба розрізна	1	
		12		Шток	1	
		13		Кільце	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
Подп. и дата		4		Гвинт М5х15 ГОСТ 17475-80	5	
		15		Гвинт М2,5х5 ГОСТ 17475-80	1	
Подп. и дата						
Взам. инв. №						
Инв. № дубл.						
Подп. и дата						
Изм. лист						
Разработ.						
Проб.						
Н.контр.						
Чтб.						

НУЗП 293426.003

Пристосування для
зубофрезерування

Лист	Лист	Листов
1	1	2

НУЗП
М-110сп

[illegible]

ДОДАТОК Б
Технологічні карти



1. Заготовка – штамповка, ступінь складності – С2, ступінь точності – Т4 по ГОСТ 7505-74,
2. Невказані радіуси скруглення 2...4 мм.
3. Невказані нахили – 1...3 ..

Людл.			
Взам.			
Підл.			

Лист 1

Розроб.	Ємельянов			НУЗП	НУЗП 721323.003		М-110сп.1014.1.000001			
Перевір.	Степанов									
Н.Контр	Дядя									

А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт

[illegible]

Додл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Взам.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Подл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
НУЗП 02.14.1.23003												Листів 4		Лист 4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
				НУЗП				НУЗП 721323.003				М-110сп.1014.1.000001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
А				Цех				Діл				РМ				Опер.				Код, найменування операції				Позначення документа																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Б								Код, найменування устаткування				СМ				Проф.				Р				УП				КП				КОВД				ОН				ОП				Кшт				Тп.з.				Тшт																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.23003 1 1

Розроб. Ємельянов

НУЗП

НУЗП 721323.003

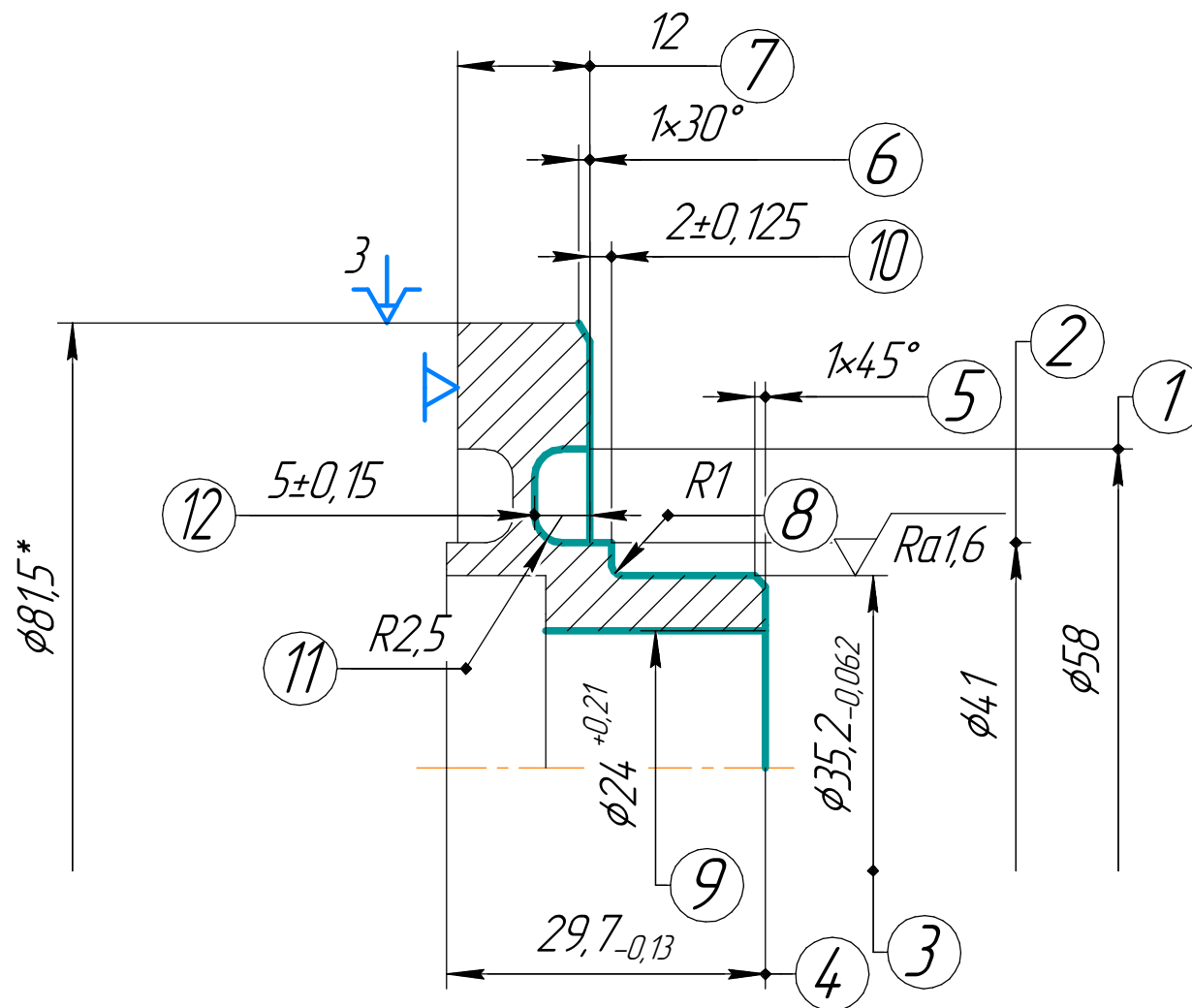
М-110сп.2014.1.00025

Перевір. Степанов

Н. контр. Дядя

Шестерня приво́ду

025



* розміри для довідок

1981-2-1953-6	1953-7-1954-6	1954-7-1955-6	1955-7-1956-6	1956-7-1957-6

1

035



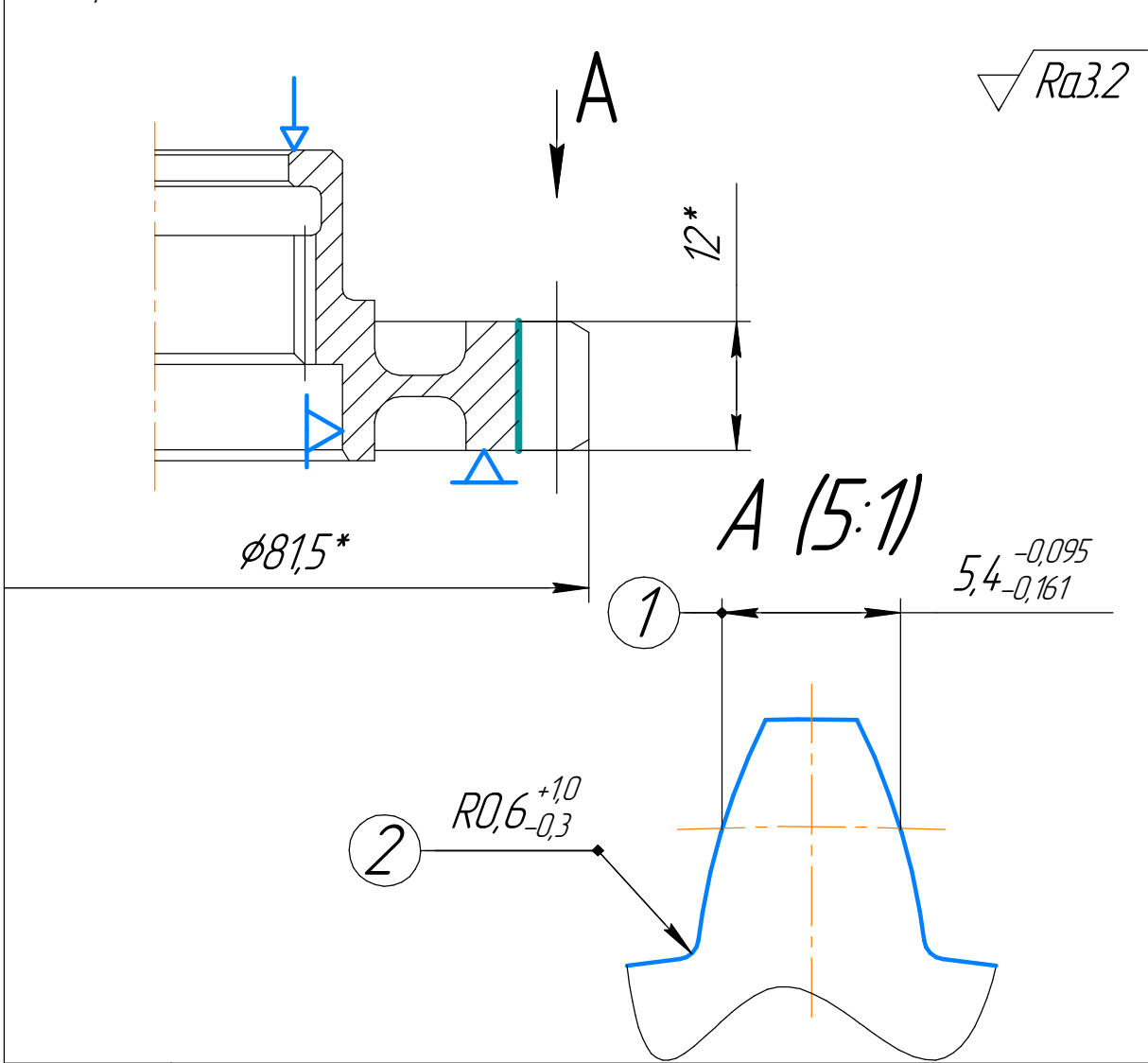
* розміри для довідок

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

						НУЗП 0214.1.23003	1	1
Розроб.	Ємельянов			НУЗП	НУЗП 721323.003	М-110сп.2014.1.00045		
Перевір.	Степанов							
Н. контр.	Дядя				Шестерня приводу			045



Модуль	m	3
Число зубців	z	25
Вихідний контур	-	ГОСТ 13755-80
Кут нахилу лінії зуба	α	20
Коефіцієнт радіального зазору	c	0,25
Коефіцієнт зміщення	ζ	+0,138
Допуск накопиченої похибки кроку	δf	0,032
Допуск на радіальне биття зубчатого венця	E	0,05
Основний крок	t	5,904
Допуск на найбільшу різницю основних кроків	δt_0	0,006
Допуск на напрям зуба	F_β	0,005
Діаметр ділильної окружності	d	75

* розміри для довідок

КЗ			
----	--	--	--

