

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Шляхи підвищення продуктивності при виготовленні
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

пучку вугнетеного суделю
 Студент (ка) Сергєєв Ілля Володимирівна

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту повний

Кількість аркушів креслень 1125

Кількість сторінок пояснювальної записки 11

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

Технологічна частина, конструкторська частина,
автоматизація, спеціальна, розрахунок на міцність,
оцінка екологічної екологічної ефективності
запропонованих заходів, охорона праці

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

Виконана робота повністю відповідає поставленому
завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту (роботи), рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим методам роботи

Виконана робота на достатньому рівні відповідає
останнім досягненням науки та техніки

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) При

перебраві виконаної роботи негативних особливостей
не виявлено

д) позитивні особливості Проведено екологічний аналіз

доцільність заміти рухомого контролю будовності
розмірів деталей на спеціальні установки

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту (роботи)

Графічна частина та пояснювальна записка

виконані у відповідності до даних стандартів

е) відгук про проект (роботу) загалом в цілому матеріальна робота студентки групи МЗНВМ Середи Ірини Володимирівни відповідає вимогам вищої школи

ж) інші зауваження. В пояснювальній записці на рис. 1.3 не потрібно показувати переріз. 2. В пояснювальній записці рис. 2.3 повинно повторює рис. 2.1. Далі бачити було б виконати посилення на рис. 2.1.

з) оцінка проекту (роботи) В цілому дипломний проект студентки групи МЗНВМ Середи Ірини Володимирівни заслуговує оцінку «добре»

Рецензію склав Старш. викл. кат. ТМБ Степанов Д.М.

(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

«06» грудня 2019 р.

[11:37:02] ████████ Найдено 1% совпадений по адресу: <https://www.iso.org/standard/45309.html>

[11:37:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №487 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:37:30] Не загружена страница из запроса №566-2 (30045 миллисек., превышен таймаут в 30000 миллисек.): https://www.kggear.co.jp/en/wp-content/themes/bizvektor-global-edition/pdf/TechnicalData_KGSTOCKGEARS.pdf

[11:37:38] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [3] (200041 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:38:12] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №507 [3] (200033 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:38:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [3] (200028 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:39:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [3] (200025 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:41:07] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:41:25] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:43:08] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [3] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:45:35] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [3] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:45:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [3] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:46:21] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №547 [3] (200040 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:46:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [3] (200023 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:47:02] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №557 [3] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:47:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №562 [3] (200006 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:47:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №567 [3] (200006 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[11:47:23] Тип проверки: *Стандартная*

[11:47:23] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 24%)**

[11:47:23] **Уникальность текста 89%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Серєда І.В., провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

05.12.2019р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний
(повне найменування інституту, факультету)
Технології машинобудування
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему Шляхи підвищення продуктивності
при виготовленні шестерні приводу
відцентрового сурлену

Виконав: студент(ка) II курсу, групи Мз 118М

Спеціальності 131 Трикласна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

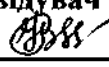
Технології машинобудування
Середа І.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кондратюк Е.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Степанов Д.Н.
(прізвище та ініціали)

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

Інститут, факультет Машинобудівний
 Кафедра технології машинобудування
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 131 Інженерна механіка
 Освітня програма (спеціалізація) технології машинобудування
(код і найменування)
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
 / Завідувач кафедри к.т.н. доц. Діда С. І.

 « 06 » 12 20 19 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Середі Іллі Володимирівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) шляхи підвищення продуктивності при виготовленні шестерні тиснотворного віджимного судна

Рівень проекту (роботи) Кондратюк Євген Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом закладу вищої освіти від « 26 » 11 20 19 року № 417

Строк подання студентом проекту (роботи) _____

Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі «шестерня віджимного судна» різниці вузла випуску N=5000 шт.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина. 3. Автоматизація. 4. Особливості віброзабивної обробки сталевих поверхонь. 5. Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі. 6. Оцінка економічної ефективності запропонованих заходів. 7. Оцінка праці

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) креслення деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; креслення робочого та контрольного пристосування; автоматизація; специфікація (3 міста); графічне зображення до розрахунку міцності технології в NXCAM

Консультанти розділів проекту (роботи) _____

РЕФЕРАТ

ПЗ: с., 18 рисунків, 9 таблиць, додатків, 14 посилань.

Об'єкт дослідження – шестерня приводу відцентрового суфлеру.

Мета дипломного проекту – вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталей шестерен відцентрового суфлеру.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний.

Підвищення вимог надійності авіаційних деталей, збільшення їх повного і міжремонтного ресурсу, викликає підвищення вимог до технології виробництва двигунів взагалі, а особливо до механічної обробки деталей і вузлів авіаційних двигунів.

Виконуючи данну роботу, закріпили і поглибили отримані знання, поповнили їх навичками прогресивних технологій, вибрали оптимальний метод отримання заготовки, застосували для обробки віброабразивну обробку, запропонували автоматизацію контролювання розмірів, виконали конструювання робочого та контрольного пристроїв, вимірювальної та контрольної апаратури, дослідили питання особливостей віброабразивної обробки складних поверхонь.

ШЕСТЕРНЯ ВІДЦЕНТРОВОГО СУФЛЕРУ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, КВАЛІТЕТ, БАЗА, ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, РОЗМІР, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ВЕРСТАТ, ТЕРМООБРОБКА, НАЛАГОДЖЕННЯ, СОБІВАРТІСТЬ

ЗМІСТ

Реферат	4
Перелік умовних скорочень	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	11
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	16
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	23
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів (1 - розрахунково-аналітичний метод, 2 - табличний метод)	23
1.6 Розрахунок режимів різання	30
1.7 Розрахунок технічної норми часу	40
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль	46
1.8.1 Розробка токарної операції	46
1.8.2 Розробка свердлильної операції	49
1.8.3 Розробка фрезерної операції	51
2 Конструкторська частина	54
2.1 Проектування робочого пристосування	54
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	54
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	56
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	58
2.2 Проектування контрольного пристосування	62
3 Автоматизація (завантаження/вивантаження заготовки; транспортування між верстатами; системи контролю).	65
4 Особливості віброабразивної обробки складних поверхонь.	73
5 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі	84
6 Оцінка очікуваної економічної ефективності запропонованих заходів	87

7	Охорона праці	90
7.1	Аналіз потенційних небезпек	90
7.2	Заходи по забезпеченню безпеки	91
7.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	95
7.4	Заходи з пожежної безпеки	100
7.5	Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.	
	Укриття населення у захисних спорудах цивільного захист	101
	Висновок	105
	Перелік посилань	106
	Додаток А. Специфікація на робоче пристосування	
	Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування	

ПЕРЕЧЕНЬ УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГКМ	Горизонтально-кувальна машина
ДСТУ	Державний стандарт
І	Індукційний
МГ	Магнітографічний
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ОК	Об'єкт контролю
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
РСЗ	Робочий стандартний зразок
РТК	Розрахунково-технологічна карта
ЗВ	Засоби вимірювання
СНтП	Система норм та правил
ЗОР	Змазуючо-охолоджуюча рідина
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес

ВСТУП

Підвищення експлуатаційних характеристик авіаційних двигунів: енергоозброєності, ресурсу, надійності і економічності при одночасному забезпеченні ефективності їх серійного виробництва, є однією з найважливіших задач розвитку і конкурентоспроможності авіаційної техніки під час переходу до ринкової економіки.

Реалізація поставленого завдання супроводжується ускладненням конструкції виробу, посиленням норм точності, оптимізацією запасів міцності деталей, застосуванням нових матеріалів, що в свою чергу вимагає вишукування технічних рішень, спрямованих на зниження собівартості виготовлення як деталей і вузлів, так і всього виробу в цілому. Необхідно також підвищувати надійність найбільш навантажених деталей двигуна, що в свою чергу дозволить підвищити надійність всього двигуна. З метою зниження собівартості виготовлення двигунів, доцільно проводити автоматизацію окремих технологічних операцій і економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Пріоритетними напрямками при вирішенні поставленого завдання в даний час і в найближчому майбутньому є:

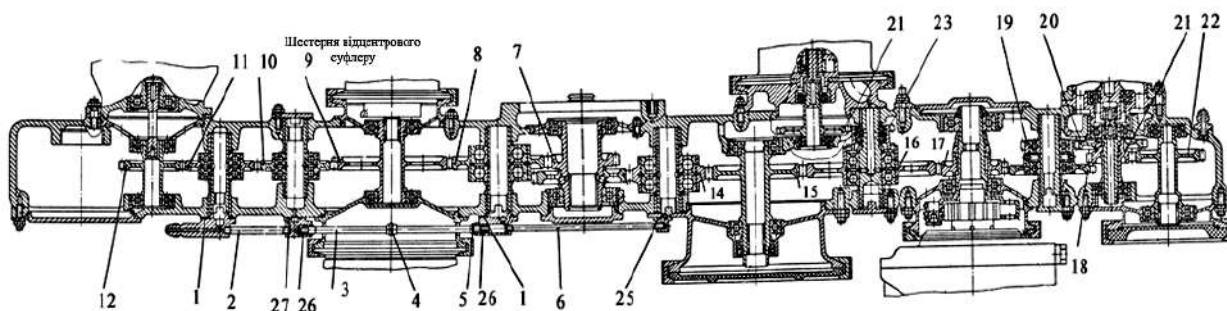
- підвищення технологічності конструкції створюваних виробів;
- розробка безвідходних і малоенергоємних технологій;
- застосування без припускних. в тому числі і складових заготовок;
- розробка і впровадження прогресивних методів механічної, електричної та світло променевої обробки важкооброблюваних сталей і сплавів;
- використання високопродуктивного і точного обладнання;
- механізація ручної праці;
- автоматизація трудомісткого контролю;
- застосування ефективних оздоблювальних, зміцнюючих і обробно-зміцнюючих методів обробки навантажених деталей, з метою підвищення їх надійності за рахунок резервів міцності матеріалу;
- поліпшення планування і організації виробництва;

З урахуванням викладеного, був розроблений технологічний процес виготовлення відцентрового суфлеру сучасного газотурбінного двигуна в серійному виробництві.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Шестерня приводу відцентрового суфлера входить у вузол коробки приводів. Коробка приводів призначена для розміщення агрегатів і приводів до них. Агрегати розміщені із зовнішнього боку коробки. У коробці змонтовані приводи до гідронасоса 7, паливного насоса 3, гідроприводу з генератором змінного струму 15, маслоагрегату 5, повітрявідокремлювач 6, центральному суфлеру 2, а також привід 8 від повітряного стартера до ротора компресора високого тиску.



1 - корпус; 2 - привід відцентрового суфлера порожнин суперечка роторів двигуна; 3 - привід паливного насоса-агрегату 934; 4 - провідна шестерня коробки приводів; 5 - привід маслоагрегата; 6 - ресора приводу; 7 - привід; 8 - валик приводу від повітряного стартера; 9 – шестерня відцентрового суфлера; 10 - спіральна пружина; II - вісь; 12 - шестерня; 13 - провідна шестерня маслоагрегата регулятора; 14, 16, 17, 18 - шестерні; 15 - провідний валик гідроприводу про генератором змінного струму; 19 - перехідник для установки паливного регулятора.

Рисунок 1.1 – Коробка приводів

Повітрявідсікач отримує обертання від шестерні (17), шестерні (18), що знаходиться на валику приводу повітряного стартера, блоку проміжних шестерень (19) і (20) і шестерні (21) через ресору 6. Гідронасос отримує обертання від шестерні (22) і шестерні (23), яка шліцями з'єднується з валом гідронасоса. Блок паливних насосів отримує обертання від шестерні (7), блоку шестерень (7) і (14), проміжної шестерні (8) і шестерні, ч (9), яка шліцями з'єднана з валиком блоку насосів. Відцентровий суфлер отримує обертання від шестерні (9), через проміжні шестерні (10) і (II), шестерню (12) і ресору.

Деталь виготовляється з жароміцної сталі 14ХГСН2МА-Ш. Хімічний склад показано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад в % матеріалу 14ХГСН2МА-Ш

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	Fe	S	P
								не більше	
0,11- 0,16	0,45- 0,70	0,7- 1,0	1,2- 1,6	1,6- 2,0	0,25- 0,40	0,03- 0,06	Основа	0,025	0,03

Таблиця 1.2 – Механичні властивості матеріалу 14ХГСН2МА-Ш

Вид полуфабрикату	ТУ	Стан полуфабрикату або контрольних зразків	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	a_n	НВ ($d_{отп}$)
			кгс/мм ²		%		кгс·м/см ²	мм
Прутки	ЧМТУ 1-919- 70	Відпалені або після високого відпуску	-	-	-	-	-	$\geq 3,7$
		Термічно оброблені по режиму: заалка з $840 \pm 20^\circ\text{C}$ в мастилі, відпуск при $160-250^\circ\text{C}$	80	100	12	55	10	3,55-3,0

Тривимірна модель показана на рисунку 1.2.

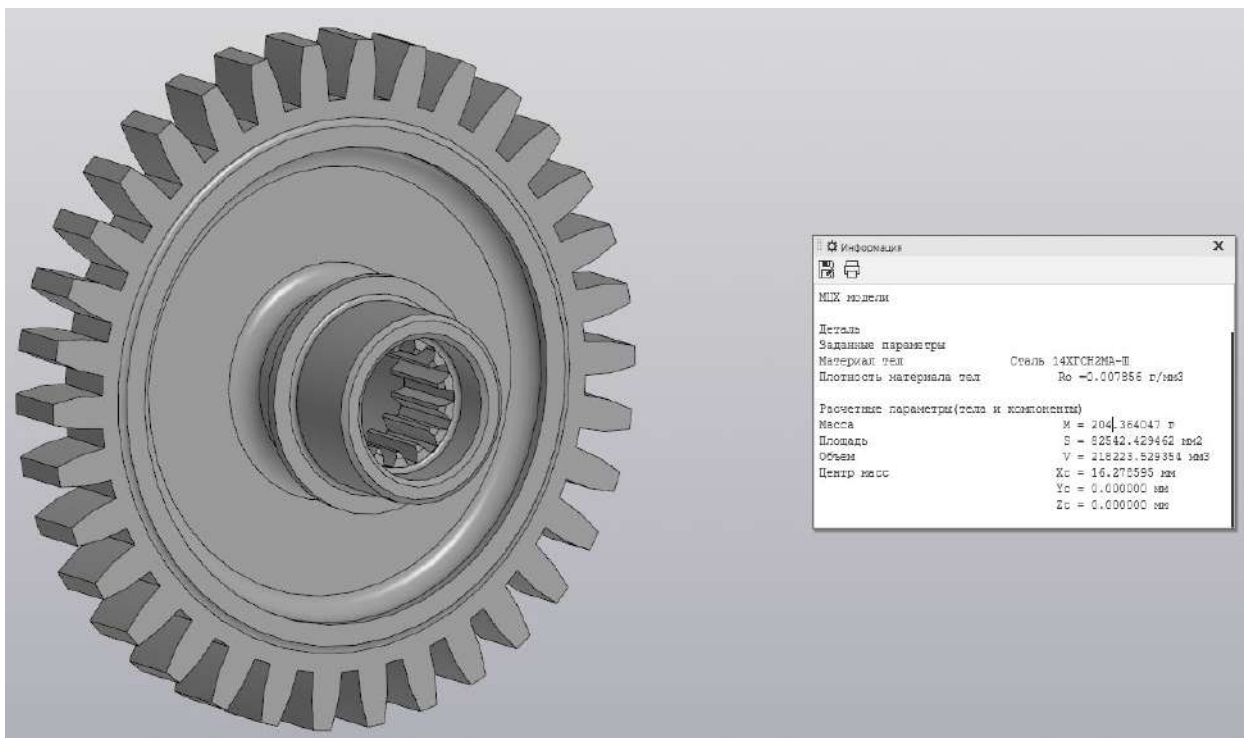


Рисунок 1.2 – Тривимірна модель шестерні приводу відцентрового суфлеру

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані

річна програма випуску..... $N = 5000$ шт.

маса деталі..... $q = 0,205$ кг

Розробка технологічного процесу обробки залежить від типу виробництва і форми його організації.

Тип виробництва визначають за широтою номенклатури, регулярності і стабільності випуску виробів. Попередньо, враховуючи масу деталі і програму випуску приймаю серійний тип виробництва.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

де a – періодичність запуску (2 рази на тиждень);

Φ – кількість робочих днів на рік (250 днів).

$$n = \frac{2 \cdot 5000}{250} = 40 \text{ шт.}$$

Операції на робочих місцях виконуються рівномірно та повністю завантажені одними й тими ж операціями та виробництво поточне.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Метод отримання заготовки залежить від конструктивної форми деталі і умов роботи. Будь-яка заготовка виготовляється з припуском, який представляє собою шар металу, що підлягає в процесі обробки видалення, ніж забезпечуються необхідні розміри, клас точності і величини шорсткості поверхні. Встановлення оптимальних припусків є найважливішим завданням при проектуванні технологічного процесу.

Щодо шестерні відцентрового суфлеру, оптимальними є заготовки, отримані одним з методів штамповки, т. я. матеріал – сталь 14ХГСН2МА-Ш. До даної деталі висувають високі вимоги за механічними властивостями,

макроструктуру, залишковим напруженням. Виходячи з цього, заготовки можуть бути отримані штампуванням на ГKM і КГШП.

Остаточний вибір методу отримання заготовки проводиться на підставі економічного розрахунку шляхом порівняння собівартості деталей, отриманих різними методами.

Визначаємо припуски і розрахуємо масу заготовки, отриману будь-яким способом.

Штампування на ГKM.

Попередньо визначаємо розміри заготовки (рисунок 1.3) (1, табл 1.2 стр. 11)

$\sqrt{Ra\ 25}$

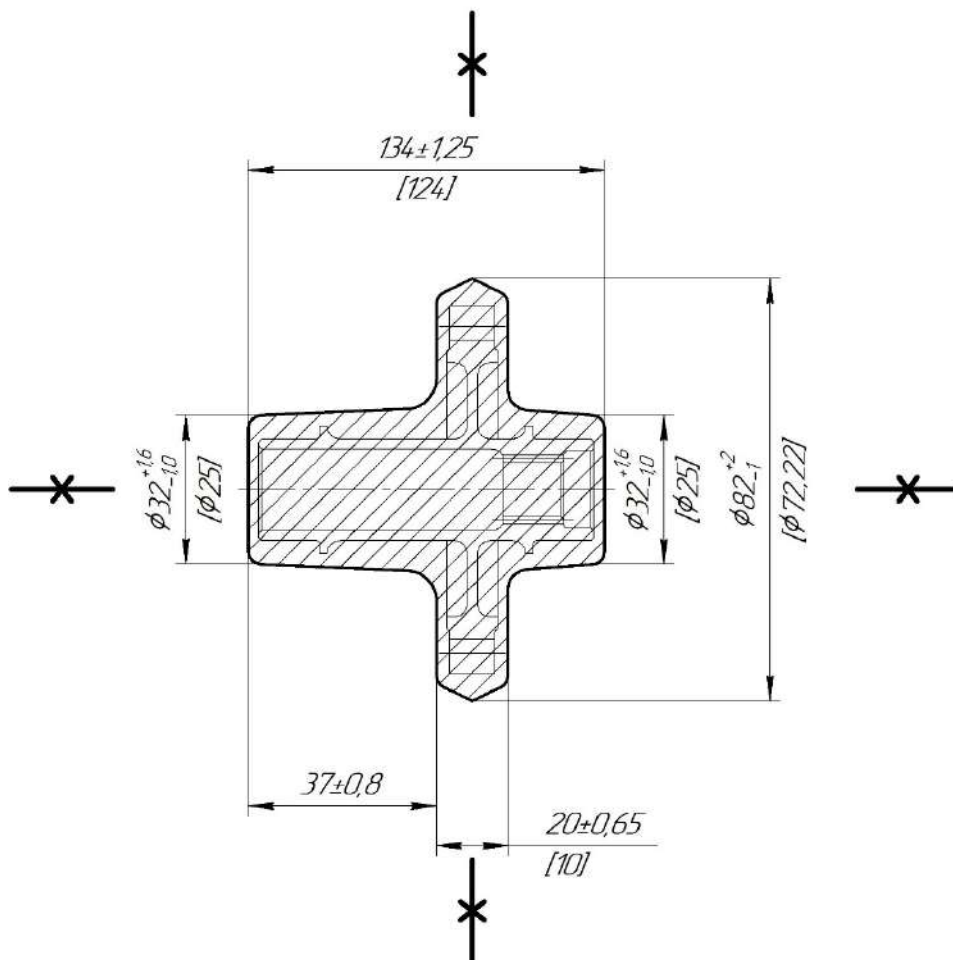


Рисунок 1.3 – Рисунок заготовки, що отримана штамповкою на ГKM

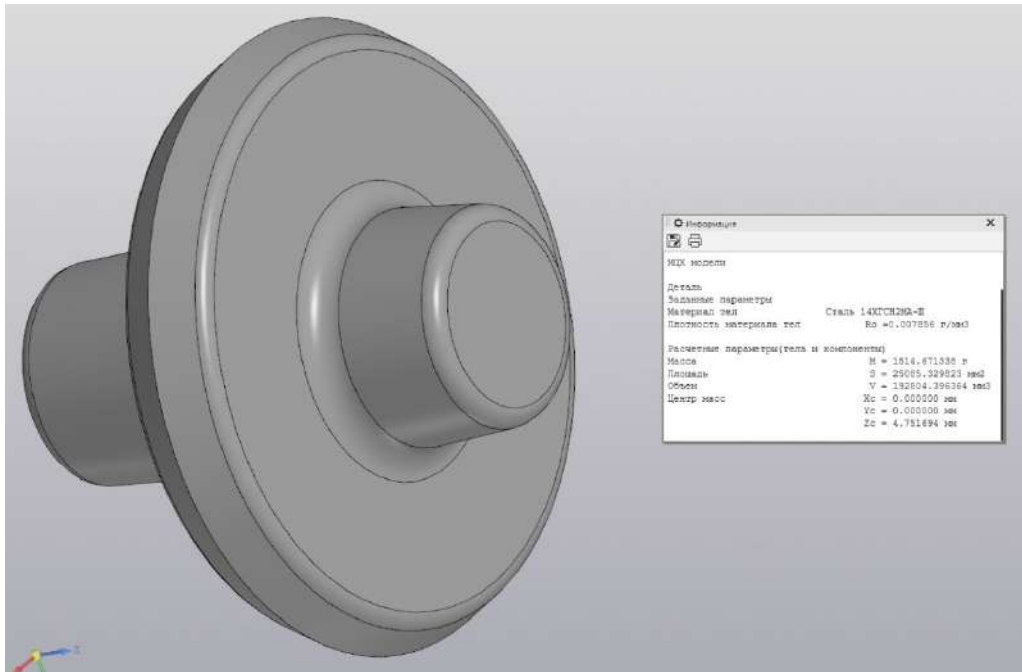


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель заготовки, що отримана штамповкою на ГKM

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{C_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (1.2)$$

де C_B -базова собівартість 1т заготовки, $C_B=25000$ гр/т;

Q -маса заготовки, $Q=1,514$ кг;

q -маса деталі, $q=0,205$ кг;

K_T - коефіцієнт, що враховує клас точності $K_T=1$;

K_M - коефіцієнт, враховує марку матеріалу $K_M=2,4$;

K_B - коефіцієнт, враховує масу заготовки $K_B=1$;

K_{II} - коефіцієнт, враховує програму випуску $K_{II}=0,5$;

$C_{відх}$ - собівартість 1т стружки, $C_{отх}=1400$ /т.

$$C_1 = \frac{25000}{1000} \times 1,514 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (1,514 - 0,205) \times \frac{1400}{1000} = 43,59 \text{грн}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{q}{Q}; \quad (1.3)$$

де, $q = 0,205$ кг – маса деталі;
 $Q = 1,514$ кг – маса заготовки;

$$K_{BM} = \frac{0,205}{1,514} = 0,13$$

$\sqrt{Ra\ 25}$

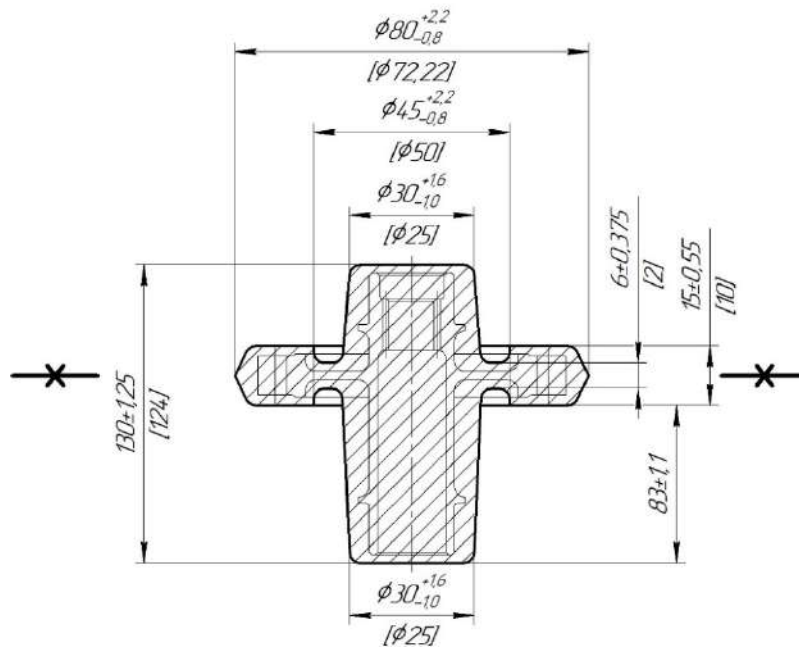


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовки, що отримана штамповкою на КГШП

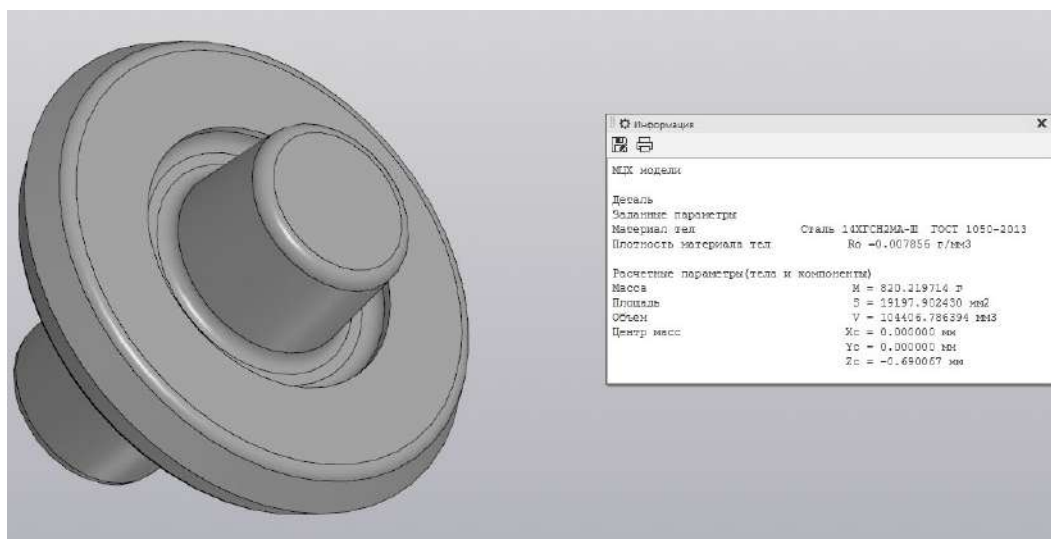


Рисунок 1.6 – Тривимірна модель заготовки, що отримана штамповкою на КГШП

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_2 = \frac{26000}{1000} \times 0,82 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (0,82 - 0,205) \times \frac{1400}{1000} = 23,74 \text{ грн}$$

де $K_B=1$; $K_M=2,5$; $K_P=0,5$; $K_T=1$; $C_B=26000 \text{ грн/т}$; $q=0,205 \text{ кг}$; $Q=0,82 \text{ кг}$;
 $S_{\text{вдх}}=1400 \text{ грн/т}$.

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{BM} = \frac{0,205}{0,82} = 0,25$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-м варіанті $C_1=43,59$ грн; во 2-м варіанті $C_2=23,74$ грн; $C_1 > C_2$; $K_{BM1} < K_{BM2}$

Таблиця 1.3 - Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Штамповка на ГKM	КГШП
Маса деталі	q	кг	0,205	0,205
Маса заготовки	Q	кг	1,514	0,82
Коефіцієнт використання матеріала	η	–	0,13	0,25
Базова ціна 1т заготовок	$B_б$	Грн.	25000	26000
Коефіцієнти	K_B		1	1
	K_M		2.4	2.5
	K_P		1	1
	K_T		0.5	0.5
Ціна 1т стружки	$B_{отх.}$	грн.	1400	1400
Вартість заготовки	B	грн.	43,59	23,74

За значенням коефіцієнта використання матеріалу та собівартістю переважає КГШП. Він забезпечує річну економію за собівартістю:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} &= (C_1 - C_2) \cdot N & (1.4) \\ \mathcal{E} &= (43,59 - 23,74) \cdot 5000 = 99250 \text{ грн.} \end{aligned}$$

де N – річна програма виготовлення заготовок

Річна економія за використанням матеріалу:

$$M_3 = \frac{q \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_3 = \frac{0,25 \cdot (0,25 - 0,13)}{0,25 \cdot 0,13} \cdot 5000 = 4615,4 \text{ кг.}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Матеріал задовільно обробляється різанням. Деталь складної форми, тіло обертання. Не жорстка - тонкостінна, є наскрізні отвори.

Виконуємо якісну оцінку:

- а) деталь має геометричну форму середньої складності;
- б) деталь має не жорстку конструкцію;
- в) деталь нормальної точності;
- г) уніфіковані елементи: радіусу і фаски, виконані з урахуванням можливості обробки;
- д) деталь можна обробляти звичайним інструментом;
- ж) всі поверхні доступні для обробки;

Коефіцієнт використання деталі:

$$K_{\text{ВМ}} = \frac{q}{Q} = \frac{0,205}{0,82} = 0,25 < 0,8 \quad (1.6)$$

де q – маса деталі, Q – маса заготовки.

По цьому показнику деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою

$$K_{\text{у.э.}} = \frac{Q_{\text{уэ}}}{Q_3} > 0,6, \quad (1.7)$$

де $K_{\text{у.э.}}$ – коефіцієнт уніфікації;

$Q_{\text{у.э.}}$, Q_3 – відповідно кількість уніфікованих елементів та загальна кількість елементів.

$$K_{y.э.} = \frac{22}{30} = 0,73 > 0,6$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності визначається за формулою:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8 \quad (1.8)$$

де $K_{то}$ – коефіцієнт точності;

A_{cp} – середній квалітет точності визначається за формулою

$$A_{cp} = \frac{14 \times n_1 + 13 \times n_2 + \dots + 6 \times n_n}{\Sigma n}, \quad (1.9)$$

де $n_{1...n}$ – кількість розмірів, котрі мають відповідний квалітет;

Σn – кількість усіх розмірів.

$$A_{cp} = \frac{14 \times 18 + 12 \times 2 + 11 \times 1 + 10 \times 3 + 8 \times 1 + 6 \times 3}{28} = 12,25$$

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{12,25} = 0,92 > 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32, \quad (1.10)$$

де $K_{ш}$ – коефіцієнт шорсткості;

B_{cp} – середній квалітет шорсткості визначається за формулою

$$B_{cp} = \frac{K_5 \times n_1 + K_4 \times n_2 + \dots + K_8 \times n_n}{\Sigma n}, \quad (1.11)$$

де $K_{5...8}$ - шорсткість;

$n_1 \dots n_n$ - кількість розмірів, котрі мають відповідну шорсткість.

$$B_{cp} = \frac{5 \times 22 + 1,25 \times 2 + 0,5 \times 4}{28} = 4,09$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,09} = 0,24 < 0,32$$

З цим показником деталь технологічна.

Аналізуючи усі отримані данні можна зробити висновок, що досліджувана деталь буде технологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхонь заготовки, необхідних для досягнення заданих показників точності і якості цих поверхонь в цій деталі. МОП є технологічною основою технології механічної обробки, тому що саме в МОП, в технологічних переходах закладають механічні, хіміко - термічні тощо. Процеси впливу на поверхню заготовки. МОП необхідний для компонування операцій ТП, розробки схем групових налагоджень і налаштувань.

Для поверхні Ø20p6 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 2,6$ мм, шорсткість деталі $R_a = 0,5$ мкм, допуск $Td = 0,013$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{2,6}{0,013} = 200 \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{0,5} = 50 \quad (1.13)$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d = 2 \cdot \lg 200 = 4,6 \quad (1.14)$$

Приймаємо $k = 5$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT = IT16 - IT6 = 10 = 3 + 3 + 2 + 1 + 1$

Встановлюємо послідовність показників точності: IT16-IT13-IT10-IT8-IT7-IT6

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготівельна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове – шліфування чорнове – шліфування напівчистове.

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл .1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{2,6}{0,81} = 3,21$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{25}{12,5} = 2$$

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні Ø16H8 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 2,6$ мм, шорсткість деталі $R_a = 1,25$ мкм, допуск $Td = 0,027$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{2,6}{0,027} = 96,3 \quad (1.15)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{1,25} = 20 \quad (1.16)$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник шорсткості, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot \lg 96,3 = 3,96 \quad (1.17)$$

Приймаємо $k=4$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл IT=IT16-IT8=8=3+2+2+1

Встановлюємо послідовність показників точності: IT16-IT13-IT11-IT9-IT8

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготівельна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове – шліфування чорнове.

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл .1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{2,6}{0,62} = 4,19$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{25}{12,5} = 2$$

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер та показники точності та якості поверхонь в деталі та заготовке	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників ПІТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			J	ϵ_{j0}		Розрахункове	Прийняте	i	Метод обробки	Розмір, мм	Шорсткість, мкм
	7	8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\varnothing 20p6$ $R_a = 25$ мкм, $Td_3 = 2,6$ мм, $R_a = 0,5$ мкм, $Td = 0,013$ мм	d	200	4,6	5	IT=IT16- IT6=10=3+3+2+1+1 IT16-IT13-IT10-IT8-IT7-IT6 Δ кл= 8кл -2кл = 6 кл = 2кл- 3кл - 4кл - 5кл - 6 кл - 8 кл Ra25> Ra10> Ra5> Ra2,5> Ra1,25> Ra0, 5	1	Заготовка	2,6	25	-	-
						2	т/о	-	-	-	-
						3	Точ. чорн.	0,81	10	2,72	2,5
	4	Точ. напівчист.				0,34	5	2,38	2		
	5	Точ. чист.				0,08	2,5	4,25	2		
	6	Шліф. чорн				0,022	1,25	3,64	2		
	7	Шліф. напівчист.				0,013	0,5	1,69	2,5		
									$\sum \epsilon_i =$	200	50
$\varnothing 16H8$ $R_a = 25$ мкм, $Td_3 = 2,6$ мм, $R_a = 1,25$ мкм, $Td = 0,027$ мм.	d	96,3	3,96	4	IT=IT16- IT6=10=3+2+2+1 IT16-IT13-IT11-IT9-IT8 Δ кл= 7кл -2кл = 5 кл = 2кл- 3кл - 4кл - 5кл - 7 кл Ra25> Ra10> Ra5> Ra2,5> Ra1,25	1	Заготовка	2,6	25	-	-
						2	т/о	-	-	-	-
						3	Розточ. черн.	0,81	10	3,21	2,5
	4	Розточоч. напівчист.				0,24	5	3,37	2		
	5	Розточ. чист.				0,1	2,5	2,4	2		
	6	Шлиф. чорн				0,027	1,25	3,7	2		
									$\sum \epsilon_i =$	96,3	20

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\varnothing 72,22h8$ $R_a = 25 \text{ мкм}$, $Td_3 = 2,6 \text{ мм}$, $R_a = 5 \text{ мкм}$, $Td = 0,046 \text{ мм}$	d	56,52	3,5	4	$IT = IT16 - IT8 = 8 = 3 + 2 + 2 + 1$ $IT16 - IT13 - IT11 - IT9 - IT8$	1	Заготовка	2,6	25	-	-
						2	т/о	-	-	-	-
						3	Точ. чорн.	0,81	10	3,21	2,5
	Ra	5			$\Delta_{кл} = 5_{кл} - 3_{кл} = 5_{кл} =$ $2_{кл} - 3_{кл} - 5_{кл} - 5_{кл} - 5_{кл}$ $Ra_{25} > Ra_{10} > Ra_5 > Ra_5 >$ Ra_5	4	Точ. напівчист.	0,34	5	2,38	2
						5	Точ. чист.	0,15	5	2,27	1
						6	Шліф. чорн	0,046	5	3,26	1
$\sum \varepsilon_i =$										56,52	5
$\varnothing 44h10$ $R_a = 25 \text{ мкм}$, $Td_3 = 2,5 \text{ мм}$, $R_a = 1,25 \text{ мкм}$, $Td = 0,1 \text{ мм}$.	d	25	2,79	3	$IT = IT16 - IT10 = 6 = 3 + 2 + 1$ $IT16 - IT13 - IT11 - IT10$	1	Заготовка	2,5	25	-	-
						2	т/о	-	-	-	-
						3	Точ. черн.	0,62	10	4,03	2,5
	Ra	20			$\Delta_{кл} = 7_{кл} - 3_{кл} = 4_{кл} = 3_{кл} -$ $4_{кл} - 5_{кл} - 7_{кл}$ $Ra_{25} > Ra_{10} > Ra_5 > Ra_{1,25}$	4	Точ. напівчист.	0,16	5	3,87	2
						5	Точ. чист.	0,1	1,25	1,6	4
$\sum \varepsilon_i =$										25	20
$\varnothing 12h12$ $R_a = 25 \text{ мкм}$, $Td_3 = 1,1 \text{ мм}$, $R_a = 1,25 \text{ мкм}$, $Td = 0,18 \text{ мм}$.	d	6,11	2,6	3	$IT = IT16 - IT12 = 4 = 2 + 1 + 1$ $IT16 - IT14 - IT13 - IT12$	1	Заготовка	1,1	25	-	-
						2	т/о	-	-	-	-
						3	Точ. черн.	0,43	10	2,56	2,5
	Ra	20			$\Delta_{кл} = 7_{кл} - 3_{кл} = 4_{кл} = 3_{кл} -$ $4_{кл} - 5_{кл} - 7_{кл}$ $Ra_{25} > Ra_{10} > Ra_5 > Ra_{1,25}$	4	Точ. напівчист.	0,27	5	1,59	2
						5	Точ. чист.	0,18	2,5	1,5	4
$\sum \varepsilon_i =$										6,11	20

1.4.3 План виготовлення деталі.

Технологічний процес виготовлення шестерні приводу відцентрового суфлеру складається з різноманітних операцій, серед них токарні, свердлильні операції, фрезерні операції, шліфувальні операції, є деяка кількість слюсарних операцій і спеціальні операції.

Маршрут виготовлення деталі шестерні приводу відцентрового суфлеру показано на кресленні формату А1.

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 20p6^{(+0,035}_{+0,022)}$.

Прийняті позначення: h_{i-1} – глибина дефектного слою матеріалу від попередньої операції; ρ_i – похибки форми та взаємного розташування поверхонь на попередній операції; ε_i – похибки установки на виконуємому переході.

Для заготовки нормативні значення $Rz=100\text{мкм}$ и $h=140\text{мкм}$ приймаємо в залежності від маси заготовки.

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як сумму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{\text{см}}$ та короблення $\rho_{\text{кор}}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво): $\rho_{\text{см}}=450\text{мкм}$, $\rho_{\text{кор}}=\Delta_k \times l=3 \times 72,22=216\text{мкм}=0,216\text{мм}$.

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{450^2 + 216^2} = 499,15\text{мкм} = 0,500\text{мм} \quad (1.18)$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h : $Rz_2=50\text{мкм}$, $h_2=50\text{мкм}$, $\rho_2=k_y \times \rho_1=0,06 \times 500=30\text{мкм}=0,03\text{мм}$, $k=0,06$ – коефіцієнт уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = 0,25\sqrt{2,6^2 + 1} = 0,696\text{мм} = 696\text{мкм} \quad (1.19)$$

де $Td_{\text{заг}}=2,6\text{мм}$ – допуск бази заготовки.

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_3=25\text{мкм}$, $h_3=25\text{мкм}$, $\rho_3= 1,5\text{мкм}$, $\varepsilon_3=41,76\text{мкм}$.

Для точення чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_4=10\text{мкм}$, $h_4=10\text{мкм}$, $\rho_4= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=2,1\text{мкм}$.

Для шліфування чорного нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_3=5\text{мкм}$, $h_3=5\text{мкм}$, $\rho_3= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=0\text{мкм}$.

Для шліфування напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо: $Rz_3=2,5\text{мкм}$, $h_3=2,5\text{мкм}$, $\rho_3= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=0\text{мкм}$.

Для точіння чорного:

$$2Z_{1\text{min}} = 2[50 + 50 + \sqrt{(500^2 + 696^2)}] = 1914\text{мкм} = 1,914\text{мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\text{min}} = 2[25 + 25 + \sqrt{(30^2 + 41,76^2)}] = 202,84\text{мкм} = 0,203\text{мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\text{min}} = 2[10 + 10 + \sqrt{(1,5^2 + 2,1^2)}] = 45,16\text{мкм} = 0,045\text{мм}$$

Для шліфування чорного:

$$2Z_{4\text{min}} = 2[5 + 5 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 20\text{мкм} = 0,02\text{мм}$$

Для шліфування напівчистового:

$$2Z_{5\text{min}} = 2[2,5 + 2,5 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 10\text{мкм} = 0,01\text{мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_6^{\text{min}} = d_6^{\text{НОМ}} + \text{eid}_6 = 20 + (+0,022) = 20,022\text{мм} \quad (1.20)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.21)$$

$$d_5^{\min} = d_6^{\min} + 2z_6^{\min} = 20,022 + 0,01 = 20,032\text{мм};$$

$$d_4^{\min} = d_5^{\min} + 2z_5^{\min} = 20,032 + 0,02 = 20,052\text{мм};$$

$$d_3^{\min} = d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 20,052 + 0,045 = 20,097\text{мм};$$

$$d_2^{\min} = d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 20,097 + 0,203 = 20,3\text{мм};$$

$$d_1^{\min} = d_2^{\min} + 2z_2^{\min} = 20,3 + 1,914 = 22,214\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i \quad (1.22)$$

$$d_6^{\max} = d_6^{\min} + Td_6 = 20,022 + 0,013 = 20,035\text{мм};$$

$$d_5^{\max} = d_5^{\min} + Td_5 = 20,032 + 0,022 = 20,054\text{мм};$$

$$d_4^{\max} = d_4^{\min} + Td_4 = 20,052 + 0,08 = 20,132\text{мм};$$

$$d_3^{\max} = d_3^{\min} + Td_3 = 20,097 + 0,34 = 20,437\text{мм};$$

$$d_2^{\max} = d_2^{\min} + Td_2 = 20,3 + 0,81 = 21,11\text{мм};$$

$$d_1^{\max} = d_1^{\min} + Td_1 = 22,214 + 2,6 = 24,814\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.23)$$

$$2z_2^{\max} = d_1^{\max} - d_2^{\max} = 24,814 - 21,11 = 3,704\text{мм};$$

$$2z_3^{\max} = d_2^{\max} - d_3^{\max} = 21,11 - 20,437 = 0,673\text{мм};$$

$$2z_4^{\max} = d_3^{\max} - d_4^{\max} = 20,437 - 20,132 = 0,305\text{мм};$$

$$2z_5^{\max} = d_4^{\max} - d_5^{\max} = 20,132 - 20,054 = 0,078\text{мм};$$

$$2z_6^{\max} = d_5^{\max} - d_6^{\max} = 20,054 - 20,035 = 0,019\text{мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність:

$$2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}}$$

$$4766 - 2179 = 2600 - 13$$

$$2587=2587$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{min}} + ei_1 = 22,214 + 1,0 = 23,21\text{мм}$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати: $\text{Ø}23,21_{-1,0}^{+1,6}$ виконавчі розміри для інших переходів виконуються в системі вал, тобто номінальний розмір займає максимальний розмір поверхні мінус допуск до обробки як нижнього відхилення, всі дані записані в таблиці 1. 5.

Розрахунок технологічних розмірів на поверхню $\text{Ø}16\text{H}8$ виконується табличним методом, но при цьому визначаємо загальний мінімальний припуск, а потім розподіляємо цей припуск між переходами механічної обробки.

Припуски на механічну обробку призначаємо табличним методом, но при цьому визначаємо загальний мінімальний припуск, а потім розподіляємо його між переходами механічної обробки.

По ГОСТ 7505-74 [3, табл.49, с.248] враховуючи вагу заготовки, точність виготовлення, ступінь складності поковки, інтервал розміру поверхні, клас шорсткості, знаходимо $z_o^{\text{min}} = 5,7$ мм, відповідно на діаметр - $2z_o^{\text{min}} = 11,4$ мм.

Загальний припуск $2z_o^{\text{min}} = 5,7$ мм розподіляємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припуску γ_i :

$$2z_i^{\text{min}} = \gamma_i \cdot 2z_o^{\text{min}} \quad (1.26)$$

$$2z_2^{\text{min}} = \gamma_2 \times 2z_o^{\text{min}} = 0.6 \times 3,675 = 2,205 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\text{min}} = \gamma_3 \times 2z_o^{\text{min}} = 0.5 \times 3,675 = 0,298 \text{ мм};$$

$$2z_4^{\text{min}} = \gamma_4 \times 2z_o^{\text{min}} = 0.4 \times 0,265 = 0,106 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\text{min}} = \gamma_3 \times 2z_o^{\text{min}} = 0.3 \times 0,17 = 0,050 \text{ мм};$$

Отримані значення припусків заносимо в розрахункову таблицю 1.5.

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки:

$$d_6^{\text{min}} = d_6^{\text{НОМ}} + eid_6 = 16 + 0 = 16\text{мм} \quad (1.24)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо за формулою:

$$d_i^{\text{min}} = d_{i+1}^{\text{min}} - 2z_{i+1}^{\text{min}} - Td_i \quad (1.25)$$

$$\begin{aligned}
 d_5^{min} &= 16 - 0,05 - 0,1 = 15,85\text{мм}; \\
 d_4^{min} &= 15,85 - 0,105 - 0,24 = 15,505\text{мм}; \\
 d_3^{min} &= 15,505 - 0,297 - 0,81 = 14,398\text{мм}; \\
 d_1^{min} &= 14,398 - 2,107 - 2,6 = 9,691\text{мм};
 \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів за формулою:

$$\begin{aligned}
 d_i^{max} &= d_i^{min} + Td_i & (1.26) \\
 d_1^{max} &= 9,691 + 2,6 = 12,291\text{мм}; \\
 d_3^{max} &= 14,398 + 0,81 = 15,208\text{мм}; \\
 d_4^{max} &= 15,505 + 0,24 = 15,745\text{мм}; \\
 d_5^{max} &= 15,85 + 0,1 = 15,95\text{мм};
 \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$\begin{aligned}
 2Z_{imax} &= d_i^{max} - d_{i+1}^{min} & (1.27) \\
 2Z_{min1} &= 15,208 - 9,691 = 5,517\text{мм}; \\
 2Z_{min3} &= 15,745 - 14,398 = 1,347\text{мм}; \\
 2Z_{min4} &= 15,95 - 15,505 = 0,445\text{мм}; \\
 2Z_{min5} &= 16,027 - 15,85 = 0,177\text{мм};
 \end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступне рівняння:

$$\begin{aligned}
 2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} &= Td_{заг} - Td_{дет} & (1.28) \\
 6,282 - 3,709 &= 2,6 - 0,027 \\
 2,573 &= 2,573
 \end{aligned}$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати: $\text{Ø}10_{-1,1}^{+0,5}$ виконавчі розміри для інших переходів виконують в системі «отвір», тобто номінальний розмір займає мінімальний розмір поверхні плюс толерантність для обробки, як верхнє відхилення, всі дані записані в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків

№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку, мкм		Виконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				2Z _{max}	2Z _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø20р6	Заготовка	100	140	500	-	-	22,214	2,6	24,814	22,214	-	-	Ø23,21 ^{+1,6} _{-1,0}
	Т/О	-	-	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	50	50	30	696	1914	20,3	0,81	21,11	20,3	3704	1914	Ø21,1 _{-0,81}
	Точ. напів. чист	25	25	1,5	41,76	203	20,097	0,34	20,437	20,097	676	203	Ø20,44 _{-0,34}
	Точ. чист	10	10	0	2,1	45	20,052	0,08	20,132	20,052	305	45	Ø20,1 _{-0,08}
	Шліф. чорн.	5	5	0	0	20	20,032	0,022	20,054	20,032	78	20	Ø20,05 _{-0,022}
	Шліф. напів. чис	2,5	2,5	0	0	10	20,022	0,013	20,035	20,022	19	10	Ø20 ^{+0,035} _{+0,022}
Ø16H8	Заготовка					-	9,691	2,6	12,291	9,691	-	-	Ø10 ^{+0,5} _{-1,1}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Розточ.чорн.					2107	14,398	0,81	15,208	14,398	5517	2107	Ø15,21 ^{+0,81}
	Розточ. п/чист					297	15,505	0,24	15,745	15,505	1347	297	Ø15,75 ^{+0,24}
	Розточ. чист					105	15,85	0,1	15,95	15,85	445	105	Ø15,95 ^{+0,1}
	Шлиф.					50	16	0,027	16,027	16	177	50	Ø16 ^{+0,027}
Ø72.22h8	Заготовка					-	76,359	2,6	78,959	76,359	-	-	Ø77,2 ^{+1,7} _{-0,9}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.					3500	72,859	0,81	73,669	72,859	5290	3500	Ø15,21 _{-0,81}
	Точ. напів. чист					450	72,409	0,34	72,749	72,409	920	450	Ø15,75 _{-0,24}
	Точ. чист					160	72,249	0,15	72,399	72,249	350	160	Ø15,95 _{-0,1}
	Шлиф.					75	72,174	0,046	72,22	72,174	179	75	Ø16 _{-0,027}

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø44h10	Заготовка					-	47,69	2,5	50,19	47,69	-	-	Ø48,7 ^{+1,5} _{-1,0}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.					3250	44,44	0,62	45,06	44,44	5130	3250	Ø45,1 _{-0,62}
	Точ. напів. чист.					400	44,04	0,16	44,2	44,04	860	400	Ø44,2 _{-0,24}
	Точ. чист					140	43,9	0,1	44	43,9	200	140	Ø44 _{-0,1}
Ø12h12	Заготовка					-	13,336	1,1	14,436	13,336	-	-	Ø13,7 ^{+0,7} _{-0,4}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.					1300	12,036	0,43	12,466	12,036	1970	1300	Ø12,5 _{-0,43}
	Точ. напів. чист.					160	11,876	0,27	12,146	11,876	320	160	Ø12,1 _{-0,27}
	Точ. чист.					56	11,82	0,18	12	11,82	146	56	Ø12 _{-0,18}

1.6 Розрахунок режимів різання

Матеріал деталі – жароміцна сталь 14ХГСН2МА-Ш

Операція 025 Токарна з ЧПК

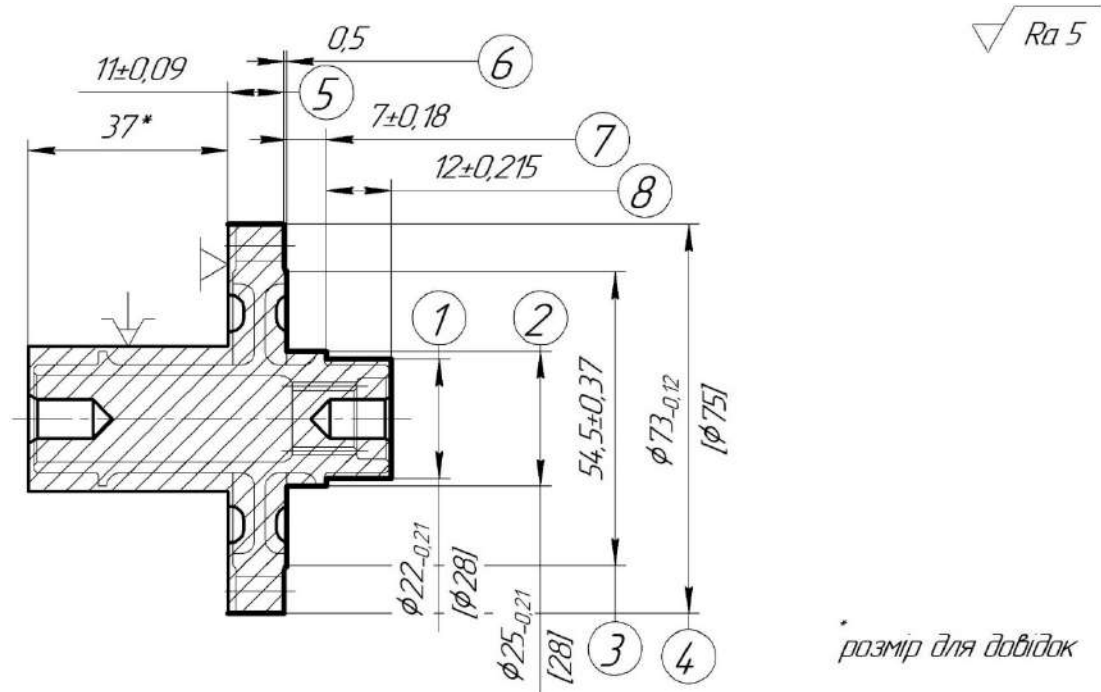


Рисунок 1.7 – Ескиз операції №025 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК АТПр 2М12СН1.
Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Точити поверхні 1,2,3,4,5,6,7,8

Інструмент – різець розточний упорний з пластиною з твердого сплава
Т5К10

Глибина різання $t_1=1,0$ мм

Подача:

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.29)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{II}} \times K_{S_{III}} \times K_{S_{\phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{Ж}} \times K_{S_M} \quad (1.30)$$

де $S_{o_T} = 0,2$ мм/об (3, т.26, стр. 237); $K_{S_{II}}$ – коефіцієнт, що враховує стан обраблюваної поверхні, $K_{S_{II}}=1,0$; $K_{S_{III}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{S_{III}}=1,0$; $K_{S_{\phi}}$ – коефіцієнт, що враховує форму обраблюваної поверхні, $K_{S_{\phi}}=0,7$; K_{S_3} – коефіцієнт, що враховує вплив закалки, $K_{S_3}=0,8$;

$K_{SЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{SЖ}=0,83$;

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної поверхні, $K_{SM}=1,0$.

$$K_{S_o} = 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,0 = 0,46$$

$$S_o = 0,2 \times 0,46 = 0,092 \approx 0,1 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість резання

$$V = V_T \times K_V \quad (1.31)$$

$$K_V = K_{VM} \times K_{VI} \times K_{V\Phi} \times K_{VT} \times K_{VЖ} \times K_{V\Pi} \times K_{VO} \quad (1.32)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=144 \text{ м/хв}$, (3, т.36, стр. 243);

K_V – узагальнений швидкісний коефіцієнт;

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваного матеріалу, $K_{VM}=0,8$;

K_{VI} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{VI}=1,0$;

$K_{V\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного куту в плані, $K_{V\Phi}=1,0$;

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{VT}=0,85$;

$K_{VЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{VЖ}=0,82$;

$K_{V\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні, $K_{V\Pi}=1,0$;

K_{VO} – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР, $K_{VO}=1,0$.

$$k_v = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,82 \times 1,0 \times 1,0 = 0,56$$

$$V = 144 \times 0,56 = 80,64 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделя

$$N = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.33)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 80,64}{3,14 \times 73} = 351,8 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=350 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 350 \times 73}{1000} = 80,23 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.34)$$

де, C_p – коефіцієнт, що враховує умови обробки. $C_p=204$ (2, т.22, стр.273)

x, y, n – показники степені, що враховують умови обробки.

$n=0; x=1,0; y=0,75$; (2, т.22, стр.273)

k_p – поправковий коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{fv} \cdot k_{gv} \cdot k_{lv} \cdot k_{rv}, \quad (1.35)$$

де, k_{mp} - поправковий поправковий коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблююмого матеріалу

$$k_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,75} = 1,31$$

де, $k_{fp}, k_{gp}, k_{lp}, k_{rp}$ - поправковий коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів режучої частини інструменту $k_{fp}=1,08, k_{gp}=1,15, k_{lp}=1,0, k_{rp}=0,93$, (2, т. 23, стр.275)

$$k_p = 1,31 \times 1,08 \times 1,15 \times 1,0 \times 0,93 = 1,51$$

$$P_Z = 10 \times 204 \times 1,0^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 80,23^0 \times 1,51 = 547,78 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.36)$$

де, P_Z - сила різання, Н

V - швидкість резання, м/хв

$$N = \frac{547,78 \times 80,23}{1020 \times 60} = 0,72 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 0,72 \text{ кВт} \leq N_{\text{СТ}} = N_{\text{ДВ}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машиний час

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}; \quad (1.37)$$

де, l - довжина оброблюємої поверхні, $l=27,4$ мм

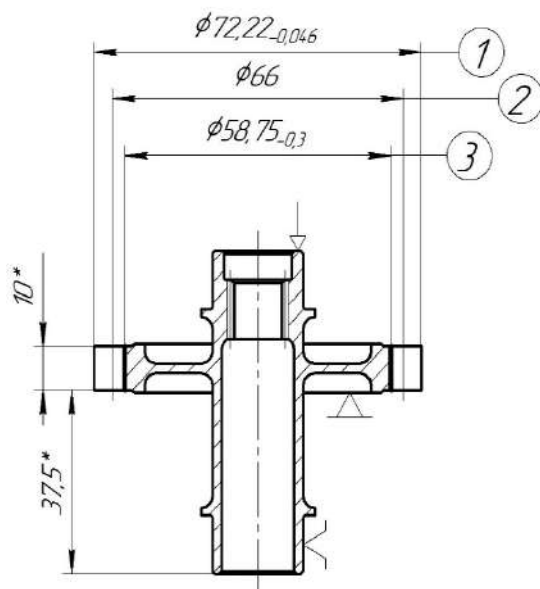
y - величина врізання, мм $y=3$ мм;

Δ - величина перебігу інструменту, $\Delta=3$ мм

$$T_0 = \frac{67 + 3 + 3}{350 \times 0,1} = 2,08 \text{ хв}$$

Зубодовбальна операція №45

$\sqrt{Ra 1,25}$



Модуль	m	3
Кількість зубців	z	22
Ступінь точності ГОСТ 1643-81		6-5-5-X
Допуск на профіль	δf	0,08
Діаметр початку активної частини профілю	d_a	62,605
Діаметр дільного кола	d	66
Кількість зубців спряженого колеса	z	28, 26
Допуск на накопичену похибку крутного кроку	δt_i	0,032

* розмір для довідок

Рисунок 1.8 - Операційний ескіз – операція № 045

На зубодовбальному верстаті 5140 нарізають довбачем прямозубе зубчасте колесо з модулем $m = 3$ мм із кількістю зубів $z = 22$, шириною вінця $b = 10$ мм. Обробка чистова ($Ra = 0,5$ мкм) по суцільному металу. Матеріал заготовки – сталь 14ХГСН2МА-Ш.

Вибір інструмента

Для зубодовбання циліндричного колеса приймаємо дисковий прямозубий довбач модуля 3 тип 1 ГОСТ 9323-79 зі швидкоріжучої сталі Р6М5 [2, т.42, стр.256].

Колова подача для верстата моделі 5140 з потужністю двигуна 3 кВт для чистової обробки по суцільному металу, при модулі колеса до $m = 3$ мм, $S = 0,25 - 0,3$ мм/пдв.хід [2, т.31, стр.312].

З урахуванням паспортних даних верстата приймаємо $S = 0,25$ мм/дв.хід.

Радіальна подача. $S_p = (0,1 \dots 0,3) \cdot S$ [2, т.31, стр.312], $S_p = (0,1 \dots 0,3) \cdot 0,25 = 0,025 \dots 0,075$ мм/пдв.хід.

З урахуванням паспортних даних верстата приймаємо $S_p = 0,036$ мм/пдв.хід.

Швидкість різання, що допускається властивостями ріжучого інструмента. Для чистової обробки по суцільному металу, круговій подачі $S = 0,25$ мм/пдв.хід і модулі до 4 мм: $V = 20,5$ м/хв. [2, т.33, стр.314].

Кількість подвійних ходів довбача за хвилину, що відповідає знайденій швидкості різання:

$$K = \frac{1000 \times V_p}{2 \times L}, \quad (1.38)$$

де L – величина ходу довбача, мм;

$$L = b + l_1 = 10 + 8 = 18 \text{ мм},$$

де l_1 – перебіг довбача на дві сторони, $l_1 = 8$ мм [2, т.34, стр.315].

$$K = \frac{1000 \times 20,5}{2 \times (10 + 8)} = 569,44 \text{ мм/пдв.хід}$$

Відповідно до паспортних даних приймаємо: $K_d = 570$ мм/пдв.хід.

Дійсна швидкість різання:

$$V_o = \frac{2 \times L \times K_o}{1000} = \frac{2 \times 18 \times 570}{1000} = 20,52 \text{ м/хв}$$

Визначення необхідної потужності верстата.

Потужність, що витрачається на різання при чистовій обробці по суцільному металу для даних умов обробки $N = 1,1$ кВт [2, т.36, стр.318].

Потужність на шпинделі верстата:

$$N_{ш} = N_d \cdot \eta \text{ кВт}, \quad (1.38)$$

де $N_d = 3 \text{ кВт}$; $\eta = 0,65$ – паспортні дані верстата.

$$N_{ш} = 3 \cdot 0,65 = 1,95 \text{ кВт}.$$

Оскільки $N_{ш} = 1,95 \text{ кВт} > N_p = 1,1 \text{ кВт}$, то обробка можлива.

Основний час

$$T_0 = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{K_d \cdot S} \cdot i + \frac{h}{K_d \cdot S_p}, \text{ хв} \quad (1.39)$$

де i – кількість проходів.

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 22}{570 \cdot 0,25} \cdot 1 + \frac{22 \cdot 3}{570 \cdot 0,036} = 4,67 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПК (085)

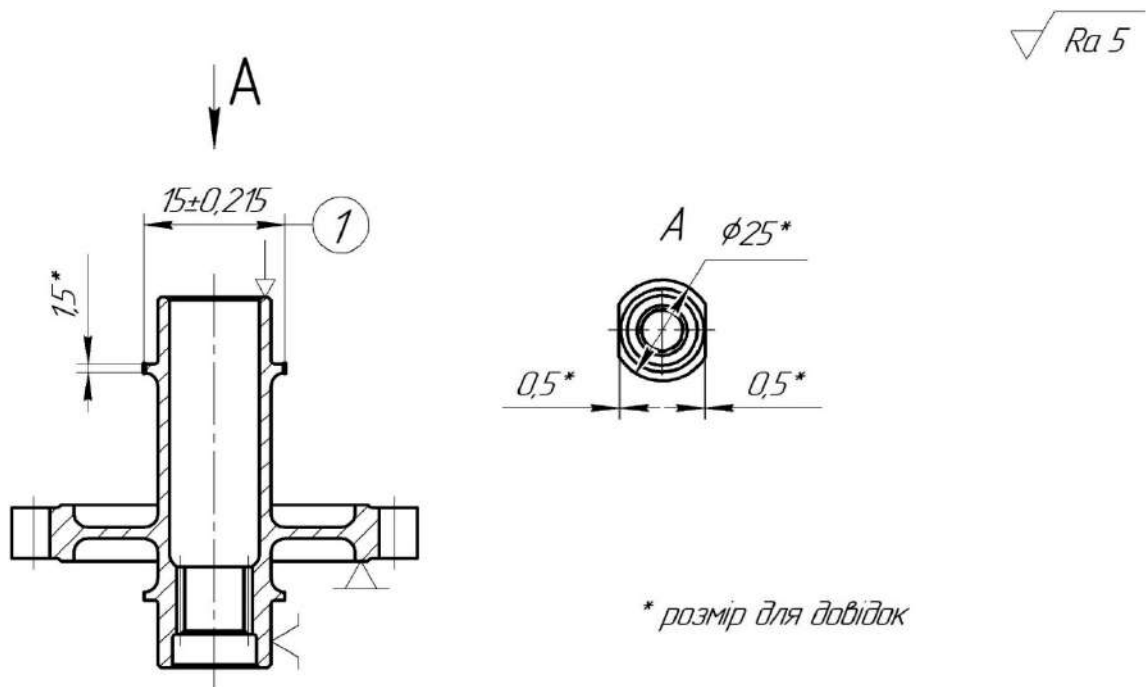


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Резучий інструмент:

Фреза концева $\varnothing 10 \text{ P12Ф4К5}$ ГОСТ 17026-71

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ} \quad (1.40)$$

де $S_Z=0,055$ мм/зуб – табличне значення подачі;

K_{so} – коефіцієнт, що враховує ряд конструктивних особливостей технологічної системи;

$$K_{SZ} = K_{SZH} \cdot K_{SZ\phi} \cdot K_{SZR} \quad (1.41)$$

де K_{SZH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{SZH} = 1$;

$K_{SZ\phi}$ – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні, $K_{SZ\phi} = 1$;

K_{SZR} – коефіцієнт, що враховує клас чистоти, $K_{SZR} = 0,5$;

$$S_Z = 0,055 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,0275 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.42)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання

K_v – коефіцієнт, що враховує ряд конкретних умов обробки

$$K_v = K_{VM} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vo} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VH} \cdot K_{VB} \quad (1.43)$$

де K_{VM} – коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу;

K_{Vn} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує умови обробки;

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

K_{VH} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{VB} – коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування

$$V_m = 8,3 \text{ м/хв}$$

$$K_{VM} = 0,81; K_{Vn} = 1; K_{Vo} = 1; K_{V\phi} = 1; K_{VH} = 1; K_{VB} = 1.$$

$$V = 8,3 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 6,72 \text{ м/хв}$$

Обороти:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}$$

$$n = \frac{1000 \times 6,72}{3,14 \times 10} = 214,01 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n=220$ об/хв.
Знаходимо дійсну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{3,14 \times 10 \times 220}{1000} = 6,91 \text{ м/хв}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі:

$$S_{\text{мин}} = S_z \times z \times n_d, \text{ мм/хв}$$

$$S_{\text{мин}} = 0,0275 \times 4 \times 220 = 24,2 \text{ мм/хв}$$

Згідно з довідником [6], стор.522, карті 5 залежно від модуля і подачі, потрібна на різання потужність $N_n=0,8$ кВт.

$$N_{\text{рез}} = N_n \cdot K_m \cdot K_k \cdot K_w \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}, \quad (1.44)$$

де $K_m=1$ – поправковий коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу;

$K_w=1,64$ – поправковий коефіцієнт, залежний від кількості осьових переміщень;

$K_k=1,1$ – поправковий коефіцієнт, залежний від кількості заходів фрези;

$K_\beta=1$ – поправковий коефіцієнт, залежний від кута нахилу зубів коліс;

$$N_{\text{рез}} = 1,44 \text{ кВт} < N_{\text{ст}} = 7 \text{ кВт}.$$

Ефективна потужність, потрібна на різання, нижче потужності електродвигуна, що задовольняє умовам різання.

Визначаємо машинний час

$$T_o = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o \cdot Z} = \frac{30 + 3 + 3}{220 \times 0,0275 \times 4} = 1,49 \text{ хв}$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=30$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

Δ – величина перебігання інструменту, $\Delta=3$ мм;

Z – число зубів фрези, $z=4$.

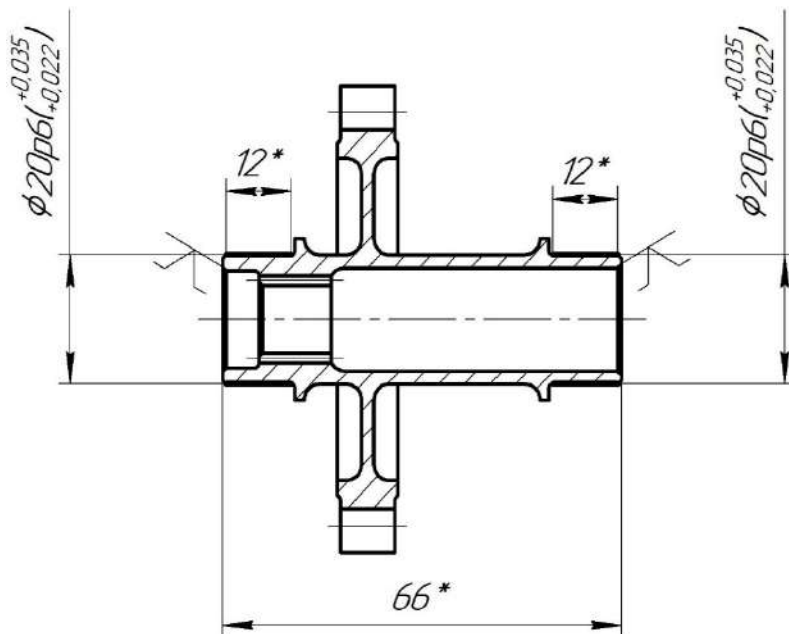
Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (95)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

ПВ 300×2.8×127 63С 25 СМ1 К 35м/с 1кл ГОСТ 2424-88

$\sqrt{Ra\ 0,5}$



* розмір для довідок

Рисунок 1.10 - Операційний ескіз на шліфувальну операцію 95.

Припуск на обробку поверхонь $h = 0,03\text{мм}$, [4, табл. 160, стор.343]

Розрахунок швидкості обертання шліфувального круга $V_{кр}$:

$$V_{кр} = \frac{\pi \times D \times n_{кр}}{1000 \times 60} \quad (1.45)$$

де $n_{кр}$ - число обертів шпинделя шліфувального круга, $n_{кр} = 1590\text{об/мін}$;
 D - діаметр круга, $D = 300\text{мм}$.

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 25\text{м/с} \leq 35\text{м/с}$$

Оброблюваний діаметр $D_d = 20$.

Швидкість деталі $V_o = 48 - 68\text{м/хв}$ [4,табл.161,стор.343], приймаємо

$V_o = 48\text{м/хв}$.

Частота обертання деталі n_o :

$$n = \frac{1000 \times 48}{3,14 \times 20} = 764,3 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n_d = 780 \text{ об/хв}$.

Визначення радіальної подачі круга S_t в мм/об

$$S_{t1} = S_t \times K_m \times K_D \times K_{V_k} \times K_t \times K_{IT} \times K_h, \quad (1.46)$$

де S_t – таблична радіальна подача круга, $S_t = 0,007 \text{ мм/об}$ [4, табл.163 стор.346];

K_m – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_m = 0,38$;

K_D - коефіцієнт, що враховує діаметр круга, $K_D = 0,5$;

K_{V_k} - коефіцієнт, що враховує швидкість круга, $K_{V_k} = 1$;

K_t - коефіцієнт, що враховує стійкість круга, $K_t = 0,72$;

K_{IT} - коефіцієнт, що враховує точність обробки, $K_{IT} = 0,5$;

K_h - коефіцієнт, що враховує припуск на обробку, $K_h = 1$.

$$S_{t1} = 0,007 \times 0,38 \times 0,5 \times 1 \times 0,72 \times 0,5 \times 1 = 0,0005 \text{ мм/об},$$

Приймаємо радіальне подання $S_{t1} = 0,001 \text{ мм/об}$

Визначення радіальної хвилинної подачі S_{tm} мм/хв:

$$S_{tm} = S_{t1} \cdot n_d = 0,001 \cdot 780 = 0,78 \text{ мм/хв}.$$

Визначення потужності різання N :

$$N = \frac{N_{10} \times L_{акт}}{10} \quad (1.47)$$

де N_{10} - потужність на 10 мм активної поверхні круга, $N_{10} = 0,43$, [5, к.8, стор.631],

$L_{акт}$ - довжина активної поверхні круга, оскільки $l_d < B_k$ то $L_{акт} = l_d = 4,2$ мм.

$$N = \frac{0,43 \cdot 4,2}{10} = 0,18 \text{ кВт}$$

Визначення основного(технологічного) часу:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.48)$$

де τ_2 - час сталого процесу, $\tau_2 = 0,19$, [5,к.12,стор.636],

τ_3 – час зачистки, $\tau_3 = 0,132$, [5,к.12,стор.637],

K – коефіцієнт, залежний від форми поверхні, $K=1$.

$$t_o = (0,19 + 0,132) \cdot 1 = 0,32\text{хв.}$$

Таблиця 1.6 – Режими різання

N Опер.	Найменування операції		t, мм	S _o , мм/об	V _д , м/хв	нд, хв ⁻¹	T _o , хв
1	2		3	4	5	6	7
015	Токарна з ЧПК	1	2	0,15	21,98	350	4,13
		2	5	0,25	39,25	500	
020	Токарна з ЧПК	1	2	0,15	21,98	350	6,85
		2	5	0,25	39,25	500	
025	Токарна з ЧПК		1,0	0,1	80,23	350	2,08
030	Токарна з ЧПК		1,0	0,1	92,94	370	3,42
035	Токарна з ЧПК	1	0,8	0,1	47,1	600	11,4
		2	2	0,15	113,04	450	
		3	0,5	0,1	20,41	650	
040	Токарна з ЧПК	1	0,8	0,1	47,1	600	16,41
		2	2	0,15	113,04	450	
		3	0,5	0,1	20,41	650	
045	Зубодовбальна		6,735	0,025мм/дв.хід	20,52	-	4,67
050	Протяжна		1,7	0,05мм/зуб	15,2	-	11,3
085	Фрезерна		1,5	0,0275мм/зуб	6,91	220	1,49
090	Фрезерна		1,5	0,0275мм/зуб	6,91	220	1,49
095	Шліфувальна		0,03	0,78мм/хв	25	780	0,32
100	Шліфувальна		0,01	0,22мм/хв	25	950	0,15
105	Зубошліфувальна		0,01	0,05мм/хід	6,3м/хв	810	3,45
140	Зубохонінговальна		0,005	0,01мм/хід	7,3 м/хв	-	1,84

1.7 Розрахунок технічної норми часу

У серійному виробництві нормою часу на операцію є штучно-калькуляційний час.

Штучно-калькуляційний час на операцію визначається по формулі:

$$t_{шт-к.} = \frac{t_{нз}}{n} + t_{шт.} \quad (1.49)$$

$$t_{шт.} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n \quad (1.50)$$

де $t_{шт.}$ - штучний час, хв;

$t_{нз}$ - підготовчо-завершальний час, хв;

n - кількість деталей в партії, $n=40$ шт;

t_o - сумарний час на операцію, хв;

$t_{всп}$ - допоміжний час, хв;

$t_{обс}$ - час обслуговування робочого місця, хв;

t_n - час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (025)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 2,08$ хв

Допоміжний час:

$$t_{всп.} = t_{в.у.} + t_{м.в.} \quad (1.51)$$

де $t_{в.у.} = 0,1$ хв - час на установку і зняття деталі в патроні з ручним затиском (5, к.51, стор.138);

$t_{м.в.} = 0,19$ хв - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (6, таблиця.12, стор.605)

$$t_{всп} = 0,1 + 0,19 = 0,29 \text{ хв}$$

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{н.у.} = t_o + t_{всп.} = 2,08 + 0,29 = 2,37 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{н.у.} = 0,1 \cdot 2,37 = 0,24\text{хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 10\% \cdot t_{н.у.} = 0,1 \cdot 2,37 = 0,24\text{хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{ум.} = 2,08 + 0,24 + 0,24 = 2,56\text{хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, стор.604):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.52)$$

де, $T_{n-31} = 12$ хв – час на витрати по обслуговуванню верстата (6, стор.604)

$T_{n-32} = 6$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи (6, таблиця.12, стор.606)

$$T_{n-3} = 12 + 6 = 18\text{хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{ум.-к.} = \frac{18}{40} + 2,56 = 3,01\text{хв.}$$

Технічне нормування на зубодовбальну операцію (45)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 4,67\text{хв}$

Допоміжний час:

$t_{е.у.} = 0,15$ хв – час на установку і зняття деталі (5, к.44, стор.288);

$t_{м.в.} = 0,16\text{хв}$ – час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (6, таблиця.12, стор.605)

$$t_{есн} = 0,16 + 0,15 = 0,31\text{хв.}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у.}$ дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{н.у.} = t_o. + t_{м.в.} = 4,67 + 0,31 = 4,98\text{хв.}$$

Час на обслуговування робочого місяця:

$$t_{обс} = 8\% \times t_{н.у.} = 0,08 \times 4,98 = 0,39\text{хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 8\% \times t_{н.у.} = 0,08 \times 4,98 = 0,39\text{хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 4,98 + 0,39 + 0,39 = 5,76\text{хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, стор.604):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32}$$

де, $T_{п-31} = 12$ хв – час на витрати для усіх верстатів з ЧПК (6, стор.604)

$T_{п-32} = 7$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи (6, табл.12, стор.606),

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19\text{хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 5,76 = 6,24\text{хв.}$$

Технічне нормування на фрезерну з ЧПК операцію (85)

Основний сумарний час на операцію 1,49 хв

Допоміжний час:

$t_{"0"}$ = 0,05 мін - переміщення інструменту в «0» інструменту (5, до.34, стр. 258);

$t_{с.б.}$ = 0,05 мін - час пов'язаний зі зміною блоку (5, до.42, стр. 394);

$t_{с.б.}$ = 0,05 мін - час пов'язаний зі зміною блоку (5, до.42, стр. 394);

$t_{\text{в.у.}} = 1,2$ мін - час на установку і зняття деталі в патроні з пневматичним затиском (5, до.51, стр. 139);

$t_{\text{м.в.}} = 0,15$ мін - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (5, до.60, стр. 525)

$$t_{\text{всн}} = 0,05 + 0,05 + 1,2 + 0,15 = 1,45 \text{ хв.}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{\text{п.у}}$ рівно неповному оперативному часу роботи верстата :

$$t_{\text{н.у.}} = t_{\text{о.}} + t_{\text{м.в.}} = 1,49 + 1,45 = 2,94 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця :

$$t_{\text{обс}} = 8\% \cdot t_{\text{н.у.}} = 0,08 \times 2,94 = 0,24 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби :

$$t_{\text{н}} = 8\% \cdot t_{\text{н.у.}} = 0,08 \times 2,94 = 0,24 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{\text{шт.}} = 1,49 + 1,45 + 0,24 + 0,24 = 3,42 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію:

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32}$$

де, $T_{\text{п-з1}} = 12$ мін - час на витрати для усіх верстатів з ЧПК (5, до. 60, стор. 301);

Тп-з2 =7 мін - час на витрати додаткові роботи, що враховують, (5, до. 60, стор. 301) :

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19\text{хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, мін

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 3,42 = 3,89\text{хв.}$$

Технічне нормування на круглошлифовальну операцію (100)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 0,32$ хв

Допоміжний час:

$t_{уст} = t_{сн} = 0,1$ хв – установка на кінцеве розтискну оправку з пневмо затиском (5, к.16, стор.640)

$t_{пер} = 1,09$ хв – час, пов'язаний з переходами при шліфуванні зовнішніх циліндричних і торцевих поверхонь на круглошлифовальних верстатах (5, к.17-18, стор.641-643)

$t_{мех}$ – час технічного обслуговування робочого місця:

$$t_{мех} = \frac{t_{np} \times t_o \times 1,1}{T} = \frac{1,3 \times 0,32 \times 1,1}{7} = 0,06\text{хв}$$

де $T=7$ – стійкість круга,

$t_{np} = 1,3$ хв – час правки круга (5, к.19, стор.644)

$$t_{всн} = 0,1 + 1,09 + 0,06 = 1,25\text{хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$t_{он.} = t_o. + t_{всн..} = 0,32 + 1,25 = 1,57\text{хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 0,015 \times t_{он.} = 0,015 \times 1,57 = 0,024\text{хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_{om\partial} = 0,04 \times t_{on.} = 0,04 \times 1,57 = 0,063 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = t_{on.} + t_{обс.} + t_{om\partial.} = 1,57 + 0,024 + 0,063 = 1,66 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [5, к.20, стор.646]: $t_{nz} = 12 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{um.-к.} = \frac{12}{40} + 1,66 = 1,96 \text{ хв}$$

Таблиця 1.7 – Технічна норма часу за операціями

Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{шт-к}$						
		t_o	t_d	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{п}$	$t_{п-з}$	$t_{шт-к}$
015	Токарна з ЧПК	4,13	1,55	5,68	0,45	0,45	15	6,05
020	Токарна з ЧПК	6,85	1,78	8,63	0,69	0,69	17,5	9,07
025	Токарна з ЧПК	2,08	0,29	2,37	0,24	0,24	18	3,01
030	Токарна з ЧПК	3,42	2,31	5,73	0,46	0,46	20	7,15
035	Токарна з ЧПК	11,4	2,14	13,54	1,08	1,08	12	16
040	Токарна з ЧПК	16,41	2,62	19,03	1,52	1,52	15	22,44
045	Зубодовбальна	4,67	0,31	4,98	0,39	0,39	19	6,24
050	Протяжна	11,3	2,71	14,01	1,12	1,12	20	16,75
085	Фрезерна	1,49	1,45	2,94	0,24	0,24	19	3,89
090	Фрезерна	1,49	0,74	2,23	0,18	0,18	15	2,96
095	Шліфувальна	0,15	2,1	2,25	0,18	0,18	18	3,06
100	Шліфувальна	0,32	1,25	1,57	0,024	0,063	12	1,96
105	Зубошліфувальна	3,45	1,65	5,1	0,41	0,41	14	6,27
140	Зубохонінговальна	1,84	1,13	2,98	0,24	0,24	20	3,96

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль
1.8.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплаву T5K10

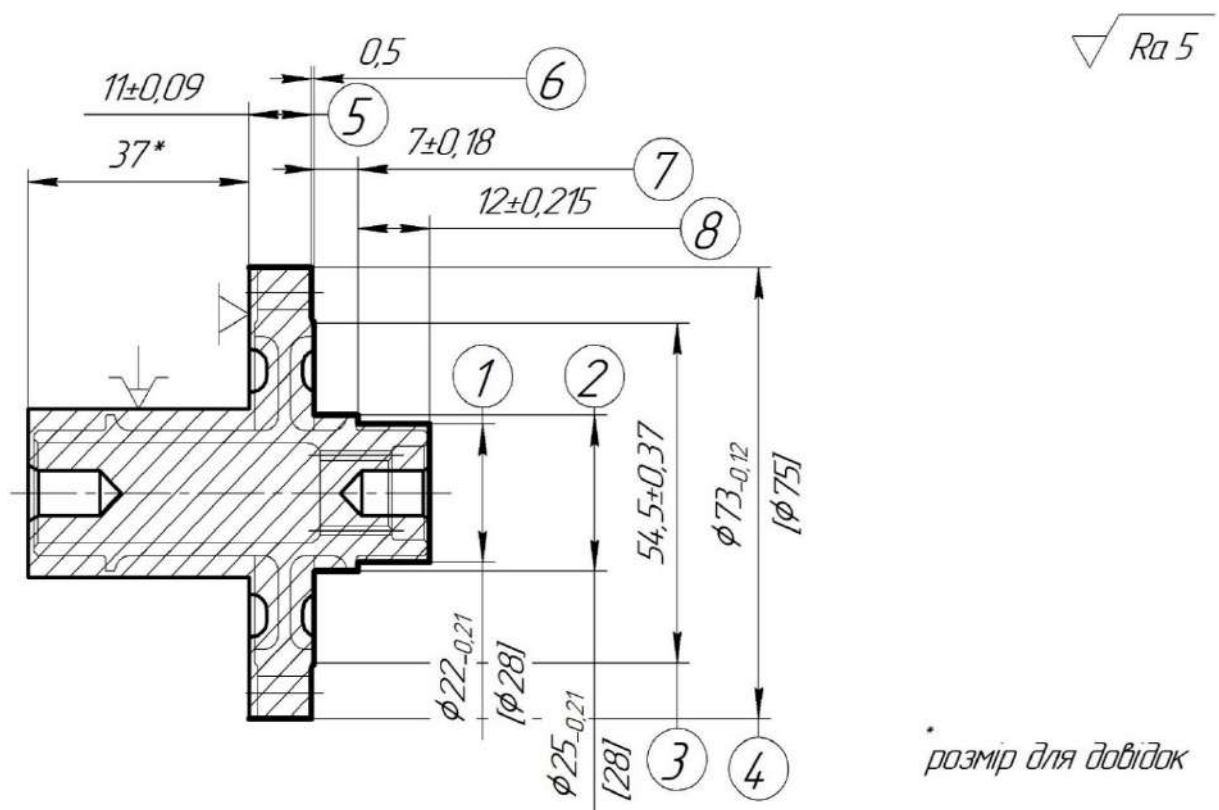


Рисунок 1.11 – Ескиз операції №025 Токарна з ЧПК

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

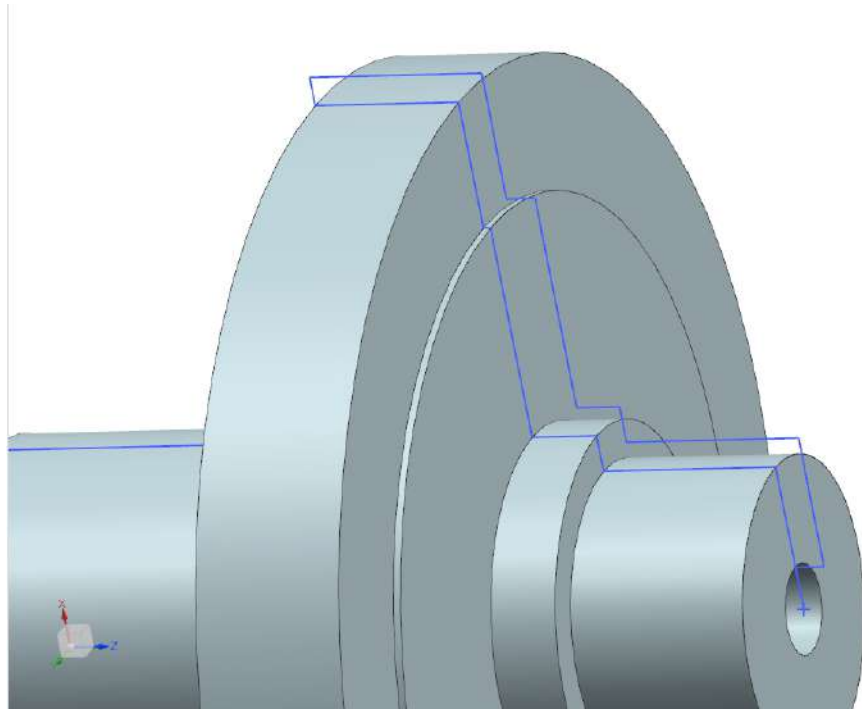


Рисунок 1.12 – Трьовимірний модель операційного ескизу операції №025
Токарна з ЧПК

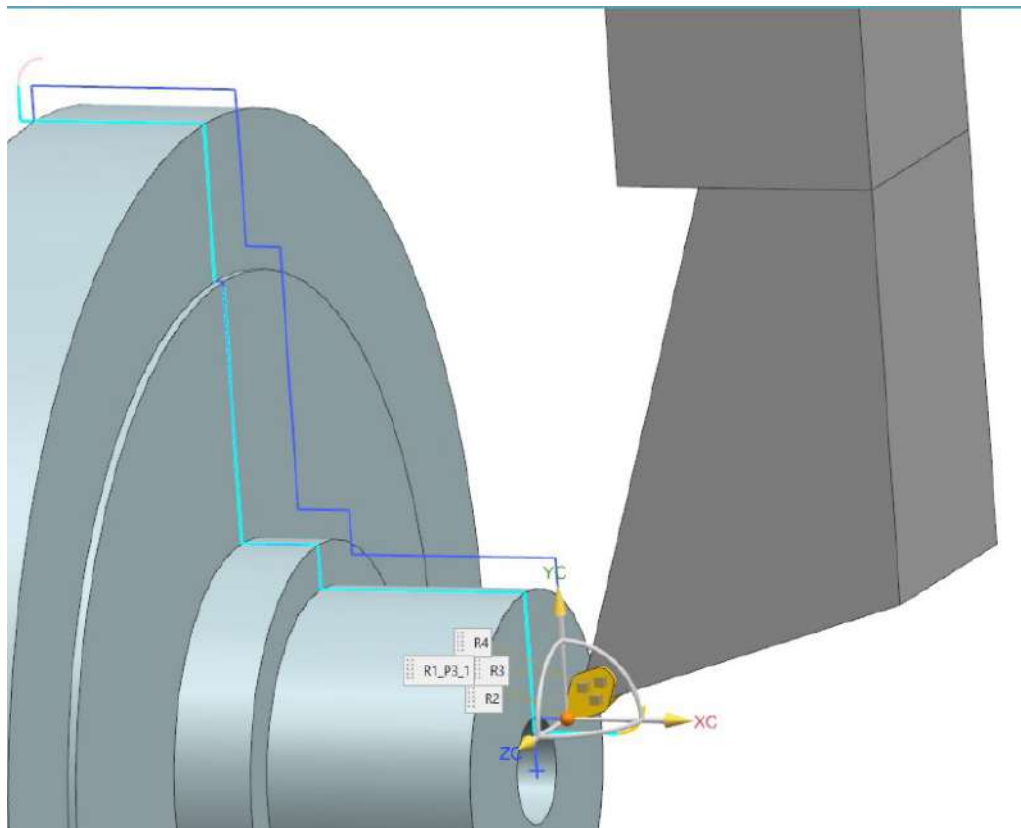


Рисунок 1.13 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

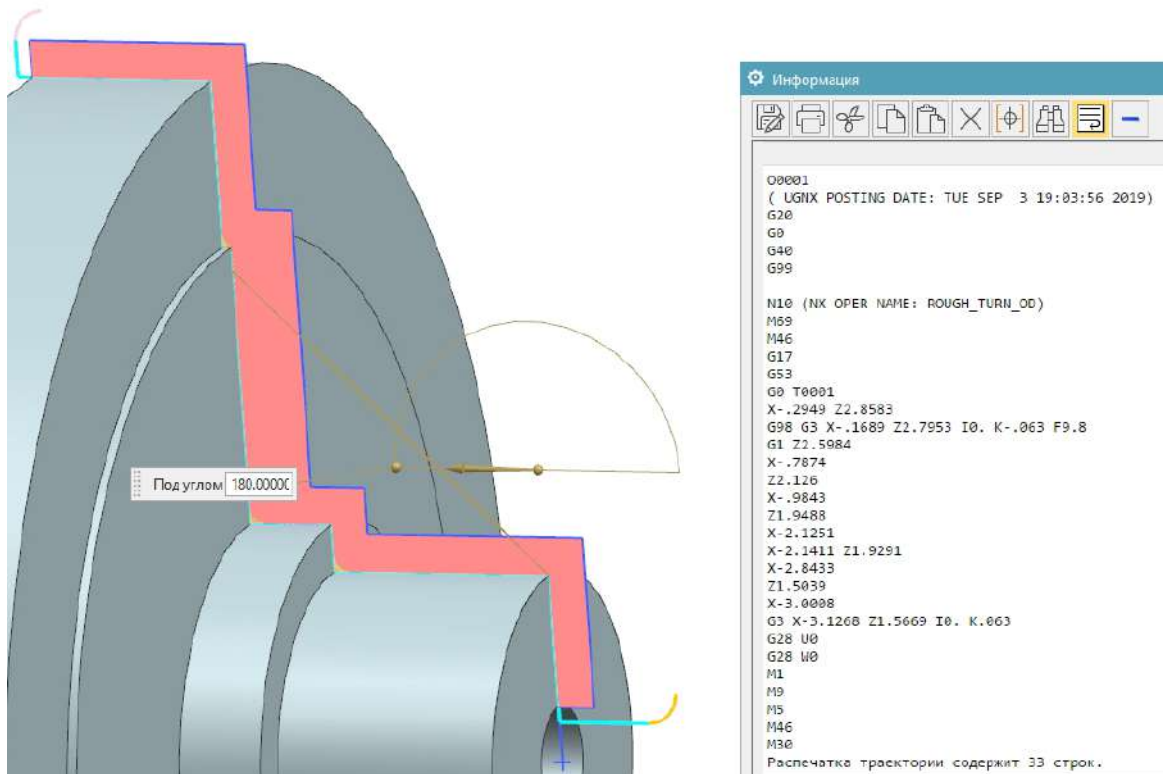


Рисунок 1.14 – Программа обработки в G кодах

1.8.2 Розробка свердильної операції

У технологічному процесі обробки шестерні відцентрового суфлеру немає свердильних операцій, тому розробка відповідної операції у модулі NXCAM виконується для умовної поверхні.

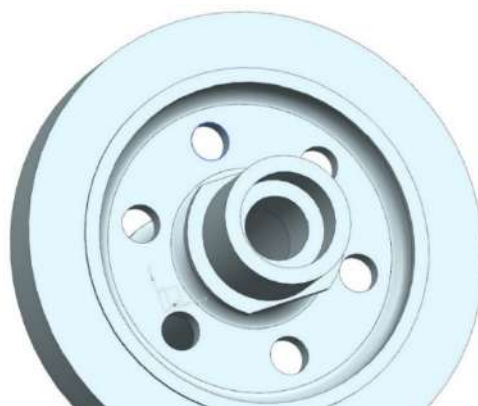


Рисунок 1.15 - Операційний ескіз – свердильна операція

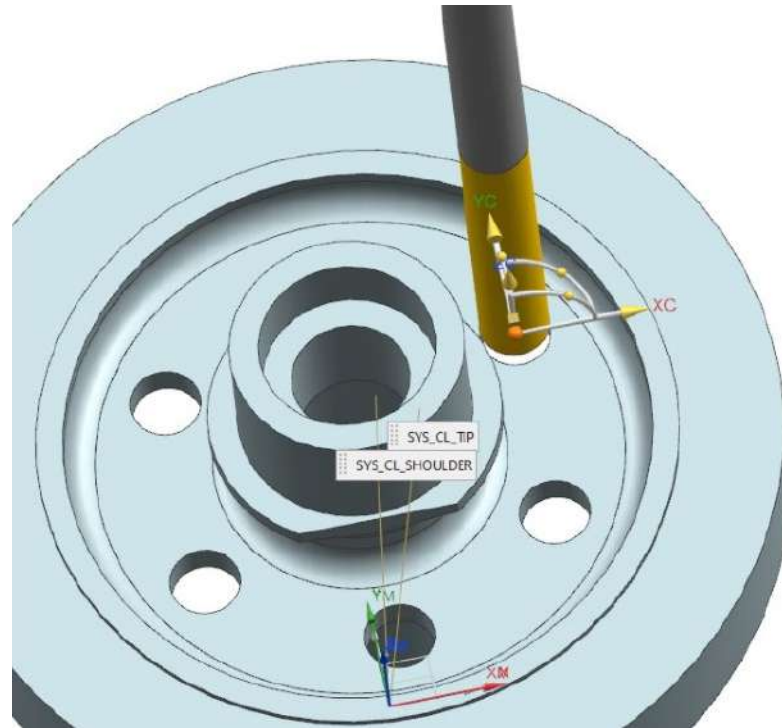


Рисунок 1.16 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

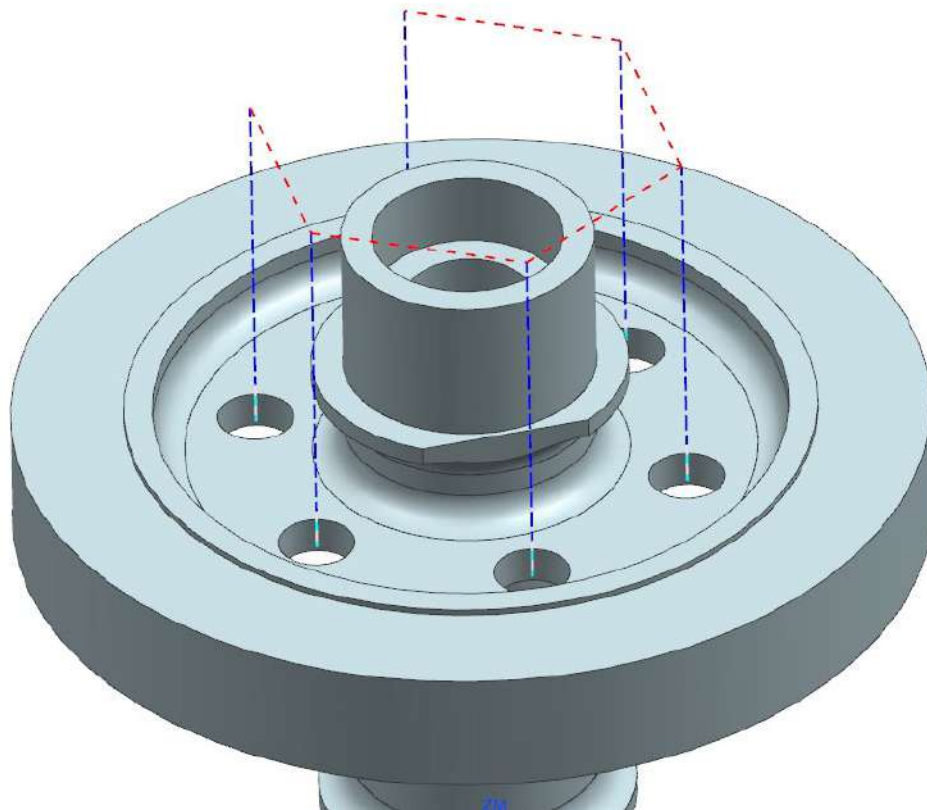


Рисунок 1.17 – Траєкторія обробки

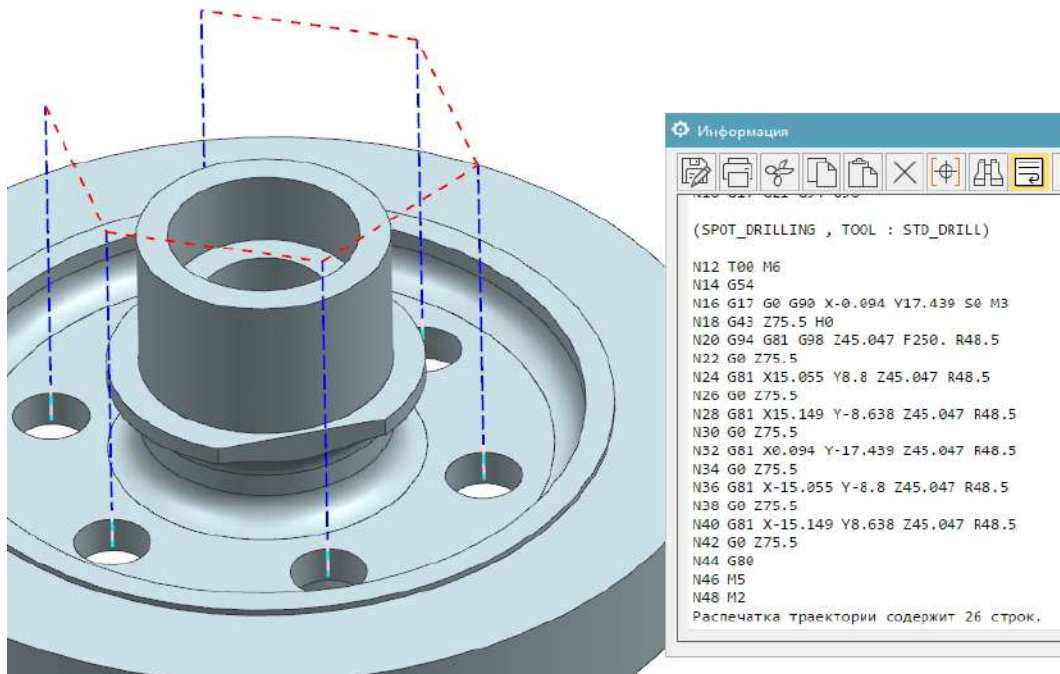


Рисунок 1.18 – Траекторія обробки з програмою в G кодах

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПК (090)

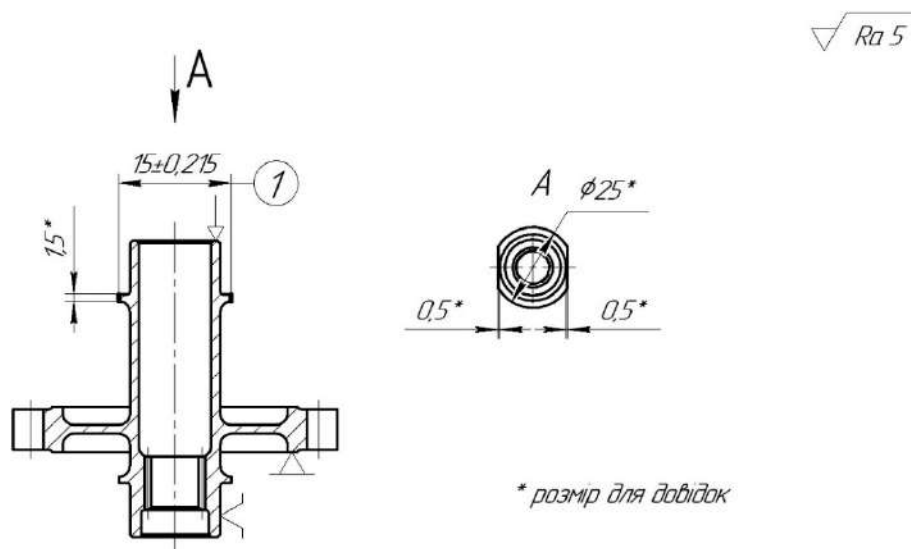


Рисунок 1.19 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Режучий інструмент:

Фреза концева Ø10 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71



Рисунок 1.20 – Трьовимірний модель операційного ескизу операції №090
Фрезерна з ЧПК

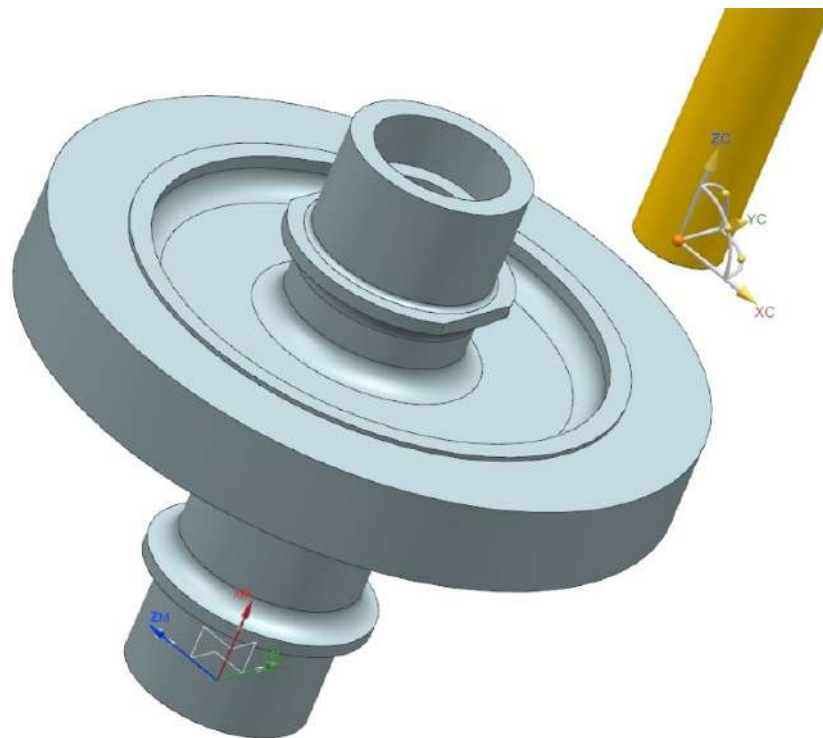


Рисунок 1.21 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

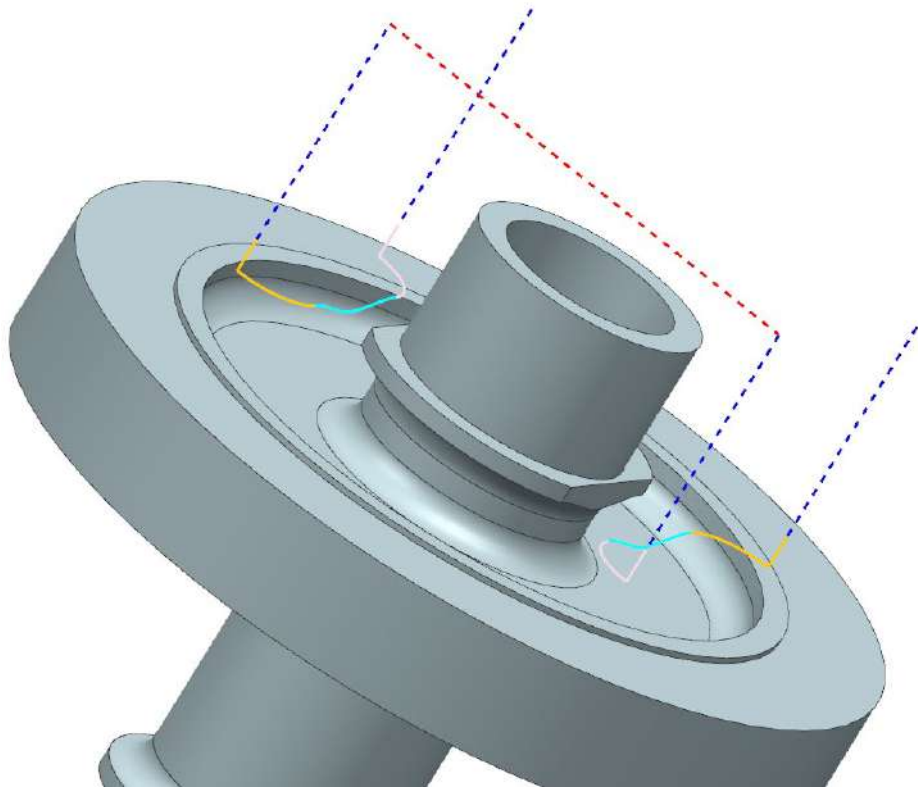


Рисунок 1.22 – Траєкторія обробки на операцію 090 Фрезерна з ЧПК

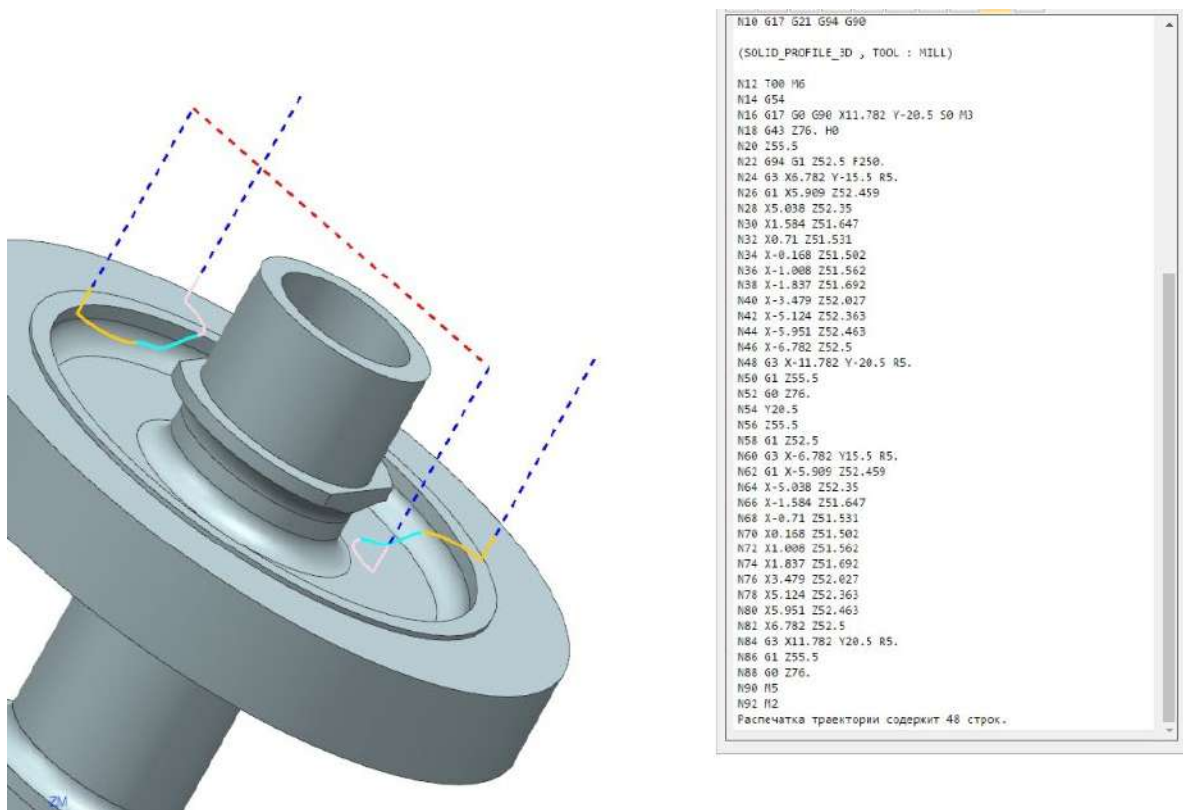


Рисунок 1.23 – Траєкторія обробки з програмою в G кодах

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування фрезерного пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Фрезерне пристосування, показане на рисунку 2.1, використовується для фрезерування лисок на операції 090 Фрезерна з ЧПК. Конструкція пристосування дозволяє використати його при фрезеруванні різних деталей.

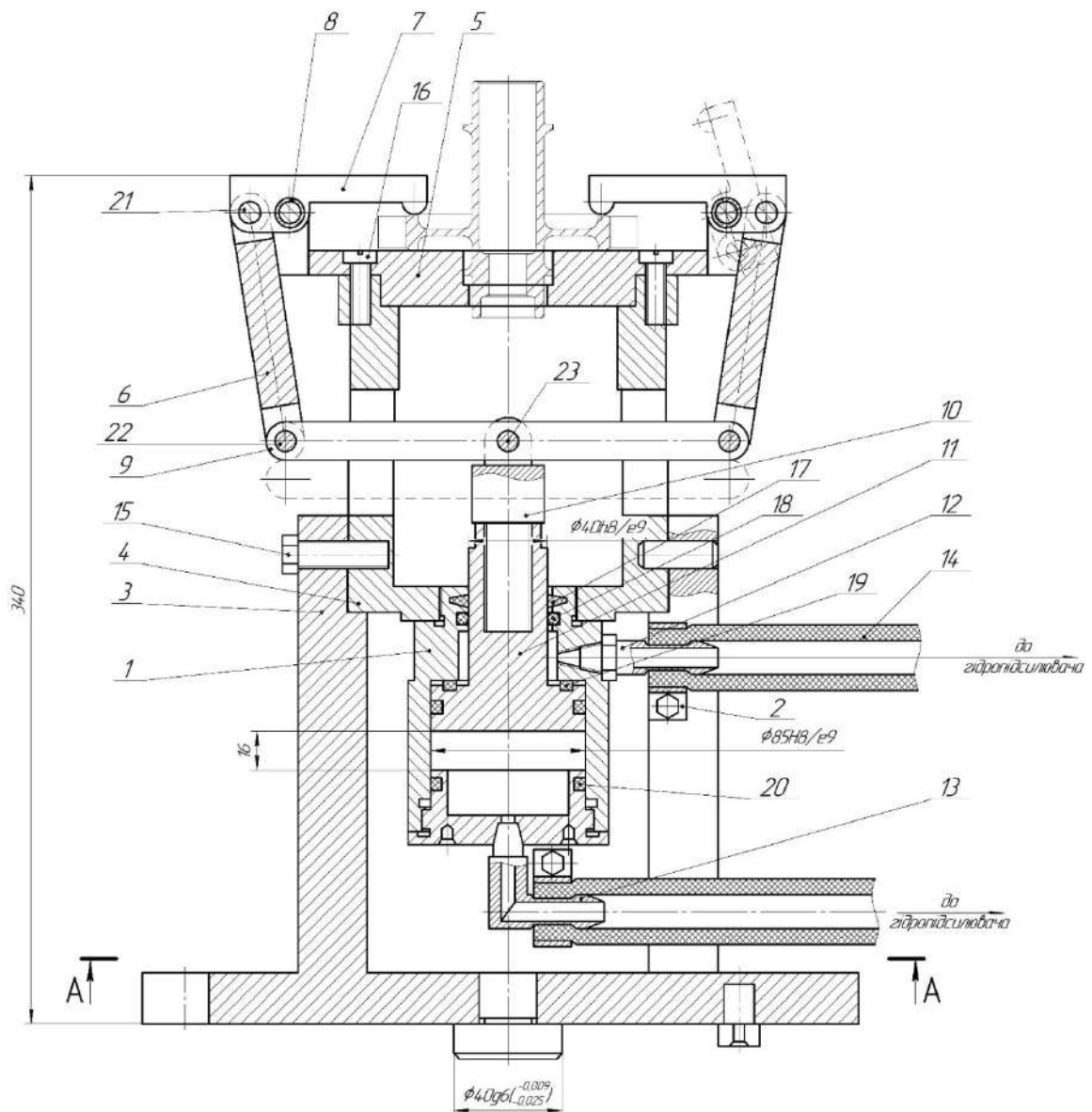


Рисунок 2.1 - Пристосування для фрезерування лисок операція №090

При установці деталі в пристосуванні затискачі 7 підняті, деталь поміщається в порожнину пристосування і базується по $\phi 25$ в планшайбі 5,

який розташований у втулці 4 яка розташована у корпусі 3 на столі верстата. При закріпленні під дією гідроциліндра коромисло 9 разом з плечами 7 переміщається вверх вони діють на затискачі 7, які виконують закріплення.

Оскільки виконується обробка лисок поверхні тіла обертання погрішність базування і погрішність закріплення будуть скалярними величинами, що лежать на одній прямій, і формула визначення погрішності установки ε матиме вигляд:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{зак} \quad (2.1)$$

де ε_{δ} - погрішність базування деталі в пристосуванні
 ε_z - погрішність закріплення робили в пристосуванні.

Погрішністю базування називається різниця граничних відстаней вимірювальної бази відносно встановленого на розмір інструменту. Погрішність базування має місце при не поєднанні вимірювальною і настановною баз заготівлі. В цьому випадку положення вимірювальних баз окремих заготівель в партії буде різним відносно оброблюваній поверхні.

Як погрішність положення, погрішність базування впливає на точність виконання розмірів, на точність взаємного положення поверхонь і не впливає на точність їх форм. Для уніфікації схем установки по усіх операціях технологічного процесу обробки цієї деталі слід витримувати також принцип постійності баз, що має велике значення при обробці на автоматичних лініях.

Погрішність базування рівна

$$\varepsilon_{\delta} = S_{max1} = d_{maxn} - d_{min0} \quad (2.2)$$

де, d_{maxn} - максимальний діаметр базової поверхні заготівлі рівний (25мм).

d_{min0} - мінімальний діаметр поверхні, по якій встановлюється деталь - (24,967мм).

Тоді погрішність базування буде:

$$\varepsilon_{\delta} = S_{max1} = 25 - 24,967 = 0,033\text{мм}$$

Оскільки виконуваний розмір не співпадає з напрямом дії сили затиску, то погрішність закріплення дорівнюватиме нулю.

В результаті погрішність установки :

$$\varepsilon_y = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_{зак} = 0,033 + 0 = 0,033 \text{ мм}$$

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Операція виконується на фрезерному верстаті. Точність обробки залежить від точності позиціонування різального інструменту відносно оброблюваної поверхні, наявності люфтів в механічних передачах верстата.

Робоче пристосування має базуючу поверхню 25 мм (рисунок 2.2).

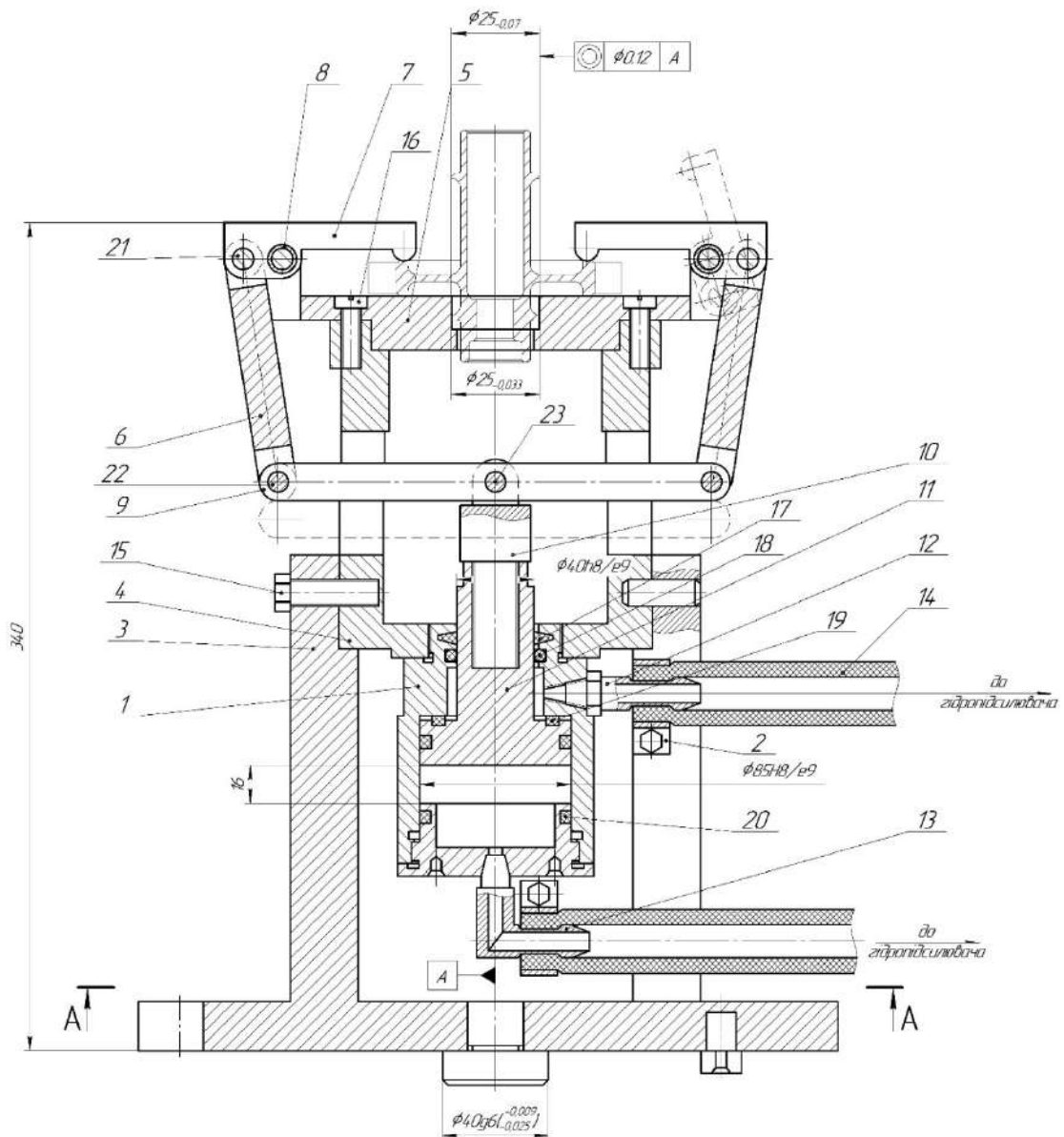


Рисунок 2.3 – Схема для розрахунку на точність пристосування

Розрахунок на точність пристосування зводиться до визначення допуску на палець, по якому пристосування встановлюється на робочому столі верстата, забезпечуючи позиційний допуск відхилення осі розміру $\varnothing 25$ відносно пальця 25.

Для визначення допуску на палець, по якому пристосування встановлюється на робочому столі пристосування, визначимо $T_{обр}$ - позиційний допуск в діаметральному вираженні дорівнює 0,13 мм.

Погрішність базування рівна

$$\varepsilon_{\delta} = S_{max1} = d_{maxn} - d_{min0} \quad (2.3)$$

де, d_{maxn} - максимальний діаметр базової поверхні заготовлі дорівнює $\varnothing 25$ мм.

d_{minn} - мінімальний діаметр поверхні, по якій встановлюється деталь $\varnothing 24,967$ мм.

Тоді погрішність базування буде:

$$\varepsilon_{\delta} = S_{max1} = 25 - 24,967 = 0,033 \text{ мм}$$

де, $\varepsilon_3 = 0$ оскільки сила напрям сили затиску розміру, що перпендикулярно вивчається.

$\omega = 0,07$ мм - середня економічна точність обробки на цю операцію.

У зв'язку з недостатністю довідкових даних прирівняємо середню економічну точність обробки середньої економічної точності обробці в кондукторіві (10. таб. 5.3, стор. 64).

$$k_1 = 0,8;$$

$$k_2 = 0,65;$$

$$k_p = 1,0;$$

Тоді

$$S_{max} \leq 0,13 - 1 \times \sqrt{(0,8 \times 0,033)^2 + 0 + (0,65 \times 0,07)^2} = 0,078 \text{ мм}$$

Такий проміжок забезпечить посадка H7/g6 між пальцем пристосування і отвором робочого столу верстата.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

На відміну від звичайних випадків розрахунку сил закріплення, коли застосовується принцип не передачі сил різання на затискні пристрої, конструкція пристосування передбачає розподіл сил закріплення заготовлі між опорною і затискною поверхнею пристосування.

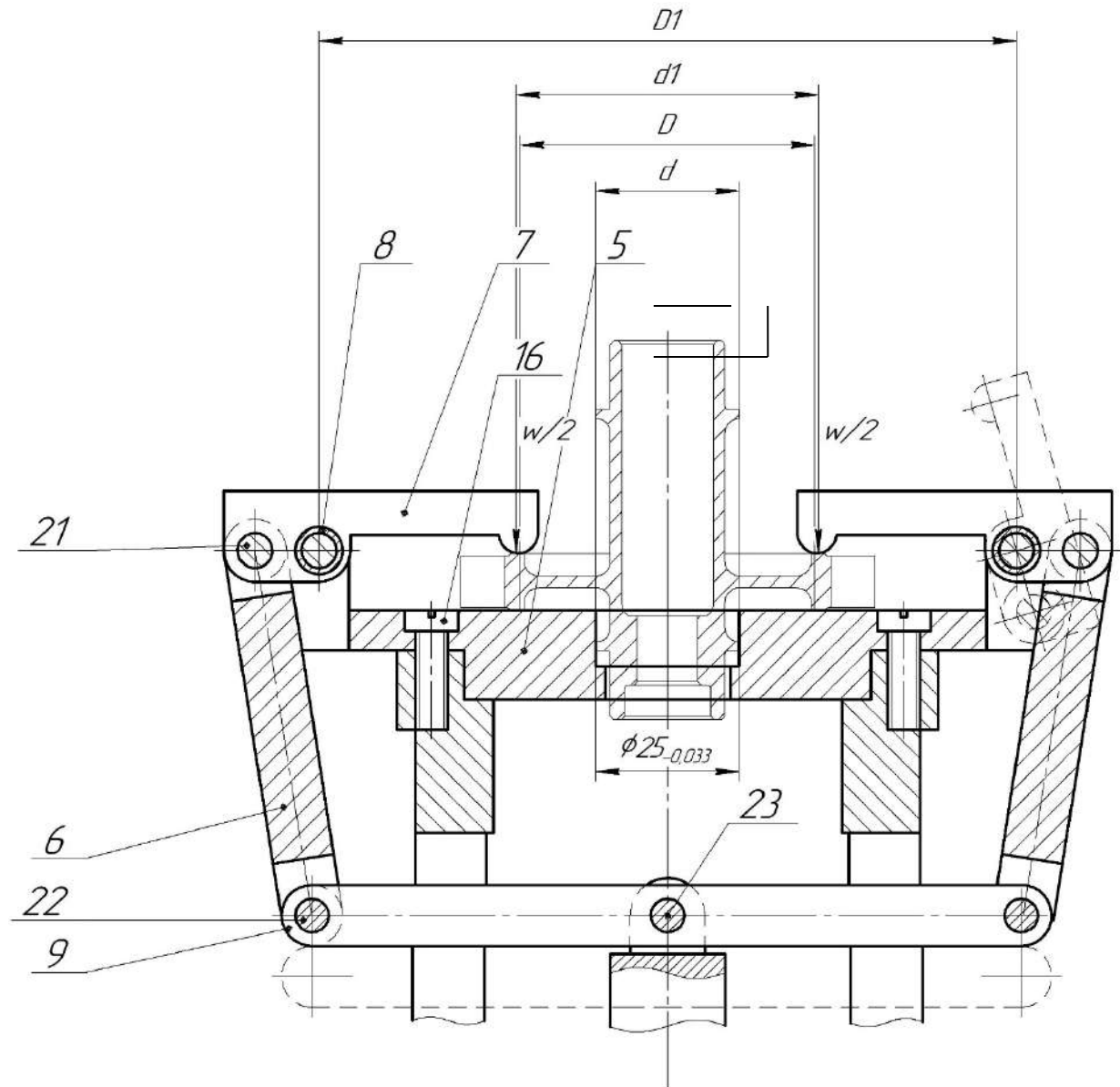


Рисунок 2.3 – Схема для визначення зусилля закріплення у фрезерному пристосуванні

Виходячи, з умови рівноваги, розрахунок необхідного зусилля затиску розраховуємо по формулі(2.5) :

$$W = \frac{k \times 3 \times M_p}{f \times \left(\frac{(D^3 - d^3)}{(D^2 - d^2)} \right)} \quad (2.4)$$

де D, d - зовнішній і внутрішній опорні діаметри деталі, D=118мм, d=94мм;

f - коефіцієнт тертя, f=0,16;

до k - коефіцієнт запасу закріплення

$$k = k_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \times k_6 \quad (2.5)$$

де, k₀ - гарантований коефіцієнт запасу при усіх випадках обробки k₀=1,85(6, с.117 т11);

k₁ - враховує зміна сил різання в процесі обробки із-за нерівномірності допусків на заготовлі k₁=1,2(6, с.117 т11);

k₂ - коефіцієнт залежний від виду оброблюваного матеріалу і неравномерного зносу різального інструменту, k₂=1,7(6, с.117 т11);

k₃ - коефіцієнт враховує переривчасте фрезерування k₃=1,0(6, с.117 т11);

k₄ - характеризує затискний пристрій з точки зору постійності затиску k₄=1,0(6, с.117 т11);

k₅ - коефіцієнт який враховують при ручних пристосуваннях;

k₆ - коефіцієнт враховує наявність моментів що намагаються повернути заготовлю встановлену плоскою поверхнею на постійні опори k₆=1,5(6, с.117 т11);

$$k = 1,85 \times 1,2 \times 1,7 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 = 5,66$$

M - момент різання

$$M = P \times r \quad (2.6)$$

де P - сила різання P=1000 Н;

r - плече дії сили, r=0,59мм.

$$M = 1000 \times 0,059 = 59 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$W = \frac{5,66 \times 3 \times 59}{0,16 \times \left(\frac{(0,118^3 - 0,094^3)}{(0,118^2 - 0,094^2)} \right)} = 38,5 \text{ КН}$$

Робимо перевірочний розрахунок на міцність навантажених деталей пристосування

Міцність одна з основних вимог що пред'являються до деталей і пристосувань в цілому. У конструкціях пристосувань використовуються деталі, які випробовують різноманітні види навантажень.

У конструкціях пристосувань використовуються деталі, які зазнають різні навантаження (внутрішні, центрувальні, температурні). Напруги, які виникають в деталях називають нормальними, якщо складова напруги σ спрямована в бік по нормалі до площадки, і дотичними, якщо складові напруги τ діють в площині майданчики.

Нормальні напруження вважаються позитивними, якщо вони розтягують. Дотичні напруження знака не мають.

В пристосуванні слабкою ланкою є різьблення на штоке гідроциліндра. Зробимо розрахунок різьби на зріз і зминання.

Визначаємо величину напруження зрізу в різьбі тяги за формулою:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{\pi \times d_1 \times k \times H \times k_m} \quad (2.7)$$

де P – сила, діюча на витки різі, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різі, м;

$k=0.87$ – коефіцієнт повноти різі;

H – довжина різі в проушині, м;

$k_m=0.75$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження за витками різі, з врахуванням пластичної деформації.

$$\tau_{cp} = \frac{230,3}{3,14 \times 36 \times 10^{-3} \times 0,87 \times 23 \times 10^{-3} \times 0,75} = 0,14 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зрізу для данного матеріалу дорівнює $[\tau]_{cp}=150 \text{ МПа}$.

Відповідно: $\tau_{cp} < [\tau]_{cp}$.

Розрахунок різі на змін'яття виконуємо за формулою:

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \times P}{\pi \times (d^2 - d_1^2) \times k_m \times z} \quad (2.8)$$

де d – зовнішній діаметр різі, м;

z – кількість витків на довжині звинчування ($z=18$).

$$\sigma_{см} = \frac{4 \times 230,3}{3,14 \times (0,04^2 - 0,036^2) \times 0,75 \times 18} = 715 \text{кПа}$$

Допустиме напруження смяття для матеріалу тяги дорівнює $[\sigma]_{см}=282 \text{МПа}$. Відповідно: $\sigma_{см} < [\sigma]_{см}$.

За результатами розрахунків робимо висновок – різь тяги витримає навантаження, що виникають при роботі пристосування.

Розрахуємо параметри пристосування. Пристосування гідравлічного типу (гідроциліндр). Діаметр цього гідроциліндра розраховується по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times \rho \times \eta_{гид}}} \quad (2.7)$$

де – ККД гідроциліндра 0,9 МПа;

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 38500}{3,14 \times 80 \times 10^5 \times 0,9}} = 0,082 \text{м}$$

Із стандартного ряду приймаємо 85мм.

Діаметр на штоку розраховуємо по формулі:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times \alpha \times Q}{\pi \times [\sigma_p]}} \quad (2.8)$$

де α - коефіцієнт $\alpha=2,25$;

$[\sigma_p]$ - допустима межа міцності на розтягування, $[\sigma_y]=70 \text{МПа}$;

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \times 2,25 \times 38500}{3,14 \times 70 \times 10^6}} = 0,039 \text{м} = 40 \text{мм}$$

В результаті вибираємо гідроциліндр - ГЦ 85.50×90.55(59)

2.2 Проектування контрольного пристосування

Технічний контроль - це важлива частина системи управління якістю продукції на машинобудівних підприємствах, вимоги до якості і надійності продукції повели за собою зростання витрат на технологічний контроль, наприклад, при виготовленні деталей авіаційних двигунів трудомісткість контролю складає близько 35% трудомісткості їх механічної обробки.

У зв'язку з цим необхідно удосконалювати методи контролю. Пропонується поліпшити контрольне пристосування для контролю профілю хвостовика ялинкового типу по роликах.

Для виміру биття зубів встановлюємо деталь в два рухливі центри. Центру на пристосуванні рухаються по "Т"-образному пазу таким чином, що їх переміщення у вертикальному положенні виключено. Один з центрів, після установки деталі підтискається гвинтом для жорсткішого закріплення.

Вимір биття зубчастого вінця здійснюється за допомогою індикаторного годинника з ціною ділення 0,01мм.

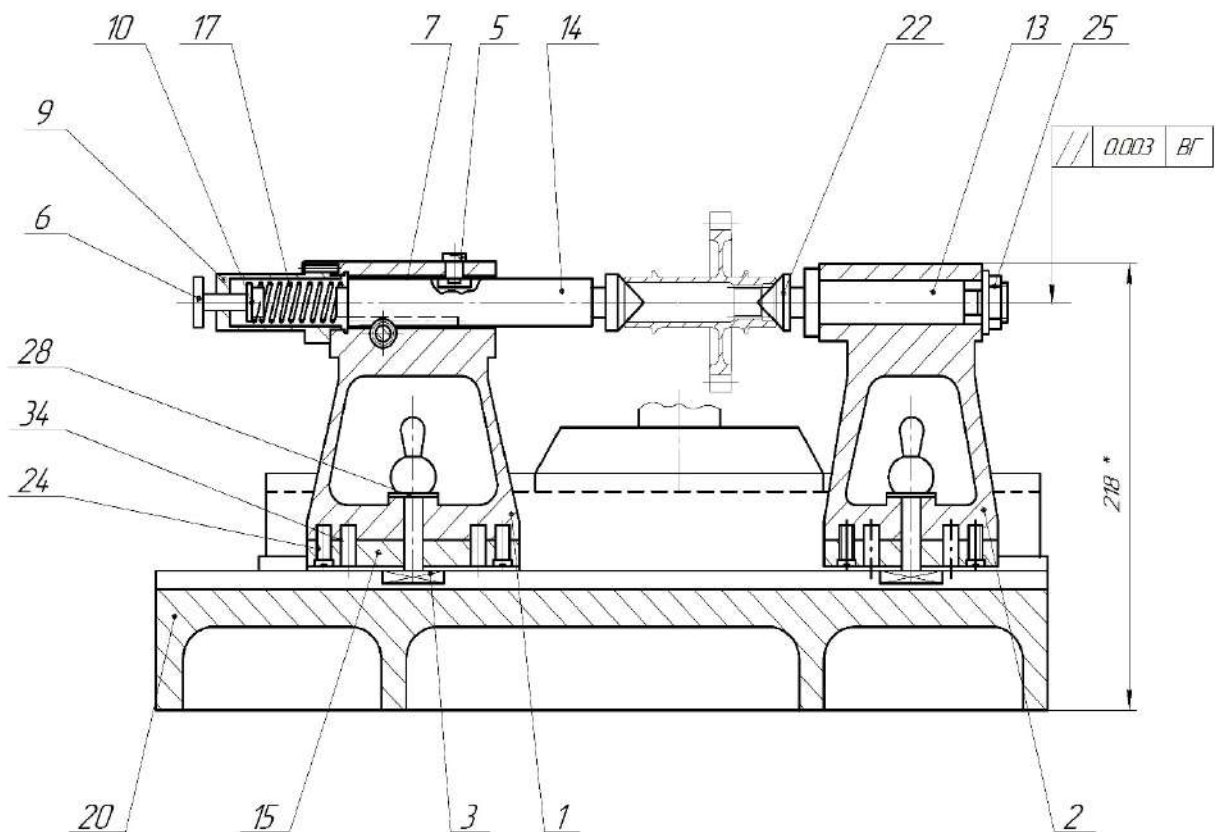


Рисунок 2.3 - Ескіз контрольного пристосування

Фактична сумарна похибка:

$$\varepsilon_{\text{кин}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_\vartheta + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_t + \Delta_{\text{yc}}, \quad (2.9)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{np}}^2} = \sqrt{0,5^2 + 2^2} = 2,06, \quad (2.10)$$

де $\varepsilon_3=0$ - похибка закріплення, оскільки настроювальна і вимірювальна бази співпадають, то похибка закріплення дорівнює нулю.

ε_δ - похибка базування - частина похибки установки, що є неспівпаданням вимірювальної і настроювальних баз, знаходимо з пропорції:

$$\frac{0,005}{100} = \frac{\varepsilon_\delta}{10} \rightarrow \varepsilon_\delta = 0,0005\text{мм} = 0,5\text{мкм}$$

$\Delta_p=0$ – похибка передатного пристрою, оскільки воно відсутнє, то вона дорівнює нулю.

$\Delta_\vartheta = 0$ - похибка виготовлення еталонної деталі.

$\Delta_{\text{ин}} = 0,001\text{мм} = 1\text{мкм}$ - похибка вибраного засобу виміру.

Δ_{yc} - похибка, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації.

Δ_t - похибка, викликана зміною температури довкілля

ε_{np} - неточність виготовлення елементів пристосування

$$\Delta_{\text{yc}} = 0,43\kappa \sqrt[3]{\frac{P_{\text{yc}}^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81^3 \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,32\text{мкм}$$

$$\Delta_t = \alpha l(t_1 - t_2)$$

$$\varepsilon_{\text{np}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{np}1}^2 + \varepsilon_{\text{np}2}^2} = \sqrt{2^2 + 0} = 2\text{мкм}$$

$$\Delta_t = 2\text{мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{кин}} = 2,06 + 2 + 2 + 0,32 = 0,00638\text{мкм}$$

$$\varepsilon_{\text{кин}} \leq \frac{1}{3}T_d$$

$$0,00638 \leq 0,00670$$

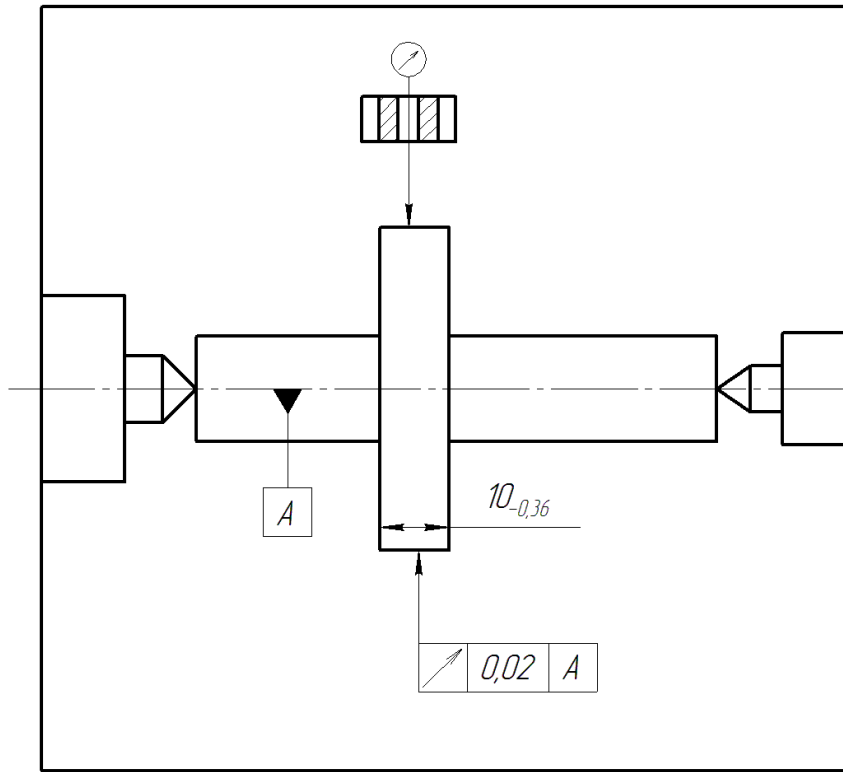


Рисунок 2.4 – Схема для визначення похибки виготовлення елементів пристосування

Оскільки сумарна похибка контрольно-вимірювального пристосування (КІП) не перевищує $1/3$ допустиме биття, означає застосована схема установки і експлуатації КІП нас цілком влаштовує.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автоматизація контролю параметрів зубчатих коліс та передач

У більшості сучасних виробів, що випускаються підприємствами машинобудування і приладобудування, використовуються зубчасті передачі, які в конструктивному, технологічному і метрологічному відношенні є одними з найбільш складних елементів машин і механізмів. Зростання вимог до якості зубчастих коліс і передач призводить до безперервного вдосконалення і ускладнення методів їх проектування, технологій виготовлення, засобів і методів контролю. При контролі зубчастих коліс, окрім універсальних і спеціальних засобів виміру типових геометричних параметрів (розмірів елементів: діаметру і відхилення від циліндричності базового отвору, шийок під підшипники валу-шестерні; відстаней між торцями; відхилень від перпендикулярності або паралельності і так далі), застосовують велике число спеціалізованих приладів контролю параметрів, що характеризують експлуатаційні показники зубчастого колеса або зачеплення [26]. На підприємствах машинобудування і приладобудування сьогодні застосовується широка номенклатура засобів виміру геометричних параметрів зубчастих коліс. Це в основному ручні не автоматизовані прилади традиційної конструкції, випущені в 60-80-х рр. минулого століття. Ці прилади морально застаріли і в результаті тривалої експлуатації втратили свої точнісні характеристики. Враховуючи деякий здоровий «консерватизм», властивий більшості працівників метрологічних і технологічних підрозділів підприємств, заводи ті, що займаються виробництвом вимірювальної апаратури продовжують випускати з невеликою переробкою конструкції під своєю торговою маркою більшість моделей зубовимірювальних приладів традиційної номенклатури (биттямір Б-10М, міжцентроміри МЦ-160, МЦ-400, кінематомір 5094). Але великою проблемою є низький рівень автоматизації і вузька спеціалізація цих приладів, тобто для кожного контрольованого параметра необхідно застосовувати свій засіб виміру [27]. Це незручно і споживачеві (необхідно мати повний комплект різноманітних приладів) і виробникові (широка номенклатура конструкцій приладів, що випускаються неритмічно і одиничними екземплярами).

Аналіз сучасних тенденцій розвитку машинобудівного комплексу показав, що забезпечення якості продукції, що випускається, в сучасному багатноменклатурному виробництві неможливе без гнучких систем автоматизованого контролю. Установка замість індикатора годинного типу цифрової вимірювальної голівки (рис. 3.1) з дротяним або безпровідним інтерфейсним з'єднанням з комп'ютером, оснащеним спеціальним ПО,

забезпечує автоматизацію процесів отримання, обробки і аналізу вимірювальної інформації (рис. 3.2) при проведенні двопрофільного контролю параметрів зубчастого колеса на міжцентромірі.



Рисунок 3.1 – Установка цифрової вимірювальної голівки Sylvac з дротяним інтерфейсним з'єднанням з комп'ютером на міжцентромірі



Рисунок 3.2 – Графічна інтерпретація результатів автоматизованого контролю на міжцентромірі

При цьому усі основні дії (управління процесом виміру, переміщення вузлів приладу, обертання зубчастих коліс) в ручному режимі здійснює

контролер. Для виміру кінематичної погрішності колеса і передачі в автоматичному циклі приладів додатково оснащується електромеханічними приводами, двома круговими і одним лінійним вимірювальним перетворювачем (енкодером), контролером і комп'ютером з новою версією ПО. Окрім виконання процесів комплексного двопрофільного контролю, ці пристрої можуть забезпечити режим однопрофільного контролю кінематичної погрішності, об'єднавши можливості міжцентроміра і кінематоміра.

Проте найбільший ефект слід чекати від впровадження на російських підприємствах нових методів і засобів контролю, у тому числі координатних вимірювальних машин (КИМ), приладів і систем (КИС) різних компоновань і типорозмірів. Покладений в основу роботи координатний метод виміру є найбільш універсальним і може успішно застосовуватися для автоматизованого контролю широкої номенклатури прецизійних деталей і інструментів (у тому числі зубчастих коліс, черв'ячних фрез, долб'яків і інших інструментів для зубообробки).

Принципова основа координатного методу виміру полягає в тому, що будь-яку поверхню або профіль можна представити тій, що складається з нескінченного числа окремих точок, і якщо відоме положення в просторі якогось обмеженого числа цих точок (масив точок), тобто за допомогою прецизійного координатно-вимірювального устаткування визначені їх координати, то по відповідних формулах (алгоритмам) можна розрахувати розміри цих поверхонь (профілів) і відхилення форми, а також визначити розташування поверхонь (профілів) в просторі і між собою (координатні розміри і відхилення розташування) [28].

На стадіях проектування, виготовлення і випробувань нових приладів проводяться дослідницькі роботи і виконуються заходи для зниження нормованої погрішності координатних вимірів. Для проведення попереднього аналізу кінематики приладів, особливостей закріплення різних конструкцій і типорозмірів вимірюваних деталей виконують комп'ютерне моделювання нових варіантів структур і компоновань вимірювальних систем (рис. 3.3). Широко використовуються принципи наскрізного комп'ютерного проектування (CALS технології). Скорочення часу розробки і зниження собівартості виготовлення нових вимірювальних приладів досягається за рахунок забезпечення модульності конструкцій механічних вузлів, електронних блоків і програмного забезпечення. Уніфікація модулів дозволяє отримати широку гамму вимірювальних приладів і систем різного призначення і компоновання з обмеженого числа функціональних модулів і вузлів. Заміна механічних модулів мехатроніками дозволяє значно скоротити довжину кінематичних, функціональних і розмірних ланцюгів, підвищити

точність і міру автоматизації процесів контролю.

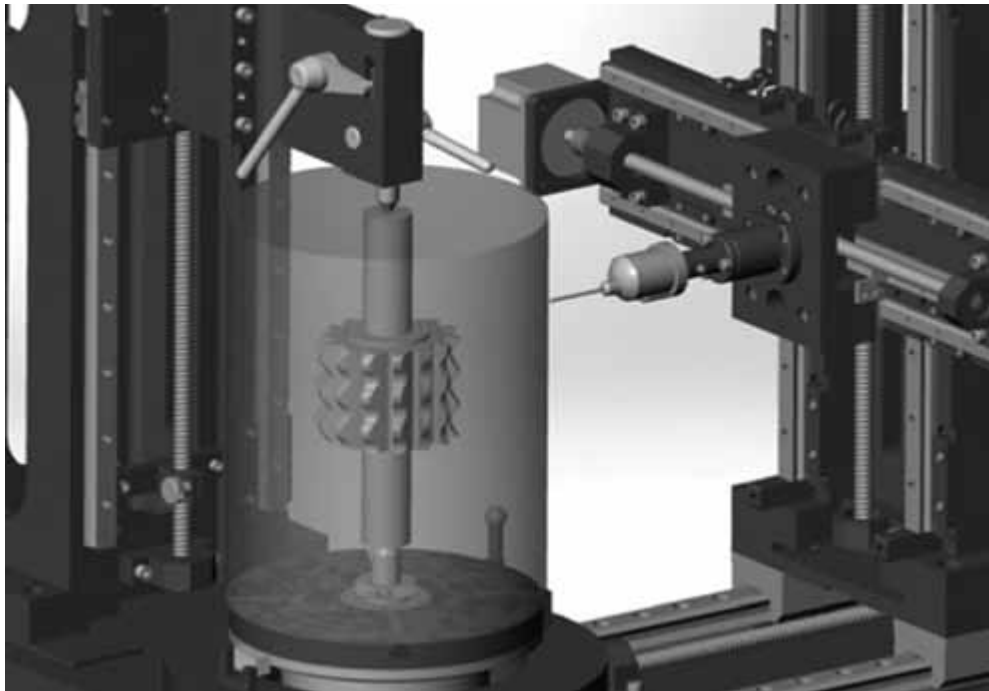


Рисунок 3.3 - Комп'ютерне моделювання нових варіантів структур і компоновань вимірювальних систем

Трьохкоординатна багатофункціональна вимірювальна система НПК-484 (для контролю параметрів зубчастих коліс). Управління системою, переміщення вузлів здійснює оператор, знімання вимірювальної інформації, розрахунки, оформлення протоколів автоматизовані за рахунок використання спеціального ПО. Для реалізації повністю автоматизованого циклу координатних вимірів високоточних деталей і інструментів із складнопрофільними поверхнями, виготовлені декілька прототипів нової чотирьохкоординатної вимірювальної системи з комп'ютерним.

Залежно від вимог по контролю профілю зубів використовуються типові функціональні модулі, вузли і електронні блоки власної розробки, що комплектують провідних світових виробників (енкодери і вимірювальні голівки Renishaw, приводу і контролери Siemens, Bosch Rexroth, лінійні напрямні і підшипники INA та ін.). Компоновання чотирьохкоординатних КІС з вертикальною віссю обертання забезпечує виконання автоматизованих циклів контролю геометричних параметрів насадних і валкових зубчастих коліс (рис. 3.4), різьбових калібрів, черв'ячних фрез і інших високоточних деталей, і інструментів із складнопрофільними поверхнями. Окрім стандартних схем установки, за допомогою верхнього і нижнього центру (вали-шестерні, а також насадні деталі і інструменти з використанням

комплекту центрових оправок) передбачена можливість закріплення контрольованих деталей безпосередньо на поворотний стіл або в додатково встановленому патроні.

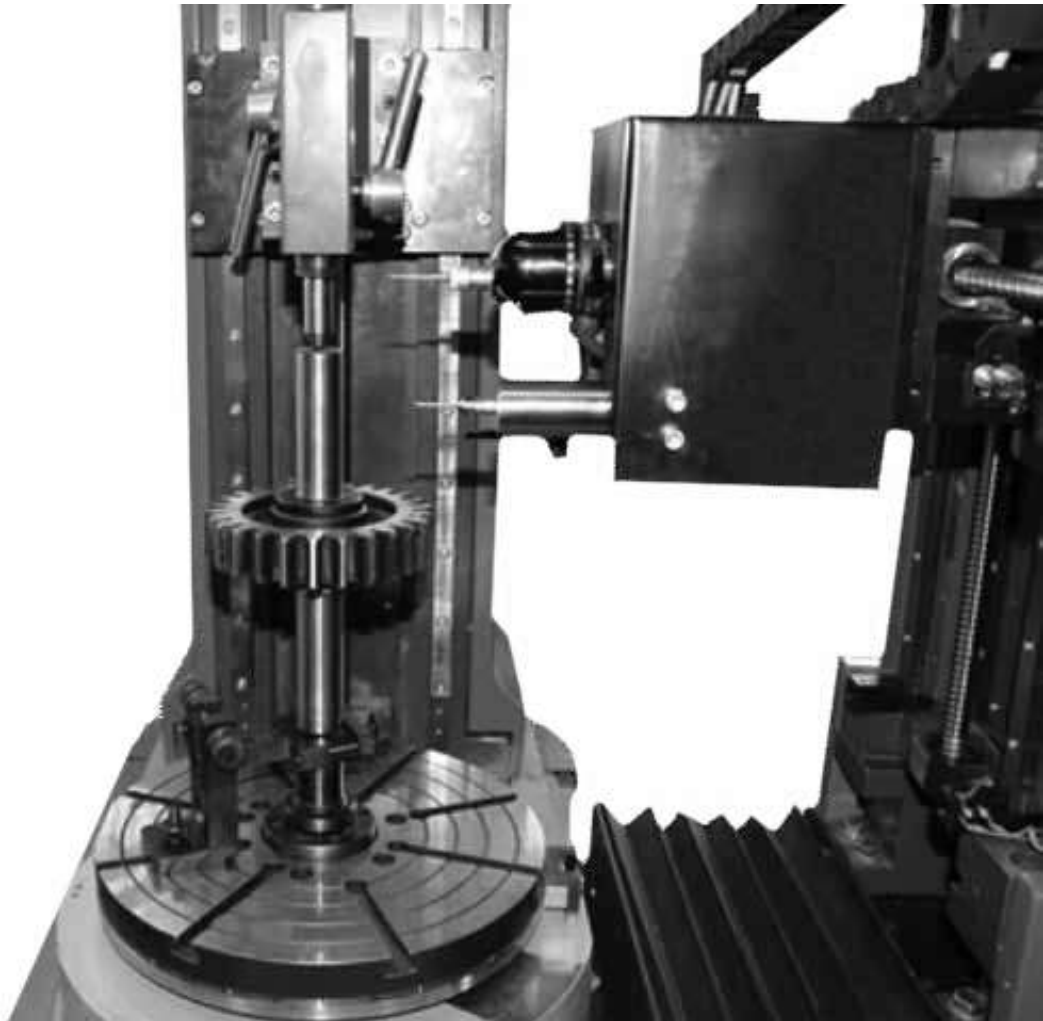


Рисунок 3.4 - Чотирьохкоординатна вимірювальна система

Методика координатних вимірів (МКИ) включає стратегію виміру(число точок, їх розташування на контрольованих поверхнях і послідовність обходу) і розрахункову модель, що математично описує взаємозв'язок координат виміряних точок з визначуваними лінійно-кутовими параметрами. МКИ — це основа ефективного програмного забезпечення (ПО) для координатно-вимірювальної техніки. ПО для координатних вимірів на універсальних КИМ надає користувачеві можливість запрограмувати для контролю однієї і тієї ж деталі або геометричного елементу різні варіанти МКИ. Зокрема, в якості стратегій виміру циліндра можуть бути вибрані траєкторії руху «спіраль», «по перерізах», «по тих, що утворюють» з різною щільністю розташування вимірюваних точок. Аналогічно для інших

геометричних елементів (площина, сфера, конус) також існують різні варіанти стратегій виміру. По координатах вимірних точок, що належать реальним геометричним елементам деталі (первинна інформація про реальну геометрію), розраховується асоційована (числова) модель деталі у вигляді комплексу замінюючих елементів, впорядковано розташованих в узагальненій системі координат. Спеціальне програмне забезпечення надає користувачеві можливість вибору методу математичної апроксимації замінюючих елементів : середньоквадратична, по умові максимуму або мінімуму матеріалу, по методу мінімальної зони, сплайнова [29]. Кожен варіант апроксимації дає різний результат розрахунку дійсних розмірів, відхилень форми і розташування елементів контрольованої деталі. Користувач сам відповідає за правильність вибору МКІ, орієнтуючись на службове призначення деталі. Інший підхід до призначення МКІ склався при координатних вимірах вузької номенклатури типових деталей і інструментів (зубчасті колеса, черв'ячні фрези, долбяки і др.). Для зменшення помилок, виключення неоднозначності і суб'єктивності необхідно гранично обмежити універсальність і забезпечити захист від несанкціонованих змін типової (заданою розробником ПО) методики координатних вимірів [30]. В цьому випадку відповідальність за правильність вибору МКІ і якість її реалізації при програмуванні процесів координатних вимірів зубчастих коліс несе розробник спеціалізованого метрологічного ПО. Великі складнощі при розробці оптимальних МКІ зубчастих коліс виникають у російських фахівців. Це викликано тим, що вітчизняна нормативна науково-технічна документація застаріла і вона не відповідає сучасним рекомендаціям ISO. ГОСТ 1643-81 [31] (поширюється на евольвентные циліндричні зубчасті колеса і зубчасті передачі зовнішнього і внутрішнього зачеплення) не перероблявся вже більше 30 років. Зарубіжна нормативна база постійно оновлюється, в нові редакції стандартів додають опису сучасних засобів і методик вимірів, у тому числі особливості застосування КИМ і КИЦЬ. На пропозиції відмінити ГОСТ 1643-81 і ввести в дію гармонізований з ISO 1328(ч. 1 [32] і 2 [33]) новий стандарт, що виникають періодично, можна обгрунтовано заперечити: 1. Введене в ГОСТ 1643-81 положення про розділення норм точності на чотири групи(норми кінематичної точності, норми плавності, норми контакту і норми сполучення по бічному проміжку) дозволяє з високою ефективністю врахувати умови роботи тієї або іншої передачі. 2. Кожна норма точності зубчастого колеса, а також сполучення по бічному проміжку мають декілька вимірюваних параметрів, які є рівноправними. Норми точності стандарту ГОСТ 1643-81 включають поелементні показники(об'єднані в комплекси) і комплексні показники точності зубчастих коліс і передач. Завод-виготівник може вибирати

вимірювані параметри залежно від умов роботи передачі, їх міри точності, а головне, виходячи з наявних в наявність або існуючих в промисловості засобів контролю. Завжди існує варіант вибору комплексу недорогих засобів виміру.

На відміну від ГОСТ 1643-81 в ISO 1328 (ч. 1 і 2) і національних стандартах більшості інших країн немає ділення на норми точності зубчастих коліс, приведені обов'язкові для контролю поелементні і комплексні параметри і їх міри точність, допуску якої сильно відрізняються від відповідних мір точності ГОСТ 1643-81. Типова стратегія виміру насадних шестерень(рис. 3.5) на чотирьохкоординатній вимірювальній системі(типу НК-483 або НИИК-485) включає математичне базування(визначення системи координат деталі по базових поверхнях) і визначення заданого масиву координат точок на бічних евольвентних поверхнях зубів.

Відповідно до загальноприйнятих рекомендацій([34], [35]) вибираються мінімум чотири зуби(включаючи базовий), які по можливості рівномірно розподілені по колу. На лівій і правій бічній поверхні кожного з вибраних зубів вимірюється масив точок у вигляді «хреста»: відхилення профілю евольвенти контролюється в середньому перерізі, перпендикулярно(уздовж лінії перетину бічної поверхні з розрахунковою поверхнею ділильного циліндра) вимірюється відхилення на пряму контактної лінії зуба.

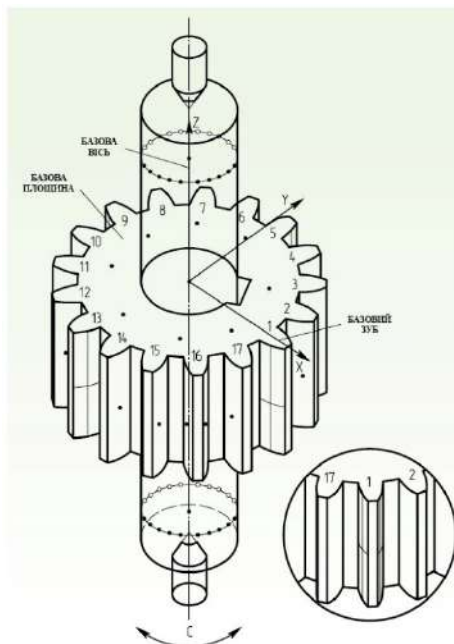


Рисунок 3.5 - Типова стратегія чотирьохкоординатних вимірів базової шестерні

Залежно від типу вимірювальної голівки застосовується стратегія

поточкових вимірів або цикли сканування (рис. 3.6). На правій і лівій бічних сторонах інших зубів вимірюється по одній точці в місці теоретичного перетину центрального перерізу і контактної лінії зуба (рис. 3.5).

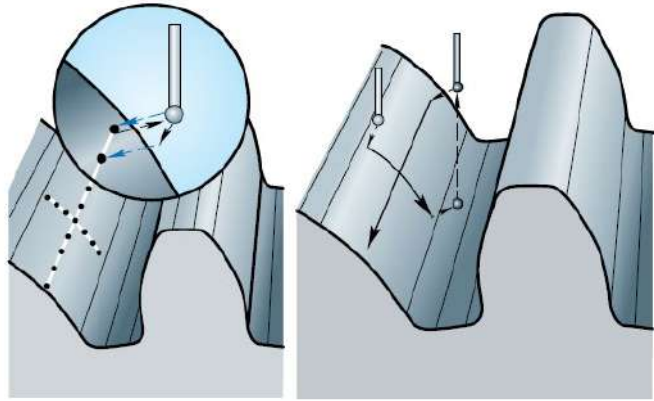


Рисунок 3.6 – Стратегії виміру бічних поверхонь зубів

Розроблена стратегія координатних вимірів забезпечує визначення основних параметрів зубчастого колеса (рис. 3.7). Вимір масиву точок у вигляді «сітки» на правій і лівій поверхні кожного зуба вимагає дуже великих витрат часу. Топографію бічних поверхонь (справа внизу рис. 3.7) зазвичай контролюють при наладці і підналадці прецизійного устаткування для корекції налаштувань елементів технологічної системи.

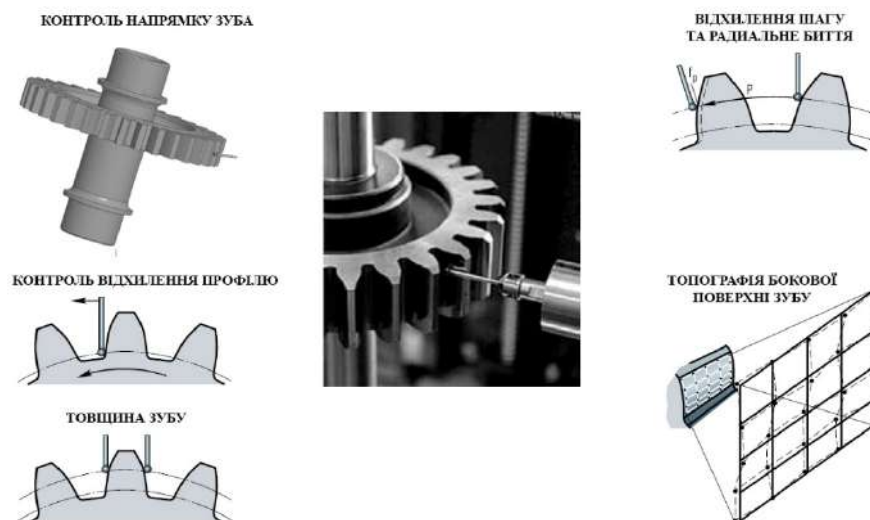


Рисунок 3.7 – Цикли координатних вимірів параметрів циліндричних зубчастих коліс

Типові МКІ окрім стратегій координатних вимірів включають

розроблені розрахункові моделі, що математично описують взаємозв'язок координат виміряних точок з визначуваними геометричними параметрами зубчастих коліс.

Запропонований тип автоматизації дозволить значно підвищити точність контролю параметрів зубчастого колеса рахунок зниження людського чинника.

4 СПЕЦЗАВДАННЯ

Особливості віброабразивної обробки складних поверхонь

У сучасному машинобудуванні все більше застосування знаходять прецизійні вироби і деталі, що мають складну конфігурацію, в той же час великогабаритні і легкодеформуємі. Нині фінішна обробка складнопрофільних поверхонь здійснюється, як правило, вільним абразивом. До найчастіше використовуваним методом обробки вільним абразивом відносяться наступні: галтівка, віброабразивна, турбоабразивна, магнітноабразивна, гідроабразивна обробки, фінішна обробка ущільненим потоком вільного абразиву та ін. В основному ці методи є простими і технологічними і використовуються для обробки широкої номенклатури деталей. За показниками продуктивності і універсальності обробка деталей в середовищі вільних абразивів перевершує більшість традиційних способів з жорстким кінематичним зв'язком в системі СПЗ.

Віброабразивна обробка деталей. Цей метод використовується для обробки деталей широкої номенклатури і розмірів і застосовується для виконання таких операцій, як очищення литих заготовок; видалення облоя; очищення від окалини і корозії заготовок; скруглення і полірування гострих кромки; очищення і обробка поверхні для підготовки її під гальванічні і лакофарбні покриття; поверхневе наклепання; зміна залишкової напруги; обробка деталей після певного періоду їх експлуатації (очищення від нагару і накипу, налиплого ґрунту) [18].

Суть вібраційної обробки полягає в послідовному нанесенні на поверхні оброблюваних деталей великого числа мікроударів гранулами шліфувального матеріалу під дією спрямованих вібрацій, що повідомляються робочій камері [19].

Знімання металу робиться внаслідок механічного або механохімічного диспергування найдрібніших часток металу і його оксидів з оброблюваної поверхні абразивними гранулами.

Схема вібраційної обробки приведена на рис. 4.1, а. Оброблювані деталі 1 завантажують в робочу камеру 2, заповнену шліфувальним матеріалом і встановлену на підставі 3, підвішеному на пружинах 4. Робочій камері повідомляють від вібророзбудника осцилюючі рухи.

Під дією вібрації деталі і шліфувальний матеріал приходять в інтенсивне відносне переміщення, здійснюючи два види рухів : коливання і

повільне обертання масиву завантаження (циркуляційний рух). В процесі обробки деталі переорієнтовувалися і проходять різні зони робочої камери, що забезпечує досить рівномірну обробку усіх поверхонь [20].

До теперішнього часу розроблена і впроваджена безліч різних по конструкції вібраційних верстатів. Найбільш поширений з них представлений на рис. 4.1 [21].

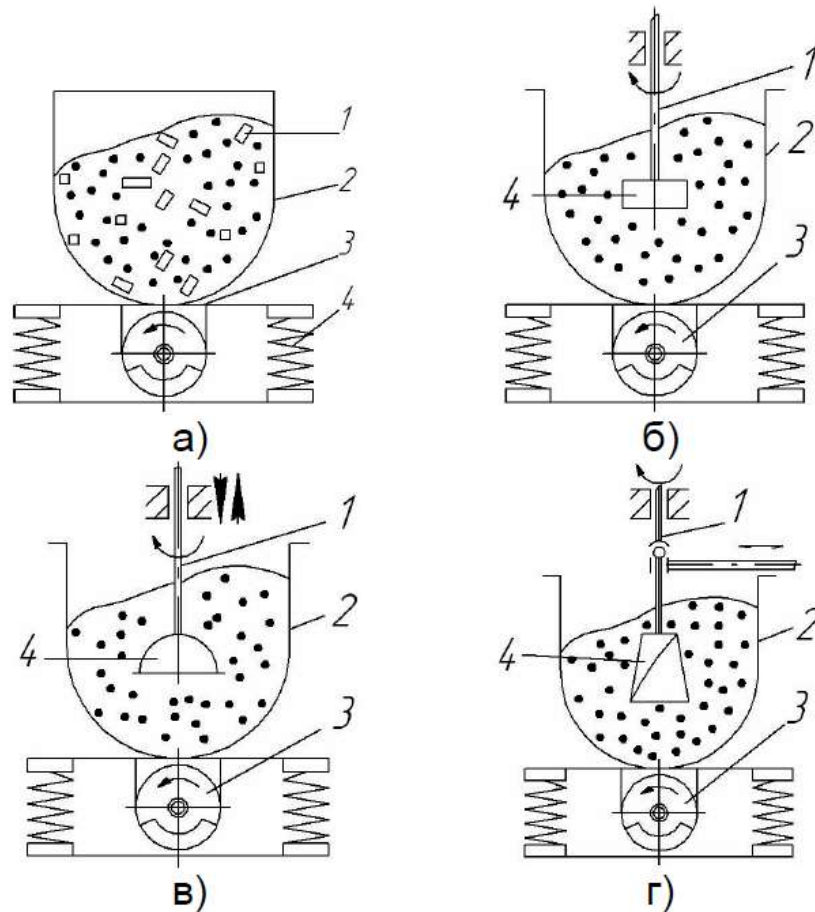


Рисунок 4.1 - Схеми вібраційної обробки деталей : а - обробка деталей «внавал»; б, в, г - шпиндельна віброобробка

В якості робочих середовищ застосовують подрібнені відходи шліфувальних кругів, гальку, дерево або дріб розмірами 3-5 мм [17].

Процес вібраційної обробки деталей, що мають форму тіл обертання (втулок, кілець, зубчастих коліс), здійснюється за допомогою пристосувань.

Деталь закріплюють на шпинделі верстата і повідомляють їй обертання із зануренням в шліфувальний матеріал робочої камери віброустановки. Подібна обробка дістала назву шпиндельної вібраційної обробки. Схеми вказаної обробки представлені на рис. 4.1, би, в, г [15].

У шпинделі верстата закріплюють оправляння 1 з оброблюваними деталями і занурюють в камеру 2, одержуючу вібрації від приводу 3. Оброблюваним деталям 4, встановленим на оправлянні, повідомляють обертання, а на шліфувальний матеріал, що знаходиться в камері, впливають вібраціями. Внаслідок високих відносних швидкостей деталей і шліфувального матеріалу продуктивність шпиндельної віброобробки в 10...15 разів перевищує звичайний процес віброобробки [19].

Одним з різновидів віброабразивної обробки є турбоабразивная обробка. Турбоабразивная обробка є фінішним процесом обробки і дозволяє видаляти задирки, знімати окалину після термообробки, округляти гострі кромки, готувати поверхні деталі під гальванопокриття [22].

Спосіб заснований на використанні техніки псевдозрідження сипких матеріалів і полягає в створенні абразивного киплячого(псевдозрідженого) шару, в який занурюють оброблювану заготовку, задаючи залежно від її форми різні види руху(обертальне, планетарне та ін.) [23].

Киплячий шар створюється таким чином. У ємність 4, дном якої служать газорозподільні ґрати 5, насипають шар шліфувального зерна, потім через розподільні ґрати подають від низу до верху потік повітря (рис. 4.2). Відбувається урівноваження твердих абразивних часток аеродинамічним тиском, при цьому шар набуває властивість рідини, стає в'язким і текучим.

Процес обробки відбувається за рахунок контактної взаємодії абразивних часток з поверхнею металу. Для обробки використовується шліфзерно зернистістю від 16 до 40 або їх суміші [24]. Значне збільшення інтенсивності знімання металу досягнуте шляхом повідомлення заготівлі обертального руху навколо власної осі або планетарного. В цьому випадку знімання металу в 200-300 разів вище, ніж при нерухомій заготівлі. Обробка може здійснюватися при горизонтальному розташуванні шпинделя і односторонньому обертанні деталі (рис. 4.2, а), або при вертикальному положенні шпинделя і реверсивному обертанні деталі (рис. 4.2, б).

Спосіб може успішно застосовуватися при фінішній обробці нежорстких, легкодеформируемых деталей. Проте інтенсивність знімання металу невелика внаслідок малої величини контактного тиску. Обмежена також можливість збільшення швидкості відносного переміщення деталі і абразиву. При збільшенні швидкості переміщення деталі понад 20 м/с відбувається освіта у поверхні деталі пограничного повітряного шару, що перешкоджає зіткненню абразивних зерен з оброблюваною поверхнею. Тому

цей спосіб обробної обробки отримав обмежене застосування при високих вимогах до якості поверхні, особливо загартованих деталей [23].

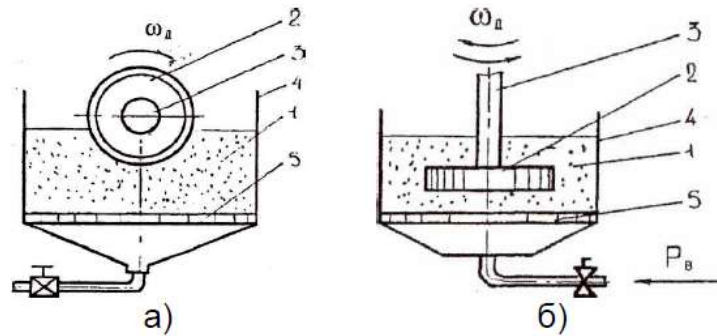


Рисунок 4.2 - Схеми турбоабразивної обробки : а - одностороннє обертання деталі; б - реверсивне обертання деталі

Вплив абразивного середовища на процес обробки. Для якісної обробки складнопрофільних поверхонь дуже важливим є підбір оптимального абразивного середовища. В першу чергу це пов'язано з можливістю обтікання (одночасного контакту) елементами робочого середовища усієї площі оброблюваної деталі. Тому дослідження здійснювалися з використанням різних робітників середовищ, що мають високу абразивну здатність, але що мають в першу чергу різні розміри (рис. 4.3): формокорунд - циліндр $\varnothing 2 \times 5 \dots 8$ мм; формовані гранули Московського абразивного заводу (абразивні зерна електрокорунда на керамічній зв'язці) у вигляді тригранних призм - ПТ-10 (із зернистістю 10...20 і зв'язкою СТ по ТУ 2-036-205-73) з висотою призм 10 мм; шліфзерно (ГОСТ 3647-80); волзький пісок.

Цей вибір обумовлений тим, що різні виробники інструменту і дослідники пропонують обробляти деталі різними по розмірах середовищами, а саме [16] - середовищем, розміри гранул якої соразмеримы з гранулами формокорунда, [21] - з ПТ-10, [25] - з шліфзерном.

При вивченні впливу абразивного середовища на інтенсивність протікання процесу виявилось, що обробка деталей у волзькому піску неефективна, і подальші дослідження по можливості його використання були припинені. В той же час, незважаючи на значну масу одиничної гранули ПТ-10, в порівнянні з формокорундом і шліфзерном, обробка не показала себе належним чином.

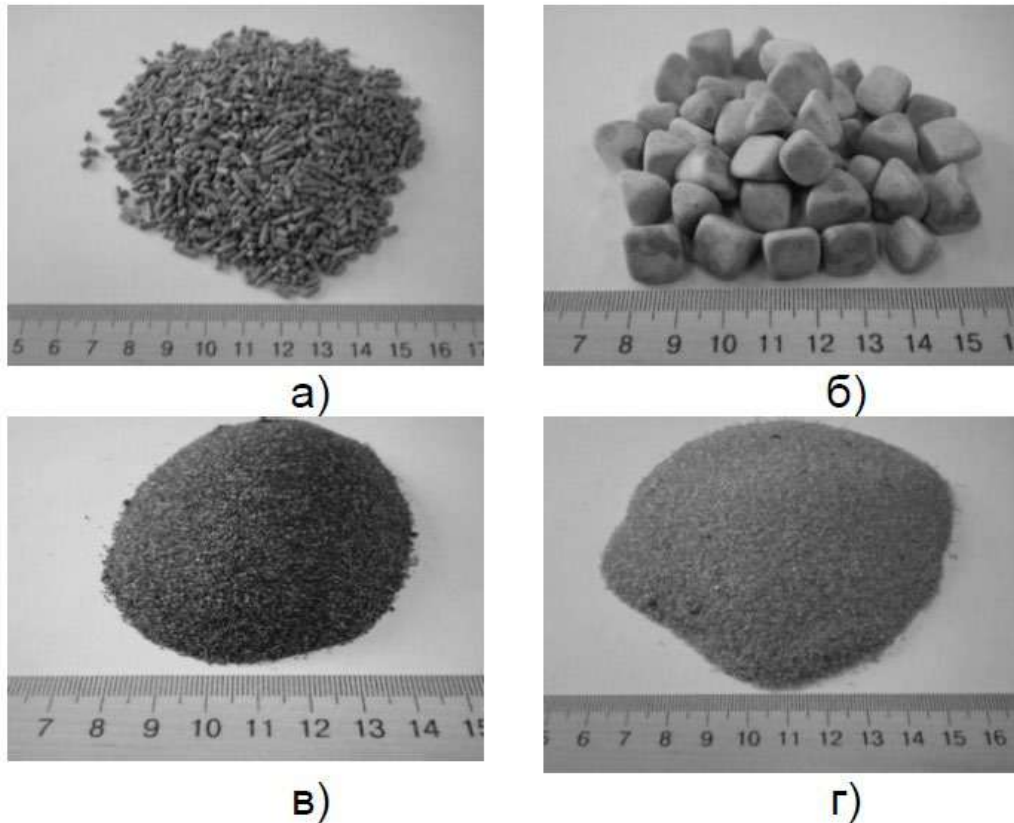


Рисунок 4.3 - Робочі середовища для обробки: а - формокорунд - циліндр \emptyset 2x5...8 мм; б) - ПТ-10; в) - шліфзерно; г) - волзький пісок

Отже, в даному випадку, на відміну від вібраційної обробки деталей у вільних абразивах, шпіндельної обробки, що є прототипом, на знімання металу переважаючий вплив робить не сила одиначної взаємодії гранули з поверхнею, а швидкість контакту загального потоку гранул(зерен) з поверхнею деталі (рис. 4.4).

Абразивні зерна, що беруть участь в процесі різання, при контакті з оброблюваною поверхнею випробовують періодичну силову і теплову дію, внаслідок чого можливо: стирання вершин різальних кромки абразивних зерен, поява на них майданчиків зносу і налиплих частинок металу, що призводить до різкого падіння різальної здатності інструменту; вифарбовування (сколювання) мікрочасток абразивних зерен внаслідок ударного характеру навантаження і втомного руйнування, тобто режим часткового самозатачивання; виривання цілих абразивних зерен із зв'язки (обрив зв'язків) і видалення самої зв'язки шляхом вифарбовування або зрізування (залежно від характеристик зв'язки) за рахунок контакту з іншими абразивними гранулами, тобто режим самозатачивання.

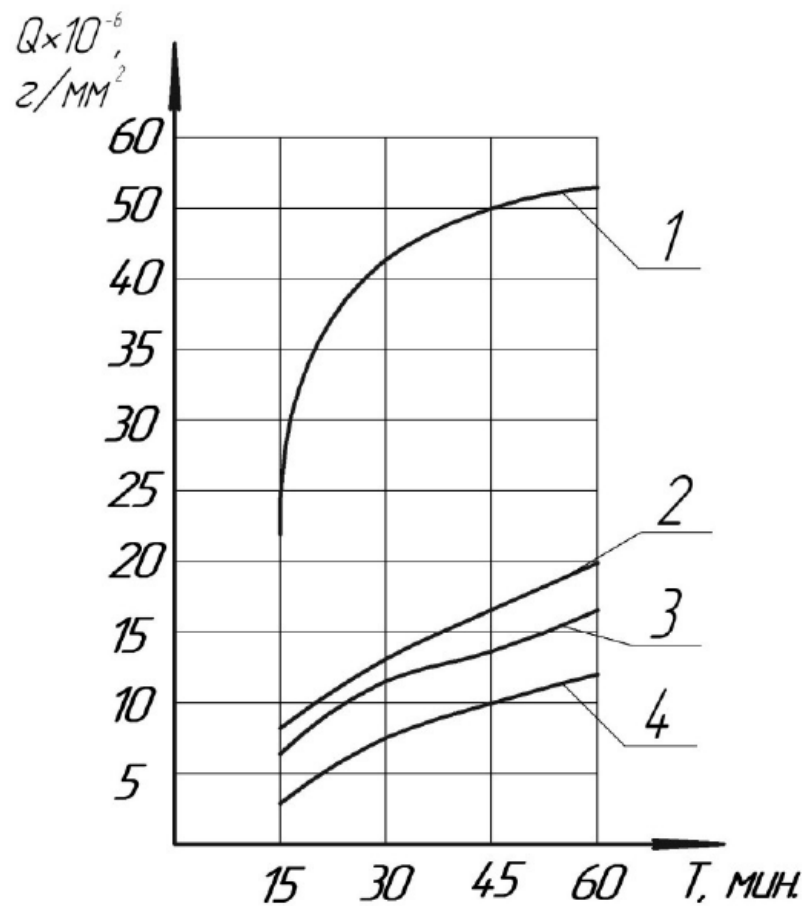


Рисунок 4.4 - Вплив абразивного середовища на знімання металу : 1 - шліфзерно; 2 - формокорунд - циліндр; 3 - ПТ-10; 4 - волзький пісок

Враховуючи, що при віброабразивній обробці застосовується в значній частині м'який абразивний інструмент, коли міцність закріплення зерен в інструменті нижча міцності самого абразивного зерна, працює в основному останній механізм зносу, тобто обрив зв'язків і викидання цілих абразивних зерен із зв'язки. Вірогідність прояву перших двох механізмів зносу дуже мала. Це забезпечує самозатачивание абразивних гранул і збереження стабільності їх різальної здатності впродовж досить тривалого періоду часу, що, у свою чергу, значною мірою забезпечує стабільність отримання параметрів якості поверхні оброблюваних деталей.

Проте такий механізм зносу часток абразивного середовища призводить до зміни як форми, так і маси і розмірів часток робочого середовища, що, у свою чергу, обумовлює зменшення об'єму і відповідно до усього завантаження робочої камери і, як наслідок, зміна різальної здатності абразивного інструменту. При експериментальному дослідженні впливу зміни

об'єму завантаження робочої камери на технологічні параметри системи ВиАО, зокрема, розглядалися залежності зміни різальної здатності робочого середовища і її зносу при зменшенні об'єму завантаження. На рис. 4.5, а приведені експериментальні залежності різальної здатності абразивного робочого середовища (призм тригранних ПТ10) при обробці заготовок з таких поширених в машинобудуванні матеріалів, як сталь Ст3 і алюмінієвий сплав Д16, від об'єму завантаження робочої камери.

На рис. 4.5, б і в, показані залежності питомого зносу робочого середовища при аналогічній зміні об'єму завантаження. Режим обробки : амплітуда коливань робочої камери $A=2,5$ мм, частота коливань робочої камери $f=33$ Гц; устаткування: верстат УВГ 4x10; умови обробки; промивання 3% -ним содовим розчином.

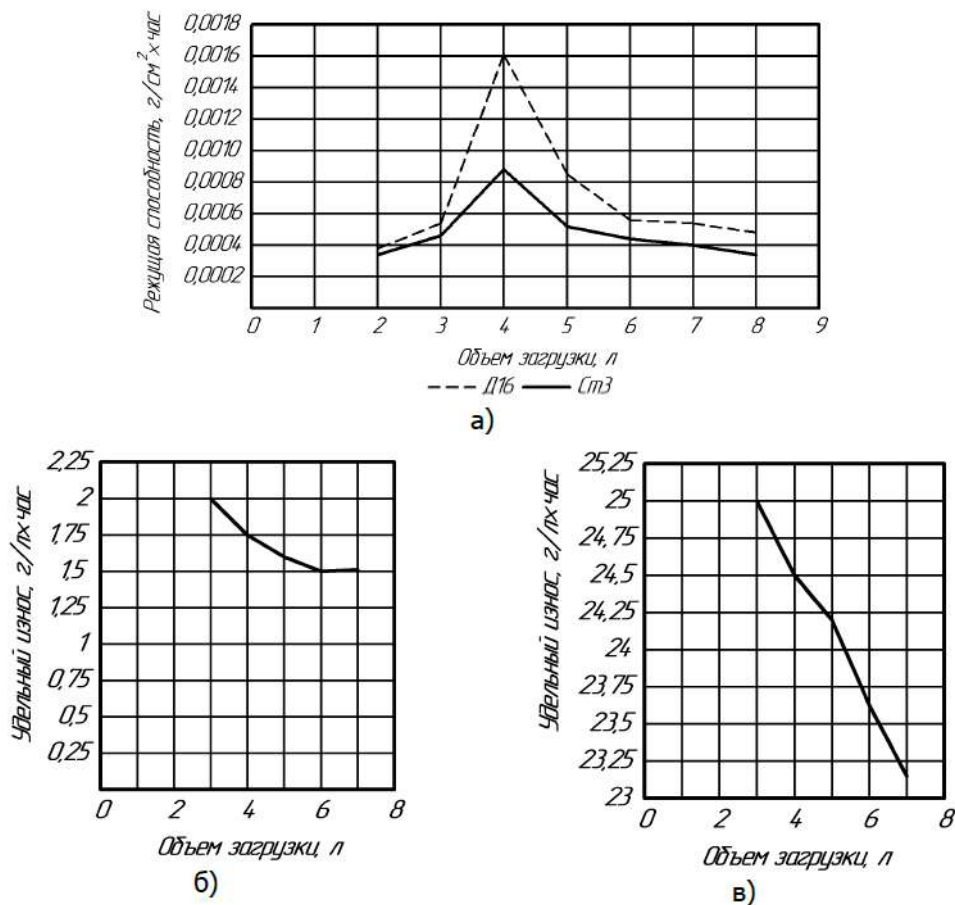


Рисунок 4.5 - Вплив об'єму завантаження робочої камери на різальну здатність робочого середовища (а); на питомий знос робочого середовища (б); на питомий знос робочого середовища (в); призми тригранні ПТ10

Аналіз графіків показує, що швидкість зносу робочого середовища досить швидко падає зі зменшенням об'єму завантаження робочої камери. Наприклад, для робочого середовища ПТ10 (призма тригранна з розміром грані 10 мм) зниження швидкості зносу при зміні об'єму завантаження з 7 до 6 л складає 12,5%, а для фарфорових куль - 27%. При цьому питомий знос середовища фарфорових куль (масова кількість зношеного абразиву, віднесена до одиниці маси сошлифованного металу) при максимальному завантаженні робочої камери складає для заготовок із сплаву Д16Т - 0,4, а для заготовок із сталі Ст3 - 2,65. Залежність різальної здатності від об'єму завантаження для різних середовищ має екстремальний характер. У точці, відповідній максимальній різальній здатності, швидкість зносу складає: для призм ПТ10 - близько 1% в годину від загальної маси завантаження, для фарфорових куль - близько 0,1% в годину (що говорить про досить високу стабільність). Цьому ж об'єму завантаження відповідає і максимальна швидкість циркуляції маси завантаження в робочій камері, що є додатковим чинником, що підтверджує, що при цьому об'ємі завантаження обробка йтиме з максимальною продуктивністю. Проте це твердження вірно тільки для певного співвідношення робочого середовища і оброблюваних заготовок в масі завантаження, а також для конкретного режиму обробки.

При чорновій віброабразивній обробці можливе об'ємне руйнування абразивних зерен з частковим відновленням різальної здатності абразивного інструменту. Цей різновид зносу дуже небезпечний, оскільки може привести до утворення часток робочого середовища з розмірами, близькими до розмірів отворів і пазів в оброблюваних заготівлях (які не повинні оброблятися), і, як наслідок, заклинювання в них абразиву. Проте при правильно вибраному абразивному середовищі, а також при чистовій обробці вірогідність прояву цього виду зносу у край мала.

Безумовно, знос робочого середовища залежить не лише від об'єму завантаження і фізико-механичних характеристик оброблюваних заготовок, але і від цілого ряду інших чинників, зокрема, зернистості і об'ємного змісту абразиву в гранулі, розміру і форми абразивної гранули, характеристик зв'язки, об'ємного або масового співвідношення заготовок і робочого середовища в масі завантаження, режиму обробки та ін.

При обробці поверхні складних високоякісних деталей необхідно виконувати підвищені вимоги до надійності процесу. В той же час сьогоднішній тиск конкурентів вимагає високої міри автоматизації устаткування. Фірма Rösler розробила інноваційну установку для ефективною,

автоматизованою обробкою окремих деталей, аж до шліфування окремих областей деталі.



Рисунок 4.6 - Роботизована установка Surf - Finisher для видалення задирок.

Високочастотна фінішна обробка - ідеальна поверхня завдяки вібрації. Установки для високочастотної фінішної обробки теж оснащені одним або декількома роботами. У цьому нещодавно розробленому процесі робот служить для управління деталлю і процесом.

При цьому інноваційному процесі (сухому або мокрому) абразивні тіла в робочій місткості наводяться в рух вібрацією. Робот занурює закріплені в захопленні деталі в масу абразивних тел. При цьому вони вібрують із швидкістю 3.000 про/ хв.

Разом з оточуючим рухом абразивних тіл це забезпечує дуже інтенсивну усебічну обробку деталей. Завдяки спільній дії незалежних один від одного рухів робочої місткості і утримувачів деталей, а також правильно підібраним технологічним засобам, за дуже короткий час досягаються рівномірні і відтворні результати, як по видаленню задирок, так і по поліруванню і шліфуванню.

Оптимізований процес буксирної галтовки з повністю автоматизованим переміщенням деталей

На виробництві замовник використовує повністю автоматичний процес видалення задирок на різних по габаритах деталях інструменту. Індивідуально розроблена система складається з двох вбудованих в автоматичну лінію буксирних установок з шістьма робітниками шпинделями кожна і робота, який

в автоматичному режимі насаджує деталі на шпинделі і знімає їх. Пневматична фіксація деталей на робочих шпинделях під час протікання робочого процесу контролюється датчиками. Під час буксирної галтовки деталі рухаються згідно із закладеною програмою через нерухому масу абразивних тел. Після закінчення закладеного в програмі часу обробки робот виймає деталі і переміщає їх спочатку в станцію очищення, а потім на піддон. Цей вид устаткування дозволяє проводити повністю автоматизовану суху або мокру обробку чутливих до ушкоджень деталей, вартість обробки яких була раніше висока, та і оброблялися вони вручну і без гарантій відтворюваності результату. Це устаткування знаходить своє застосування також при надійній і ефективній обробці імплантатів, зубчастих деталей, машинного інструменту, а також компонентів автомобільної і авіаційної галузей.

Дбайлива обробка окремих деталей у великогабаритних лоткових віброустановках Видалення задирок, скруглення кромки і полірування великих, довгих, важких і одночасно чутливих деталей, як правило, представляє велику проблему. Ефективно і надійно впоратися з якою Вам допоможуть великогабаритні лоткові віброустановки фірми Rösler. У них деталі обробляються окремо з постійним відтворним результатом. Частенько видалення задирок, скруглення кромки, шліфування і полірування чутливих, великих, важких і громіздких деталей робиться вручну. Окрім того, що ручною обробкою неможливо досягти ні високої надійності процесу, ні відтворних результатів обробки, її вартість також досить висока.

Тому підприємства, особливо авіаційної промисловості, шукають альтернативу, щоб автоматизувати обробку таких деталей. Ефективним рішенням є автоматизована обробка окремих деталей у великогабаритних лоткових віброустановках фірми Rösler.

У авіаційній промисловості застосовуються лоткові віброустановки для видалення задирок і скруглення кромки деталей конструкції з алюмінію, довжина яких досягає 7150 мм. Лоткова віброустановка має робочу місткість габаритами 425 x 7400 мм, приведена в коливальний рух потужним двигуном з TUD- приводом. Двигун безпосередньо сполучений з робочою місткістю і рівномірно розподіляє рух за допомогою декількох дисбалансів по усій довжині установки. Це забезпечує інтенсивну обробку і короткий час циклу.



Рисунок 4.7 - Захват для розташування деталей, що обертаються, у віброуючій масі абразивних тел

Інша компанія-виробник літаків обробляє окремо різні великі деталі в лотковій віброустановці габаритами 650 x 4000 мм після їх обробки на верстаті з ЧПК. Окрім видалення задирок і скруглення кромки у цих деталях, до цього що оброблялися вручну, потрібно однорідність поверхні. Для одночасної обробки декількох невеликих деталей робоча місткість ділиться за допомогою перегородок на декілька окремих камер.

Провідний виробник стійок шасі зупинив свій вибір на великогабаритних лоткових віброустановках від фірми Rösler. У них обробляються вирізані з титанового блоку деталі стійок шасі, їх довжина може досягати двох метрів, а вага — до 400 кг Метою обробки є видалення грата, скруглення кромки і випрасовування слідів від фрези для запобігання концентрації напруги в надрізах. Деталі за допомогою підйомного облаштування Замовника поміщаються в ємність розмірами 800 x 3.000 мм, яка оснащена двигуном з прямим TSD — приводом. Для кожної з цих установок були запропоновані індивідуальні рішення по шумопоглинанню.

Окрім допустимого рівня шуму вони гарантують зручність доступу до установок і просте завантаження/ вивантаження робочої місткості.

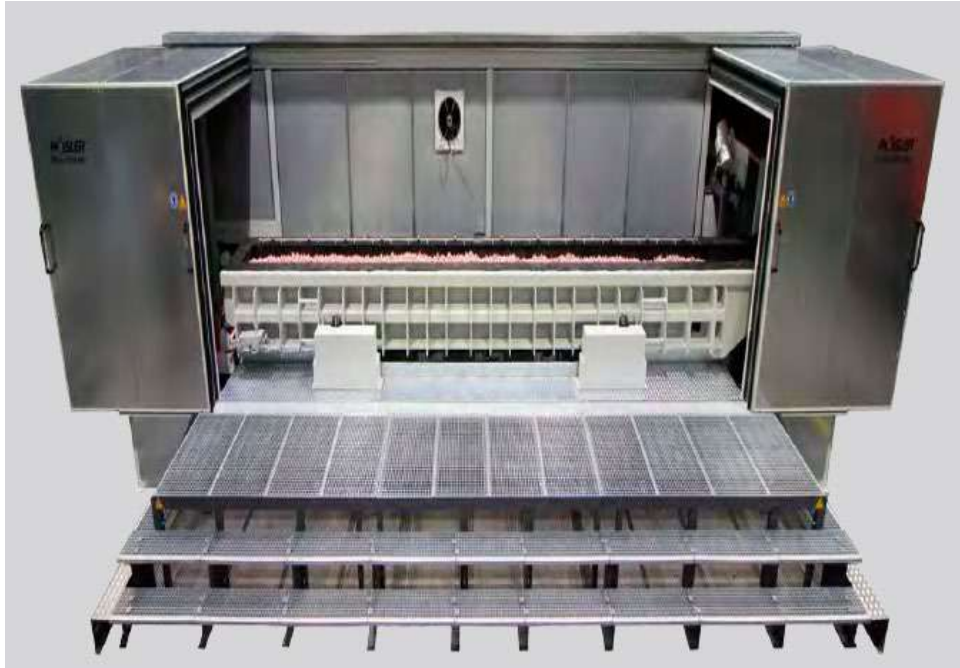


Рисунок 4.8 - Лоткова установка для віброабразивної обробки

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рисунку 5.1.

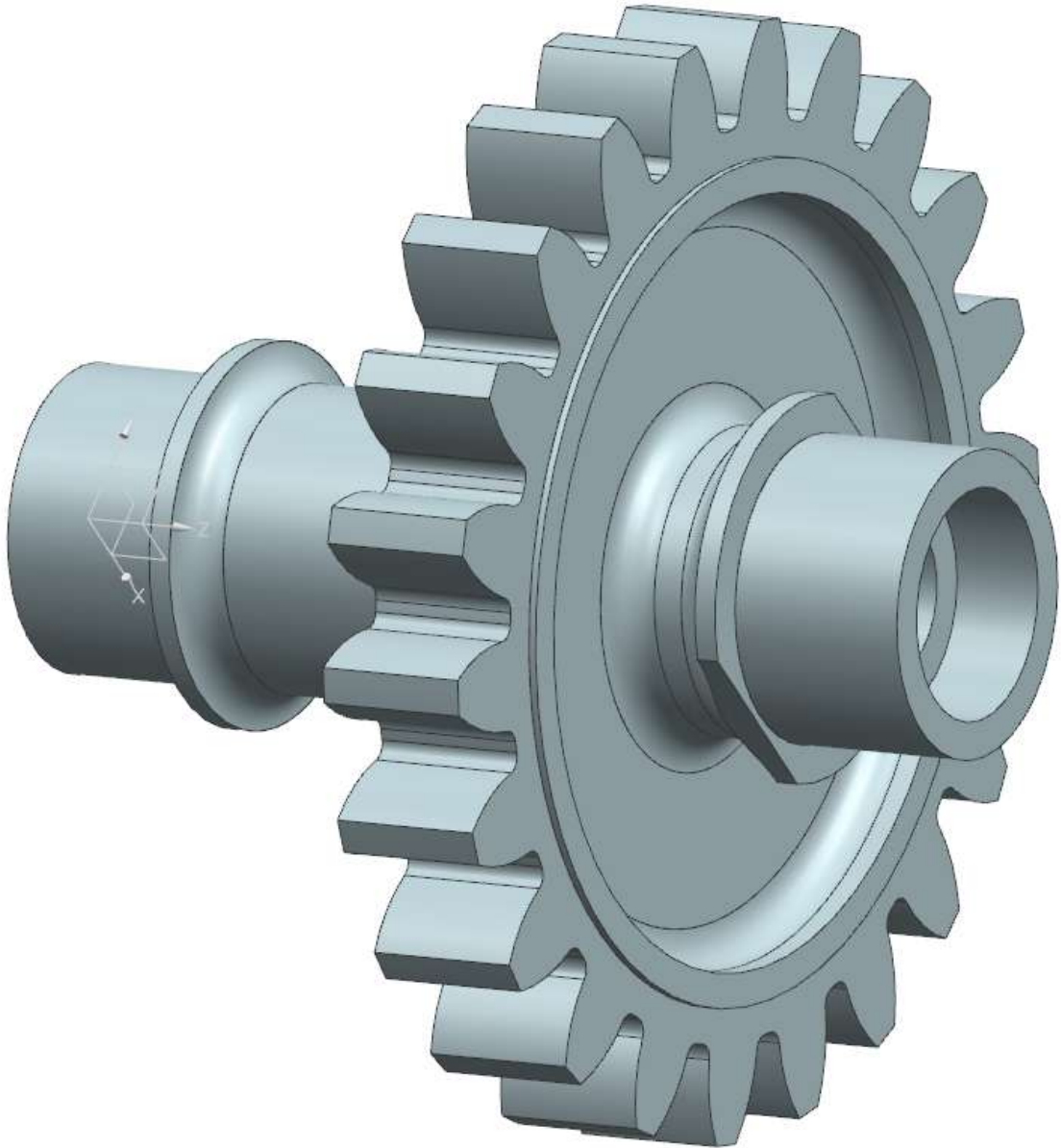


Рисунок 5.1 – Тривимірна модель шестерні відцентрового суфлеру

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 5.2.

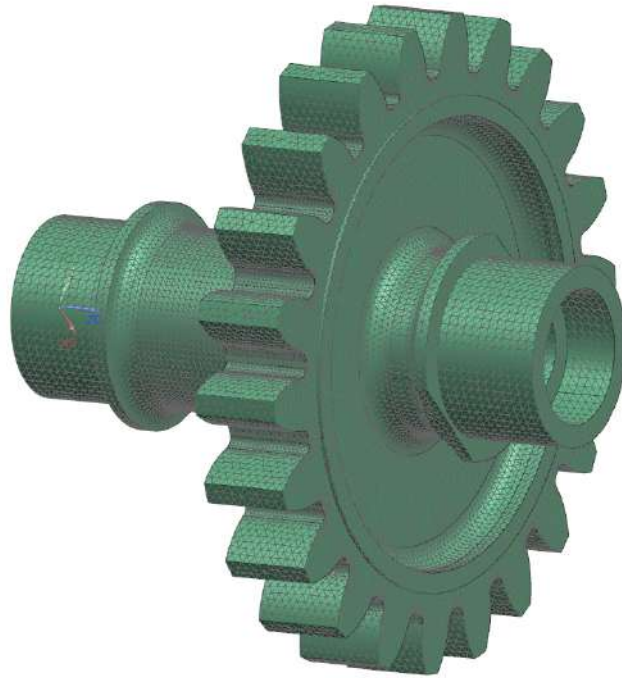


Рисунок 5.2 – Модель шестерні відцентрового суфлеру розбита на сітку нінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 5.3).

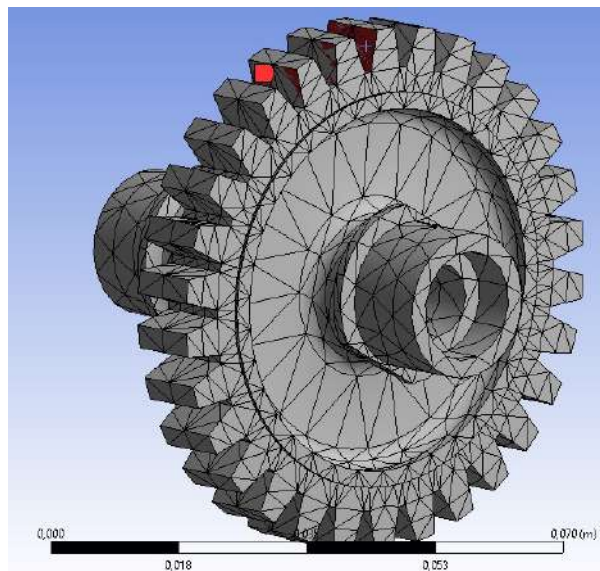


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану (рисунок 5.4).

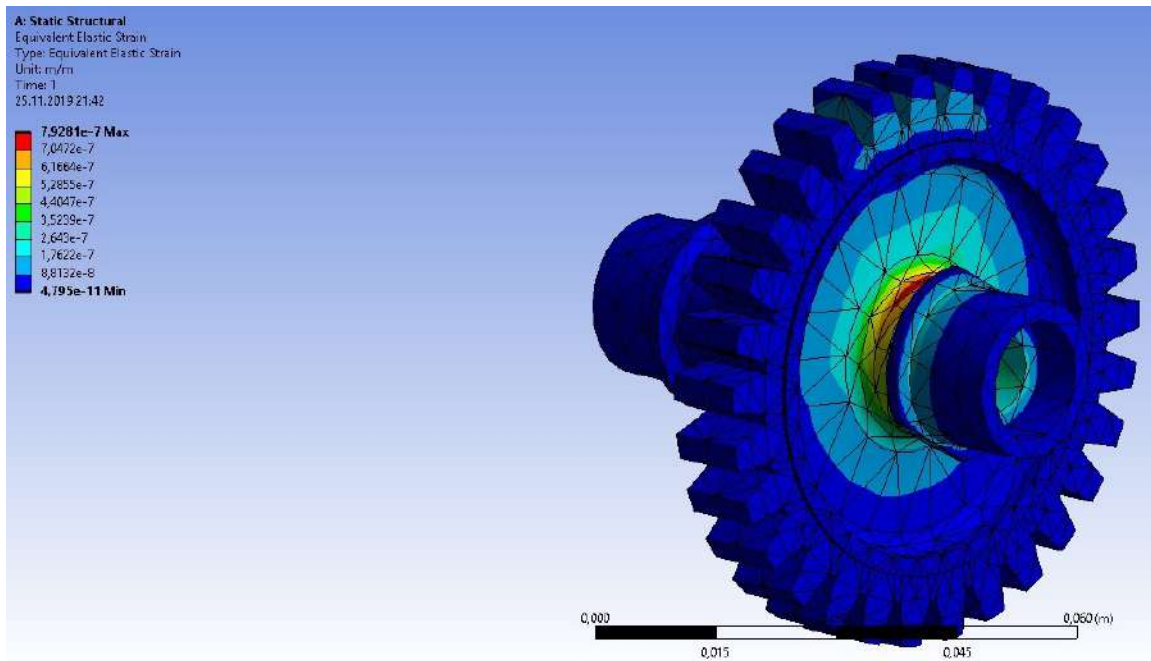


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану шестерні відцентрового суфлера

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде радіус закруглення біля ступиці колеса тому збільшемо значення радіусу закруглення з 2,5мм до 5мм та повторимо розрахунок на міцність.

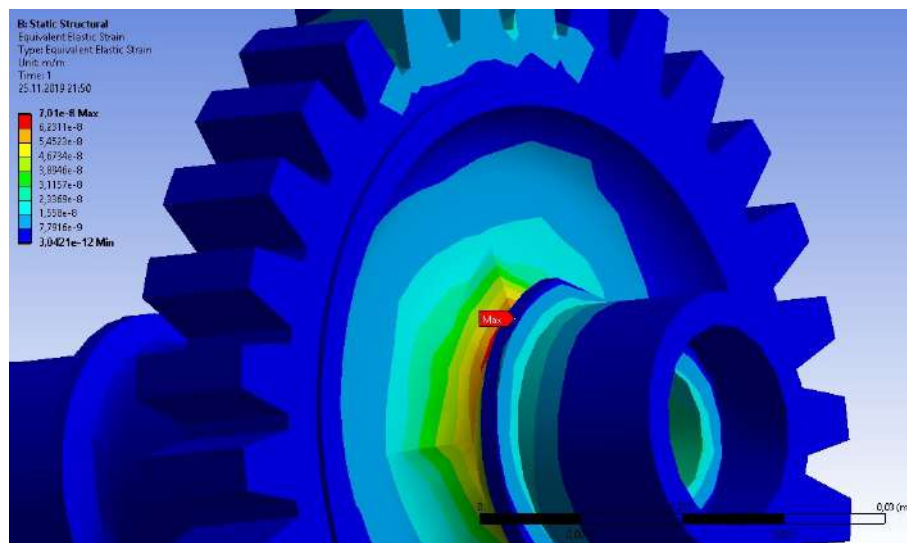


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану шестерні відцентрового суфлера оптимізованої конструкції

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

Було виконано порівняння двох методів контролю. За базовою технологією контролювання зубів шестерні виконується на комплексі ручних контрольних пристосувань необхідно визначити очікувану економічну ефективність від впровадження контрольної вимірювальної машини для оцінки точності профілю зубців шестерні.

Розрахуємо кількість верстатів для виконання операції

$$\eta = \frac{t_{\text{шт-к}} \times N}{60 \times F_d} \quad (6.1)$$

де, F_d – дійсний річний фонд роботи обладнання, $F_d=4060$ год;

$$\eta_{\text{ручн}} = \frac{87,41 \times 5000}{60 \times 4060} = 1,79 \approx 2$$

$$\eta_{\text{квм}} = \frac{29,4 \times 5000}{60 \times 4060} = 0,61 \approx 1$$

Розрахуємо норми витрат по статтях собівартості. Розрахуємо нарахування на заробітну плату.

$$З_p = З_T \times K_H \quad (6.2)$$

де, $З_T$ – тарифна ставка за розрядом робочого, приймаємо розряд робочого – 4й, $З_T=10,48$ коп/хв [8, табл. 2.18];

K_H – коефіцієнт виконання норм $K=1,2$, [8, табл. 2.18]

$$З_p = 10,48 \times 1,2 = 12,6 \text{ грн/хв}$$

Витрати на амортизацію обладнання. Сукупна ціна пристоїв які застосовуються при контролюванні профілю зубців $\text{Ц}=160000$ грн, ціна контрольновимірювальної машини $\text{Ц}=110000$ грн.

$$A = \frac{A_r \times 100}{F_d \times 60} \quad (6.4)$$

$$A_r = \frac{\alpha_1 \times 1,15 \times \text{Ц}}{100} \quad (6.5)$$

де, α_1 – відсотки відрахувань від вартості обладнання, $\alpha_1=15$;

$$A_{r_{\text{ручн}}} = \frac{15 \times 1,15 \times 160000}{100} = 27600 \text{ грн}$$

$$A_{\text{ручн}} = \frac{27600 \times 100}{4015 \times 60} = 11,46 \text{ грн}$$

$$A_{r_{\text{квм}}} = \frac{15 \times 1,15 \times 110000}{100} = 18975 \text{ грн}$$

$$A_{\text{квм}} = \frac{18975 \times 100}{4015 \times 60} = 7,87 \text{ грн}$$

Витрати на обслуговування обладнання:

$$O_{\text{об}} = \frac{O_r \times 100}{F_d \times 60} \quad (6.6)$$

де, O_r – нарахування на обслуговування обладнання:

$$O_r = \frac{\alpha_2 \times 1,15 \times \text{Ц}}{100} \quad (6.7)$$

де α_2 – відсотки відрахувань від вартості обладнання, $\alpha_2=0,5$;

$$O_{r_{\text{ручн}}} = \frac{0,5 \times 1,15 \times 160000}{100} = 920 \text{ грн}$$

$$O_{\text{ручн}} = \frac{920 \times 100}{4015 \times 60} = 0,38 \text{ грн}$$

$$O_{r_{\text{квм}}} = \frac{0,5 \times 1,15 \times 110000}{100} = 632,5 \text{ грн}$$

$$O_{\text{квм}} = \frac{632,5 \times 100}{4015 \times 60} = 0,26 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт обладнання

$$P_{\text{рем}} = \frac{P_r \times 100}{F_d \times 60} \quad (6.8)$$

де, O_r – нарахування на обслуговування обладнання:

$$P_r = \frac{\alpha_3 \times 1,15 \times \text{Ц}}{100} \quad (6.9)$$

де, α_3 – відсотки відрахувань від вартості обладнання, $\alpha_3=4,5$;

$$P_{r_{\text{ручн}}} = \frac{4,5 \times 1,15 \times 160000}{100} = 8280 \text{ грн}$$

$$P_{\text{ручн}} = \frac{8280 \times 100}{4015 \times 60} = 3,44 \text{ грн}$$

$$P_{r_{\text{квм}}} = \frac{4,5 \times 1,15 \times 110000}{100} = 5692,5 \text{ грн}$$

$$P_{\text{квм}} = \frac{5692,5 \times 100}{4015 \times 60} = 2,36 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість для кожного варіанту.

$$C_{\text{ручн}} = (12,6 + 11,46 + 0,38 + 3,44) = 27,88 \text{ грн}$$

$$C_{\text{квм}} = (12,6 + 7,87 + 0,26 + 2,36) = 23,09 \text{ грн}$$

Розрахуємо економічний ефект від впровадження нового обладнання:

$$E = (C1\Pi + E1Ц1n1) - (C2\Pi + E2Ц2n2) \quad (6.10)$$

де, C1 та C2 – технологічна собівартість по першому та другому варіанту операції;

Ц1 та Ц2 – ціна одного верстата по варіантах;

E=0,15 – нормативний коефіцієнт ефективності;

Π – річна програма виготовлення деталей;

n1 та n2 – число одиниць обладнання по кожному з варіантів;

$$E = (27,88 \times 5000 + 0,15 \times 160000 \times 1,0) - (23,09 \times 5000 + 0,15 \times 110000 \times 1,0) = 31450 \text{ грн}$$

Виходячи з отриманих даних економічно доцільніше контроль виконувати на координатно вимірювальній машині.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ

Оскільки тема дипломного проекту - технологічний процес виготовлення шестерні відцентрового суфлеру, передбачає розробку технологічного процесу, тому нижче розглянемо потенційні небезпеки, що можуть виникати в процесі роботи на механічній дільниці та заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки у відповідності з методичними вказівками. На основі аналізу роботи існуючого обладнання і технологічних процесів у приміщенні ПК виявлені наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, здатні привести до травм або ушкодження здоров'я працівників.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

До фізичних небезпек відносяться, наприклад, механізми та машини, що рухаються, частини виробничого обладнання, заготовки та деталі, що рухаються. У випадку недостатньої уваги персоналу і порушення інструкцій під час роботи з механізмами, що рухаються, ймовірними є механічні травми, ушиби, порізи різного ступеню важкості. Ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку. До порізів, травм та пошкодження шкіряного покриву може привести також робота без захисних рукавиць. До травмування може привести робота без спеціального одягу при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей. Причиною механічних травм може стати захарщення заготовками і деталями робочого місця, організація робочих місць без врахування вимог ергономіки.

До санітарно-гігієнічних небезпек відносяться незадовільні параметри мікроклімату. У зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть виникати загальні захворювання. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю або хибним вибором освітлювальних приладів, призводить до погіршення зору. Недостатнє освітлення може також привести до збільшення помилок в процесі роботи, роздратованості, втомлення.

Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху.

До психофізіологічних небезпек відносяться:

- нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;

- довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів;

- повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців;

- підвищена напруга зору та уваги, інтелектуальні навантаження, тривалі статичні навантаження, монотонність праці при роботі.

Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

Небезпеки що пов'язані з незадовільною професійною підготовкою фахівців, зокрема виникнення аварійних ситуацій при неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, виконанні хибних дій у приміщенні з обладнанням, що може призвести до руйнування обладнання та тяжких випадків травматизму.

7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час роботи за обладнанням передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Під час прийому на роботу представник служби охорони праці проводить вступний інструктаж з усіма особами, що прибули на підприємство. На робочому місці безпосередній керівник проводить спочатку

первинний, а потім і повторний, позаплановий інструктажі. Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній дільниці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. Обладнання не створювало небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Знімні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що відкриваються в огороженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує припинення робочого процесу (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку. Робочі місця безпечні зручні ті відповідають вимогам ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями».

З метою уникнення ризиків отримання механічних травм різного ступеню важкості передбачено застосування кольорів та сигналів безпеки, що використовуються на робочих місцях, у відповідності вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки, заборони. Ним фарбують заборонні знаки безпеки, вимикальні пристрої машин і механізмів, сигнальні лампи, пожежну техніку, пожежні щити, обладнання та інвентар, кнопку «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання (ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»). Заборонні знаки мають форму кола, по периметру якого є широка червона смуга, а біле поле з нанесеним чорною фарбою відповідним символом перекреслюється червоною смугою такої самої ширини. Жовтий колір означає попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків безпеки, відкриті рухомі частини обладнання, постійне та тимчасове огороження, огороження драбин, балконів та інше. Синій колір застосовують для заборонювальних і вказівних знаків безпеки. Зелений колір сигналізує про нормальний режим роботи машин, позначаються евакуаційні виходи, надписи типу «Виходити тут».

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення механічної дільниці, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Відповідно до вимог «Правил улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») для виключення можливого ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом, передбачене захисне заземлення. Електроживлення електрообладнання механічної дільниці здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання на механічній дільниці характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом.

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи

електроінструменту, повна недоступність працівників до неізолюваних проводів.

Обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом; додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ПУЕ електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до I класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконуються відповідно вимога ПУЕ і ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом». Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей.

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м. На ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного

візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»). Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Па – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення

параметрів мікроклімату:

Таблиця 7.1 – Оптимальні значення температури, вологості та швидкості переміщення повітряних мас

Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний	18-20	40-60	0,1-0,3
Теплий	21-23	40-60	0,1-0,4

Для забезпечення оптимальних умов передбачено устрій системи водяного або парового опалення згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Вентиляція кабінетів та інших робочих приміщень здійснюється природним наскрізним способом провітрювання приміщення через вікна й фрамуги, а також за допомогою спеціальних вентиляційних припливно-витяжних пристроїв.

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочій поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на дільниці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин. Розраховано систему загального рівномірного штучного освітлення в приміщенні масажного кабінету.

Приймаємо розміри приміщення довжина $A = 6\text{ м}$, ширина $B = 4\text{ м}$, висота $H = 4\text{ м}$.

Висота робочої поверхні складає $h = 0,7\text{ м}$.

Згідно з ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» освітлення в робочій кімнаті нормується як $E_n = 200\text{ Лк}$.

Розряд зорової роботи – III г.

Коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення (від: стелі – ρ_c ; стін – $\rho_{ст}$; підлоги – $\rho_{п}$) у світлому приміщенні $\rho_c=70\%$; $\rho_{ст}=50\%$; $\rho_{п}=30\%$;

Обираємо світильник типу ЛВП (IP=54 – ступінь захисту світильника, $[L/h] = 1,3$ – числове значення коефіцієнта світильника).

Коефіцієнт запасу k_3 враховує зниження рівня освітленості з часом в результаті забруднення та старіння ламп, світильників і поверхонь приміщення, приймається в залежності від виробничих умов. Приймаємо $k_3 = 1,4$.

Коефіцієнт нерівномірності (мінімального) освітлення z (відношення середньої освітленості до мінімальної освітленості), для люмінесцентних ламп низького тиску, як правило дорівнює $z = 1,1$.

Розрахуємо кількість рядів світильників у приміщенні:

$$N_p = \frac{B}{(H - h_p) * [L/h]} = \frac{4}{(4 - 0,7) * 1,3} = 0,93 \approx 1$$

Визначимо максимально припустиму відстань між рядами світильників

$$L_{\max} = \frac{B}{N_p},$$

де B – ширина приміщення, N_p – кількість рядів

$$L_{\max} = \frac{4}{1} = 4 \text{ м}$$

Розраховуємо висоту підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = \frac{L_{\max}}{[L/h]}$$

$$h = \frac{4}{1,3} = 3,07 \text{ м}$$

Знайдемо висоту звисання світильника від стелі

$$h_3 = H - h_p - h$$

де H – висота приміщення, h_p – висота робочої поверхні, h – висота підвісу світильника над робочою поверхнею.

$$h_3 = 4 - 0,7 - 3,07 = 0,23 \text{ м}$$

Чисельне значення індексу приміщення визначаємо за рівнянням:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)}$$

де A – довжина приміщення, m ;

B – ширина приміщення, m ;

h – висота розміщення світильників над робочою поверхнею, m

$$i = \frac{6 \cdot 4}{3,07 \cdot (6+4)} = \frac{24}{30,7} = 0,78$$

Значення коефіцієнта використання світлового потоку η вибирається в залежності від виду джерела світла, типу обраного світильника, коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення ($\rho_c, \rho_{ст}, \rho_{п}$) та індексу приміщення. В нашому випадку $\eta = 0,38$.

Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки у даному виробничому приміщенні:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_z \cdot z}{\eta},$$

де Φ_{Σ} – розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, $лм$;

E_n – нормоване значення освітленості, $лк$;

S – площа освітлюваної поверхні, m^2 ;

k_z – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності (мінімальної) освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{200 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{0,38} = \frac{7392}{0,38} = 19452 \text{ лм}$$

Визначаємо умовну загальну кількість світильників у приміщенні:

$$N^* = AB/L_{\max}^2$$

$$N^* = \frac{6 \cdot 4}{16} = 1,5 \approx 2 \text{ шт}$$

Розрахуємо світловий потік умовного джерела світла:

$$\Phi_{л}^* = \frac{\Phi_{\Sigma}}{N_{л}}, \text{ лм}$$

де Φ_{Σ} -- розрахункове значення сумарного світлового потоку у приміщенні, лм;

$N_{л}$ -- загальна кількість ламп у приміщенні, шт;

$$N_{л} = N^* \cdot n$$

n -- кількість ламп у світильнику (в ЛВП світильнику знаходиться 2 лампи)

$$N_{л} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ шт.}$$

$$\Phi_{л} = \frac{19452}{4} = 4863 \text{ лм}$$

Обираємо тип стандартної лампи з найближчим значенням фактичного світлового потоку лампи $\Phi_{л}$ і знайти коефіцієнт m (співвідношення між розрахунковим світловим потоком лампи $\Phi_{л}^*$ та фактичним світловим потоком вибраної стандартної лампи $\Phi_{л}$):

Обираємо лампу ЛБ 65, $\Phi_{л} = 4800$ лм

$$m = \frac{\Phi_{л}^*}{\Phi_{л}}$$

$$m = \frac{4863}{4800} = 1,01$$

Визначаємо оптимальну (фактичну) кількість світильників у приміщенні:

$$N = N^* \cdot m$$

$$N = 2 \cdot 1,01 = 2 \text{ шт.}$$

Фактична кількість ламп у приміщенні:

$$N_{фл} = N_{ф} \cdot n$$

$$N_{фл} = 2 \cdot 2 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальну розрахункову освітленість E_p у приміщенні, що створюється при застосуванні стандартних ламп:

$$E_p = \frac{\Phi_l N_{\text{фл}} \eta}{Sk_z z}, \text{ лк}$$

$$E_p = \frac{4800 * 4 * 0,38}{6 * 4 * 1,4 * 1,1} = \frac{7296}{36,96} = 197,4 \text{ лк}$$

Тобто виконується умова $E_p = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_n$, лк
Розрахуємо загальну потужність освітлювальної установки:

$$P_{\Sigma} = N_{\text{фл}} \cdot P_l, \text{ Вт}$$

де P_l – потужність вибраної стандартної лампи.

$$P_{\Sigma} = 4 * 65 = 260 \text{ Вт}$$

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» та ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки на механічній дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані з горінням електроустановок, що перебувають

під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 дільниця оснащена переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну

працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

7.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях. Укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту

Відповідно до ст.32 Кодексу Цивільного захисту України від 02 жовтня 2012р. №5403-VI до захисних споруд цивільного захисту належать:

1) сховище - герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають внаслідок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів;

2) протирадіаційне укриття - негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості;

3) швидкоспоруджувана захисна споруда цивільного захисту - захисна споруда, що зводиться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період.

Для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій у мирний час, та дії засобів ураження в особливий період також використовуються споруди подвійного призначення та найпростіші укриття.

Споруда подвійного призначення - це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення.

Найпростіше укриття - це фортифікаційна споруда, цокольне або підвальне приміщення, що знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період.

Укриттю підлягають:

1) у сховищах:

а) працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту та розташованих у зонах можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність в особливий період;

б) персонал атомних електростанцій, інших ядерних установок і працівники суб'єктів господарювання, які забезпечують функціонування таких станцій (установок);

в) працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до категорії особливої важливості цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів, а також працівники чергового персоналу суб'єктів господарювання, які забезпечують життєдіяльність міст, віднесених до відповідних груп цивільного захисту;

г) хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, які не підлягають евакуації або не можуть бути евакуйовані у безпечне місце;

2) у протирадіаційних укриттях:

а) працівники суб'єктів господарювання, віднесених до першої та другої категорій цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність у воєнний час;

б) працівники суб'єктів господарювання, розташованих у зонах можливих руйнувань, небезпечного і значного радіоактивного забруднення навколо атомних електростанцій;

в) населення міст, не віднесених до груп цивільного захисту, та інших населених пунктів, а також населення, евакуйоване з міст, віднесених до груп цивільного захисту і зон можливих значних руйнувань;

г) хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, розташованих за межами зон можливих значних руйнувань міст, віднесених до груп цивільного захисту, і суб'єктів господарювання, віднесених до категорій цивільного захисту, а також закладів охорони здоров'я, які продовжують свою діяльність у воєнний час;

3) у швидкоспоруджуваних захисних спорудах цивільного захисту, найпростіших укриттях та спорудах подвійного призначення - населення міст, віднесених до груп цивільного захисту, яке не підлягає евакуації у безпечне місце, а також інших населених пунктів.

Для вирішення питань щодо укриття населення в захисних спорудах цивільного захисту центральні органи виконавчої влади, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування та суб'єкти господарювання завчасно створюють фонд таких споруд.

Порядок створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку визначається Кабінетом Міністрів України.

Проектування, будівництво, пристосування і розміщення захисних споруд та об'єктів подвійного призначення здійснюються згідно з нормами, які розробляються відповідно до Закону України "Про будівельні норми".

Вимоги щодо утримання та експлуатації захисних споруд визначаються центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Утримання захисних споруд цивільного захисту у готовності до використання за призначенням здійснюється суб'єктами господарювання, на балансі яких вони перебувають (у тому числі споруд, що не увійшли до їх статутних капіталів у процесі приватизації (корпоратизації), за рахунок власних коштів.

У разі використання однієї захисної споруди кількома суб'єктами господарювання вони беруть участь в утриманні споруди відповідно до укладених між ними договорів.

Захисні споруди цивільного захисту можуть використовуватися у мирний час для господарських, культурних і побутових потреб у порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України.

З моменту виключення захисної споруди із фонду споруд цивільного захисту вона втрачає статус захисної споруди цивільного захисту. Володіння, користування та розпорядження спорудами, які втратили статус захисних споруд цивільного захисту, здійснюється відповідно до закону.

Захисні споруди цивільного захисту державної та комунальної власності не підлягають приватизації (відчуженню).

Захисні споруди у мирний час можуть передаватися в оренду для задоволення господарських, культурних та побутових потреб із збереженням цільового призначення таких споруд, крім тих, що перебувають у постійній готовності до використання за призначенням, а саме:

- 1) в яких розташовані пункти управління;
- 2) призначених для укриття працівників суб'єктів господарювання, що мають об'єкти підвищеної небезпеки;

3) розташованих у зонах спостереження атомних електростанцій та призначених для укриття населення під час радіаційних аварій.

Особливості оренди захисних споруд визначаються типовим договором оренди, який затверджується Кабінетом Міністрів України.

Контроль за готовністю захисних споруд цивільного захисту до використання за призначенням забезпечує центральний орган виконавчої влади, який здійснює державний нагляд у сферах техногенної та пожежної безпеки, спільно з відповідними органами та підрозділами цивільного захисту, місцевими державними адміністраціями.

Таким чином, у розділі було розглянуто перелік потенційних небезпек, з якими можна стикнутися під час виконання технологічного процесу. Розглянувши та проаналізувавши небезпеки, що можуть виникнути на механічній дільниці в процесі обробки різноманітних деталей, найголовнішим заходом попередження є проведення навчання та інструктажів з охорони праці, додержання ергономічних та санітарно-гігієнічних вимог, пожежної безпеки та електробезпеки. Кожен працівник має бути достатньо освіченим з питань охорони праці і дотримуватись вимог нормативно-правових актів України, а також норм безпеки життєдіяльності на робочому місці та у життєвих ситуаціях.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на дипломний проект, детально розроблений технологічний процес виготовлення шестерні відцентрового суфлеру. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режимми різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Розроблено розрахунково-технологічні карти обробки деталі на верстатах з ЧПК для токарної операції.

Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектвані верстатні пристосування дозволяють швидко і надійно закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах великосерійного виробництва дуже важливо.

Виконано спеціальне завдання на тему особливості віброабразивної обробки складних поверхонь.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика технологічного процесу з точки зору безпеки проведення робіт, наведена характеристика виробництва за ступенем пожежної безпеки.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення шестерні відцентрового суфлеру.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
2. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
3. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО «Мотор Сич», 1998. –45с.
4. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
5. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
6. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
7. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін «Технологія машинобудування» (розділ проектування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260, усіх форм навчання./Укл. В.Д. Хорошков.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 93 с.
8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова.- М.: Машиностроение.1988.-736 с., ил.
9. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.
10. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
11. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.
12. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник/ Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров 2 – е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. - 240 с.
13. Координатные измерительные машины / В.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов, и др. М.: Машиностроение, 1988. 328с.
15. Справочник инженера-технолога в машиностроении / А.П. Бабичев и др. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 541 с
16. <http://www.galtovka.ru/>

17. Кулаков Ю.М., Хрульков В.А. Отделочно-зачистная обработка деталей. – М., Машиностроение, 1979, 216 с.
18. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / Бабичев А.П., Бабичев И. А. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
19. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии: Учебное пособие. Ч.1. Ростов-на-Дону. ДГТУ. 1993. 98 с.
20. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей. М.: Машиностроение, 1974.
21. <http://www.rosler.com/>
22. Кремень З.И. Турбоабразивная обработка деталей – новый способ финишной обработки / З.И.Кремень, М.Л. Масарский // Вестник машиностроения. – 1977. – №28. – С. 68 - 70.
23. Машиностроение. Энциклопедия: в 40 т. / [Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др.]. – М.: Машиностроение, 2000 – . – Т. 3: Технология изготовления деталей машин / А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др.; Под общ. ред. А.Г. Суслова. 2002. – 840 с.
24. Богуслаев В.О. Технологія виробництва авіаційних двигунів: Ч. 3. Методи обробки деталей авіаційних двигунів / Богуслаев В.О., Качан О.Я., Яценко та ін. – Запоріжжя: ВАТ «Мотор Січ», 2008. — 639 с.
25. WALTHER TROWAL! [Электронный ресурс]: Produkte/Gleitschleiftechnik. – Режим доступа: <http://www.walthertrowal.de/de/produkte/gleitschleiftechnik/>, свободный. – Загл. с экрана.
26. Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес. — М.: Машиностроение, 1972. 369 с.
27. Сурков И.В., Сырейщикова Н.В. Метрологическое обеспечение процесса контроля зубчатых колес // Тезисы докладов международной научно-практической конференции. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ. 2012. Т. 1. С. 225–227.
28. Surkov I.V. Development of methods and means of coordinate measurements for linear and angular parameters of cutting instruments / Measurement Techniques: volume 54. — Issue 7 (2011). P. 758–763.
29. Сурков И.В., Буртовая А.И. Разработка оборудования и программного обеспечения для координатных измерений прецизионных деталей и инструментов со сложнопрофильными поверхностями // Тезисы докладов 23-го национального научного симпозиума с международным участием «Metrology and metrology assurance 2013». — Созополь (Болгария): 2013 (ISSN 1313-9126). С. 186–191.

30 Сурков И.В., А.И. Буртовая. Разработка математического обеспечения для размерно-точностного анализа результатов координатных измерений // Прогрессивные технологии в машиностроении: сб. научных трудов. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. С. 101–104.

31 Goch G. Gear metrology. CIRP Annals — Manufacturing Technology. 2003. 52 (2). P. 659–695.

32 ГОСТ 1643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски [текст]. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. 45 с.

33 ISO 1328-1:2013 Cylindrical gears — ISO system of flank tolerance classification — Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to flanks of gear teeth [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:1328:-1:ed-2:v1:en> — 26.06.2015.

34 VDI/VDE 2607 Computer-aided evaluation of profile and helix measurements on cylindrical gears with involute profile. — Dusseldorf, 2000. 46 s.

35 VDI/VDE 2612 Profile and helix checking of involute cylindrical gears. — Dusseldorf, 2000. 18 s.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						<u>Документація</u>			
		A1			НУЗП 401311.011	Складальне креслення	1		
		A4				Пояснювальна записка	1		
						<u>Деталі</u>			
				1		Опора ліва	1		
				2		Опора права	4		
				3		Вісь	1		
				4		Планка	1		
				5		Обмежувач	2		
				6		Штовхач	1		
				7		Втулка	1		
				8		Хрестовина	1		
				9		Кришка	1		
				10		Кільце	1		
				11		Опора	1		
				12		Планка	1		
				13		Валік	1		
				14		Рухомий вал	1		
				15		Прокладка	1		
				16		Основа	1		
				17		Пружина	1		
				18		Ручка	1		
		19		Штифт	1				
		20		Основа	1				
		21		Вісь	1				
		22		Конус	1				
Подп. и дата		НУЗП 4 01311.011							
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разрад.	Середа			Пристрій для контролю зубів НУЗП Мз - 118м				
	Пров.	Кондратюк							
	Т. контр.	Кондратюк							
	Н.контр.	Гончар Н.В.							
	Утв.	Дядя С.І.							
Подп. и дата		Лит.	Лист	Листов					
			1	2					

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<i>Стандартні вироби</i>		
		23		Гвинт М6х30 ГОСТ3128-80	6	
		24		Гвинт М6х25 ГОСТ5993-88	4	
		25		Гайка 7003-0133/001 ГОСТ12460-87	1	
		26		Зажим 167 ГОСТ 10299-80	1	
		27		Зажим для індуктора 179 ГОСТ 10299-80	1	
		28		Шайба 16 ГОСТ 6959-84	3	
		29		Штанга 107 ГОСТ 3508-90		
		30		Штифт 6Гх32 ГОСТ 3128-80	4	
		31		Штифт 6Гх24 ГОСТ 3128-80	1	
		32		Штифт 5Гх32 ГОСТ 3128-80	1	
		33		Штифт 5Гх36 ГОСТ 3128-80	4	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НУЗП 4 01311.011	Лист
						2