



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на магістерську роботу Удосконалення технологічного процесу обробки диска турбіни

Студент Бабич Михайло Григорович

Спеціальність і група 131-1 Технології машинобудування, М-113м

Обсяг проекту (роботи) Повний

Кількість аркушів креслень \_\_\_\_\_

Кількість сторінок пояснювальної записки 114

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень У роботі проведено аналіз конструкторської та технологічної частини. Автоматизація систем контролю. Підвищення продуктивності електроерозійної обробки шляхом застосування сучасного обладнання. Розрахунок на міцність. Охорона праці.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню \_\_\_\_\_

Виконана робота повністю відповідає поставленому завданню

в) характеристика виконання кожного розділу магістерської 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 роботи \_\_\_\_\_

При перевірці виконаної роботи негативних особливостей не виявлено

д) позитивні особливості \_\_\_\_\_

Позитивною особливістю можна вважати: підвищення продуктивності електроерозійної обробки шляхом застосування сучасного обладнання в механічному цеху.

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до роботи

Плакати та пояснювальна записка виконані у відповідності до діючих стандартів

---

---

---

є) відгук про роботу загалом

В цілому магістерська робота студента групи М-113м Бабича Михайла Григоровича відповідає вимогам вищої школи

---

---

ж) інші зауваження

У якості зауважень можна привести наступне:

1. На кресленні контрольного пристрою на головному виді вказане не вірно розташування роликів.

2. На ескізі контрольної операції занадто малий розмір тексту.

---

---

з) оцінка роботи

В цілому магістерська робота студента групи М-113м Бабича Михайла Григоровича заслуговує оцінку «добре»

---

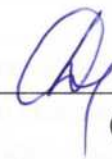
---

---

---

Рецензію склав доцент кафедри ТМБ Дядя С. І.

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



(підпис)

11. 12. 2018 р.

- [15:28:14] **Ya** Найдено 1% совпадений по адресу: <http://www.dissercat.com/content/konstruktorsko-tehnologicheskoe-obespechenie-minimalnykh-radialnykh-zazorov-v-lopatochnykh->
- [15:28:17] Страница запроса №578 [1] к поисковой системе недоступна по причине защиты от автопоиска (Rambler)
- [15:28:17] **Go** Найдено 1% совпадений по адресу: <http://technology.snauka.ru/2016/07/10394>
- [15:28:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [3] (200014 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:28:20] **Go** Найдено 1% совпадений по адресу: [http://www.eti.su/articles/electrotehnika/electrotehnika\\_887.html](http://www.eti.su/articles/electrotehnika/electrotehnika_887.html)
- [15:28:25] **Vi** Найдено 1% совпадений по адресу: <https://lektsii.org/3-115888.html>
- [15:28:25] **Vi** Найдено 1% совпадений по адресу: <https://lektsii.org/3-116020.html>
- [15:28:27] **Vi** Найдено 1% совпадений по адресу: [http://library.sumdu.edu.ua/data/novi\\_nadhodzennya\\_01\\_2014.doc](http://library.sumdu.edu.ua/data/novi_nadhodzennya_01_2014.doc)
- [15:29:48] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [3] (200015 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:30:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200039 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:31:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200049 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:32:10] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [3] (200034 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:33:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [3] (200016 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:34:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [3] (200044 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:35:20] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №547 [3] (200035 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:35:56] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [3] (200054 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:36:19] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №557 [3] (200055 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:36:55] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №562 [3] (200055 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:37:41] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №567 [3] (200040 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:37:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №572 [3] (200024 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:38:16] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №577 [3] (200040 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло )
- [15:38:16] Тип проверки: *Стандартная*
- [15:38:16] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 25%)**
- [15:38:16] **Уникальность текста 84%<sup>©</sup> (Проигнорировано подстановок: 0%)**

---

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Бабич М.Г., провів  
зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

11.12.2018р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Технології машинобудування

(повна назва кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Удосконалення технологічного процесу обробки диска турбіни

Виконав: студент 6 курсу, групи М-113м  
спеціальності (напряму підготовки)

131 Прикладна механіка

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Бабич М.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Козлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Дядя С.І.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя

2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Запорізький національний технічний університет**  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут,  
 факультет Машинобудівний  
 Кафедра Технології машинобудування  
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр  
 Спеціальність 131 Прикладна механіка  
(код і назва)  
 Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(код і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
 Завідувач кафедри Дядя С.І.  
 “ 6 ” 12 2018 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Бабича Михайла Григоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу обробки диска турбіни

керівник проекту (роботи) Козлова О.Б., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” 11 2018 року № 366

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 30.11.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Робоче креслення деталі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація; 4 Спеціальне завдання; 5 Розрахунок на міцність; 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення деталі, креслення заготовки, маршрут виготовлення деталі, креслення робочого пристосування, креслення контрольного пристосування

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1. Технологічна частина	Козлова О.Б.		
2. Конструкторська частина	Козлова О.Б.		
4. Охорона праці	Шмирко В.І.		
Нормоконтроль	Гончар Н.В.		

7. Дата видачі завдання 05.02.18

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту ( роботи )	Примітка
1	Конструкція і призначення деталі.	<b>20.02.18</b>	
	Маршрут виготовлення деталі	<b>15.03.18</b>	
2	Розрахунок припусків та режимів різання	<b>20.05.18</b>	
3	Розробка токарної операції	<b>25.06.18</b>	
4	Розробка свердлильної операції	<b>20.07.18</b>	
5	Розробка фрезерної операції	<b>20.09.18</b>	
6	Проектування робочого пристосування	<b>25.10.18</b>	
7	Пректування контрольного пристосування	<b>05.11.18</b>	
8	Автоматизація виробництва	<b>15.11.18</b>	
9	Спеціальне завдання	<b>20.11.18</b>	
10	Розрахунок на міцність	<b>25.11.18</b>	
11	Збір даних з охорони праці	<b>01.12.18</b>	
12	Нормоконтроль	<b>10.12.18</b>	
13	Рецензія	<b>11.12.18</b>	
14	Захист дипломної роботи	<b>12.12.18</b>	

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Бабич М.Г.**  
( прізвище та ініціали )

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Козлова О.Б.**  
( прізвище та ініціали )

## РЕФЕРАТ

ПЗ: с. 114, 60 рисунків, 7 таблиць, 2 додатка, 19 посилань.

Об'єкт дослідження – диск турбіни середнього тиску двигуна Д– 18Т.

Мета магістерської роботи – проектування механічного виготовлення дисків турбіни; розробка технологічної схеми процесу, обладнання та оснащення, а також проектування технологічного процесу обробки диску.

Метод дослідження – розрахунково – аналітичний із застосуванням спеціальних систем САПР.

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 даний проект, закріпили і поглибили отримані знання, поповнили їх навичками прогресивних технологій, застосували нове обладнання, вивчили системи автоматизації та механізації технологічного процесу, накопичили досвід ведення самостійної інженерної діяльності щодо технології виробництва заготовок, механічної обробки деталей підвищеної точності, конструювання оснащення й ріжучого інструменту, вимірювальної та контрольної апаратури.

ДИСК, КОМПРЕСОР СЕРЕДНЬОГО ТИСКУ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, КВАЛІТЕТ, БАЗА, ЗАГОТОВКА, РІЗЕЦЬ, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ, РОЗМІР, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ВЕРСТАТ, ТЕРМООБРОБКА

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	12
1.1 .....Опис конструкції і службового призначення деталі.....	12
1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт.....	14
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	15
1.4 ..... Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	19
1.4.1 . Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	19
1.4.2 .... Проектування маршруту обробки поверхонь.....	21
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	25
1.5 .....Розрахунок припусків та технологічних розмірів.....	26
1.6 .....Розрахунок режимів різання.....	31
1.7 Розрахунок технічної норми часу.....	45
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXСAM або іншої програми, що має САМ– модуль.....	47
1.8.1 Розробка токарної операції.....	47
1.8.2 Розробка свердлильної операції.....	51
1.8.3 Розробка фрезерної операції.....	53
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	57
2.1 Проектування токарного пристрою.....	57
2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи.....	57
2.1.3 Визначення сил затиску.....	59
2.2.4 Розрахунок пристосування на точність.....	62
2.2.5 Розрахунок пристосування на прочність.....	63
2.3 Проектування контрольного пристосування.....	65

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ.....	67
3.1 Системи автоматизованого контролю деталей для верстатів з ЧПК.....	67
4 СПЕЦЗАВДАННЯ .....	78
4.1 Електроерозійна обробка поверхонь .....	78
4.2 Підвищення продуктивності електроерозійної обробки шляхом застосування сучасного обладнання .....	80
4.3 Порівняння методів електроерозійної та механічної обробки.....	92
5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО–ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ.....	94
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .	98
6.1 Аналіз потенційних небезпек .....	98
6.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки .....	99
6.4 Заходи з пожежної безпеки. Розрахунок вентиляційної системи.....	103
6.4.1 Заходи щодо пожежної безпеки.....	103
6.5 Принцип блокування верстата.....	105
6.6 Порядок дій робітників і службовців промислового об'єкта та не працюючого населення при аварії на хімічно небезпечному об'єкті с викидом сильнодіючих отруйних речовин. ....	107
ВИСНОВОК .....	110
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	111
ДОДАТОК А – РОБОЧЕ ПРИСТОСУВАННЯ .....	113
ДОДАТОК Б – КОНТРОЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ .....	114

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГКМ	Горизонтально– кувальна машина
ДСТУ	Державний стандарт
І	Індукційний
МГ	Магнітографічний
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
НК	Неруйнуючий контроль
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
СЗН	Спосіб залишкової намагніченості
СПП	Спосіб приложеного полю
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес

## ВСТУП

Підвищення експлуатаційних характеристик авіаційних двигунів: енергоозброєності, ресурсу, надійності і економічності при одночасному забезпечення 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 диска турбіни сучасного двигуна.

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Турбіна середнього тиску (ТСД) – осьова, реактивна, одноступенева (рис. 1), призначена для перетворення частини енергії газового потоку, що подається з турбіни високого тиску, в механічну енергію, що використовується для обертання ротора компресора середнього тиску.

Створення двигуна Д-18Т (рис. 1.1, 1.2) для надважких транспортних літаків Ан-124 «Руслан» і Ан-225 «Мрія». Ця розробка зажадала рішення цілого ряду науково-технічних проблем в області газодинаміки, міцності, теплообміну, тривимірного математичного моделювання, автоматизації проектування і технології виробництва.



Рисунок 1.1 – Двигун Д- 18Т.

Технічні дані Д- 18Т для свого часу перебували на рівні кращих зарубіжних двигунів для цивільної авіації. Його низька питома витрата палива забезпечена великими значеннями ступеня підвищення тиску і ступеня двоконтурності. Мала питома маса двигуна визначається високими параметрами робочого циклу, його раціональною конструкцією, застосуванням сучасних матеріалів і технології.

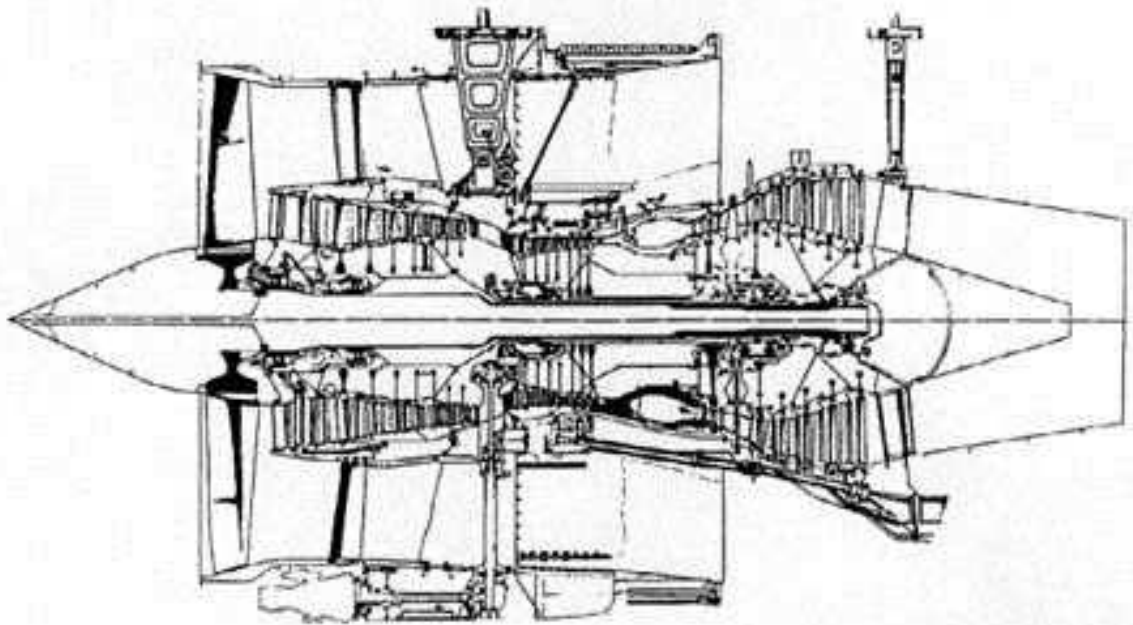


Рисунок 1.2 – Ескіз двигуна Д– 18Т в розрізі

Деталь виготовляється з легованої сталі ХН62ВМКТЮ– ІД ТУ 14– 1– 3998– 85. Хімічний склад показано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу ХН62ВМКТЮ– ІД

С, %	Cr, %	Al, %	Co, %	Ni, %	Si, %	Ce, %	Fe, %	Cu, %	W, %	Mo, %	B, %	P, %
≤ 0,1	8,5... 10,5	4,2... 4,9	4... 6	Основа	≤ 0,6	≤ 0,3	≤ 4,0	≤ 0,07	4,3... 6,0	9,0... 11,5	≤ 0,02	≤ 0,011

Щільність сталі 7800 кг/м<sup>3</sup>.

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості матеріалу ХН62ВМКТЮ– ІД

Термообробка	Механічні властивості					
	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\Psi$ , %	$a_k$ , (кгс м)/см <sup>2</sup>	НВ, d <sub>отр</sub> , мм
Закалка при 1220 °С, витримка 4 г, охолодження на повітрі. Перше старіння при 960 °С, витримка 4 г, друге при 850 °С, витримка 16 г.	1100...1250	850...950	10...15	10...15	3...6	302...388 НВ

Тривимірна модель показана на рисунку 1.3.

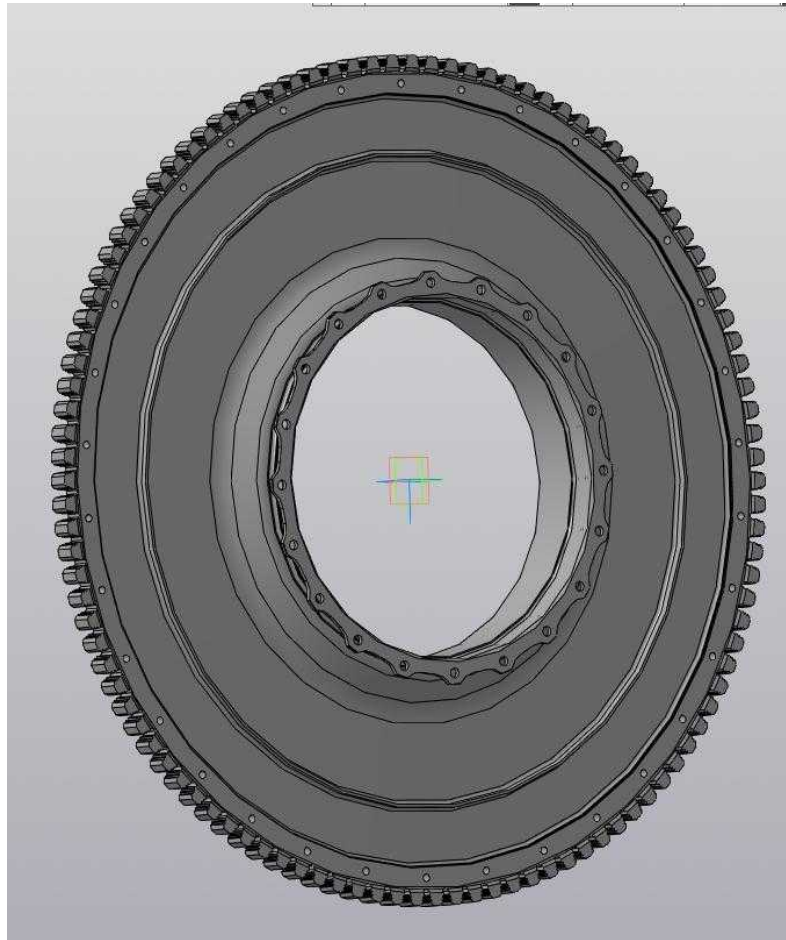


Рисунок 1.3 – Тривимірний модель деталі диска турбіни

## 1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані

річна програма випуску –  $N = 5000$  шт.

маса деталі –  $q = 67,3$  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 приймають 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);

$\Phi$  – число робочих днів за рік (250 днів).

$$n = \frac{2 \cdot 500}{250} = 4 \text{ шт.}$$

Вибір форми організації роботи – перемінно поточна.

### 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, чим забезпечуються необхідні розміри, клас точності і величини шорсткості поверхні. Встановлення оптимальних припусків є найважливішим завданням при проектуванні технологічного процесу.

Щодо к диску турбіни, оптимальними є заготовки, отримані одним з методів штамповки, т. к. матеріал – сталь ХН62ВМКТЮ– ИД. До даної деталі висувають високі вимоги за механічними властивостями, макроструктуру, залишковим напруженням. Виходячи з цього, заготовки можуть бути отримані штампуванням на молоті у відкритому штампі і КГШП.

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

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

Штампування на молоті у відкритому штампі.

Попередньо визначаємо розміри заготовки (рис. 1.4, 1.5) [3, табл 1.2, стр. 11].

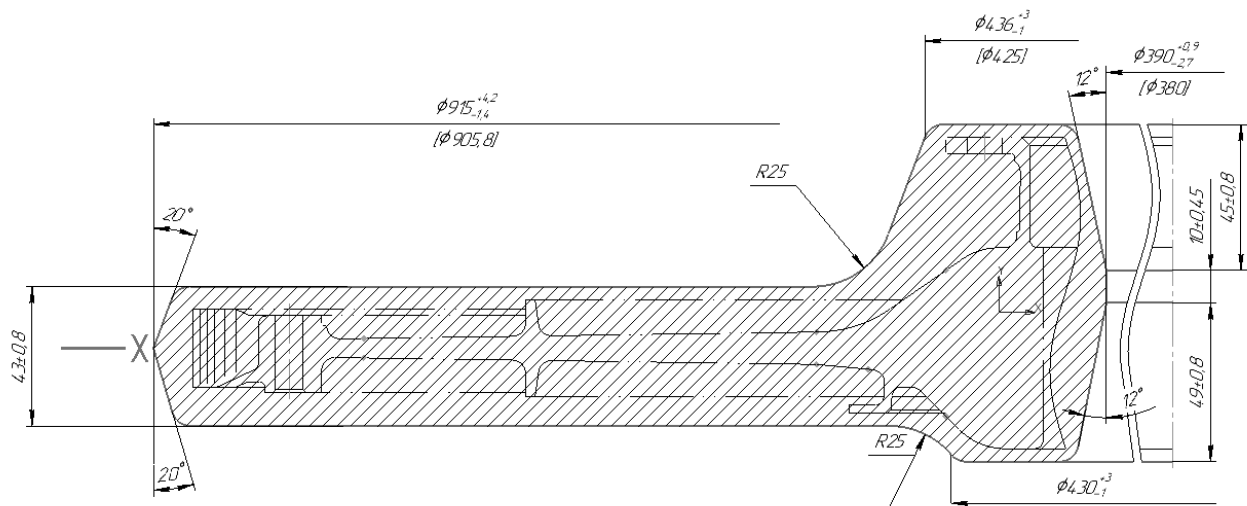


Рисунок 1.4 – Ескиз заготовки, що отримана штамповкою на молоті у відкритому штампі

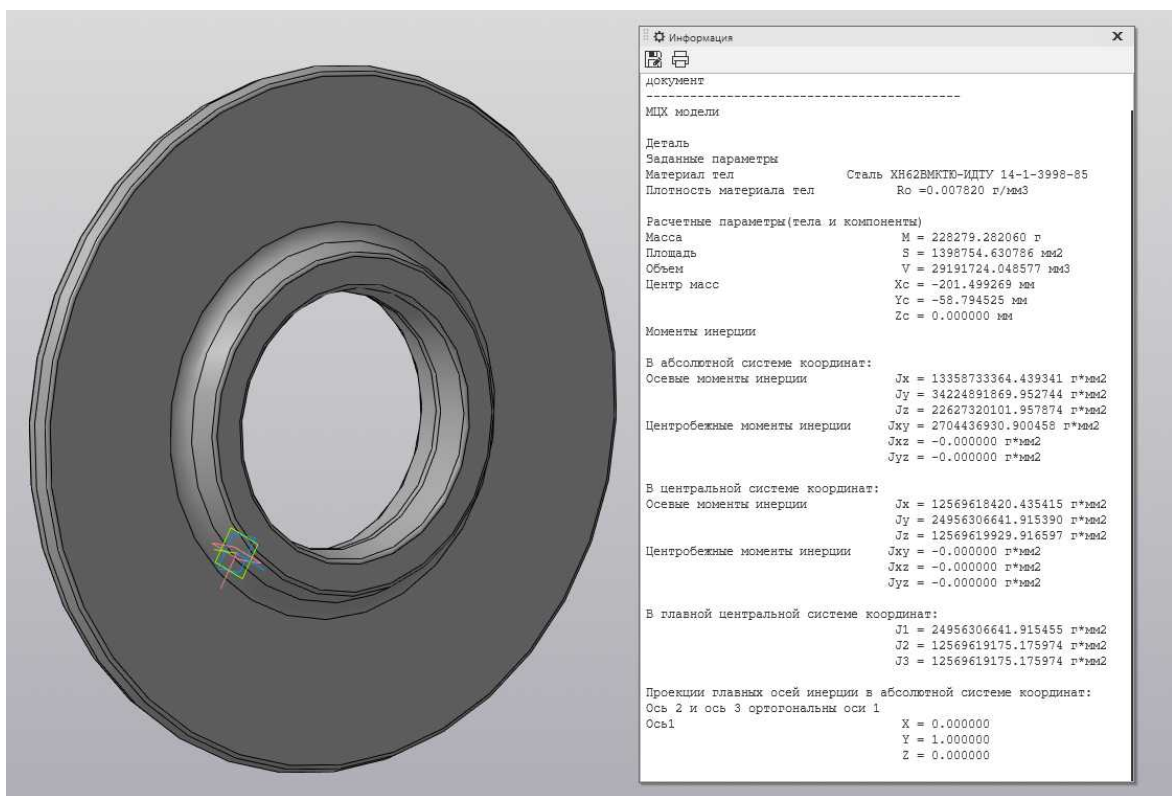


Рисунок 1.5 – Тривимірна модель заготовки, що отримана штамповкою на молоті у відкритому штампі

Собівартість виготовлення визначається за формулою:



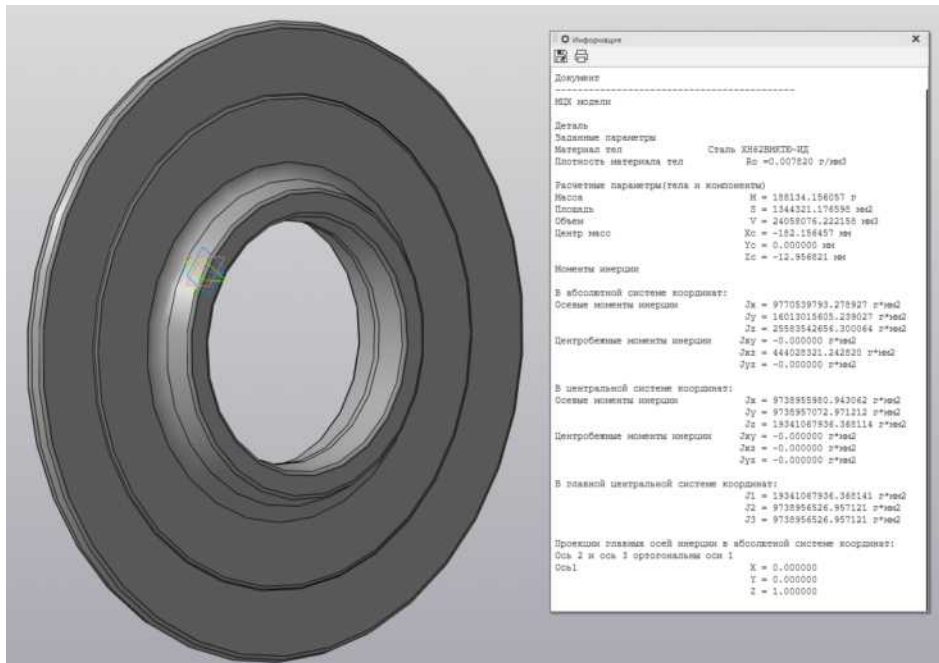


Рисунок 1.7 – Тривимірна модель заготовки, що отримана штамповкою на КГШП

Собівартість виготовлення визначається за формулою (1.2):

$$C_2 = \frac{26000}{1000} \cdot 188,13 \cdot 1 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 0,5 - (188,13 - 67,3) \cdot \frac{1400}{1000} = 5945,22 \text{ грн}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою (1.3):

$$K_{ИМ} = \frac{67,3}{188,13} = 0,36$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-му варіанті  $C_1 = 6623,4$  грн; у 2-му варіанті  $C_2 = 5945,22$  грн;  $C_1 > C_2$ ;  $K_{ИМ1} < K_{ИМ2}$

У таблиці 1.3 наведено результати розрахунків.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Штамповка у відкритому штампі	КГШП
Маса деталі	$q$	кг	67,3	67,3
Маса заготовки	$Q$	кг	228,28	188,13
Коефіцієнт використання матеріала	$\eta$	–	0,29	0,36
Базова ціна 1т заготовок	$B_{\sigma}$	грн	25000	26000
Коефіцієнти	$K_{\sigma}$		1	1
	$K_m$		2.4	2.5
	$K_n$		1	1
	$K_t$		0.5	0.5
Ціна 1т стружки	$B_{отх.}$	грн	1400	1400
Вартість заготовки	$B$	грн	6623,4	5945,22

Приведені витрати при використанні методу штампа нижче, а значить, цей вид заготовки економічно вигідніше.

#### 1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

##### 1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

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

Виконуємо якісну оцінку:

- а) деталь має геометричну форму середньої складності;
- б) деталь має 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 заготовки:

$$K_{uz} = \frac{q}{Q}. \quad (1.4)$$

де  $q$  – маса деталі,  $Q$  – маса заготовки.

$$K_{uz} = \frac{67,3}{188,13} = 0,36 < 0,8$$

По цьому показнику деталь не технологічна.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_э} > 0,6, \quad (1.5)$$

де  $K_{y.э.}$  – коефіцієнт уніфікації;

$Q_{y.э.}$ ,  $Q_э$  – відповідно кількість уніфікованих елементів та загальна кількість елементів.

$$K_{y.э.} = \frac{25}{29} = 0,83 > 0,6$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності визначається за формулою:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{ср}} > 0,8, \quad (1.6)$$

де  $K_{то}$  – коефіцієнт точності;

$A_{ср}$  – середній квалітет точності визначається за формулою:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{11,7} = 0,91 > 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}} < 0,32, \quad (1.7)$$

де  $K_{ш}$  – коефіцієнт шорсткості;

$B_{ср}$  – середній квалітет шорсткості визначається за формулою:

$$K_{ш} = \frac{1}{5,06} = 0,19 < 0,32$$

З цим показником деталь технологічна.

#### 1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки деталі (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 процеси впливу на інші поверхні заготовки. МОП необхідний для компонування операцій ТП, розробки схем групових налагоджень і налаштувань.

Для поверхні  $\varnothing 700h7$  шорсткість заготовки  $R_a = 25$  мкм, [ 3, табл.3.7, с.19], допуск  $Td_3 = 6$  мм, шорсткість деталі  $R_a = 1,25$  мкм, допуск  $Td = 0,05$  мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_{\partial}} \quad (1.8)$$

$$\varepsilon_d = \frac{6}{0,05} = 120$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_D} \quad (1.9)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{1,25} = 20$$

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

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d \quad (1.10)$$

$$k = 2 \cdot \lg 120 = 4,12$$

Приймаємо  $k = 4$ .

Різниця класів шорсткості та їх розподіл  $IT = IT16 - IT7 = 9 = 3 + 3 + 2 + 1$ .

Встановлюємо послідовність показників точності:  $IT16 - IT13 - IT10 - IT8 - T7$ .

Призначаємо методи обробки за переходами.

Заготівельна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове – шліфування чорнове.

За [3, 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:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} ; \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_{d2} = \frac{6}{1,25} = 4,8$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} ; \quad (1.12)$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні  $\varnothing 380H10$  шорсткість заготовки  $Ra = 25$  мкм, [1, табл.3.7, с. 19], допуск  $Td_3 = 3,6$  мм, шорсткість деталі  $Ra = 0,63$  мкм, допуск  $Td = 0,23$  мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулою (1.8, 1.9):

$$\varepsilon_d = \frac{3,6}{0,23} = 15,65$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{0,63} = 39,68$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник шорсткості, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо  $k$  переходів[3]:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Ra} \quad (1.13)$$

$$k = 2 \cdot \lg 39,68 = 3,19;$$

Приймаємо  $k = 3$ .

Різниця класів шорсткості та їх розподіл  $IT = IT16 - IT10 = 6 = 3 + 2 + 1$ .

Встановлюємо послідовність показників точності:  $IT16 - IT13 - IT11 - IT10$ .

Призначаємо методи обробки за переходами.

Заготівельна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове.

За [3, 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 за формулою (1.11, 1.12):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{3,6}{0,89} = 4,04$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Результати розрахунків інших поверхонь показано в таблиці 1.6.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі.

Характер, показники точності та якість поверхонь в деталі і заготівлі	Показники	Уточнення	Кількість переходов k		Різниця та показники ПШТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			J	$\epsilon_{j0}$		Розрахункове	Прийняте	i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість
	7	8									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\varnothing 700h7$ Заготівля $R_a = 25$ мкм, допуск $Td_3 = 6$ мм. Деталь $R_a = 1,25$ мкм, допуск $Td = 0,05$ мм.	d	120	4,12	4	IT=IT16– IT7=9=3+3+2+1 IT16– IT13– IT10– IT8– IT7 $\Delta$ кл= 6кл –2кл = 4 кл = 2кл– 3кл – 4кл – 5кл 6 кл $Ra_{25} > Ra_{12,5} >$ $Ra_{6,3} > Ra_{3,2} > Ra_{1,25}$	1	Заготівля	6	25	–	–
						2	Т/о	–	–	–	–
						3	Точ. черн.	1,25	12,5	4,8	2
	4	Точ. Получист.				0,4	6,3	3,12	1,98		
	5	Точ. Чист.				0,15	3,2	2,67	1,97		
	6	Шлиф. Черн				0,05	1,25	3	2,56		
									$\sum \epsilon_i =$	120	20
$\varnothing 380H10$ Заготівля $R_a = 25$ мкм, допуск $Td_3 = 3,6$ мм, Деталь $R_a = 0,63$ мкм, допуск $Td = 0,23$ мм,	d	15,65	3,19	3	$\Delta$ кв = IT16– IT10 = 6 = 3+2+1 IT16 – H13 – H11 – H10 $\Delta$ кл= 8кл –2кл = 6 кл = 2кл– 4кл – 5кл – 6кл $Ra_{25} > Ra_{12,5} > Ra_{6,3} >$ $Ra_{0,63}$	1	Заготівля	3,6	25	–	–
						2	Т/о	–	–	–	–
						3	Точ. черн.	0,89	12,5	4,04	2
	4	Точ. п/чист				0,36	6,3	2,47	1,98		
	5	Точ. чист.				0,23	0,63	1,56	10		
									$\sum \epsilon_i =$	15,65	39,68

### 1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Технологічний процес виготовлення деталі диска турбіни складається з 12 операцій різного характеру. У цьому технологічному процесі 6 операцій токарного типу; 2 свердлильних операції; 2 фрезерно– свердлильних операції; 1 свердлильна операція, 2 шліфувальних операції; 1 – протяжна операція, є деяка кількість слюсарних операцій і спеціальні операції.

Маршрут виготовлення деталі диска турбіни показаний в таблиці 1.5

Таблиця 1.5 – Операції виготовлення деталі

№	Назва операції	Оборудовання
005	Заготівельна	
010	Термообробка	Піч
015	Травління	Установка
020	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр– 800
025	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр– 800
030	Контроль ультразвуковий	Спец. установка
035	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр– 800
040	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр– 800
045	Контроль	Контрольний стіл
050	Притирочна	Притирочна плита
055	Мийна	Ванна
060	Очищення ультразвукове	Ванна УЗ
065	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр– 800
070	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК АТПр– 800
075	Притирочна	Полірувальна бабка
080	Притирочна	Полірувальна бабка
085	Очищення ультразвукове	Ванна УЗ
090	Вертикально– свердлильний з ЧПК	Вертикально– свердлильний верстат з ЧПК Knufh KSB 40
095	Електроерозійна	Спец. установка
100	Вертикально– фрезерна з ЧПК	Вертикально– фрезерний з ЧПК ИР500МФ4
105	Вертикально– свердлильно– розточний з ЧПК	Вертикально– свердлильно– розточний з ЧПК Knufh KSB 40
110	Слюсарна	Верстак
115	Слюсарна	Верстак

Продовження таблиці 1.6

120	Слюсарна	Верстак
125	Очищення	Спец. установка АПС– 600А
130	Вертикально– фрезерно– розочна з ЧПК	Вертикально– фрезерна– розточний з ЧПК ИР500МФ4
135	Горизонтально– протяжная	Горизонтально– протяжной 7Б56
140	Слюсарна	Верстак
145	Очищення ультразвукове	Ванна УЗ
150	Шліфувальна	Універсальний верстат РІСОМАХ 95
155	Шліфувальна	Універсальний верстат РІСОМАХ 95
160	Слюсарна	Верстак
165	Маркування	Верстат
170	Слюсарна	Верстак
175	Очищення ультразвукове	Ванна УЗ
180	Маркування лазерне	Промисловий лазер
185	Люмінісцентний контроль	Установка ЛЮМ1– ОВ
190	Контроль	Контрольний стіл

### 1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково– аналітичним методом.

Розрахунково– аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня  $\varnothing 700h7_{(-0,05)}$

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

Для заготовки нормативні значення  $Rz = 100\text{мкм}$  и  $h = 200\text{мкм}$  приймаємо в залежності від маси заготовки.

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як сумму допустимих значень похибки розміру від зміщення  $\rho_{см}$  та короблення  $\rho_{кор}$ . Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво):  $\rho_{см} = 600\text{мкм}$ ,  $\rho_{кор} = \Delta_k \cdot 1 = 3 \cdot 78 = 234 \text{ мкм} = 0,234 \text{ мм}$ .

Сумарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}; \quad (1.14)$$

$$\rho_1 = \sqrt{600^2 + 234^2} = 644,02\text{м}44 = 0,644\text{ мм}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.7.

Для точіння чорнового нормативні значення  $Rz$ ,  $h$ :  $Rz_2 = 50\text{мкм}$ ,  $h_2 = 50\text{мкм}$ ,  $\rho_2 = k_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 644 = 38,64\text{ мкм} = 0,038\text{ мм}$ ,  $k = 0,06$  – коефіцієнт уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} \quad (1.15)$$

де  $Td_{\text{заг}} = 6,0\text{мм}$  – допуск бази заготовки.

$$\varepsilon_2 = 0,25 \sqrt{6^2 + 1} = 1,52\text{ мм} = 1520\text{ мкм}$$

Для точіння напівчистового нормативні значення  $Rz$ ,  $h$ , приймаємо:  $Rz_3 = 25\text{мкм}$ ,  $h_3 = 25\text{мкм}$ ,  $\rho_3 = 1,93\text{мкм}$ ,  $\varepsilon_3 = 91,2\text{мкм}$ .

Для точення чистового нормативні значення  $Rz$ ,  $h$ , приймаємо:  $Rz_4 = 10\text{мкм}$ ,  $h_4 = 10\text{мкм}$ ,  $\rho_4 = 0\text{мкм}$ ,  $\varepsilon_3 = 4,56\text{мкм}$ .

Для шліфування 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 точіння чорнового:

$$2Z_{1\text{min}} = 2[50 + 50 + \sqrt{(644^2 + 1520^2)}] = 3501,59\text{ мкм} = 3,501\text{м},$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\text{min}} = 2[25 + 25 + \sqrt{(38,64^2 + 91,2^2)}] = 298\text{ мкм} = 0,298\text{ мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\text{min}} = 2[10 + 10 + \sqrt{(1,93^2 + 4,56^2)}] = 49,9\text{ мкм} = 0,049\text{ мм}$$

Для шліфування чистового:

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

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

$$d_5^{min} = d_5^{ном} + eid_5; \text{ мм} \quad (1.16)$$

$$d_5^{min} = 700 + (-0,05) = 699,95$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

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

$$d_4^{min} = d_5^{min} + 2z_5^{min} = 699,955 + 0,02 = 699,97 \text{ мм};$$

$$d_3^{min} = d_4^{min} + 2z_4^{min} = 699,97 + 0,49 = 700,46 \text{ мм};$$

$$d_2^{min} = d_3^{min} + 2z_3^{min} = 700,46 + 0,298 = 700,758 \text{ мм};$$

$$d_1^{min} = d_2^{min} + 2z_2^{min} = 700,758 + 3,501 = 704,259 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

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

$$d_5^{max} = d_5^{min} + Td_5 = 699,95 + 0,05 = 700 \text{ мм};$$

$$d_4^{max} = d_4^{min} + Td_4 = 699,97 + 0,15 = 700,12 \text{ мм};$$

$$d_3^{max} = d_3^{min} + Td_3 = 700,46 + 0,4 = 700,86 \text{ мм};$$

$$d_2^{max} = d_2^{min} + Td_2 = 700,758 + 1,25 = 702,008 \text{ мм};$$

$$d_1^{max} = d_1^{min} + Td_1 = 704,259 + 6,0 = 710,259 \text{ мм}.$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки [1]:

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

$$2z_2^{max} = d_1^{max} - d_2^{max} = 710,259 - 702,008 = 8,251 \text{ мм};$$

$$2z_3^{max} = d_2^{max} - d_3^{max} = 702,008 - 700,86 = 1,148 \text{ мм};$$

$$2z_4^{max} = d_3^{max} - d_4^{max} = 700,86 - 700,12 = 0,74 \text{ мм};$$

$$2z_5^{max} = d_4^{max} - d_5^{max} = 700,12 - 700 = 0,12 \text{ мм}.$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність:

$$\begin{aligned} 2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} &= Td_{заг} + Td_{дет} \\ 10309 - 4259 &= 6000 + 50 \end{aligned}$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{I_{ннo}} = d_{I_{min}} + ei_1 \quad (1.20)$$

$$d_{I_{ннo}} = 710,259 + 2,0 = 712,3 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготівки буде дорівнює:  $\text{Ø}712,3_{-2,0}^{+4,0}$  виконавчі розміри по іншим переходам виконуємо в системі «валу», тобто за номінальний розмір приймається максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, всі дані заносимо в табл. 1.6. Розрахунок табличним методом заносимо в табл. 1.7.

На внутрішню діаметральну поверхню припуски розраховуємо табличним методом та данні розрахунків заносимо у табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Результати розрахунків

№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Миним. розмір, мм	Припуск на обробку, мкм		Віконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мин. припуск, мкм	Розмір, мм				2Z <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø700H7 (-0,05)	Заготовка	100	200	644	-	-	704,259	6	710,259	704,259	-	-	Ø712,3 <sup>+4,0</sup> <sub>-2,0</sub>
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ. черн.	50	50	38,64	1520	3501	700,758	1,25	702,008	700,758	8251	3501	Ø702 <sub>-1,25</sub>
	Точ. п/чист	25	25	1,93	91,2	298	700,46	0,4	700,86	700,46	1148	298	Ø700,8 <sub>-0,4</sub>
	Точ. чист	10	10	0	4,56	49	699,97	0,15	700,12	699,97	740	49	Ø700,1 <sub>-0,15</sub>
Шліф.	5	5	0	0	20	699,95	0,05	700	699,95	120	20	Ø700 <sub>-0,05</sub>	
Ø380H10 (+0,23)	Заготовка					-	373,84	3,9	370,24	373,84	-	-	Ø371,4 <sup>+1,2</sup> <sub>-2,4</sub>
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ. черн.					4000	377,84	0,89	376,95	377,84	8490	4000	Ø376,95 <sup>+0,89</sup>
	Точ. п/чист					1160	389	0,36	378,64	389	2410	1160	Ø378,64 <sup>+0,36</sup>
	Точ. чист					1000	380	0,23	379,77	380	1590	1000	Ø380 <sup>+0,23</sup>

## 1.6 Розрахунок режимів різання

Розрахуємо режими різання для виконання опер. 020 Токарної з ЧПК.  
Матеріал деталі – сталь ХН62ВМКТЮ– ИД.  
Ескіз опер. 020 показано на рис. 1.8.

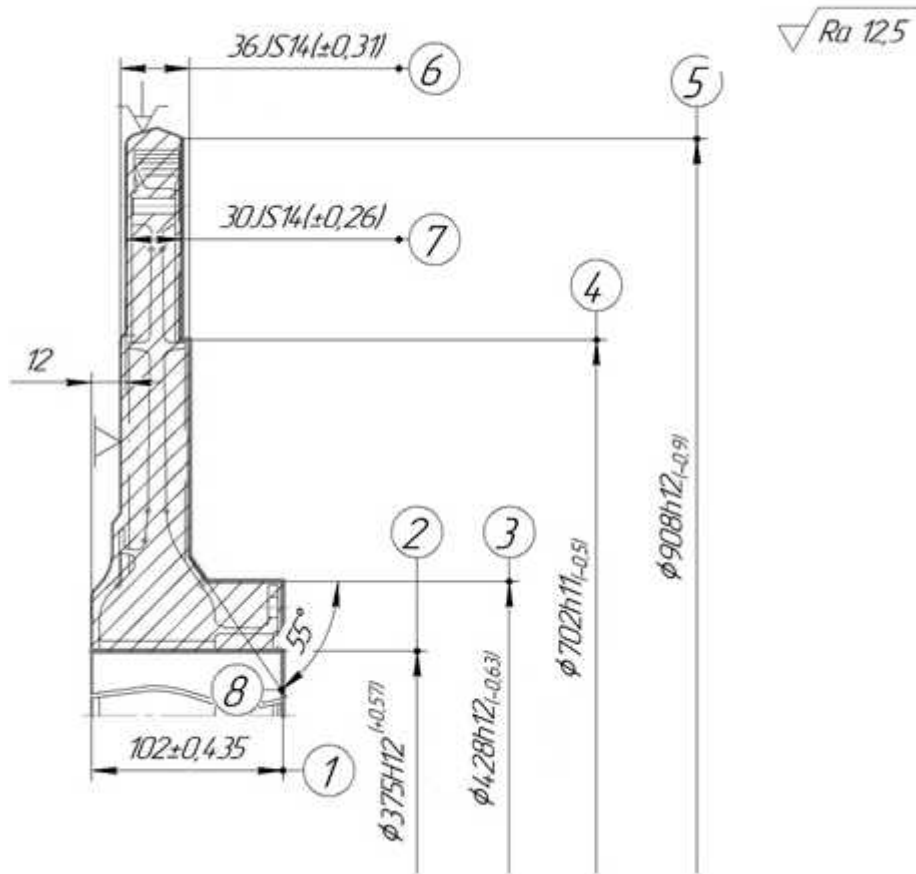


Рисунок 1.8 – Ескіз операції №020 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК АТПр 800. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Перехід 1 – точити поверхні 1, 3, 8, 6, 4, 7.

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплава Т5К10.

Глибина різання  $t_f = 1,5$  мм;

Подача[1]:

$$S_o = S_{OT} \cdot K_{S_o} \quad (1.21)$$

$$K_{S_O} = K_{S_{II}} \cdot K_{S_{III}} \cdot K_{S_{\phi}} \cdot K_{S_3} \cdot K_{S_{Ж}} \cdot K_{S_M} \quad (1.22)$$

где  $S_{O_T} = 0,3 \text{ мм/об}$  (1, 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,  $K_{S_3} = 0,8$ ;

$K_{S_{Ж}}$  – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи,

$K_{S_{Ж}} = 0,83$ ;

$K_{S_M}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал обраблюваної поверхні,  $K_{S_M} = 1,0$ .

$$K_{S_O} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,0 = 0,46$$

$$S_O = 0,3 \cdot 0,46 = 0,14 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання[1]:

$$V = V_T \cdot K_V \quad (1.23)$$

$$K_V = K_{V_M} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_{\phi}} \cdot K_{V_m} \cdot K_{V_{ж}} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_O} \quad (1.24)$$

де,  $V_T$  – табличне значення швидкості різання,  $V_T = 264 \text{ м/хв}$ , (3, т. 36, стр. 243);

$K_V$  – узагальнений швидкісний коефіцієнт;

$K_{V_m}$  – коефіцієнт обраблюваного матеріалу,  $K_{V_m} = 0,8$ ;

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

$K_{V_{\phi}}$  – коефіцієнт, що враховує вплив головного куту в плані,  $K_{V_{\phi}} = 0,81$ ;

$K_{V_T}$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки,  $K_{V_T} = 0,75$ ;

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

$K_{V_{II}}$  – коефіцієнт, що враховує стан обраблюваної поверхні,  $K_{V_{II}} = 1,0$ ;

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

$$k_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 0,75 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,4$$

$$V = 264 \cdot 0,4 = 105,6 \text{ м/мин}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.25)$$

де  $V$  – швидкість різання, м/хв

$D$  – діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \cdot 105,6}{3,14 \cdot 908} = 37,04 \text{ об/хв},$$

Приймаємо за паспортом верстату  $n = 35$  об/хв,

Дійсна швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 908}{1000} = 99,78 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.26)$$

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)

$k_p$  – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.27)$$

де  $k_{mv}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблююмого матеріалу.

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

$k_{\varphi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$  – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту  $k_{\varphi p} = 1,08, k_{\gamma p} = 1,15, k_{\lambda p} = 1,0, k_{rp} = 0,93$ , (2, т. 23, стр. 275).

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

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,14^{0,75} \cdot 99,78^0 \cdot 1,51 = 1057,53 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.28)$$

де  $P_z$  – сила різання, Н  
 $V$  – швидкість різання, м/хв.

$$N = \frac{1057,53 \cdot 99,78}{1020 \cdot 60} = 1,78 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 1,78 \text{ кВт} \leq N_{CT} = N_{ДВ} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Перехід 2 – точити поверхню 2

Інструмент – різець прохідний розточний з пластиною з твердого сплава Т5К10.

Глибина різання  $t_l = 1,5$  мм

Визначаю подачу за формулою (1.21, 1.22) де:

$$K_{SII} = 1,0; K_{SII} = 1,0; K_{S\phi} = 0,7; K_{S3} = 0,8; K_{SЖ} = 0,83; K_{SM} = 1,0;$$

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

$$S_o = 0,3 \cdot 0,46 = 0,14 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.23, 1.24), де:

$$V_T = 264 \text{ м/хв, (3, т. 36, стр. 243); } K_{vm} = 0,8; K_{VI} = 1,0; K_{V\phi} = 0,81; K_{VT} = 0,75; \\ K_{VЖ} = 0,82; K_{VI} = 1,0; K_{VO} = 1,0.$$

$$k_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 0,75 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,4$$

$$V = 264 \cdot 0,4 = 105,6 \text{ м/мин}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделя (1.25):

$$n = \frac{1000 \cdot 105,6}{3,14 \cdot 378} = 88,96 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату  $n = 90$  об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 378}{1000} = 106,82 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.30)$$

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)

$k_p$  – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання.

$$k_p = k_{mv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}$$

де  $k_{mp}$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблююмого матеріалу

$$k_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.31)$$

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

$k_{\varphi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$  – поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту  $k_{\varphi p} = 1,08, k_{\gamma p} = 1,15, k_{\lambda p} = 1,0, k_{rp} = 0,93$ , (2, т. 23, стр. 275).

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

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,14^{0,75} \cdot 106,82^0 \cdot 1,51 = 1057,53 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.32)$$

де  $P_z$  – сила різання, Н;

$V$  – швидкість різання, м/хв.

$$N = \frac{1057,53 \cdot 106,82}{1020 \cdot 60} = 1,85 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2=1,85\text{кВт} \leq N_{CT} = N_{ДВ} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машиний час:

$$T_o = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o}; \quad (1.33)$$

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

$y$  – величина врізання, мм  $y = 3$  мм;

$\Delta$  – величина перебігу інструменту,  $\Delta = 3$  мм.

$$T_o = \frac{26,5 + 51 + 240 + 3 + 3}{35 \cdot 0,14} + \frac{102 + 3 + 3}{90 \cdot 0,14} = 74,59 \text{ мин}$$

Свердлильна операція № 90

На рис. 1.9 показан ескіз обробки деталі опер. 90.

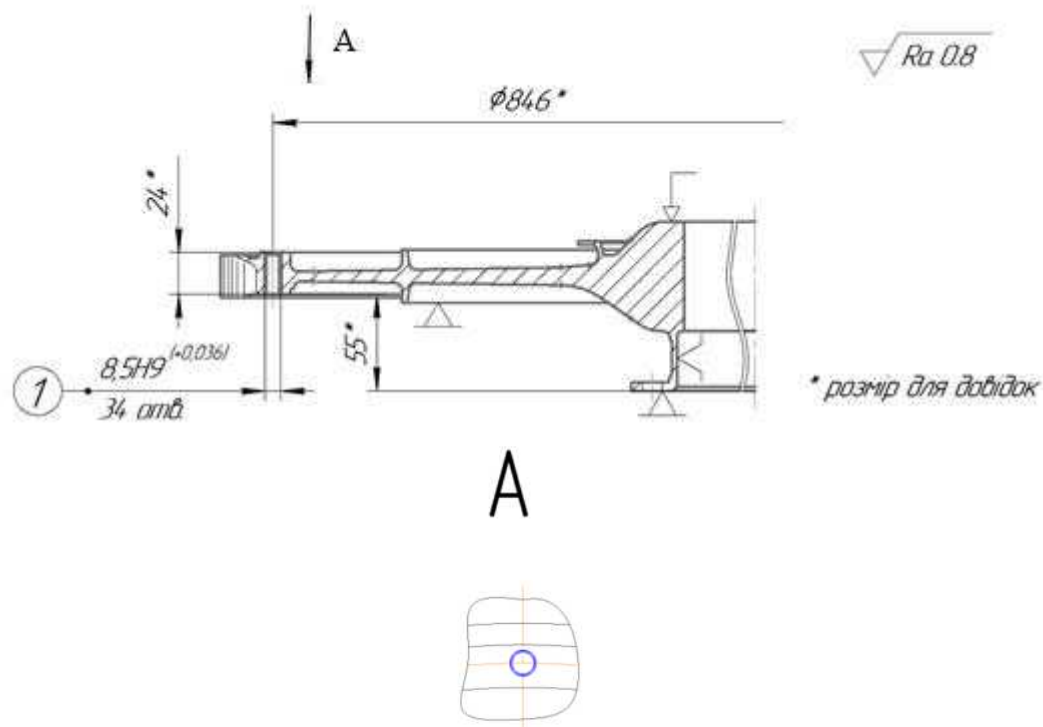


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз – операція № 090

Верстат: радіально– свердлильний з ЧПУ Knuth KSB40

Поверхня  $\varnothing 8,5^{+0,36}$   $L = 24$  мм  $Ra = 1,6$  мкм;

Інструмент: Свердло спіральне Ø8,5 мм,  $L = 25$  мм, Р6М5, ГОСТ12121–77  
 Свердлить відповідно ескізу тридцять чотири отвора (рис. 1.5):  
 Довжина робочого ходу:

$$L_p = 2 \cdot (l + y) \quad (1.34)$$

$$L_p = 2 \cdot (1,5 + 5,7) = 14,4 \text{ мм}$$

де  $l$  – довжина свердління  $l = 1,5$  мм;

$y = 0,6d_{св}$  – врезання, мм;

$d_{св}$  – діаметр свердла, мм;

Глибина різання:

$$t = \frac{d_{св}}{2}; \quad (1.35)$$

$$t = \frac{8,5}{2} = 4,25 \text{ мм.}$$

Визначаємо подачу:

$$S = S_{таб} \cdot K_S; \text{ мм/об} \quad (1.36)$$

$$S = 0,1 \cdot 0,75 = 0,075 \text{ мм/об};$$

де  $S_{om}$  – табличне значення подачі  $S_{om} = 0,1$  мм/об [2, т. 64, стр. 267];

$$K_S = K_{S_l} \cdot K_{S_{Ж}} \cdot K_{S_{II}} \cdot K_{S_d} \cdot K_{S_M}; \quad (1.37)$$

де  $K_{S_l}$  – коефіцієнт, що враховує глибину свердління  $K_{S_l} = 1,0$  [1, т. 64, стр. 267];

$K_{S_{Ж}}$  – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи  $K_{S_{Ж}} = 1,0$  [1, т. 64, стр. 267];

$K_{S_{II}}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту  $K_{S_{II}} = 1,0$  [1, т. 64, стр. 267];

$K_{S_d}$  – коефіцієнт, що враховує тип оброблююмого отвору  $K_{S_d} = 1,0$  [1, т. 64, стр. 267];

$K_{S_M}$  – коефіцієнт, що враховує марку оброблююмого матеріалу  $K_{S_M} = 0,75$  [1, т. 64, стр. 267];

$$K_S = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75$$

Коректуємо подачу за паспортом верстату  $S = 0,07$  мм/об

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V \cdot d_{св}^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_V \text{ м/мин} \quad (1.38)$$

де  $C_V, q, y, m$  – коефіцієнт та показники степені [1, т. 38, стр. 383];

$T$  – стійкість свердла, хв; [1, т. 40, стр. 384];

$S$  – подача мм/об;

$K_V$  – поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} \quad (1.39)$$

$$K_V = 0,72 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,21$$

$$V = \frac{7 \cdot 9,5^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,07^{0,7}} \cdot 0,21 = 11,9$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт, що враховує вплив фізико– механічних властивостей оброблююмого матеріалу на швидкість різання:

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \quad (1.40)$$

$$K_{MV} = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{800} \right)^{1,0} = 0,72$$

де  $K_{IV}$  – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу,

$K_{IV} = 0,3$  [3, т. 41, стр. 385];

$K_{IV}$  – коефіцієнт, що враховує глибину свердління  $K_{IV} = 1,0$  [3, т. 41, стр. 385];

$C_V = 7,0$ ;  $q = 0,40$ ;  $y = 0,7$ ;  $m = 0,20$ ;  $T = 25$  хв [3, т. 38, стр. 383].

Розраховуємо кількість обертів свердла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{\hat{n}\hat{a}}} \text{ об/мин;} \quad (1.41)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 11,9}{3,14 \cdot 8,5} = 399$$

Корегуємо відповідно верстату:  $n = 400$  об/мин.

Определяем фактическую скорость вращения сверла:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ м/хв}; \quad (1.42)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 9,5 \cdot 400}{1000} = 11,93$$

Розраховуємо обертаючий момент та осьову силу:

$$M_{об} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (1.43)$$

де  $C_M, q, y$  – коефіцієнт та показник степені,  $C_M = 0,041$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,7$   
[1, т. 42, стр. 385]

$$M_{об} = 10 \cdot 0,041 \cdot 9,5^{2,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 1,08 = 6,21 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$K_p = \left( \frac{\sigma_s}{750} \right)^n \quad (1.44)$$

$$K_p = \left( \frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,08$$

де  $K_p$  – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ Н} \quad (1.45)$$

$$P_o = 10 \cdot 143 \cdot 9,5^{1,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 1,08 = 2280,6$$

Потужність різання:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \text{ кВт}. \quad (1.46)$$

$$N = \frac{6,21 \cdot 400}{9750} = 0,25 \text{ кВт}$$

Операційний час:

$$T_o = \frac{Lp}{S \cdot n} i, \text{ хв.} \quad (1.47)$$

$$T_o = \frac{24}{0,07 \cdot 400} \cdot 34 = 29,14$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (095).  
На рис. 1.9 показан ескіз опер. 095.

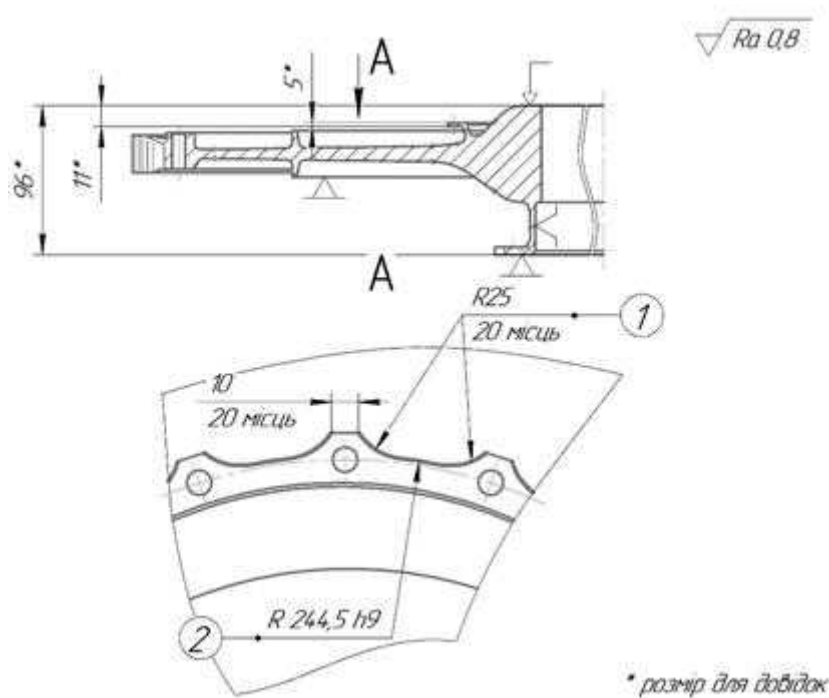


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза кінцева Ø50 P12Ф4К5 ГОСТ 17026– 71

Визначаємо подачу за формулою:

$$S_z = S_{zT} \cdot K_{sz} \quad (1.48)$$

де  $S_z = 0,07$  мм/зуб – табличне значення подачі [3, т. 110, стр. 303].

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

$$K_{S_z} = K_{S_{ZII}} \cdot K_{S_{Z\Phi}} \cdot K_{S_{ZR}} \quad (1.49)$$

де  $K_{S_{zu}}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту,  $K_{S_{zu}} = 1$  [3, т. 114, стр. 305];

$K_{S_{z\phi}}$  – коефіцієнт, що враховує вид оброблюємої поверхні,  $K_{S_{z\phi}} = 1$  [3, т. 114, стр. 305];

$K_{S_{zR}}$  – коефіцієнт, що враховує клас чистоти,  $K_{S_{zR}} = 0,5$  [3, т. 114, стр. 305];

$$S_z = 0,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,035 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = V_m \cdot K_v \quad (1.50)$$

де  $V_m$  – табличне значення швидкості різання,  $V_m = 140$  м/хв [3, т. 117, стр. 308];

$K_v$  – коефіцієнт, що враховує ряд відповідних умов обробки:

$$K_v = K_{vM} \cdot K_{vII} \cdot K_{vo} \cdot K_{vII} \cdot K_{v\Phi} \cdot K_{vB} \quad (1.51)$$

де  $K_{vM}$  – коефіцієнт, що враховує оброблюємість матеріалу,  $K_{vM} = 0,81$  [3, т. 118, стр. 308];

$K_{vII}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні,  $K_{vII} = 1$  [3, т. 118, стр. 308];

$K_{vo}$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки,  $K_{vo} = 1$  [3, т. 118, стр. 308];

$K_{v\Phi}$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки,  $K_{v\Phi} = 1$  [3, т. 118, стр. 308];

$K_{vII}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту,  $K_{vII} = 1$  [3, т. 118, стр. 308];

$K_{vB}$  – коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування,  $K_{vB} = 1$  [2, т. 118, стр. 308]

$$V = 140 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 113,4 \text{ м/хв}$$

Частота обертів шпинделя за формулою (1.41):

$$n = \frac{1000 \cdot 113,4}{3,14 \cdot 50} = 722,22 \text{ об/хв}$$

Корегуємо оберти шпинделя за паспортом верстату  $n = 700$  об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання за формулою (1.42):

$$V = \frac{3,14 \cdot 50 \cdot 700}{1000} = 109,9 \text{ м/хв}$$

Хвилину подачу знаходимо за формулою:

$$S_{\text{мин}} = S_Z \cdot z \cdot n, \text{ мм/хв}$$
$$S_{\text{мин}} = 0,035 \cdot 4 \cdot 1200 = 168 \text{ мм/хв}$$

Відповідно довідника [1, с. 522, к. 5] в залежності від модулю та подачі, потужність різання  $N_H = 0,8$  кВт.

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta \quad (1.53)$$
$$N_{\text{рез}} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт},$$

де  $K_M = 1$  – поправочний коефіцієнт, в залежності від оброблююмого матеріалу;

$K_W = 1,64$  – поправочний коефіцієнт, в залежності від кількості осьових переміщень;

$K_K = 1,1$  – поправочний коефіцієнт, в залежності від кількості заходів фрези;

$K_\beta = 1$  – поправочний коефіцієнт, залежності від кута нахилу зубів колес;

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

Ефективна потужність, необхідна на різання, нижче потужності електродвигуна, що відповідає умовам різання.

Визначаємо машиний час:

$$T_O = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o \cdot Z}; \quad (1.54)$$

де  $l$  – довжина оброблююмої поверхні,  $l = 789$  мм;

$y$  – величина врізання, мм  $y = 3$  мм;

$\Delta$  – величина перебігу інструменту,  $\Delta = 3$  мм;

$Z$  – число зубів фрези,  $z = 4$ .

$$T_o = \frac{789 + 3 + 3}{700 \cdot 0,035 \cdot 4} = 8,11 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (140)

Устаткування – круглошліфувальний верстат моделі 3E153

Інструмент – круг шліфувальний

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

На рис. 1.10 показан ескіз обробки опер. 140.

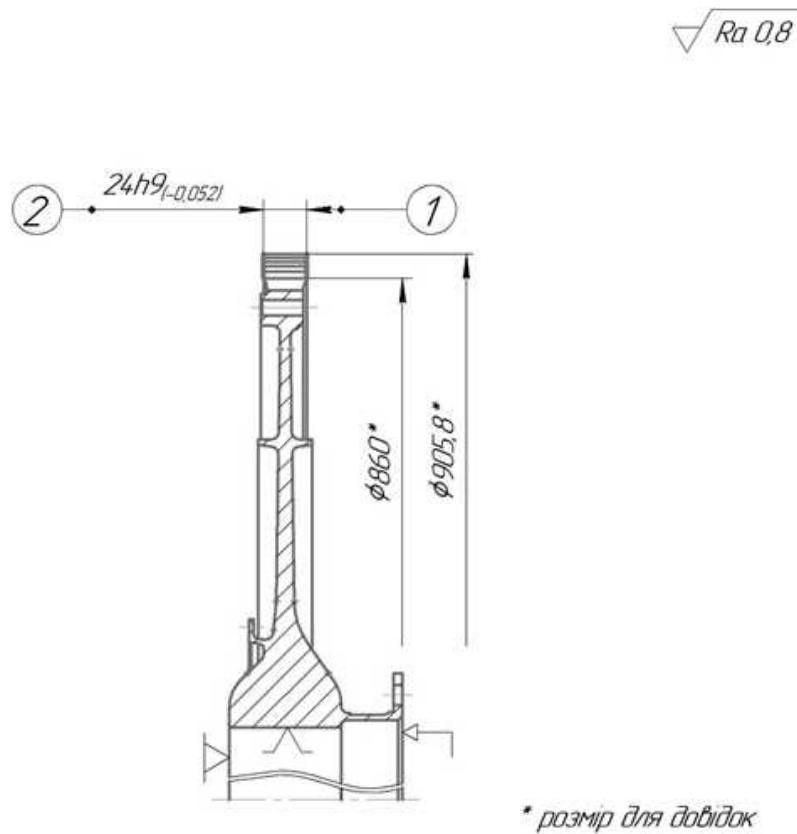


Рисунок 1.10 – Операційний ескіз на шліфувальну операцію 140.

Припуск на обробку поверхонь  $h = 0,03$  мм, [1, табл. 160, стор.343]

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

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60}, \quad (1.55)$$

де  $n_{кр}$  – число обертів шпинделя шліфувального круга,  $n_{кр} = 1590$  об/хв;

$D$  – діаметр круга,  $D = 300$  мм.

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

Режими різання для поверхні 1, 2.

Оброблюваний діаметр  $D_o = 75$  мм.

Швидкість деталі  $V_{\ddot{a}} = 48 - 68$  м/хв [1, табл. 161, стор. 343], приймаємо

$$V_{\ddot{a}} = 48 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання деталі  $n_{\ddot{a}}$ :

$$n_{\ddot{a}} = \frac{1000 \cdot 48}{3,14 \cdot 75} = 203,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата  $n_a = 200 \text{ хв}^{-1}$ .

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 200}{1000} = 47,1 \text{ м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга  $S_t$  в мм/об

$$S_{tl} = S_t \cdot K_m \cdot K_D \cdot K_{vk} \cdot K_t \cdot K_{IT} \cdot K_h, \quad (1.56)$$

де  $S_t$  – таблична радіальна подача круга,  $S_t = 0,007$  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,  $K_D = 0,5$ ;

$K_{vk}$  – коефіцієнт, що враховує швидкість круга,  $K_{vk} = 1$ ;

$K_t$  – 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,  $K_h = 1$ .

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

Приймаємо радіальну подачу  $S_{tl} = 0,001$  мм/об

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

$$S_{tm} = S_{tl} \cdot n_o. \quad (1.57)$$

$$S_{LM} = 0,001 \cdot 125 = 0,125 \text{ мм/хв.}$$

Визначення потужності різання  $N$ :

$$N = \frac{N_{10} \cdot L_{акт}}{10} \quad (1.58)$$

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  $l_0 < B_k$  то  $L_{акт} = l_0 = 4,2$  мм.

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

Визначення основного(технологічного) часу:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.59)$$

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

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

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

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

## 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:

$$t_{ум-к} = \frac{t_{нз}}{n} + t_{ум} \quad (1.60)$$

$$t_{ум} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n \quad (1.61)$$

де  $t_{ум}$  – штучний час, хв;

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

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

$t_o$  – сумарний час на операцію, хв;

$t_{ecn}$  – допоміжний час, хв;

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

$t_n$  – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (020)

Основний сумарний час на операцію  $t_o = 0,03$  хв

Допоміжний час:

$$t_{дон.} = t_{e.y} + t_{m.в.} \quad (1.62)$$

$t_{e.y.} = 0,1$  хв – час на установку і зняття деталі в пристрої з ручним затиском (1, к. 51, стор. 138);

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

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

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{n.y.} = t_o + t_{m.в.} \text{ хв} \quad (1.63)$$

$$t_{n.y.} = 0,03 + 0,29 = 0,32 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{n.y.} \text{ хв} \quad (1.64)$$

$$t_{обс} = 0,1 \cdot 0,32 = 0,032 \text{ хв}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 0,1 \cdot 0,32 = 0,032 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um} = 74.88 + 7,49 + 7,49 = 89,86 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо– завершальний час на операцію (1, стор.604):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.65)$$

$T_{n-31} = 12$  хв – час на витрати по обслуговуванню верстата (1, 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:

$$t_{\phi\delta - \hat{e}} = \frac{18}{40} + 89,86 = 90,31 \text{ хв}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXСAM або іншої програми, що має САМ– модуль

1.8.1 Розробка токарної операції.

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПУ АТПр 800. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Перехід 1 – точити поверхні 1, 3, 8, 6, 4, 7.

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплава Т5К10

Перехід 2 – точити поверхню 2.

Інструмент – різець прохідний розточний з пластиною з твердого сплава Т5К10.

Далі на рис. 1.11– 1.17 показано послідовність розрахунків виконаних у програмі Siemens NX

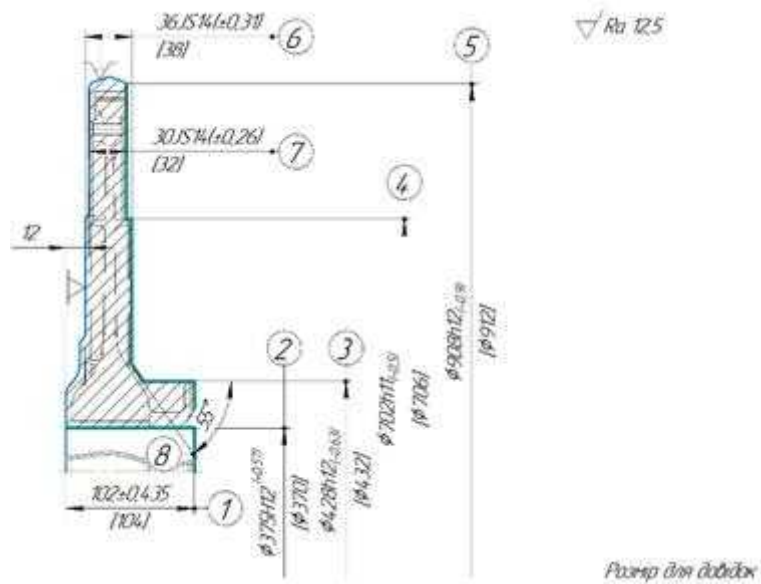


Рисунок 1.8 – Ескиз операції №020 Токарна з ЧПУ

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

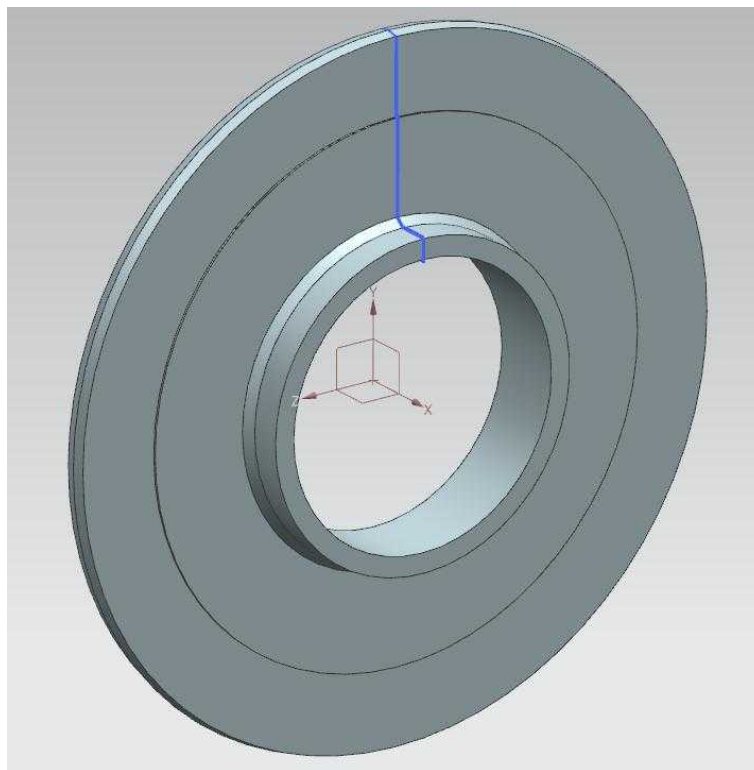


Рисунок 1.11 – Тривимірна модель операційного ескізу операції № 020 Токарна з ЧПУ.

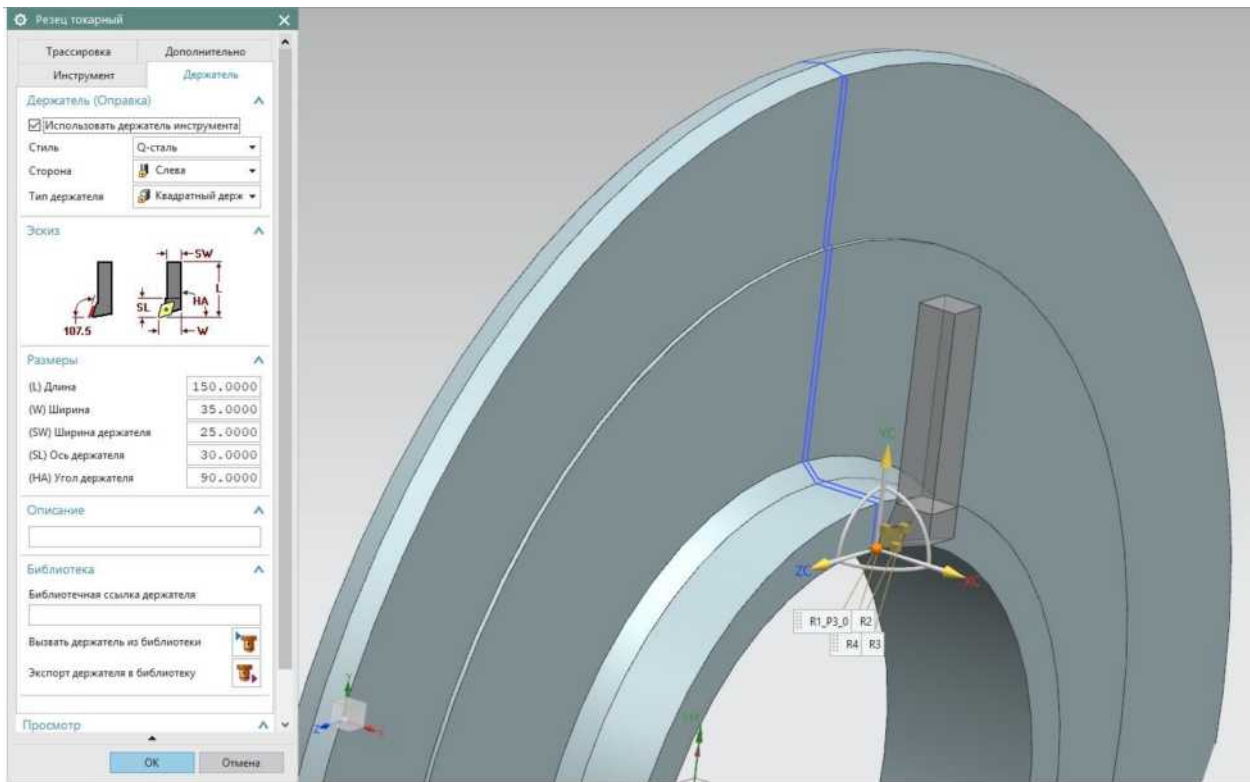


Рисунок 1.12 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки на першому переході.

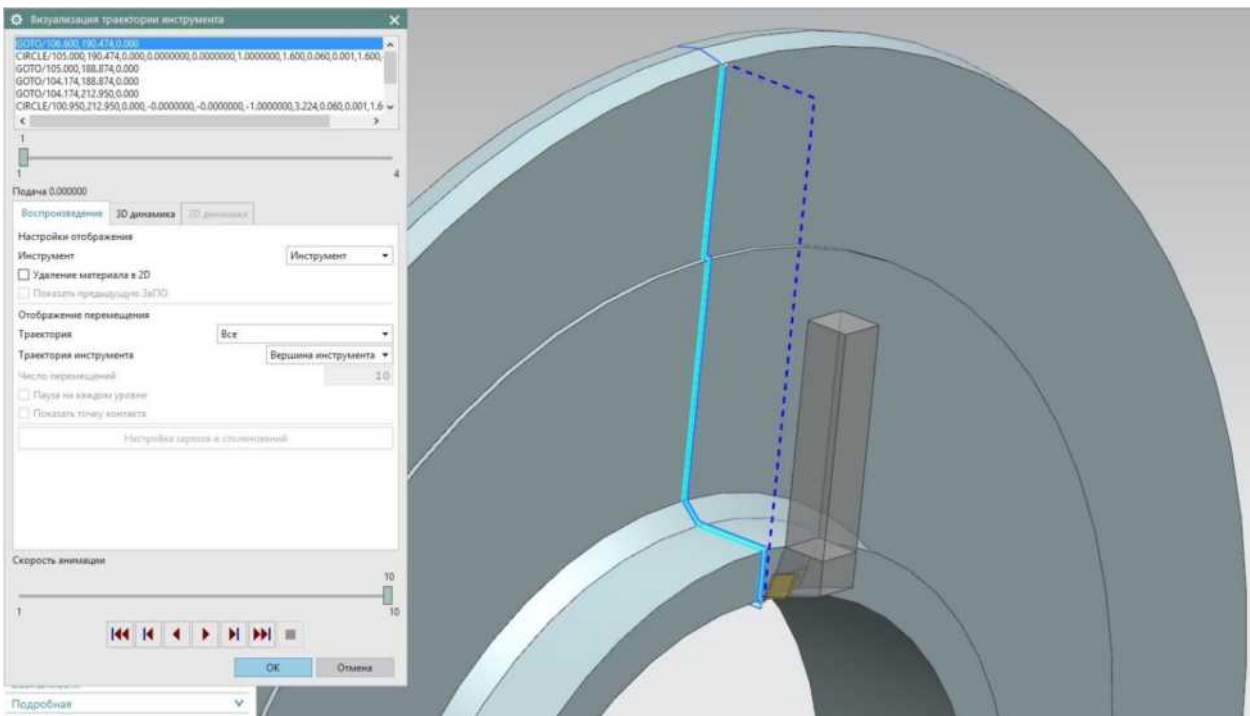


Рисунок 1.13 – Траектория обробки на першому переході.



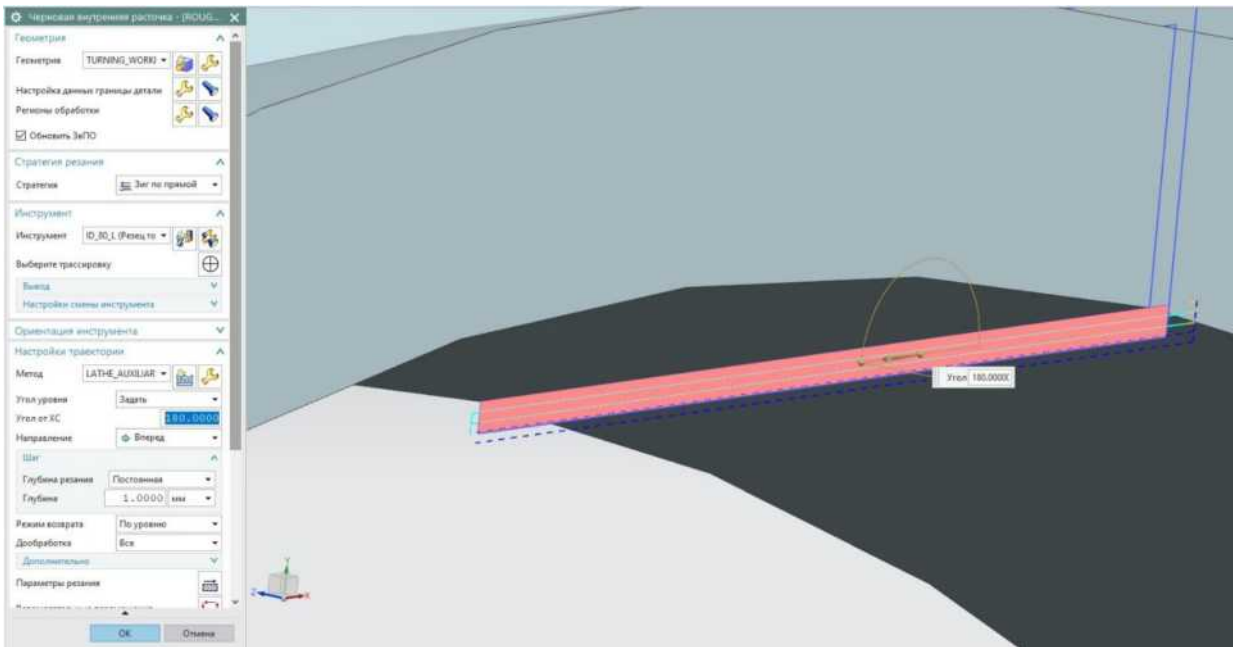


Рисунок 1.16 – Траектория обработки на другом переходе.

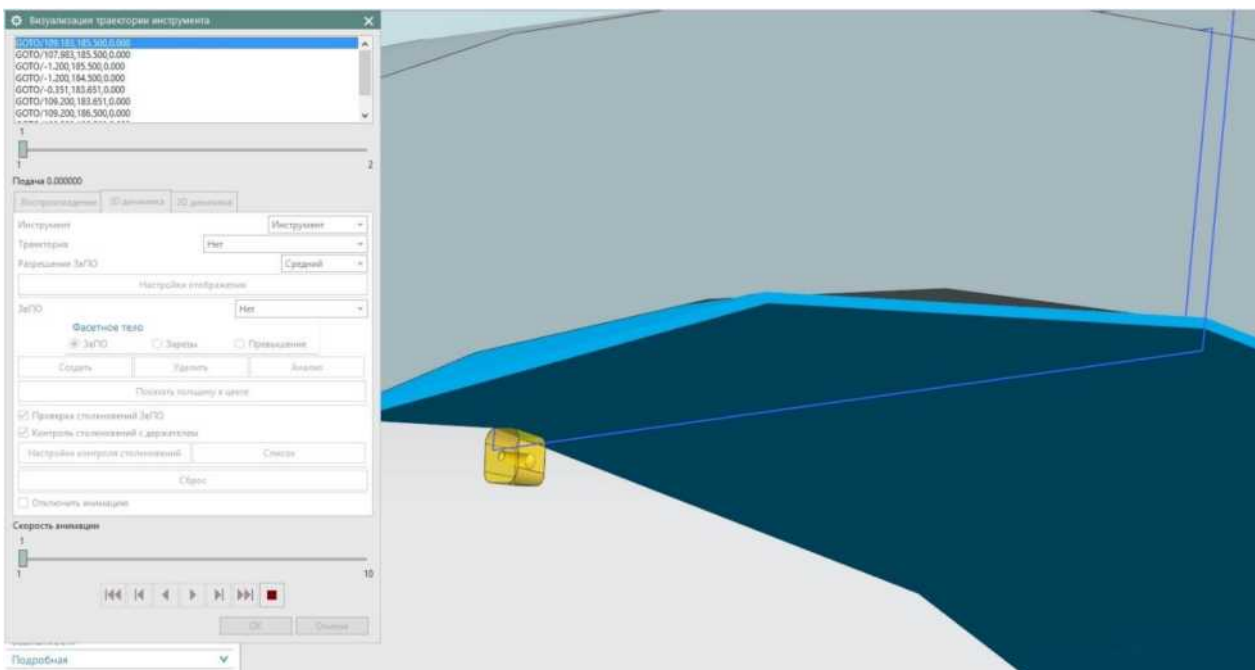


Рисунок 1.17 – Моделирование обработки на другом переходе.

## 1.8.2 Розробка свердлильної операції

### Свердлильна операція №90

Далі на рис. 1.18– 1.21 показано послідовність розрахунків виконаних у програмі Siemens NX

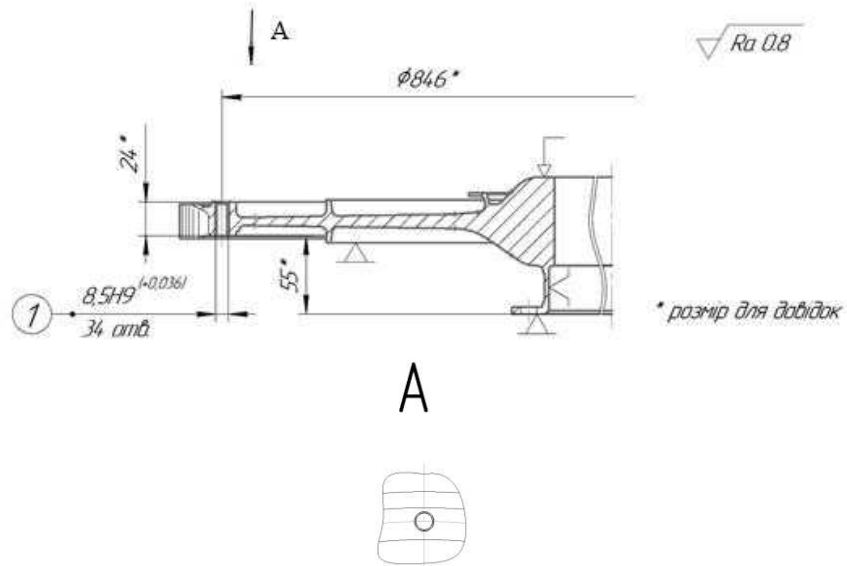


Рисунок 1.18 – Операційний ескіз – операція № 090.

Верстат: Радіально– свердильний з ЧПУ Knuth KSB40.

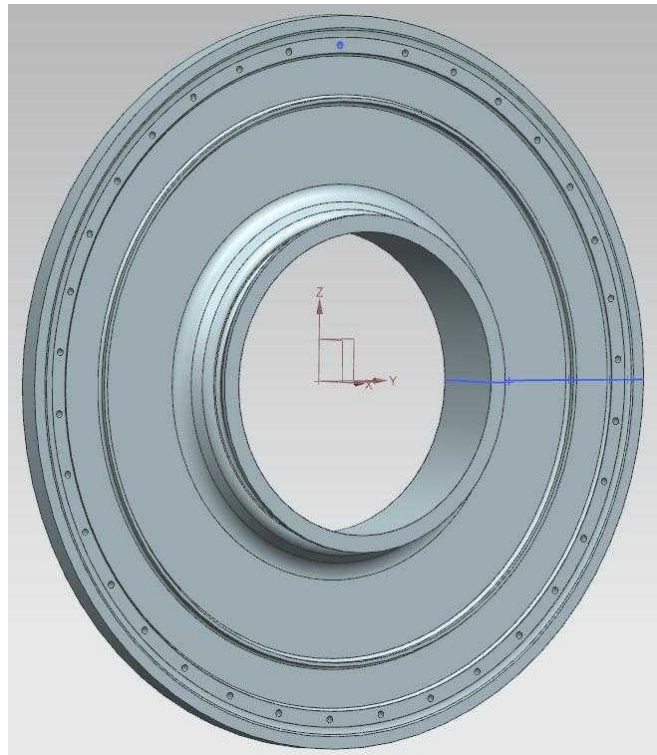


Рисунок 1.19 – Три вимірна модель операційного ескізу операції №090  
Свердильна з ЧПУ.



Рисунок 1.20 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки .

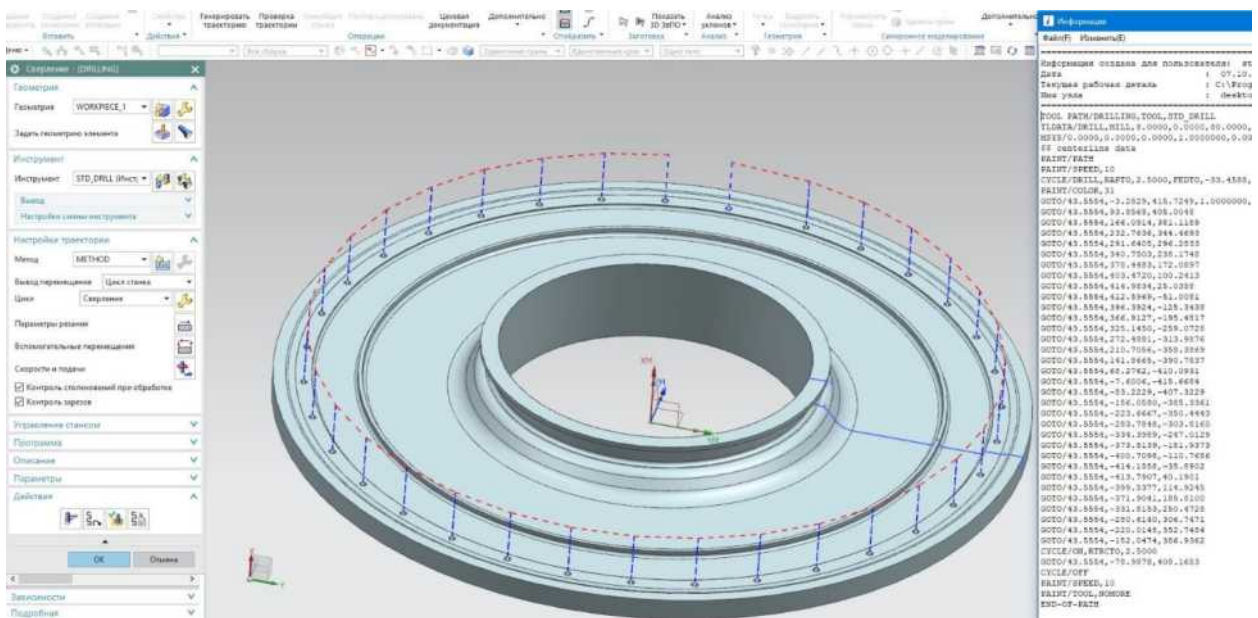


Рисунок 1.21 – Траєкторія обробки на з програмою.

### 1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (095).

Далі на рис. 1.22– 1.26 показано послідовність розрахунків виконаних у програмі Siemens NX

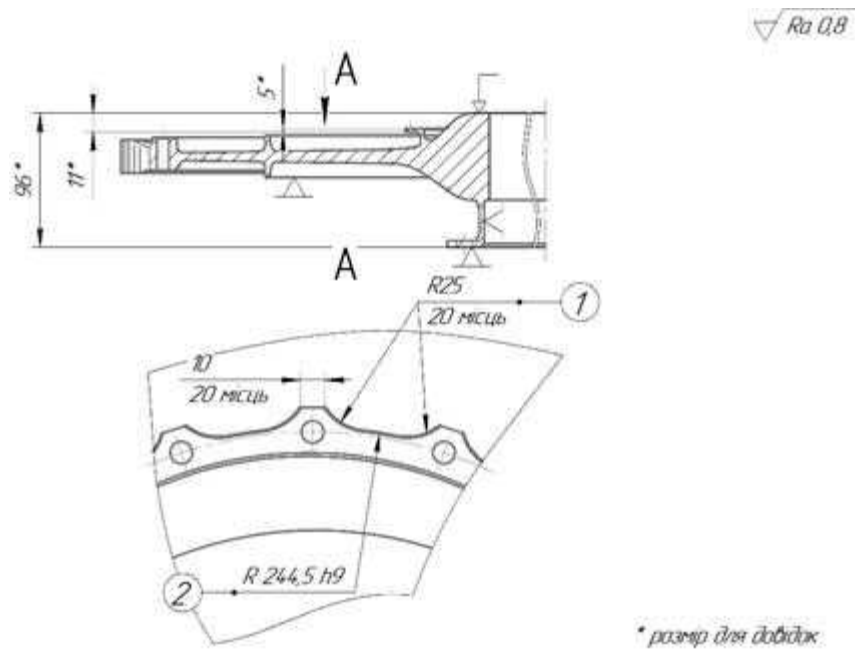


Рисунок 1.22 – Операційний ескіз на фрезерну операцію.

Ріжучий інструмент:

Фреза кінцева Ø50 P12Ф4К5 ГОСТ 17026– 71.

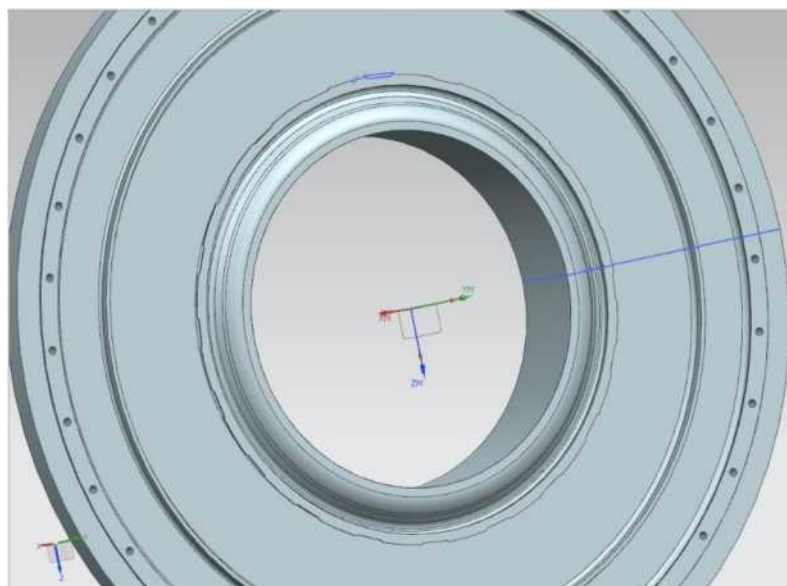


Рисунок 1.23 – Тривимірна модель операційного ескізу операції №095 Фрезерна з ЧПУ.

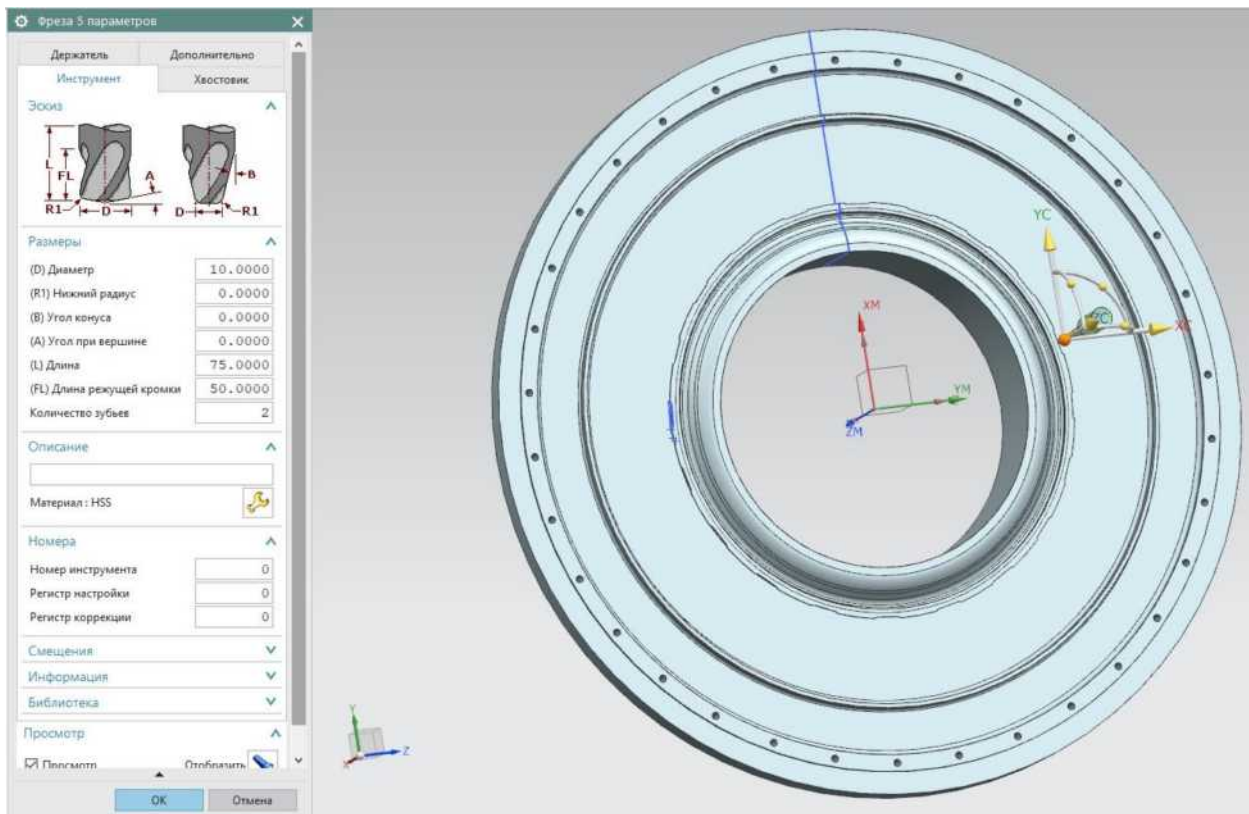


Рисунок 1.24 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки.

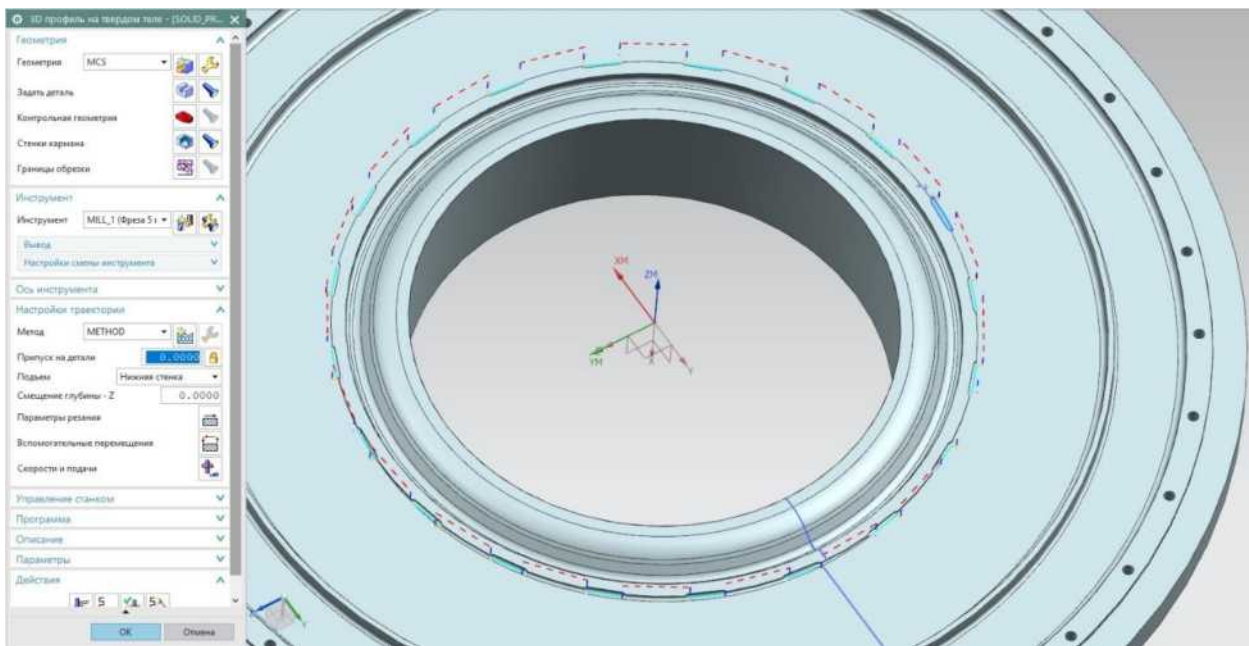


Рисунок 1.25 – Траектория обработки на опер. 095 Фрезерна з ЧПК.

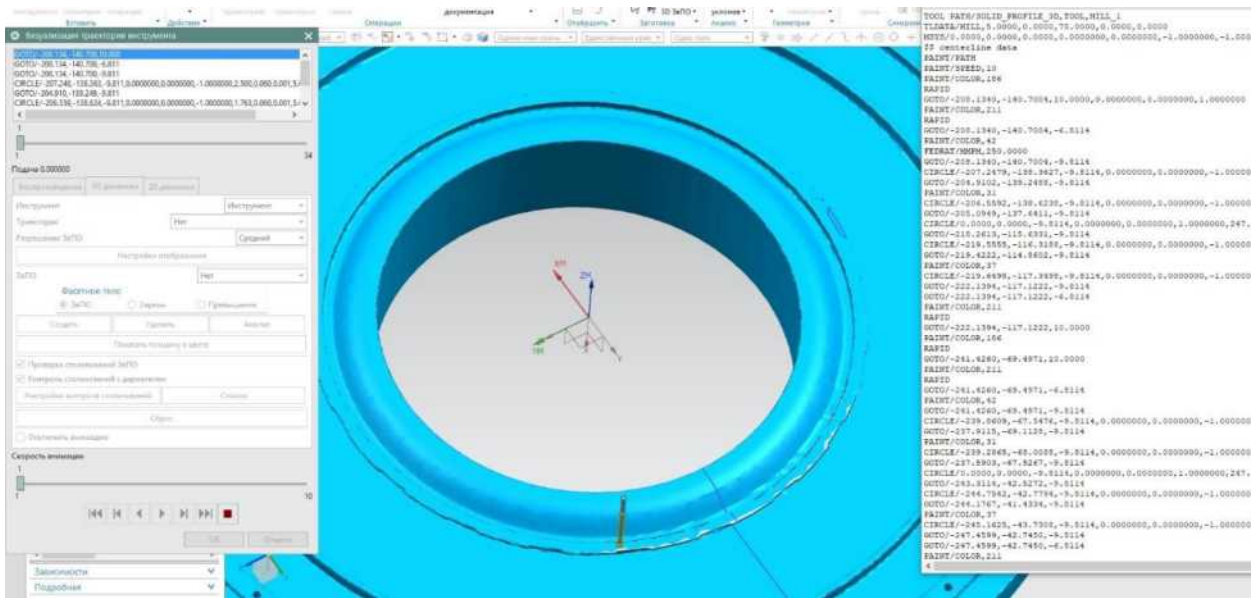


Рисунок 1.26 – Моделирование обработки с программой.

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування токарного пристрою

#### 2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи

Мембранні пристосування широко використовуються для затиску різних деталей, вони незамінні при обробці тонкостінних втулок і кілець великого діаметру, так як забезпечують отримання високої концентричності оброблюваного отвору щодо базової поверхні.

Для виконання технологічної операції використовується мембранне пристосування (рис. 2.1) яке являє собою плиту 1 з отворами для установки змінної мембрани 2. Плита попередньо центрується по  $\varnothing$  1000 мм і остаточно вивіряється по поверхні А. Після вивірки пристосування закріплюється до планшайби верстата за трьома отворами по різьбі М16. З метою механізації пристосування для спрощення процесу затиску мембрани використовують пневматичний привід. Пневматичний привід має ряд переваг, серед яких: швидкість дії; сталість зусилля затиску і можливість його регулювання; простота конструкції і експлуатації; незалежність працездатності від температури навколишнього середовища.

В даному випадку пропоную використовувати пневмоциліндр двосторонньої дії, прямий і зворотний хід якого здійснюється за рахунок стисненого повітря.

Після установки оброблюваної деталі до контакту з упором 3 для затиску за допомогою тяги, за допомогою пружних властивостей мембран, закріплюємо оброблювану заготовку.

Пневмоциліндр встановлюється на задньому кінці шпинделя токарного верстата і обертається разом з ним. На корпусі 5 пневмоциліндра гвинтами закріплена кришка 6. У середині корпусу розміщені поршень 7 зі штоком 8 і встановлений вал 9, в який впресовано пустотельний стрижень 10, за яким в пневмосистему надходить повітря. На вал напресовують втулки 11, положення яких на валу фіксується розжимною шайбою 12.

Повітря, що надходить в систему по каналу, буде змушувати поршень і шток підніматися, при цьому клини мембрани будуть розтискатись і заготовку можна буде знімати з пристосування.

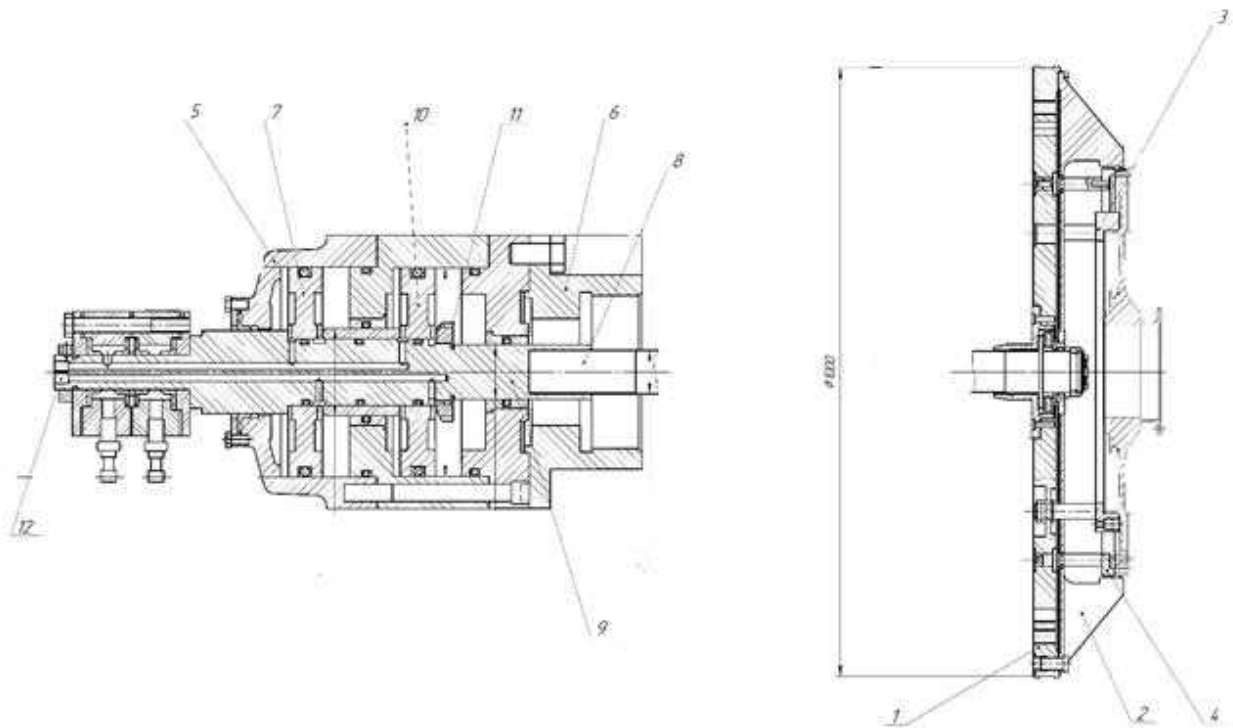


Рисунок 2.1 – Мембранне пристосування для обробки з двох сторін на токарному верстаті з ЧПУ

### 2.1.2 Розрахунок похибки базування

Похибка установки – різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту [2].

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

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

$\varepsilon_{закр}$  – похибка закріплення.

Похибка базування – частина похибки установки, викликана розбіжністю вимірювальної і настроювальної баз.

Похибка закріплення виникає в тому випадку, коли напрям сили затиску або її складової збігається з розміром обробки.

У моєму випадку похибка базування може виникнути при самоцентрування мембрани пристосування. Ріжкові мембрани забезпечують точне центрування при базуванні по зовнішніх поверхнях, так як затиск здійснюється за рахунок пружної деформації. Точність центрування деталей з

базовими поверхнями, виконаними по восьмому квалітету знаходиться в межах 0,04 ... 0,06мм. [8, стор. 279] Отже, похибка базування складе 50 мкм.

Похибка закріплення визначається табличним методом, який враховує чистоту обробки базової поверхні, геометричні розміри заготовки, вид настановних елементів, а також тип затискних пристроїв. [8, стор. 134– 136]

$\varepsilon_{\text{зак}} = 40$  мкм. Тоді похибка установки складає (2.1):

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{50^2 + 40^2} = 64 \text{ мкм}$$

### 2.1.3 Визначення сил затиску

Вихідними даними для визначення сил затиску в мембранному пристосуванні є: момент різання і діаметр базової поверхні деталі.

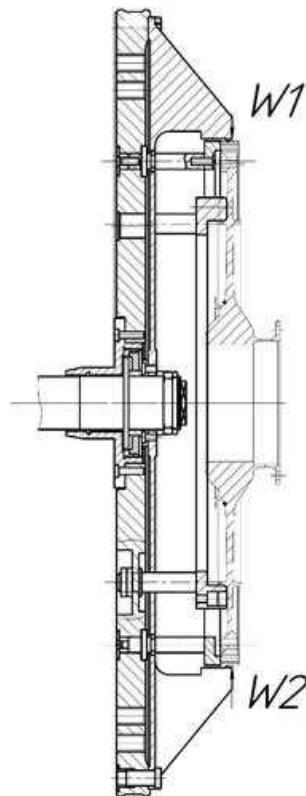


Рисунок 2.2 – Схема дії сил затиску в пристосуванні

Розрахуємо момент різання [2].

$$M = P_x \cdot l \quad (2.2)$$

де  $P_x$  – осьова сила різання, що за напрямком співпадає з силою затиску  
 $l$  – довжина ріжучої кромки [2].

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (2.3)$$

де  $K_p$  – довідковий коефіцієнт, що враховує вплив геометрії ріжучого інструменту та твердість оброблюємого матеріалу [3].

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.4)$$

$$K_p = 1,8 \cdot 0,78 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 = 1,19$$

$$P_x = 10 \cdot 243 \cdot 0,8^{0,9} \cdot 0,2^{0,6} \cdot 94,2^{-0,3} \cdot 1,19 = 230,3 \text{ Н}$$

Тоді, момент резання дорівнює:

$$\dot{I} = 230,3 \cdot 9,5 = 2187,8 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Радиальне зусилля затиску деталі на одному кулачке мембрани для передачі заданого моменту [3]:

$$W = \frac{k \cdot m}{2 \cdot n \cdot f \cdot d} \quad (2.5)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу,  $k = 2,5$  [11];

$n$  – кількість кулачків;

$f$  – коефіцієнт тертя базової поверхні деталі і кулачку, приймається рівними від 0,15 до 0,18.

$$W_l = \frac{2,5 \cdot 2187,85}{2 \cdot 12 \cdot 0,16 \cdot 905,8} = 1,57 \text{ кН}$$

За таблицею 11.1 стор. 285 [8] в залежності від діаметру базової поверхні деталі визначаємо діаметр мембрани 1000 мм, товщину мембрани – 8,5 мм.

Циліндричну жорсткість мембрани розраховуємо за [1]:

$$B = \frac{E \cdot s^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)} \quad (2.6)$$

де  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа – модуль пружності;

$s$  – товщина мембрани;

$\mu$  – коефіцієнт Пуассона,  $\mu = 0,3$ .

$$B = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 8,5^3}{12 \cdot (1 - 0,3^2)} = 11810096 \text{ МПа} \cdot \text{мм}^3$$

Кут розтиску кулачків при закріпленні деталі з найменшим діаметром [1]:

$$\varphi = \frac{M_3 \cdot d}{2 \cdot B \cdot (1 + \mu)} \quad (2.7)$$

де  $M_3 = 0,825$  кН·мм – момент закріплення по відношенню до діаметру мембрани до діаметра заготовки.

$$\varphi = \frac{0,825 \cdot 10^3 \cdot 377,6}{2 \cdot 11810096 \cdot (1 + 0,3)} = 0,01 \text{ рад}$$

Зусилля на клині мембрани, від дії пневмоциліндра визначається за формулою [2]:

$$Q = W \cdot \frac{d}{D \cdot n} \cdot \text{tg} \varphi \quad (2.8)$$

де  $W$  – зусилля затиску, Н;

$d$  – діаметр, базування заготовки, мм;

$D$  – діаметр мембрани, мм;

$\varphi$  – кути тертя в точках контакту клину з опорними роликами, град.

$$Q = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{377,6}{390 \cdot 12} \cdot \text{tg} 8^\circ = 427 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндру [2]:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \rho \cdot \eta \quad (2.9)$$

де  $p = 0,5$  МПа – тиск у пневмоциліндрі;  
 $\eta = 0,9$  – ККД пневмоциліндру.

Тоді,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (2.10)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 427}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,133 = 133 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндра з стандартного ряду  $D = 160$  мм. [8, стор. 141, табл. 7.4]

Згідно розрахованому діаметру, вибираємо інші параметри пневмоциліндру: діаметр шпильок – М16; кількість шпильок – 4; діаметр штока – 40 мм; діаметр різьби на штоку – М36х2 товщина стінки циліндра – 7 мм.

#### 2.2.4 Розрахунок пристосування на точність

Для забезпечення завданої точності обробки необхідно дотримуватися умови:

$$\sum E_i \leq T_{обр} \quad (2.11)$$

де  $T_{обр}$  – допуск на розмір обробки.

Необхідно витримати розмір обробки  $\varnothing 905,8_{-0,23}$  мм. Розраховуємо номінальний розмір та допуск на виготовлення габариту установи.

Визначаємо середній розмір обробки за формулою [2]:

$$A_{cp} = A - \frac{TA}{2}, \quad (2.12)$$

де  $A$  – розмір обробки, мм;

$TA$  – допуск на розмір обробки, мм.

$$A_{cp} = 694 - \frac{0,2}{2} = 693,9 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установу:

$$H_{cp} = A_{cp} + A = \left( A - \frac{TA}{2} \right) + A \quad (2.13)$$

де  $A$  – розмір, що пов’язує розмір установу та розмір обробки.

$$H_{cp} = 693,9 + 110,3 = 804,2 \text{ мм}$$

Розраховуємо допуск на виготовлення установу:

$$T_H \leq T_A - (\kappa_1 \cdot E_{\delta} + E_2 + \kappa_2 \cdot w) \quad (2.14)$$

де  $\kappa_1$  – 0,8...0,85 коефіцієнт, що враховує відхилення позиціонування значень від знаку нормального розподілення внаслідок того, що дійсний розмір поверхонь установок рідко дорівнює крайньому;

$E_{\delta}$  – похибка базування при виконанні операції;

$E_2$  – похибка закріплення, котра виникає в результаті під впливом прикладених зусиль зажиму;

$\kappa_2 = 0,6...0,65$  – коефіцієнт зменшення величини  $w$ , котрий враховує долю похибки обробки, визвану факторами, котрі не залежать від пристосування;

$w$  – середня економічна точність обробки на цю операцію [3, табл. 4.2г...4.2е, 4.24, 4.25];

$T_{np}$  – допуск на виготовлення пристосування.

$$T_H \leq 200 - (0,8 \cdot 50 + 40 + 0,6 \cdot 15)$$

$$T_H \leq 111$$

Визначаємо величину  $\pm \frac{T_H}{2}$ , округливши значення до найближчого нормалізованого. Приймаємо  $\frac{T_H}{2} = \pm 0,055$  мм. Виконавчий розмір габариту установи:  $\text{Ø}804,2 \pm 0,055$ .

## 2.2.5 Розрахунок пристосування на прочність

У конструкціях пристосувань використовуються деталі, які зазнають різні

навантаження (внутрішні, центрувальні, температурні). Напруження, які виникають в деталях називають нормальними, якщо складова напруження  $\sigma$  спрямована вбік по нормалі до площадки, і дотичними, якщо складові напруження  $\tau$  діють в площині майданчика.

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

В пристосуванні що розраховується слабкою ланкою є різьблення на штоці пневмоциліндра. Зробимо розрахунок різьби на зріз і змінання.

Визначаємо величину напруги зрізу в різьбі тяги за формулою [2]:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot H \cdot k_m}, \quad (2.15)$$

де  $P$  – сила, діюча на витки різі, Н;

$d_1$  – внутрішній діаметр різі, м;

$k = 0,87$  – коефіцієнт повноти різі;

$H$  – довжина різі, м;

$k_m = 0,75$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження за витками різі, з врахуванням пластичної деформації.

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

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

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

Розрахунок різі на змінання виконуємо за формулою[2]:

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot k_m \cdot z}, \quad (2.16)$$

де  $d$  – зовнішній діаметр різі, м;

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

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

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

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

### 2.3 Проектування контрольного пристосування

Для контролю точності взаємного розташування поверхонь, а саме відхилення від площинності, паралельності і циліндричності застосовується універсальне контрольне пристосування рис. 2.3.

Деталь встановлюється за трьома спеціальними пальцями. Для зручності виконання процесу вимірювання основу пристосування розташовано під ухилом на ніжках.

Контроль заданих параметрів виконується за допомогою індикаторних годин, які підводяться в зону вимірювання за допомогою системи важеля.

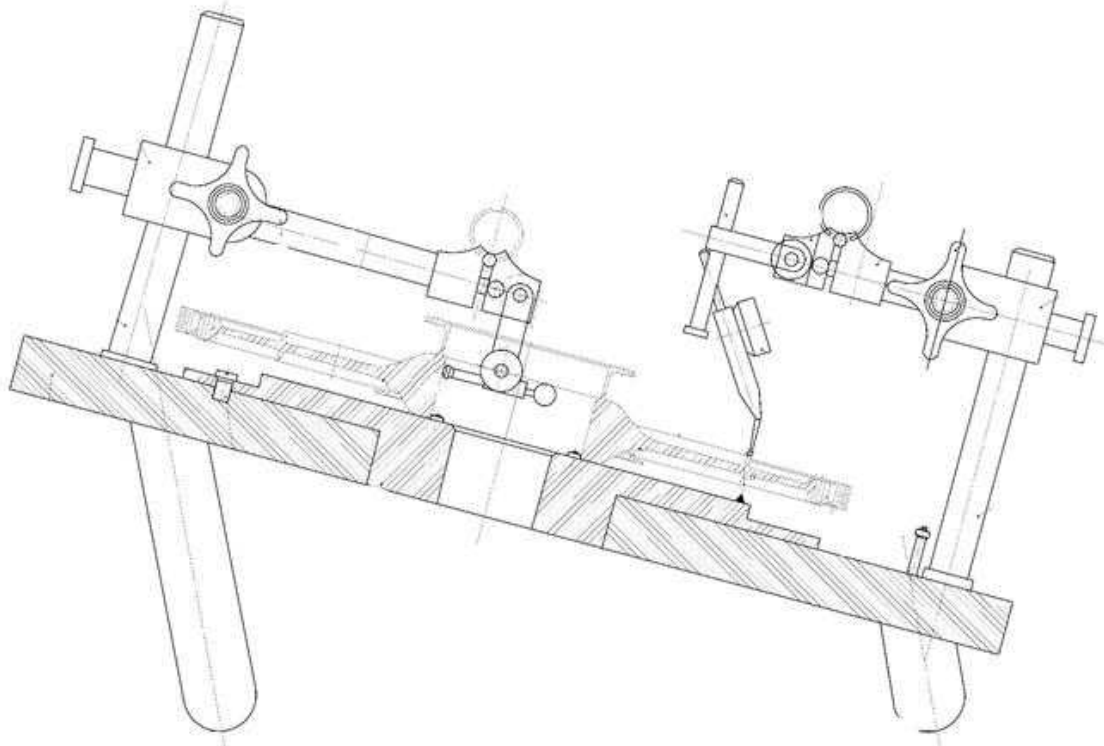


Рисунок 2.3 – Конструкція контрольного пристосування

Розрахунок на точність контрольного пристосування полягає у визначенні похибки вимірювання[2]:

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{I}{k} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2} \quad (2.17)$$

де  $\Delta_{\text{вим}}$  – суммарна похибка вимірювання;

$k$  – коефіцієнт відносного розсіювання,  $k = 0,85$ ;

$\Delta_1$  – похибка базування та закріплення виробу,  $\Delta_1 = 0,001$ ;

$\Delta_2$  – складаюча похибки установки опорних елементів прибору,  $\Delta_2 = 0$ ;

$\Delta_3$  – складаюча похибки конструкції прибору,  $\Delta_3 = 0$ ;

$\Delta_4$  – похибка, що залежить від ціни поділу індикатору,  $\Delta_4 = 0,01$ ;

$\Delta_5$  – похибка наладки прибору за еталонною деталлю,  $\Delta_5 = 0,02$ ;

$\Delta_6$  – похибка від контактних деформацій,  $\Delta_6 = 0$ ;

$\Delta_7$  – похибка від температурних деформацій,  $\Delta_7 = 0,001$ .

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{0,85} \cdot \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + 0,001^2} = 0,028$$

## 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

### 3.1 Системи автоматизованого контролю деталей для верстатів з ЧПК. Програмне забезпечення циклів виміру і технологічного управління.

Однією з основних вимог до деталей машинобудування є необхідність високої точності їх геометричних розмірів, що забезпечує надійність і довговічність роботи механізмів і машин. Висока точність геометричних розмірів деталей визначає можливість їх взаємозамінюваності, що дозволяє істотно понизити витрати при складанні, ремонті і експлуатації механізмів і машин. Один із способів рішення цієї задачі – контроль оброблюваної деталі після обробки і редагувати управління верстатом за результатами цього контролю («активний контроль»). Але технологічна підготовка виробництва і організація надійної роботи верстатів з ЧПК – трудомістке завдання, яке залежить від досвіду і кваліфікації оператора, який стежить за роботою верстата.

Актуальною є проблема полегшення роботи оператора і скорочення часу проведення контролю деталі на верстатах з ЧПК токарною і СФР групи.

Найпоширенішим способом вирішення проблеми контролю на верстатах токарної і СФР групи є використання засобів для ручного налаштування верстатів з ЧПК (рис. 3.1). Але цей метод має ряд серйозних недоліків: виникає необхідність використання ручних засобів наладки; крім того, робить вплив «людський» чинник.



Рисунок 3.1 – Використання гнучких індикаторних стійок

Але оскільки вдосконалення металорізальних верстатів спрямоване на раціоналізацію виробництва, а сучасні верстати повинні задовольняти якісно новим потребам промисловості, то виникає потреба в системах автоматизованого контролю.

Виміри в робочій зоні дозволяють перевіряти найбільш важливі розміри деталі (рис. 3.2), виконувати у разі потреби корекцію програми, що управляє, виявляти браковані деталі з метою виключення їх з подальшої обробки, регулювати або замінювати зношений різальний інструмент.

Контактні виміри дозволяють відмовитися від використання дорогих затискних пристосувань і тривалої процедури виставлення заготівлі відносно осей верстата вручну за допомогою індикаторів циферблатів. Використання вимірювальних датчиків, встановлених в револьверну голівку токарного верстата або на СФР, дає наступні переваги (рис. 3.3): зменшення часу простою верстата; автоматизацію кріплення заготівлі, її вирівнювання по відношенню до осей верстата(корекція «нуля деталі»); відсутність помилок, пов'язаних з неточними діями оператора; зниження долі браку; підвищення продуктивності і універсальність по відношенню до об'єму серії оброблюваних деталей [12].



Рисунок 3.2 – Контроль деталі на верстаті

Управління введенням датчика в робочу зону за допомогою автоматичної руки здійснюється програмними засобами, тоді як переміщення датчика в робочу зону верстата і назад за допомогою неавтоматичної руки виконується вручну.

Усі руки для наладки деталі, як автоматичні, так і неавтоматичні, забезпечують привід датчика в задану точку з високою повторюваною точністю.

Перевагами цих датчиків були відпрацьована технологія і повна технічна документація; до недоліків слід віднести великі габарити, застарілу електронну базу, невисоку надійність спрацювання механічних частин усередині голівки. Таким чином, виникли наступні завдання:

1. Розробити конструкцію, виготовити дослідний зразок габаритної вимірювальної голівки, оснащення і пристосування для установки вимірювальної голівки на різних моделях верстатів з ЧПК токарною і СФР групи [12].

2. Провести комп'ютерне моделювання, розробити математичне, метрологічне і алгоритмічне забезпечення вимірювальних циклів для ЧПК.

3. Розробити програмне забезпечення.

4. Експериментальне дослідження точності вимірювальної системи і перевірка ефективності системи програмного забезпечення, що розробляється, при дослідній експлуатації.

Вимірювальна головка є трьох координатним пристроєм з перетворюючим електроконтактом. Головка забезпечена вимірювальним стрижнем, на кінці якого укріплений контактний кінцевик. Контактний кінцевик, використовується для контролю розмірів деталей, має форму кульки, виготовленої з твердого сплаву. Передавальні пристрої служать для електричного зв'язку голівки торкання з блоком управління.

Вимірювальна головка функціонує таким чином (рис. 3.3): при торканні головки під час контролю поверхні відбувається розрив електронного ланцюга датчика електроконтакта головки, механічно пов'язаного з кінцевик. При відриві від поверхні, що контролюється проходить замикання електричного ланцюга датчика електроконтакта головки. Датчик електроконтакта виконаний таким чином, що відхилення по будь-якій з трьох координат викликає розмикання його електричного ланцюга мети, а повернення в початкове положення – його замикання.



### Рисунок 3.3 – Датчик контакту, встановлений на токарному верстаті

Основна особливість полягає в необхідності застосування плати перетворення стану контакту головки вимірювальної в електричні сигнали. Ці сигнали передаються в систему ЧПК через спеціальний пристрій, виконаний або у вигляді окремого блоку, або у вигляді інтерфейсної плати безпосередньо в схемі ЧПК.

Використовуються три способи зв'язку за допомогою кабелю (рис. 3.4), інфрачервоного оптичного безконтактного пристрою (рис. 3.5) і радіочастотного пристрою (рис. 3.6). Кабелем сполучають голівки, які встановлені нерухомо на станині верстата або на спеціальному пристрої [12].

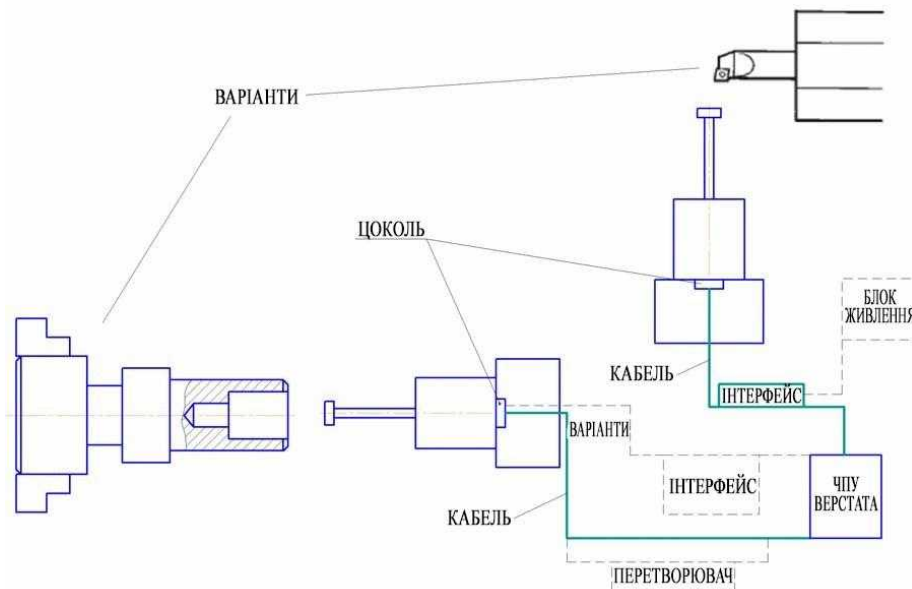


Рисунок 3.5 – Кабельна передача сигналу

Оптичний зв'язок (рис. 3.5) здійснюється за допомогою інфрачервоних світло– і фотодіодів. На вимірювальній голівці встановлені один фотодіод для прийому сигналу включення і декілька світлодіодів для передачі сигналів, що управляють. Вимірювальна голівка має вбудоване джерело автономного живлення. Перевага оптичного зв'язку – у великій відстані між голівкою і приймачем. Блок управління здійснює живлення перетворювача електроконтакту, приймально– передавального пристрою, прийом, індикацію і передачу в систему ЧПК сигналів вимірювальної головки [12].

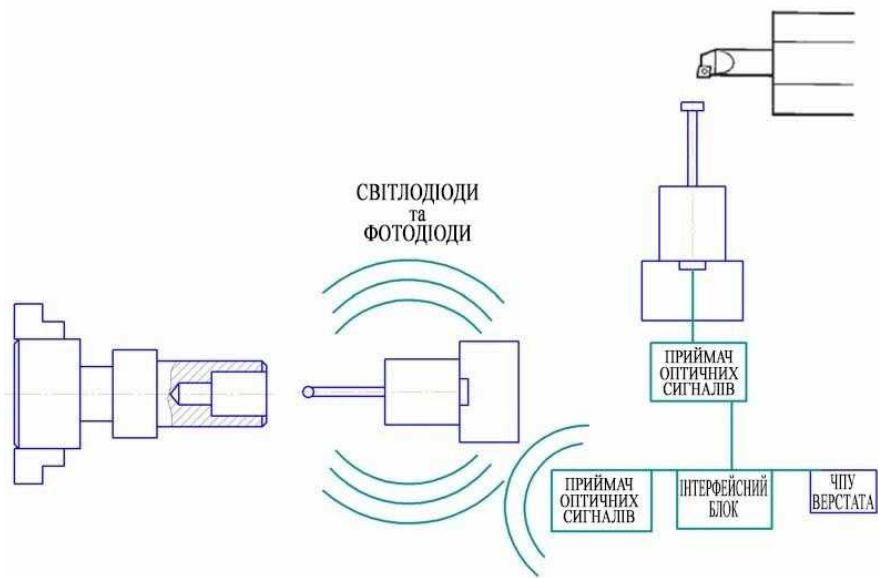


Рисунок 3.5 – Оптична система передачі сигналів

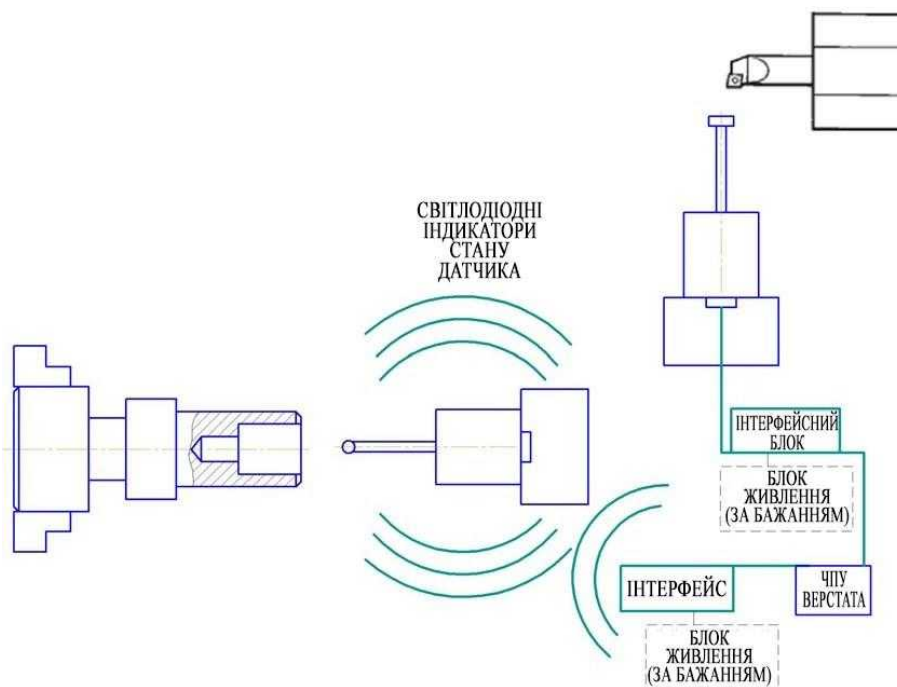


Рисунок 3.6 – Радіочастотна система передачі сигналу

Сконструйовану вимірювальну головку можна встановити у вимірювальну руку (рис. 3.7) і використати для контролю інструменту або встановити в револьверну головку нарівні з оброблювальним інструментом і використати для контролю розмірів оброблюваних деталей.

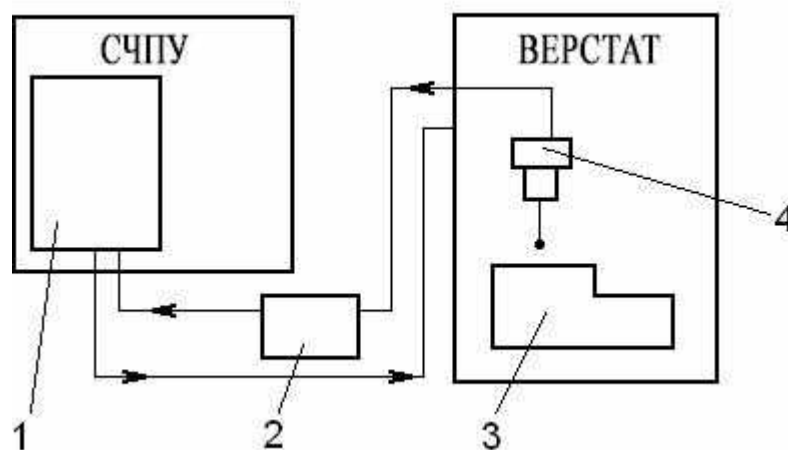
Надійне і точне спрацювання вимірювальної головки забезпечується при швидкості її переміщення 10 – 500 мм/хв.[12].



Рисунок 3.7 – Відкидна немоторизована вимірювальна рука [11]

Нова конструкція великогабаритної вимірювальної полягає в тому, що з програми, що управляє, проходить виклик потрібного циклу виміру (підпрограми), який, управляючи верстатом, отримує через передавальний пристрій сигнал про спрацювання датчика, після чого робиться запис поточного положення шпинделя в пам'ять СЧПК верстата. Після завершення циклу виміру здійснюється математична обробка даних, з видачею результатів виміру.

Аналогічно токарному верстату використовуються наступні способи зв'язку: за допомогою кабелю, інфрачервоного оптичного безконтактного і радіочастотного пристрою, індуктивна система передачі сигналу (рис. 3.8, 3.9).



1 – система ЧПУ верстата; 2 – передавальний пристрій; 3 – вимірювана деталь; 4 – контактний датчик

Рисунок 3.9 – Структурна схема

На рис 3.10 показаний передавальний пристрій для контролю інструменту використовується стаціонарний датчик, встановлений на столі фрезерного верстата.

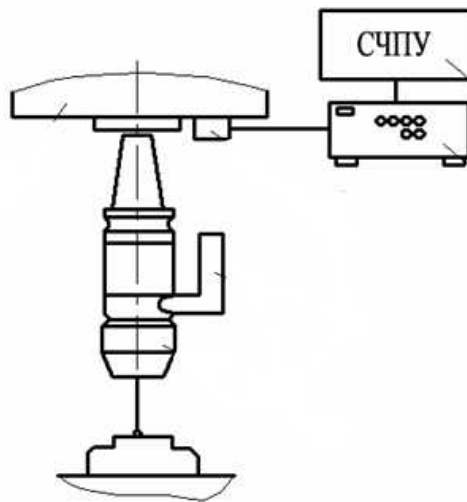


Рисунок 3.10 – Індуктивна система передачі сигналу



Рисунок 3.11 – Інструментальна оправка з датчиком

Найбільш поширеними зарубіжними системами ЧПК являються: Siemens, Fanuc, HAAS, Heidenhein, Mazatrol, Okuma.

У СЧПК фірми Siemens вимірювальні цикли завантажені в каталог стандартних циклів системи управління. Для верстатів токарної і СФР групи представлені наступні вимірювальні цикли: калібрування

вимірювального щупа для інструменту, вимір геометричних елементів деталі і інструменту.

Renishaw, Siemens і Heidenhein розробляють елементарні цикли для контролю геометрії деталі

Розроблені елементарні цикли для контролю деталі/заготовки на верстаті (рис. 3.12):

- Підпрограми для прив'язки системи координат заготівлі до системи координат верстата
- Цикли вимірів геометричних елементів заготовки/деталі: радіальні виміри, вимір по діаметру, вимір ребер/канавок, вимір довжини, виведення на екран.

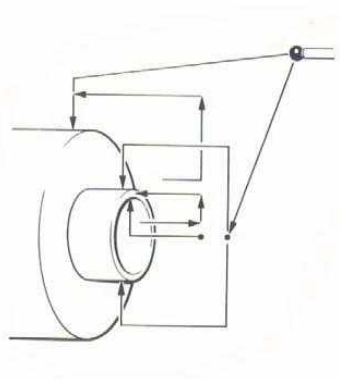


Рисунок 3.12 – Цикли виміру деталі на токарному верстаті з ЧПУ

Проводяться теоретичні дослідження для розробки циклів технологічного управління для верстатів токарної і СФР групи : корекція режимів різання показано на рис. 3.13

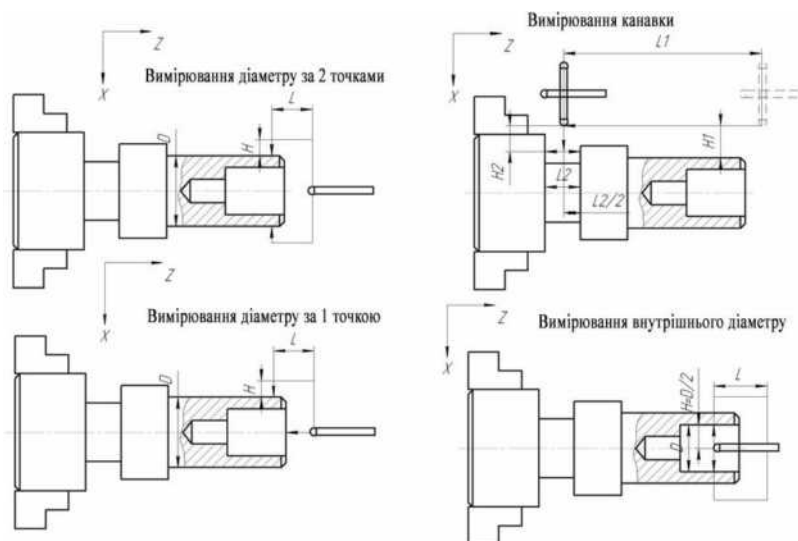


Рисунок 3.13 – Цикли виміру валу на токарному верстаті з ЧПК

Приклад даної підпрограми – цикл калібрування положення датчика по відношенню до осі шпинделя [12].

### Підпрограма KALIBR

{№1, №2, №3 – параметри, що передаються в підпрограму} N1 E31=5.000  
N2 E32=20.67 N3 E33=- 10  
N10 E31=ABS(E31) – абсолютне значення  
N20 E32=ABS(E32)  
N30(BEQ, E31, 0, FIN) – оператор порівняння, коли перше і друге значення рівні  
N40(BEQ, E32, 0, FIN) N50 E35/2  
N60 G91 G01 XE35 F1000 – програмування по приростах; G01 – лінійна інтерполяція  
N70 ZE33  
N80– підготовча функція перед початком виміру  
N90 G72 X – 1 E36 – вимір точки  
N100 X1  
N110 E33=NEG(E33) – інвертування знаку  
N120 ZE33  
N130 E35=NEG(E35) N140 E35=E35\*2 N150 XE35  
N160 E33=NEG(E33) N170 ZE33  
N180 G72 X1 E37 N190 X – 1  
N200 E33=NEG(E33) N210 ZE33  
N220 E35=NEG(E35/2) N230 XE35  
N230 E38=ABS((E36/ABS(E36))+(E37/ABS(E37)))  
N240(BGT, E38, 0, ODN) – оператор порівняння, коли перше значення більше за друге  
N250(BNC, DV) – безумовний перехід  
"ODN"  
N260 E35=ABS(ABS(E37) – ABS(E36)) – E31 N270 E34+E36  
N280 E39=SQR– витягання кореня  
N290(BNC, FIN) "DV"  
N300 E35=ABS+ABS(E36) – E31 N310 E34=E37 – E36  
N320 E39=SQR(ABS((E32/2)\*(E32/2)– (E35/2))) "FIN"  
N330 M30 N340 M02

## Вимірювальні цикли для верстата СФР групи

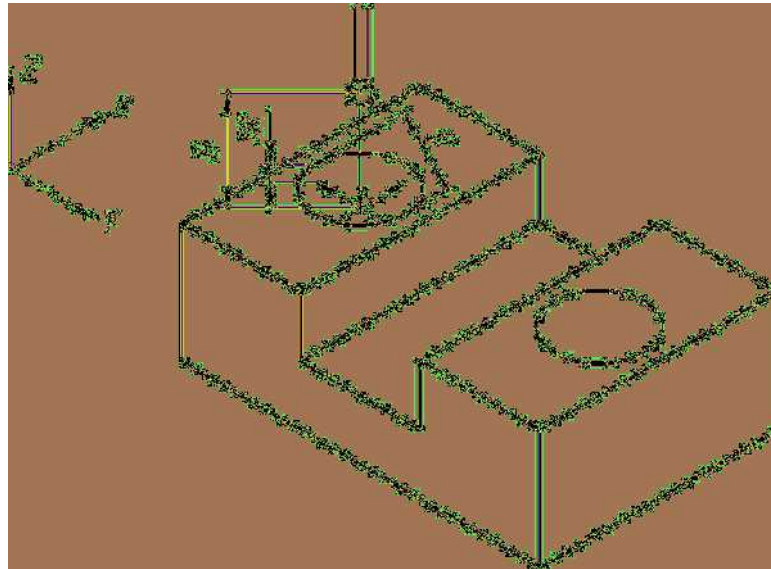


Рисунок 3.14 – Цикли виміру деталі на верстаті з ЧПК СФР групи

Розроблені елементарні цикли для контролю деталі/заготівлі на верстаті:

- Підпрограми для прив'язки заготівлі до системи координат верстата
- Цикли вимірів геометричних елементів заготівлі/деталі: вимір координати по X, Y, Z, вимір перемичок/каналок, отворів, кутів, виведення на екран.

Приклад даної підпрограми – цикл виміру точки по одній координаті.

Структура КАДРУ виміру площини по одній точці:

```
N10 P001 {X, Y, Z} L H* G54*
```

{X, Y, Z} – одна з вісей інтерполяції;

L – величина швидкого підходу, з урахуванням напрямку вісей;

H – величина перебігання, за умовчанням 10;

G54 – G59 – одна з систем координат деталі, у випадки вказівки в неї записується відповідна координата.

```
G91 G01 Xl F150
```

```
Xh G32 F50
```

```
f=getdatacadr(137)
```

```
G90 G01 Xn F300
```

```
print "Виміряна координата по осі X=", f
```

```
if not paramactive(71) then end g=getparameter(71)
if g=54 then setsystemdata(50) if g=55 then setsystemdata(53) if g=55 then
setsystemdata(56) if g=56 then setsystemdata(59) if g=57 then setsystemdata(62) if
g=58 then setsystemdata(65) if g=59 then setsystemdata(68) end
```

```
N60 if not paramactive(89) then goto 70 n=getdatacad(138)
G91 G01 Y1 F150
Yh G32 F50
f=getdatacad(138)
G90 G01 Yn F300
print "Виміряна координата по осі Y=", f
```

```
if not paramactive(71) then end g=getparameter(71)
if g=54 then setsystemdata(51) if g=55 then setsystemdata(54) if g=55 then
setsystemdata(57) if g=56 then setsystemdata(60) if g=57 then setsystemdata(63) if
g=58 then setsystemdata(66) if g=59 then setsystemdata(69) end
```

```
N70 n=getdatacad(139) G91 G01 Z1 F150
G91 G01 Zh G32 F50
f=getdatacad(139)
G90 G01 Zn F300
print "Виміряна координата по осі Z=", f
```

```
if not paramactive(71) then end g=getparameter(71)
if g=54 then setsystemdata(52) if g=55 then setsystemdata(55) if g=55 then
setsystemdata(58) if g=56 then setsystemdata(61) if g=57 then setsystemdata(64) if
g=58 then setsystemdata(67) if g=59 then setsystemdata(70) end
```

```
N30 end return M99
```

Завдяки методу вимірюванню розмірів за допомогою датчика можна облегшити роботу наладчика та контролерів, які перевіряють цю деталь, а також підвищити точність вимірювання. Використовуючи цей метод я усуваю максимально похибку « людського фактору» забезпечуючі точність деталі.

## 4 СПЕЦЗАВДАННЯ

### 4.1 Електроерозійна обробка поверхонь

Електроерозійна обробка являє собою руйнування поверхні виробу під дією електричного розряду. Електроерозійна обробка найчастіше застосовується для спрощення обробки та зміни розмірів металевих виробів – для отримання отворів різної форми та фасонних порожнин, які треба вірізати для чорнової обробки для подальшого полегшення фрезерної та свердлильної операції. Також електроерозійну обробку можна застосувати для виготовлення профільних канавок і пазів в деталях з твердих сплавів, для зміцнення інструменту, для шліфування, різання і ін.

Процеси які відбуваються в міжелектродному проміжку відносно складні і є предметом спеціальних досліджень. Я хочу розглянути спрощену і зрозумілу схему видалення металу з оброблюваної ділянки електроерозійної обробки.

Оброблювана деталь є катодом, тобто на неї подається негативний імпульс тривалістю більше 10 – 3 с. При електроімпульсній обробці між електродами запалюється дуговий розряд і обробка деталей ведеться іонним потоком. Даний режим характеризується великою швидкістю знімання металу, що перевищує продуктивність електроіскрового режиму в 8 – 10 разів, але при цьому чистота обробки істотно гірше. При обох режимах в якості робочої рідини, як правило, використовується гас або ізоляційні масла.

Як показано на рис. 4.1, до електродів 1 підведена напруга, яке створює електричне поле в міжелектродному проміжку. При зближенні електродів на критичну відстань, виникає електричний розряд у вигляді провідного каналу. Для підвищення інтенсивності розряду електроди занурюють в діелектричну рідину 2 (гас, мінеральне масло і ін.) На поверхні електродів є мікронерівності різної величини. Напруженість електричного поля буде найбільшою між двома найбільш близькими один до одного виступами на поверхні електродів, тому саме тут виникають проводять містки з домішкових частинок рідини. Струм по містках нагріває рідину до випаровування і утворюється газовий міхур (4), всередині якого і розвивається потужний іскровий або дуговий розряд, що супроводжується ударною хвилею. Виникають потоки електронів та іонів (позитивні і негативні стримери), які бомбардують електроди. Утворюється плазмовий канал розряду. Завдяки високій концентрації енергії в зоні розряду температура досягає тисячі і десятки тисяч градусів. Метал на поверхні електродів плавиться і випаровується. Краплі розплавленого металу в результаті руху потоку рідини в робочій зоні

викидаються за межі електродів і застигають в навколишньому електроді рідини у вигляді дрібних частинок сферичної форми (5).

Від взаємодії рідини з ділянками електродів, нагрітих до температури 100–400 °С, на кордонах плазмового каналу розряду відбувається піроліз діелектричної рідини. В результаті в рідині утворюються гази, а також асфальтосмолисті речовини. З газового середовища виділяється вуглець, що відкладається на нагрітих поверхнях електродів у вигляді тонкої плівки кристалічного графіту. У місці дії імпульсу струму на поверхнях електродів залишаються невеликі поглиблення – лунки, що утворилися внаслідок видалення розрядом деякої кількості металу [10].

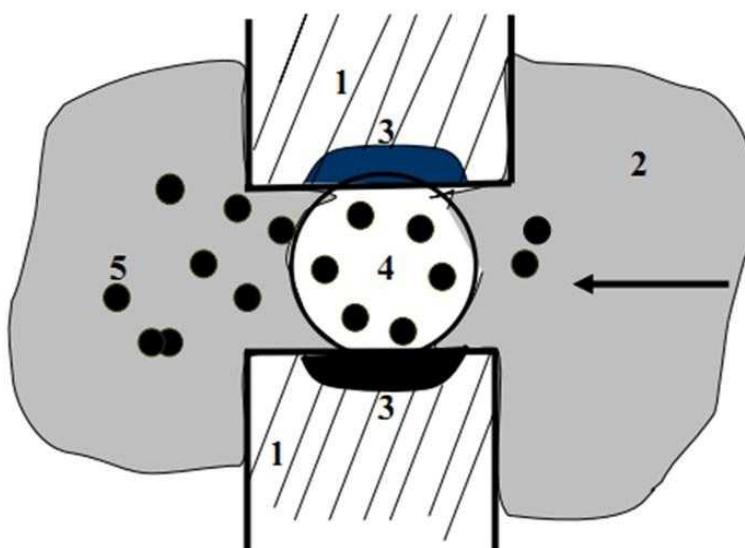


Рисунок 4.1 – Режим електроерозійної обробки: 1 – електроди, 2 – рідина, 3 – лунки, 4 – газовий пузир, 5 – продукти ерозії.

У табл. 4.1 приведена залежність величини ерозії сталевго електрода від енергії і тривалості одиночного імпульсу.

Таблиця 4.1 – Залежність величини ерозії сталевго електрода (анода) від енергії і тривалості одиночного імпульсу [10]

Характеристика імпульсу		Розміри лунки		
Енергія, Дж	Тривалість, мкс	Глибина, мм	Діаметр, мм	Об'єм, м <sup>3</sup>
0,001	9	0,015	0,1	0,000078
0,1	40	0,025	0,75	0,0074
1,0	60	0,042	1,65	0,06
2,0	1500	0,050	2,00	0,10

Полярний ефект і полярність імпульсу можна розглянути трохи

детальніше. Висока температура в каналі розряду і відбуваються динамічні процеси, що викликають ерозію обох електродів. Підвищення ерозії одного електрода в порівнянні з іншим електродом називається полярним ефектом. Полярний ефект визначається матеріалом електродів, енергією і тривалістю імпульсів, знаком підведеного до електроду потенціалу.

Процеси зміни напруги і струму мають коливальний характер щодо їх нульового значення. При електроерозійної обробці прийнято вважати робочою або прямою полярністю імпульсу ту його частину, яка викликає найбільший ефект ерозії оброблюваної заготовки, а зворотної – частина імпульсу, що викликає посилену ерозію електрода – інструменту. Оброблювану заготовку приєднують до того полюса, ефект ерозії якого в даних умовах більше. До протилежного полюса приєднують електрод інструмент. Наприклад, при коротких імпульсах електроіскровий обробки енергія переважно надходить на анод, в якості якого тут слід використовувати заготовку (пряма полярність). При збільшенні тривалості імпульсів настає перерозподіл теплового потоку на електродах. Це призводить до того, що при певних режимах електроімпульсної обробки ерозія анода стає менше, ніж ерозія катода. В цьому випадку слід застосовувати зворотну полярність, використовуючи заготовку в якості катода[10].

#### 4.2 Підвищення продуктивності електроерозійної обробки шляхом застосування сучасного обладнання

В даний час спостерігається тенденція до збільшення числа проєктованих і виготовлених складнопрофільних деталей. Для обробки диска турбіни які виготовлені важкооброблюваного матеріала, широке застосування знаходять в методі електроерозійної обробці.

Залежно від використовуваного електрода– інструменту (ЕІ) електроерозійні верстати можна розділити на проволочно– вирізні (ЕІ – дріт) і копіювально– прошивні (ЕІ – об'ємний профільний елемент).

Технологія проволочно– різьбленої електроерозійної обробки знайшла широке застосування в сучасному машинобудуванні.

Типові проволочно– вирізні верстати (рис. 4.2) мають два напрямних сопла – верхнє і нижнє. Нижня направляюча знаходиться в нижній частині верстата і є нерухомою. Верхня напрямна знаходиться у верхній голівці рухомої каретки, яка може переміщатися по двох осях  $U$  і  $V$ , що дає можливість обробляти конусоподібні деталі. Через напрямні проходить дріт, який при роботі верстата перемотано із заданою швидкістю з котушки в ящик для збору дроту. До дрота і

заготівлі від генератора імпульсів подаються імпульси електричного струму, які і забезпечують процес електроерозійної обробки [10].

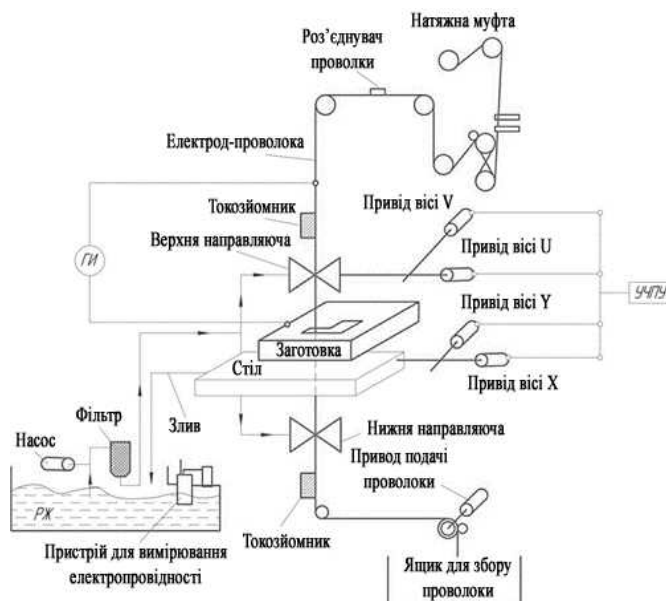


Рисунок 4.2 – Схема проволочно– вирізного електроерозійного верстата

Для електрод– інструмента на верстатах використовується спеціальний дріт (рис. 4.3). Матеріалом електрода– інструменту, як правило, служить латунний або вольфрамовий дріт діаметром від 0,02 до 0,3 мм. Дріт постійно проходить по заготовці з певною швидкістю  $V_{\text{прод}}$  (м / хв.).

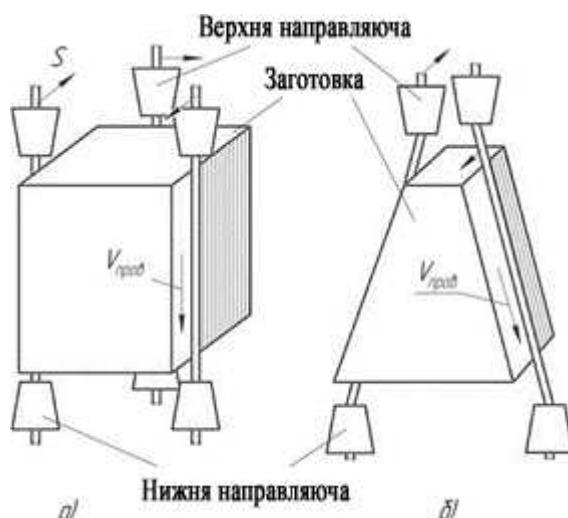


Рисунок 4.3 – Схема проволочно–різьбового ЕЕ обробки (S – напрямок подачі): а – прямий рез (циліндричний); б – кутовий рез (різка на конус)

Копіювальні – прошивальні верстати призначені для отримання в

заготовках отворів, порожнин і поглиблень різної форми. Для отримання порожнин між бабишками для диску турбини буде найкраще використати саме копіювально– прошивальним методом. Крім обробки порожнин та отримання отворів різної форми, копіювально– прошивальні верстати використовуються для нанесення на заготовки різних написів [12].

У копіювально– прошивальних верстатах об'ємному профільному ЕІ надається поступальний рух зі швидкістю  $V_z$  у напрямку до електроду– деталі як в опер. 95 (рис. 4.4).

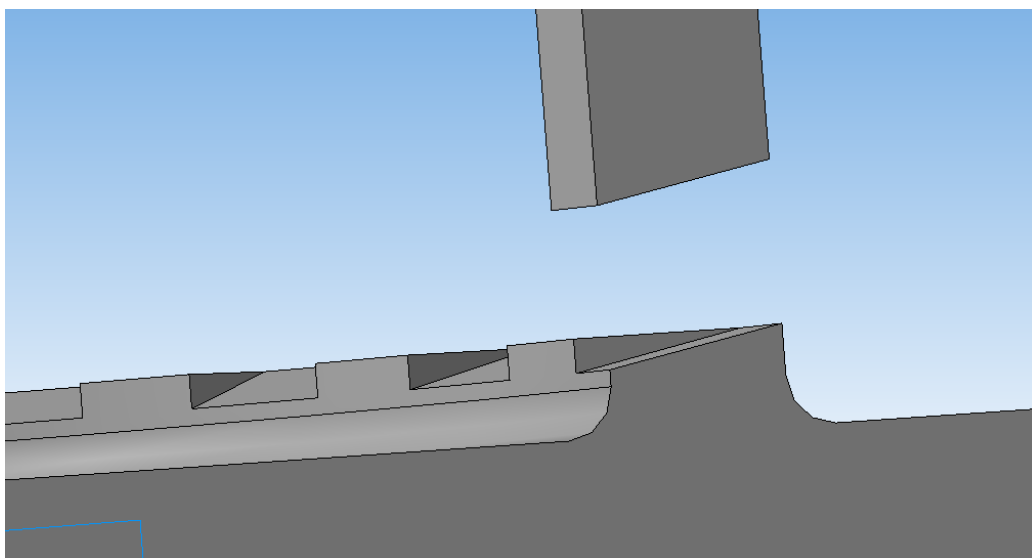


Рисунок 4.4 – Схема копіювально–прошивної обробки

Незважаючи на переваги проволочно– різьблених і копіювально– прошивній електроерозійної обробки, технологічні можливості даного методу обмежені.

В роботі розглядаються технологічні рішення, що дозволяють підвищити технологічні можливості електроерозійного обладнання.

Як пристрій, що підвищує технологічні можливості копіювальнопрошивних верстатів, в роботі розглядаються поворотні і глобусні столи німецької компанії JauchShmider.

Як пристрій, що підвищує технологічні можливості проволочновирізних верстатів, розглядається проект маніпулятора, що розробляється в Пермському національному дослідницькому політехнічному університеті.

Приклад використання поворотного столу на копіювально– прошивному верстаті представлений на рис. 4.5.

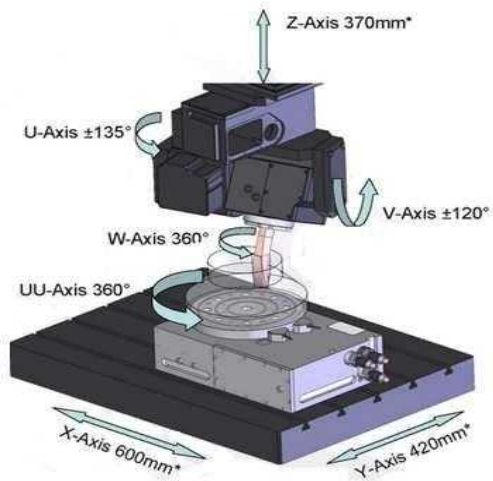


Рисунок 4.5 – Застосування поворотного столу на копіювально–прошивному верстаті: а – схема столу; б – приклад виготовлення деталі

Впровадження поворотного столу на копіювально–прошивному верстаті фірми Sodick дозволяє пропалити спіралевидні канал в тілі деталі, виконаної з важкооброблюваних матеріалу. Застосування поворотних столів підвищує ефективність процесу копіювально–прошивний обробки, шляхом обробки заготовки в декількох площинах [10].

Застосування пристрою «маніпулятор» дозволяє змінити напрямок подачі електрода–дроту, тим самим стає можливим обробка заготовок в горизонтальній площині.

Проект маніпулятора представлений на рис. 4.6.

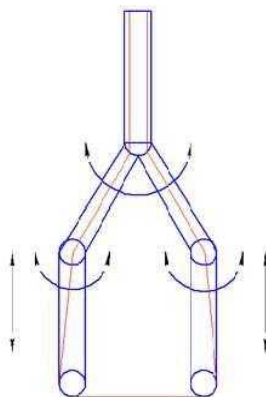


Рисунок 4.6 – Проект маніпулятора

В основі конструкції маніпулятора лежать направляючі фільери і напрямні ролики для електрода–дроту. Завдяки своїй конструкції маніпулятор може бути

налаштований для обробки різних типорозмірів оброблюваних деталей.

Робота на проволочно– вирізному електроерозійному верстаті із застосуванням маніпулятора може проводитися в умовах, коли стіл із заготовлею знаходиться в ванні з робочою рідиною або виконується струменеве прокачування зони обробки.

Реалізація проекту дозволить розширити технологічні можливості проволочновирізних верстатів. Застосування маніпулятора дозволить обробляти не тільки вертикальні, але і горизонтальні поверхні.

Основною перевагою технології електроерозійної обробки є можливість обробляти струмопровідні матеріали незалежно від їх механічних властивостей. Застосування інноваційних технологічних рішень дозволяє розширити можливості електроерозійного обладнання.

Використання поворотних і глобусних столів дозволяє обробляти гвинтові внутрішні поверхні в заготовках без операції розрізання деталі на складові частини.

Розглянутий проект маніпулятора знаходиться на стадії розробки в лабораторії «Високоточних вимірювань і електроерозійної обробки» Пермського національного дослідницького політехнічного університету.

Застосування маніпулятора дозволить обробляти не тільки вертикальні, але й горизонтальні поверхні.

Найбільш ефективним є застосування електроерозійної обробки для отримання глибоких отворів в важкооброблюваних матеріалах.

Глибокими вважаються отвори з відношенням довжини до діаметра понад 10, в ряді випадків це ставлення досягає 100 – 200. Так, в перспективних енергетичних машинах ставиться завдання отримання отворів в охолоджуваних лопатках турбіни з мінімальним діаметром 0,2 – 0,3 мм, ставленням глибини до діаметру 50 – 100 і точністю отвори 0,05 мм.

При прошивці отвори суцільним інструментом– стрижнем (дріт) всі його геометричні дефекти, такі як похибка форми в поперечному і поздовжньому перетинах, відхилення від прямолінійності осі, будуть позначатися на якості одержуваних отворів. Недоліком даного виду обробки є неефективна евакуація продуктів ерозії із зони обробки. Тому глибина одержуваних отворів обмежена, а точність формоутворення невисока.

На практиці, щоб уникнути подібних ускладнень, використовують різні технічні заходи. Так, електроду надається обертальний рух, що усуває овальність одержуваного отвору, викликану похибкою поперечного перерізу дроту. Застосовують шнекові електроди, при обертанні яких більш ефективно

видаляються продукти ерозійного руйнування, використовують прокачування робочої рідини через трубчасті електроди, розробляють маловязкіє робочі середовища. Продуктивність операції електроерозійної прошивки може бути збільшена також за рахунок орбітального руху електрода інструменту щодо осі оброблюваного отвору. При цьому знижується конусність і з'являється можливість регулювання розміру отвору за рахунок зміни радіуса орбітального руху.

Багатоелектродна електроерозійна обробка дозволила ефективно вирішити задачу обробки дрібних отворів, а також створити якісно нові конструкції деталей, що поліпшують основні показники авіаційних двигунів. Сучасні генератори імпульсів дозволяють ефективно обробляти одночасно до 10000 отворів діаметром 0,5 ... 1 мм.

В якості електродів використовують дріт з міді, вольфраму і його сплавів з міддю або сріблом. Вольфрамові електроди невеликого діаметру відрізняються високою жорсткістю і більш ефективні при обробці малих отворів. При обробці титанових сплавів застосовують латунний дріт (ЛЗ– 59, ЛС– 62), що забезпечує більшу стабільність обробки в порівнянні з електродами з міді і вольфраму.

Прошивку глибоких отворів малого діаметра яку виконують трубчасто капілярним електродом з прокачуванням РЖ під тиском 7 ... 10 МПа часто називають струменево електроерозійною обробкою. При її здійсненні електрод–інструмент робить поступальний рух подачі і додаткове обертання навколо власної осі. Така схема обробки забезпечує досить високу продуктивність прошивки отворів з подачею до 20 мм / хв.

В даний час порожнисті трубки виробляються спеціально для електроерозійної прошивки отворів. Так, компанія Primatec GmbH (Німеччина) пропонує одноканальні і багатоканальні (2, 3, 4 канали) порожнисті електроди з міді та латуні з зовнішнім  $\varnothing$  0,1 ... 3 мм, одноканальні трубки з вольфрамомедного сплаву  $\varnothing$  0,15 ... 6 мм, одноканальні трубки з твердого сплаву  $\varnothing$  0,1 ... 3 мм. Довжина трубок становить 150, 300, 400 мм для електродів з міді та латуні і 175 мм для електродів з вольфрамо– мідного сплаву і твердого сплаву.

Трубчасті електроди з різною формою поперечного перерізу з міді, латуні і вольфраму пропонує компанія KHS Co., Ltd (Японія).

Для реалізації ефективних технологій отримання глибоких отворів малого діаметра розроблені спеціальні верстати, часто звані супердрель (super drill).

Супердрель ряду фірм оснащені генераторами, розробленими спеціально для операції прошивки малих отворів. Застосування таких генераторів і спеціальних робочих рідин на водній основі призводить до значного зниження

зносу електродів.

Для обробки отворів діаметром 0,2...0,5 мм застосовується вітчизняний верстат СЕП– 85 – 001, оснащений автономною станцією для подачі робочої рідини під тиском до 10 МПа, пристроєм обертання електрода– інструменту. Конструктивною особливістю верстата є наявність вібратора електрода– інструменту з частотою до 800 Гц і транзисторного генератора з регульованою частотою 40...200 кГц.

За кордоном рядом фірм розроблені технології і випускається обладнання для струменевої обробки глибоких отворів діаметром 0,3...6 мм. Верстати серії KICN фірми Sodick оснащені спеціальними генераторами струму, системою автоматичного управління процесом на базі EOM, системою очищення і подачі робочої рідини. Верстати комплектують пристроєм автоматичної зміни EI на 15 позицій. Для супердрель розроблені спеціальні генератори імпульсів із середнім струмом до 50 А з керуванням від комп'ютера. Так, КЧПУ – LN10K забезпечує струм до 40 А і управління верстата по шести координатам.

Установки швейцарської компанії Sarix SA моделей SX – 100НРМ і SX – 200 НРМ успішно використовують для отримання отворів діаметром 0,005...3 мм цільним або трубчастим EI.

Високоякісні верстати SH2CNC, SH2 для прошивки малих отворів випускаються швейцарською фірмою Charmilles Technologies (рис. 4,7).



Рисунок 4.7 – Супердрель моделі S26CNC  
Електроерозійні супердрель (моделі S 26, 36, SDR 56) з однієї, трьома і

шістьма керованими від ЧПУ осями випускає тайванська компанія Max See. Верстати добре показали себе при експлуатації на російських підприємствах (рис. 4.8).



Рисунок 4.8 – Верстат СТ– 500 компанії Current EDM Inc.

Супердрель випускається різними компаніями США. Так супердрель EDM Drillmate с розмірами столу  $600 \times 300$  мм і ходом по осях X, Y, Z  $350 \times 260 \times 200$  мм відповідно забезпечує ефективну обробку малих отворів в деталях різного призначення. Супердрель компанії Current EDM Inc. моделі СТ– 500 – одна з найбільш продуктивних машин даного класу, призначена для отримання отворів  $\varnothing 0,1 \dots 6,5$  мм з відношенням довжини до діаметра до 300 з використанням води в якості діелектрика(рис. 4.9).

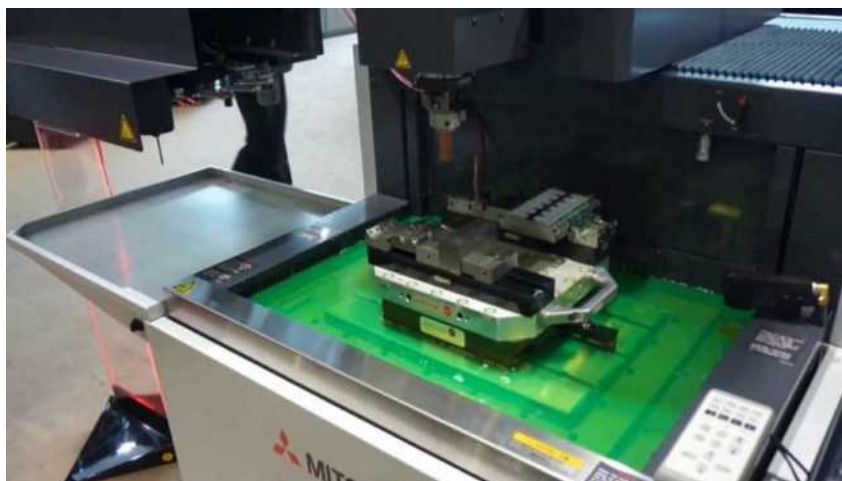


Рисунок 4.9 – Пристрій автоматичної зміни ЕІ

Верстат забезпечений пристроєм автоматичної зміни інструменту, що

забезпечує тривалу роботу обладнання в автоматичному режимі. Поряд з цим розроблений блок для заміни напрямних втулок. Здійснюється надійна заміна до 4 втулок різних діаметрів.

Компанія Joemars пропонує супердрель моделей JM325D, JM528DZ, DNC42 з системою управління FAZZY (Автотехнологія). Для вибору ефективного режиму обробки в цій системі задають матеріал, діаметр і величину зносу електрода, матеріал деталі. Супердрель включають в себе систему запобігання зіткненню ЕІ з заготовлею. Використовуються 5 видів індикаторів тривоги: досягнення заданої глибини прошивки, виникнення дуги, низький рівень діелектрика, безпеку, коротке замикання. Для обробки твердих сплавів, загартованої і легованої сталі використовується спеціальна система MOSFET.

Верстат для виготовлення глибоких отворів моделі X Tech FHD CNC EDM (компанія MJ Technologies) володіє сучасним набором автоматичних функцій. Для підвищення продуктивності і гнучкості технологій прошивки отворів компанія MJT розробила обладнання, що включає в себе дві або три автономні робочі головки з індивідуальним приводом, змонтовані на одній станині. Так, модель Trio Tech EDM з трьома робочими головками спеціально спроектована для обробки груп отворів у виробах малих і середніх розмірів, таких як лопатки і лопаткові колеса виробів авіаційної техніки. На кожній головці можна встановлювати до 30 електродів. Очевидно, на подібній установці можна обробляти паралельно однакові або різні вироби при індивідуальному налагодженні кожної головки[10].

Фірма Beaumont розробила 6 і 7– координатні верстати серії FH для електроерозійної обробки отворів з пристроями ЧПУ Siemens 840Di. Верстат оснащений роботом, який виконує зміну інструменту, системою визначення виходу з ладу ЕІ, вбудованої КІМ, системою редагування ЕІ. Використовуються обертаються ЕІ Ø 0,3 ... 5 мм довжиною 300 мм. Отвір 1,6 мм глибиною 16 мм в нікелевому сплаві обробляється за 35 с. У верстатах здійснюється автоматична зміна інструменту з використанням 18 – тіпозіційний магазину(рис 4.10).



Рисунок 4.10 – Багатокоординатно прошивальний верстат фірми Beaumont

Верстати даного типу з успіхом використовуються при прошивці отворів з різною просторовою орієнтацією осей в великогабаритних деталях.

Багатокоординатно верстати для прошивки отворів в просторово складних виробках виготовляються компанією АМСНЕМ (Winbro Group, Великобританія). Так, верстат моделі HSD6– GT(рис. 4.11) призначений для прошивання отворів з заданим просторовим розташуванням осі і в заданій точці входу ЕІ на поверхні заготовки в межах робочої зони. Модель забезпечує переміщення заготовки по шести координатам з КЧПУ і одну координату переміщення інструменту [10].

Верстат оснащується інструментальним восьмипозиційним магазином інструментів з двухзахватним автооператором. Генератор імпульсів забезпечує діапазон зміни середнього струму 0 ... 36 А (амплітудне значення до 96 А). Тривалість імпульсів 0,5 ... 655 мкс, тривалість паузи 1 ... 655 мкс, висока напруга 88 ... 300 В. Генератор забезпечений функцією самоконтролю і діагностики несправностей.



Рисунок 4.10 – багатокоординатно електроерозійний прошивний верстат HSD6 – GT

Програмне забезпечення верстата передбачає розробку файлу на операцію прошивки отвору. При багатоопераційної обробці окремі файли збирають в блок повної програми обробки. Є підпрограма правки електродів. Верстат дозволяє не тільки прошивати отвори і пази, але і виробляти високоефективні операції електроерозійного фрезерування обертливим стрижневим інструментом.

На закінчення відзначимо, що отримання малих отворів є актуальним завданням в технологіях ремонту деталей машин. Так, наприклад, витяг зламаного осьового інструменту часто здійснюють із застосуванням операцій електроерозійної прошивки. Для цієї мети використовують існуючі верстати або створюють спеціальне обладнання. Так, компанія Joemars Machinery (Тайвань) пропонує на ринку обладнання портативну переносну установку TR100 Tap broken remover, призначену для видалення зламаного осьового інструменту, прошивки вихідних отворів для проволочно– вирізні робіт. Установка проста в експлуатації, відрізняється високою технологічною гнучкістю, може підключатися до різних джерел електроживлення. В якості робочої рідини використовується технічна вода. Передбачена автоматична подача інструменту, установка глибини прошивки, захист від дугового розряду, перегріву.

Аналіз наявних даних показує, що до числа найважливіших проблем розвитку методу ЕЕО відносяться наступні:

- Подальша розробка теоретичних основ процесу електроерозійного руйнування матеріалів
- Розробка технологічних основ методу ЕЕО, перехід від емпіричних і напівемпіричних знань до теоретичного опису процесу. Так, багато років дослідження в області ЕЕО обмежувалися досить вузьким діапазоном режимних параметрів, що визначають досягнення максимальної продуктивності процесу. Такий підхід, безумовно, ускладнив теоретичне узагальнення наявних експериментальних результатів, хоча б тому, що в ряді практично важливих задач продуктивність не є головним показником ефективності технології. Разом з тим розробка методів і засобів підвищення продуктивності ЕЕО залишається одним з основних умов збереження і підвищення її конкурентоспроможності. У зв'язку з цим перспективним об'єктом досліджень є процес розмірної обробки короткою дугою, запропонований В. І. Носуленко.
- Все більшого значення набувають розробка і застосування методів і процедур структурної та параметричної оптимізації технологій ЕЕО. У зв'язку з цим удосконалюються методи і засоби техніко– економічної оцінки альтернативних варіантів технологій, що забезпечують надійне обґрунтування доцільності і необхідності застосування операцій ЕЕО. Для вирішення цього

практично важливого завдання необхідні банки даних про технологічні можливості операцій ЕЕО і функціонально схожих операцій, що виконуються іншими методами:

- Розробка методів і засобів підвищення точності і якості обробленої поверхні. До теперішнього часу засобами ЕЕО вдається надійно обробляти об'єкти по 6–7 квалітетами точності, досягати параметра шорсткості  $Ra = 0,1$  мкм і нижче. Це дозволяє використовувати технології ЕЕО для виготовлення мініатюрних об'єктів з розмірами порядку 10 мкм. Так компанія Fanuc Robocut повідомляє про можливість фінішної обробки деяких об'єктів з точністю 0,05 мкм на верстаті Alpha– OiSp. Розширюється попит на обладнання для мікро ЕЕО. Провідні виробники створили і вдосконалюють модельний ряд верстатів для мікрообробки. У доступному для огляду майбутньому застосування ЕЕО в області мікро і нанообробки буде розширюватися

- Подальше підвищення рівня автоматизації, як при технологічній підготовці, так і при виробництві виробів. Завдяки високому рівню автоматизації технології ЕЕО органічно вписуються в сучасну концепцію CALSTехнологій. Провідні компанії– виробники обладнання інтенсивно розвивають програмний продукт для розробки і реалізації електроерозійних технологій

- Створення інтегрованих технологічних систем на основі процесів електроерозійної обробки. Створення багатофункціональних верстатів є стійкою тенденцією світового верстатобудування. В останні роки розширюються функціональні можливості верстатів. Так на деяких проволочно– вирізних верстатах є блоки прошивки отворів для введення дроту, тобто об'єднуються функції прошивальних і проволочно– вирізні верстатів. У 2005 році з'явився багатофункціональний верстат з двома робочими зонами, який об'єднує функції гідроабразивного і електроерозійного проволочно– вирізні верстатів, тобто дозволяє здійснювати високопродуктивну попередню вирізку по заданому контуру з наступною високоточною обробкою електродом– дротом. Створено комплекс, що складається з двох верстатів – фрезерного і електроерозійного копіювально– прошивального, об'єднаних системою автоматичної транспортування заготовки в супутнику і системою управління. Є верстатів, на яких можна виробляти електроерозійні, електрохімічні і поєднані операції. Поза всяким сумнівом, робота зі створення багатофункціонального обладнання з використанням електроерозійних робочих головок буде продовжена. Створення гнучких технологічних модулів для здійснення операцій фізико– хімічної обробки та обробки різанням дозволить, на наш погляд, істотно підвищити ефективність обробки багатьох деталей авіаційно– космічної техніки

- Розробка наукових основ і відповідних технологій захисту навколишнього середовища і безпеки життєдіяльності при виконанні електроерозійних робіт. Так фірма Reven (Німеччина) розробила і постачає спеціальні високоефективні тріступінчаті фільтри для очищення повітря робочої зони верстатів. Докладаються зусилля для створення екологічно чистих і малотоксичних робочих середовищ

- Розширення номенклатури матеріалів, ефективно оброблюваних даним методом. Особливий інтерес представляють, на наш погляд, роботи, спрямовані на створення технологій електроерозійної обробки перспективних керамічних матеріалів, матеріалів зі спеціальними властивостями

- Створення нових і вдосконалення існуючих комбінованих методів обробки на основі або із залученням методу ЕЕО. Отримали промислове застосування технології електроконтактного, електроерозійна– електрохімічної, електроерозійна– механічної, електроерозійні– ультразвукової обробки матеріалів. В цьому напрямку тривають інтенсивні дослідження в різних країнах і організаціях

- Створення технологій та обладнання для електроерозійного синтезу тривимірних об'єктів. Більшість наявних технологій даного типу засновані на унікальних властивостях лазерного випромінювання. Однак метод електроерозійної обробки також успішно розвивається в напрямку створення адитивних технологічних процесів

- Розвиток і використання способів електроерозійної обробки деталей машин в газових і аерозольних середовищах з метою вдосконалення технологій зміцнення і відновлення виробів[10].

#### 4.3 Порівняння методів електроерозійної та механічної обробки

При порівнянні механічного та електроерозійного метода обробки виникає ряд переваг, одного методу над іншим. Виготовлення форми деталей, при сучасних вимогах конструкцій, не завжди можливо обійтись лише механічним способом обробки. Завдяки електроерозійного методу обробки стало можливо виготовляти деталі різної форми. Обнією із переваг електроерозійної обробки є час. Завдяки такій обробці набагато зменшується час обробки, що не можливо домогтись від механічного способу. А також при обробці немає відходів у вигляді стружки, бо залишковий метал відрізається одразу великими частками, що спрощує збір залишкового металу. Ріжучою частину верстату набагато легше змінювати ніж пластини та цілі фрези або різці. Для заміни проволки достатньо

прокрутити катушку, щоб відмотати наступний відрізок.

З недоліків електроерозійної обробки є те, що шорсткість поверхні не завжди можна домогтись як у механічній. Зазвичай вона виходить не досконало, бо незавжди можливо проконтролювати допуски, які можливі при різальних або інших механічних операціях.

Доцільно використовувати ці два методи обробки послідовно, а саме:

- виконати чорнову обробку деталі, для зменшення часу, змінення різального інструменту. Саме це доцільно використовувати в опер. 95.
- виконати чистову обробку деталі механічним шляхом, надаючи поверхні більш високого класу точності. Як показано в опер. 100, яка йде одразу після електроерозійної обробки.

## 5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО– ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено– деформованого стану виконуємо у програмі NX  
ADVANTAGE SIMULATION. Три вимірний модель показана на рис. 5.1.

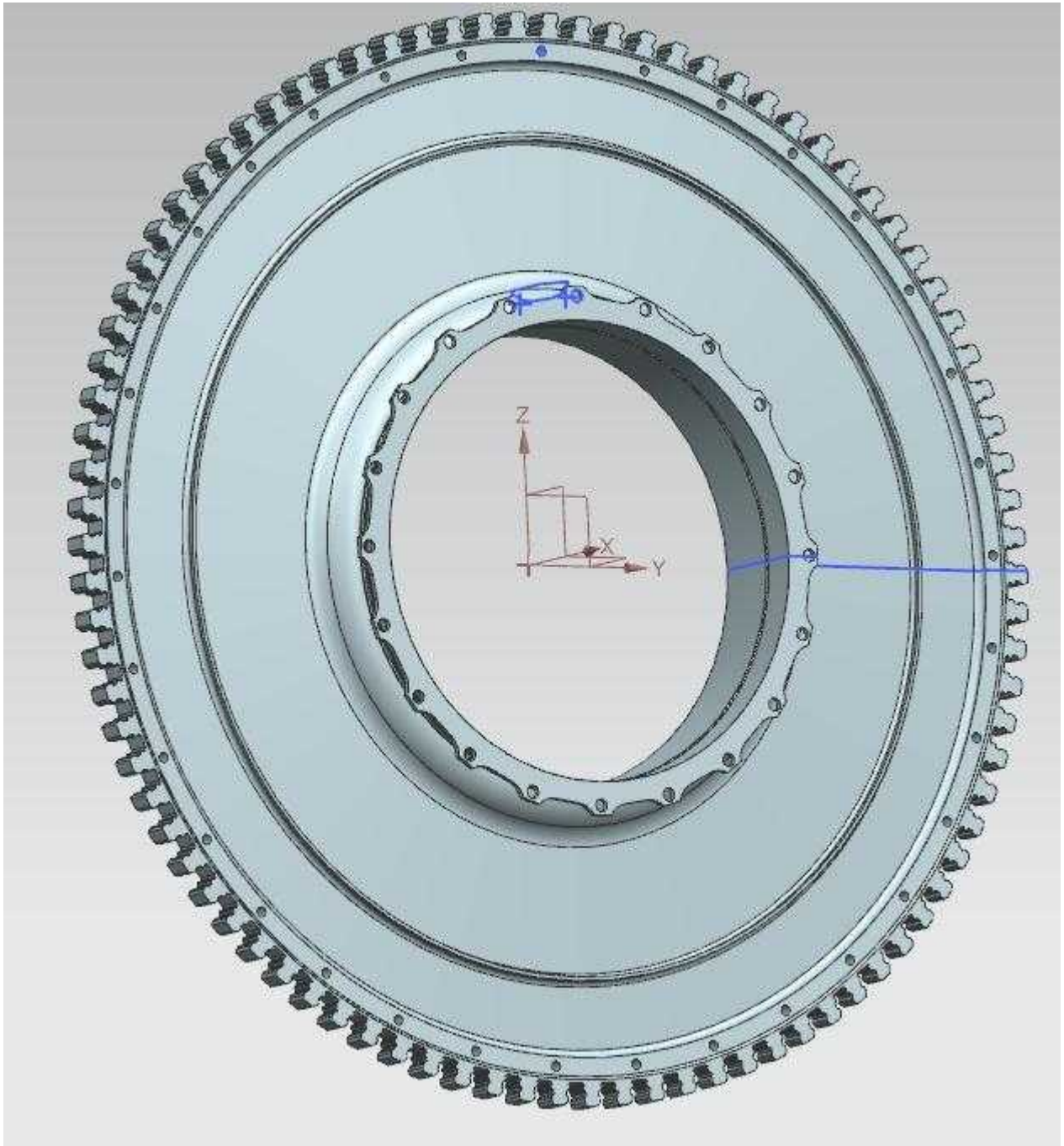


Рисунок 5.1 – Тривимірний модель диску

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

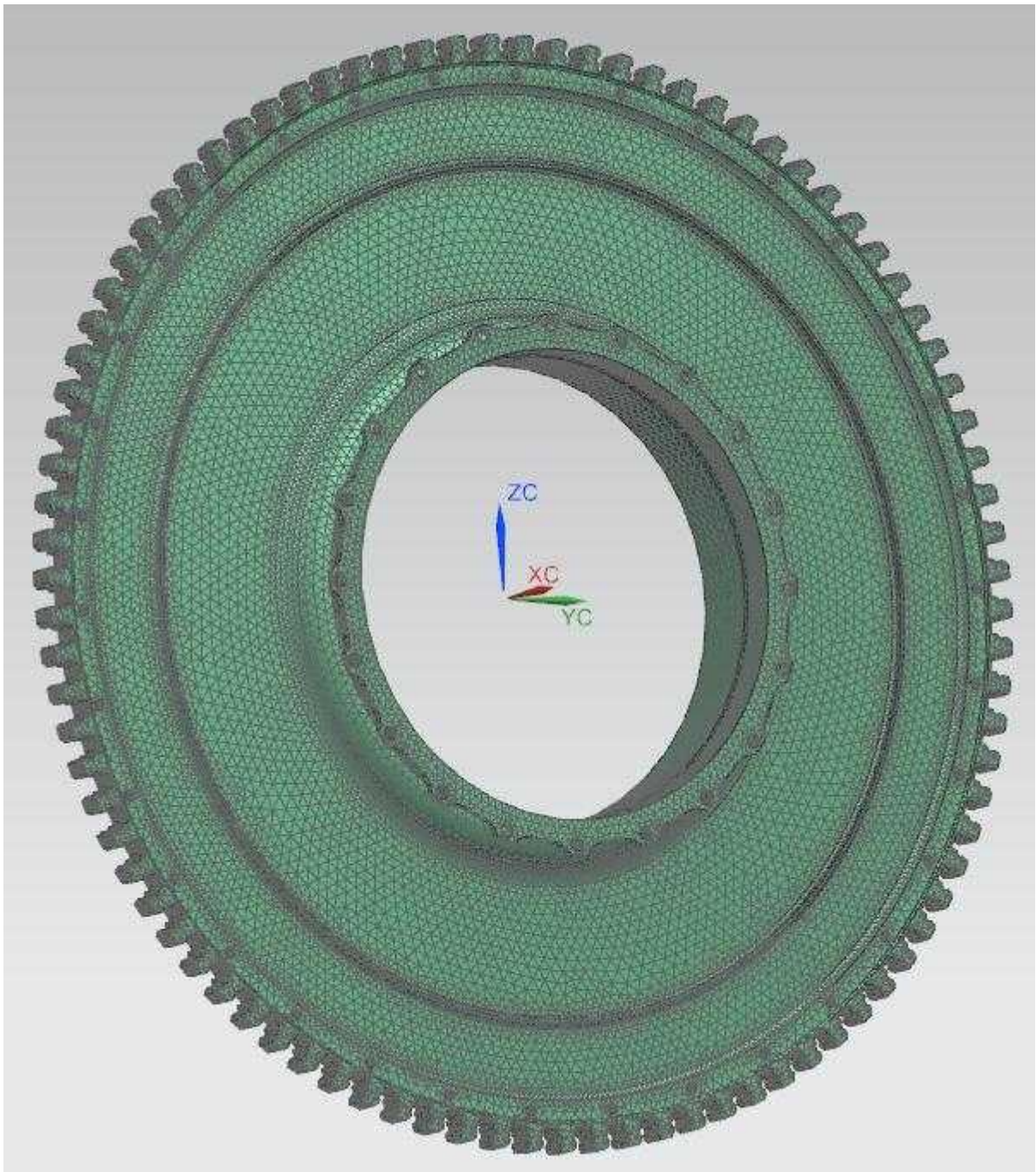


Рисунок 5.2 – Модель диску розбита на сітку кінцевих елементів

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

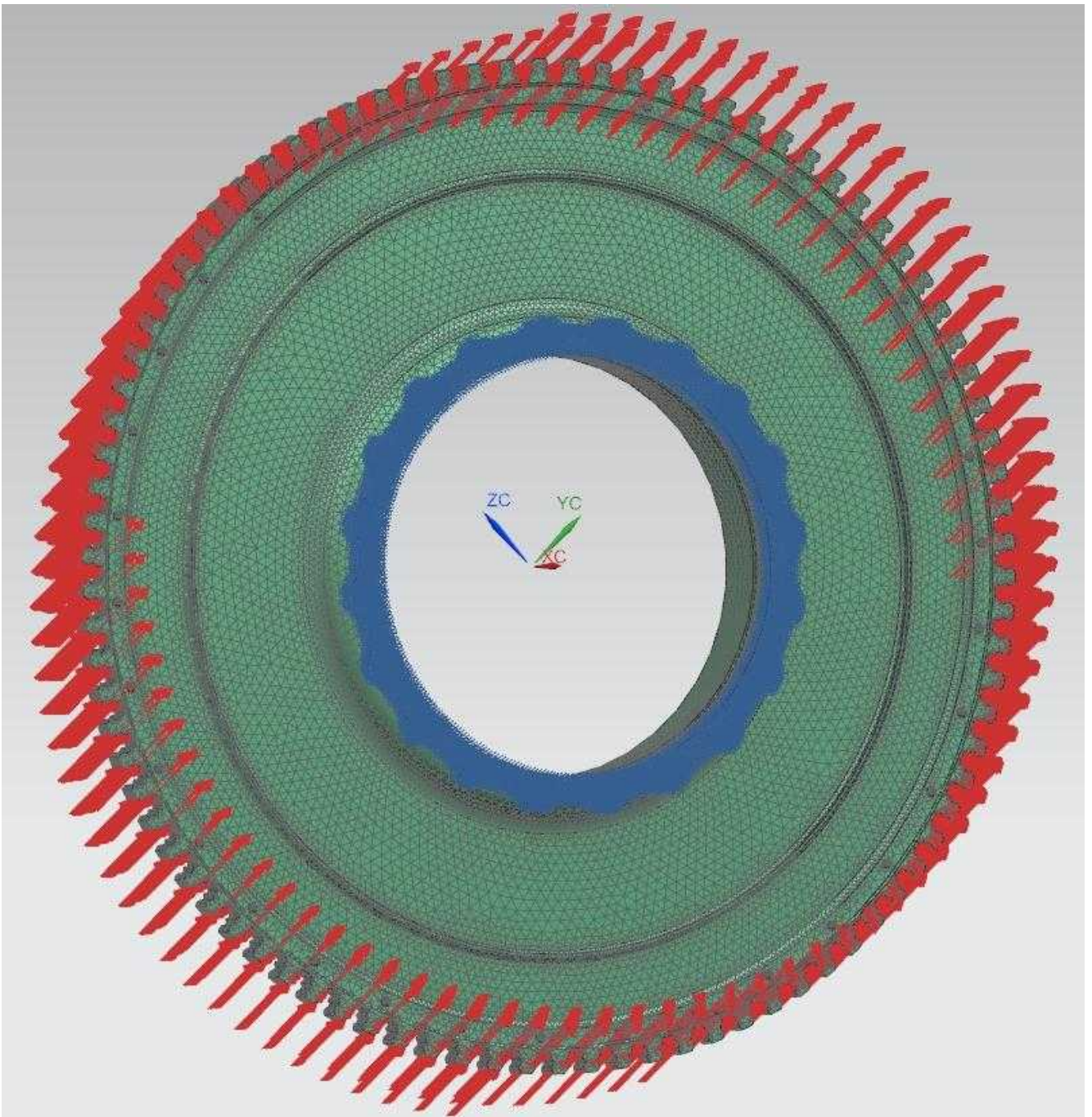


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

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

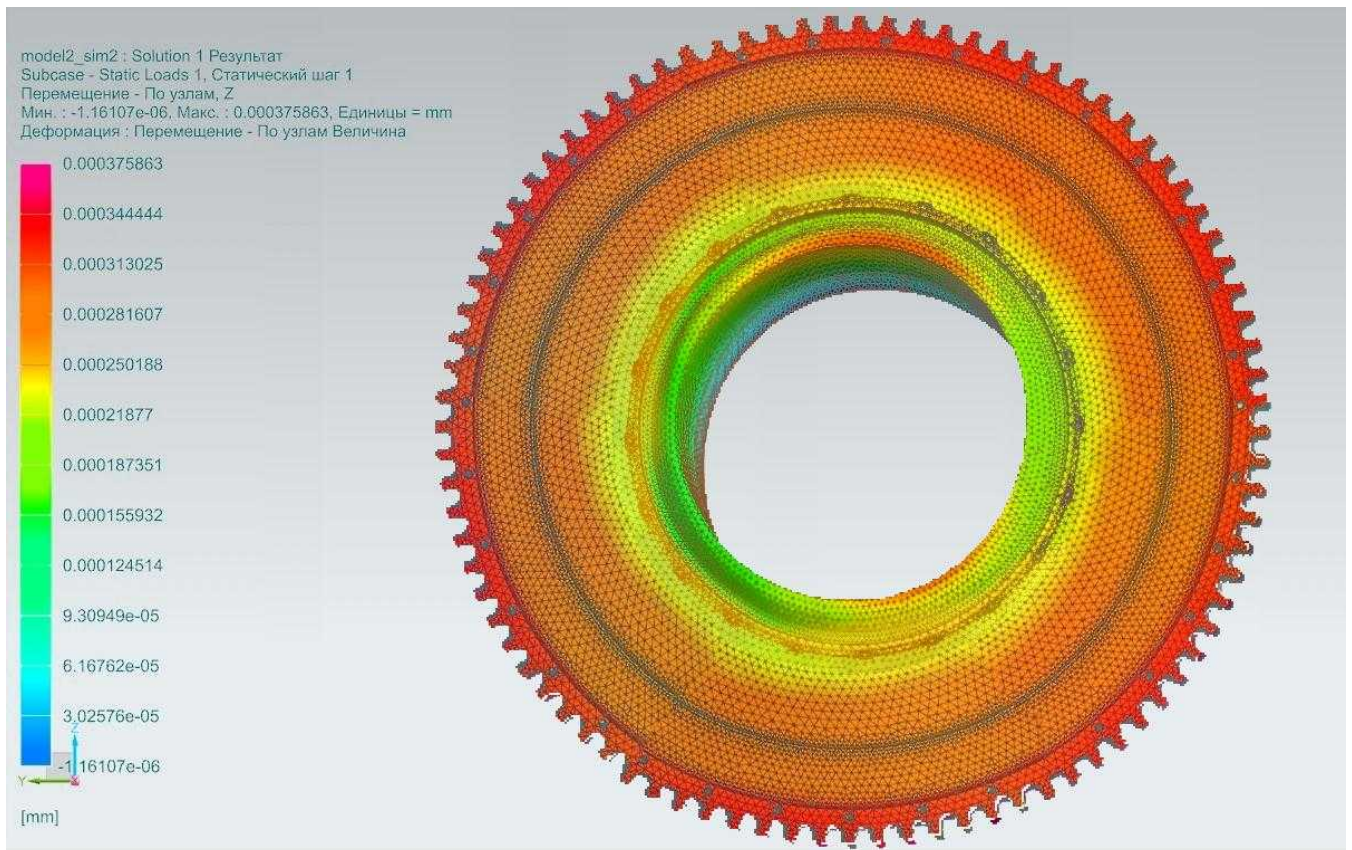


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану диску

У результаті виконаного розрахунку можливо зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде ялинковий паз. Для підвищення несучої здатності диска турбіни в ТП обробки ялинкового пазу диска турбіни передбачити додаткові операції для підвищення якості поверхності шару пазу диска. Для цього рекомендовано застосовувати операцію зміцнення поверхневого шару.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 6.1 Аналіз потенційних небезпек

У дипломному проекті передбачено організацію механічного цеху з виробництва дисків турбіни двигуна Д-18Т. Основні види небезпек можуть виникати при механічній обробці деталей, заготовок - «Диск турбіни» на верстатах АТПр-800, Knuth KSB 40, PICOMAX 90, 7656.

1. Механічні травми можуть виникати внаслідок організаційних причин:

- нераціонального планування робочих місць;
- накладення заготовок на робочому місці внаслідок неправильно спланованого технологічного процесу;
- порушення цілісності шкіри кромкою заготовок, інструментів, загостреними поверхнями деталей і інструментів при роботі без засобів індивідуального захисту;
- можливі опіки при контакті з деталями або обладнанням при  $t^{\circ}$  вище  $60^{\circ}$  С при роботі без засобів індивідуального захисту або при неправильно підібраних режимах обробки деталі.

2. Механічні травми також можливі при:

- поломці ріжучого інструменту - поломці різця або фрези, і травмування робочого уламками деталі або інструменту, пов'язані зі збоєм в керуючій програмі;
- подськальзування та падіння персоналу при слизьких, вологих підлогах у взутті не відповідає вимогам процесу;
- ураження електричним струмом при порушенні правил електробезпеки, при відсутності захисного заземлення.

3. Небезпека психофізіологічного характеру:

- нервові емоційні навантаження пов'язані з стресовими ситуаціями;
- кістково-м'язові порушення пов'язані з тривалими статичними навантаженнями, викликаними втому, погіршенням координації руху, збільшенням кількості помилок;

- фізичні перевантаження при установці і кріпленні великогабаритних деталей.

#### 4. Санітарно-гігієнічні фактори погіршення здоров'я:

- недостатня освітленість, викликана невідповідністю кількості ламп виду виконуваної роботи - призводить до зорової втоми і погіршення зору;

- пульсації ламп ДРЛ викликають зорову втому;

- підвищена запиленість в зоні дихання робочих при відсутності засобів захисту або при порушенні технологічного процесу;

- підвищений рівень шуму може привести до дратівливості, втоми, збільшення кількості помилок;

- локальні вібрації призводять до віброзахворювання;

- подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів може викликати МОР 5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75 «Емульсоли. Технічні умови».

5. Опасності пов'язані з порушенням правил пожежної безпеки, що призводять до пожеж:

- витік горючих робочих газів;

- несправність електрообладнання;

- коротке замикання.

6. Неприпустима поведінка персоналу в надзвичайних ситуаціях при ліквідації наслідків аварій, катастроф може призвести до травматизму працюючих.

#### 6.2 Заходи щодо забезпечення техніки безпеки

Для забезпечення безпечної роботи на металорізальних і інших видів станів робочі забезпечені наступними засобами захисту: рукавички, окуляри або захисна маска, спецодяг.

При розробці планування ділянки передбачена організація проходів, що забезпечує вільний доступ до всіх робочих місць і які є шляхами евакуації особового складу на випадок надзвичайної ситуації.

На робочому місці передбачена площа, де розташовуються стелажі, тара, столи та інші пристрої для розміщення пристосувань, матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готових виробів, відходів виробництва.

На кожному робочому місці є дерев'яні решітки на всю довжину робочої зони, шириною 0,6 м від виступаючих частин верстата. Зручне розташування інструменту, пристосувань в тумбочках і стелажах, заготовок в спеціальній тарі, використання планшетів для креслення знижує втому і виробничий травматизм.

Виробниче обладнання та робочі місця спроектовані з урахуванням фізіологічних і психологічних можливостей людини. Всі види технологічного устаткування зручні для огляду, змащування, налагодження, прибирання, установки і управління.

Прийомні столи всіх робочих місць обладнані катками, що значно полегшують переміщення важких вантажів при межопераційній транспортуванні. Висота штабелів заготовок на робочому місці обрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м.

Використовувані затискні пристрої з обертовими частинами виконані обтічними без виступаючих частин. Обрана планування обладнання забезпечує підключення шлангів і проводки для підведення рідин і електроенергії ззаду і збоку. Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовують спеціально виготовлену тару. При установці заготовок і зніманні деталей застосовують засоби механізації та автоматизації.

Навантаження і розвантаження вантажів здійснюють відповідно до ГОСТ 12.3.020-80 "Процеси переміщення вантажів на підприємствах. Вимоги безпеки". Для видалення стружки використовують спеціальні пристосування.

Стружка і пил магнієвих і титанових сплавів зберігаються в закритій металевій тарі. На металорізальних верстатах встановлені легкокорухливі захисні екрани з оглядовими вікнами з загартованого скла, надійно захищають робітників від стружки і уламків, випадково зламаного інструменту, бризок МОР.

При установці верстатних пристосувань і різального інструменту, а також при знятті деталі після обробки використовуються брезентові рукавиці і бавовняні рукавички для запобігання рук від опіків і порізів.

На всіх металорізальних верстатах ділянки є блокування включення силового обладнання при неробочому і аварійному стані. Передбачені запобіжні захисні засоби для автоматичного відключення верстатів при виході будь-якого параметра устаткування за межі допустимих значень.

Обладнання, що використовується відповідає ГОСТ 12.2.003-74 ССБТ «Оборудование производственное. Загальні вимоги до безпеки»

Категорія приміщення, згідно ПЕУ-86 «Правила улаштування електроустановок» - підвищеної небезпеки (сухе відносна вологість не більше 60%, з нормальною температурою - менше 30 ° С, з металобетон.

За вибухонебезпечності механічний ділянка відноситься до зони класу В-16, приміщення, в яких вибухонебезпечні суміші не утворюються при нормальних умовах експлуатації обладнання, але можуть утворитися при аваріях або несправності.

На ділянці застосовуються такі заходи по підвищенню вибухобезпеки: в гідросистемах із застосуванням горючих рідин (ГР) або ЛЗР встановлений контроль за рівнем масла в баку і не допускається перевищення тиску масла в системі вище передбаченого в паспорті; для мийки і знежирення обладнання застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також вибухобезпечні установки і способи. Для виключення можливості утворення вибухонебезпечних концентрацій газо-, паро- та пилоповітряних сумішей повітря з вмістом вибухонебезпечних відходів і пилу очищають до надходження його в вентилятор. Робоче місце і обладнання регулярно очищається від горючого пилу, промасленого ганчір'я і різних горючих відходів.

Для безпеки від ураження електричним струмом, все електричне обладнання та інструменти заземлені. Все обладнання перевіряється раз в 6 міс. При цьому проводиться зовнішній огляд, перевіряють роботу на холостому ходу не менше 5 хв., Вимірюють опір ізоляції, перевіряють справність кола заземлення.

Електробезпека забезпечена відповідно до вимог ГОСТ 12.1.019-79 «Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту ». Передбачене огороження струмопровідних частин обладнання, опір захисного заземлення  $R = 4 \text{ Ом}$ .

При використань електроінструменту застосовують засоби індивідуального захисту від ураження струмом (спеціальні гумові рукавички і спеціальні гумові килимки). Машину слід відключити від мережі при зміні робочого інструменту, установці насадок і регулюванні; при перерві в роботі; після закінчення роботи або зміни.

### 6.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху (ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно гігієнічні вимоги до повітря робочої зони") вказані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Метеорологічні умови на ділянці

Сезон року	Категорія робіт	Температура повітря	Відносна вологість, %	Швидкість повітря м/с
холодний період	середній тяжкості	18-20	60-40	0,2
теплий		21-23	60-40	0,2

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсування втрат в холодну пору року, на ділянці передбачено влаштування системи опалення відповідно до ДБН2.04.85-13«Отопление, вентиляция и кондиционирование». Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці наведені в таблиці 6.3. Встановлено опалюють повітряні завіси при вході. Застосовується центральна система водяного опалення. У теплий період часу

застосовується природна і механічна вентиляція з подачею повітря на робочого  $20 \text{ м}^3 / \text{год}$ .

Коливання температури повітря по горизонталі в робочій зоні, а також протягом зміни допускається до  $5 \text{ }^\circ \text{C}$ , при цьому абсолютні значення температури повітря, виміряної на різній висоті і в різних ділянках приміщень протягом зміни, не виходять за межі допустимих величин.

Таблиця 6.2 - Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці

Категорія работ	Температура повітря, $^\circ \text{C}$	Відносна вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура повітря на робочому місці, $^\circ \text{C}$
середньої складності	17-23	75	0,1-0,3	13-24

#### 6.4 Заходи з пожежної безпеки. Розрахунок вентиляційної системи

##### 6.4.1 Заходи щодо пожежної безпеки

Згідно з вимогами ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» даний тип виробництва відноситься до пожежонебезпечної категорії Д, тобто до виробництва, в якому в обігу перебувають вогнетривкі матеріали в холодному стані. Ступінь вогнестійкості - П.

Таблиця 6.4 - Ступінь вогнестійкості будівель та споруд

Головні будівлі і конструкції	Ступінь вогнестійкості П	
	Група згоряння	межа вогнестійкості
Несучі стіни	Вогнетривкі	2,0 години
Плити, перегородки та інші несучі конструкції	Вогнетривкі	0,75 години
Внутрішні перегородки, сходові клітини тощо	Важко сгораємі	0,25 години

На випадок виникнення пожежі на ділянці забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Шляхи евакуації забезпечені евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм і правил устрою електроустаткування. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Технологічні отвори в стінах і перекриттях захищені огнєпрегражуючими пристроями.

Механізми для самозачинення протипожежних дверей міститися в справному стані. Огнєпрегражуючі пристрою після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність вогнеперепинювачів і проводиться чистку їх вогнегасної насадки, а також справність мембранних клапанів.

Пожежна безпека в цеху забезпечена відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

При гасінні сплавів категорично заборонено заливати їх водою, застосовувати пісок, вуглекислоту, азот, хладон. Для гасіння пожежі застосовується глинозем, мелений плавиковий шпат, сухий порошковий флюс. Ці кошти подаються в осередок загоряння вручну, або за допомогою вогнегасника ОП - 100. З огляду на наявність на ділянці електроустановок, з метою забезпечення універсальної захищеності приміщень і обладнання в наявності є вуглекислотні вогнегасники ОУ-5, об'ємом 5 літрів. В електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- все іскрять частини обладнання укладені в пилонепроникні ковпаки;
- силова розводки виконана прихованої в трубах;
- силова температура забезпечена захистом від короткого замикання.

Передбачено пристрій пожежної сигналізації, яке замикається на приймальню станцію пожежної сигналізації типу ТЮЛ-10/100.

З метою захисту від статичної електрики, передбачені заземлення діелектричних і електропровідних частин обладнання. Застосовується також зволоження повітря до 65-70%, що дозволяє зменшити електризацію матеріалу.

У проекті ділянки передбачено пожежне водопостачання. Протипожежний водопровід об'єднується з господарсько-питним або виробничим водопроводом. Вільний напір у мережі протипожежного водопроводу низького тиску при пожежогасінні становить не менше 10 м. Норма витрати води на внутрішнє пожежогасіння приймається з розрахунку двох пожежних струменів, продуктивністю не менше 2,5 л / сек кожна.

## 6.5 Принцип блокування верстата

У сучасних верстатах блокування електричних схемах допомагає правильно забезпечити точний порядок роботи схем, виключаючи помилкові та аварійні включення апаратів захисту і підвищують надійність роботи схем електроприводу.

Схему блокування ділять за призначенням в електроприводі верстата і поділяють їх поділяються на технологічні і захисні. За виконання блокування бувають внутрішні, здійснювані між апаратами однієї схеми (електричні і механічні), і зовнішні - між схемами різних приводів (електричні).

Блокування електротехнічного виробу - це частина електротехнічного виробу (пристрої), призначена для запобігання або обмеження виконання операцій одними частинами деталі при певних розташування їх у просторі або положеннях інших частин виробу з метою попередження виникнення в ньому неприпустимих станів або виключення доступу до цих частин, що знаходяться під робочою напругою.

Технологічні блокування використовуються для здійснення заданої послідовності роботи електричної схеми. Вони діляться на внутрішні і зовнішні. Прикладом внутрішньої технологічної блокування є вузол схеми, наведеної на рис. 6.1, а, де блокувальний розмикає контакт реле динамічного гальмування КТ (KV) забезпечує у разі реверсування включення контакторів (магнітні пускачі) КМ3 або КМ4 тільки після закінчення процесу динамічного гальмування[.]

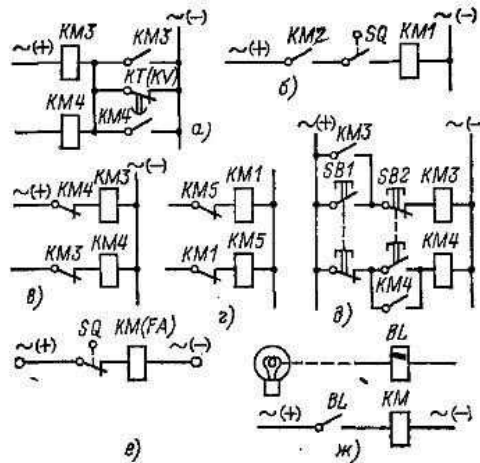


Рисунок 1 - Блокування в електричних схемах

Примером внешней технологической блокировки в электрической схеме может служить разрешение или запрещение работы одного электропривода при работающем или неработающем другом электроприводе одного или нескольких механизмов, связанных общим технологическим процессом.

Захисні блокування запобігають помилковій спрацьовування в схемі і захищають двигуни, механізми, а іноді і операторів від неправильних дій. Прикладом можуть служити застосовуються в електричних схемах блокування реверсивних контакторів (магнітні пускачі) KM3 і KM4 (рис. 6.1, в) або лінійних KM1 і гальмівних KM3 контакторів (рис. 1, г), що виключають одночасні помилкові включення контакторів KM3 і KM4 або KM1 і KM5.

Ці блокування внутрішні. Зазвичай вони здійснюються за допомогою механічного зв'язку (важеля), яка забороняє їх одночасне включення, і додаткових електричних способів за допомогою спорогенезів контактів KM3 і KM4 або KM1 і KM5 (рис. 6.1, в, г) і двоелементний кнопок управління (рис.6.1, д).

До захисних блокувань в електричних схемах електроприводів верстатів відноситься шляхові блокування (рис. 6.1, е), що обмежують руху механізмів і захищають їх від поломки, і блокування, що захищають оператора від його неправильних дій, наприклад на пресах, де заготовки встановлюються руками,

застосовується фотоелектрична захисна блокування, здійснювана фотодатчиком VL (рис. 6.1, ж).

До переваг блокування відноситься:

-захист робочого від нещасного випадку який може статися при роботі на верстаті.

-Поліпшення роботи за верстатом, за рахунок того що можна використовувати дачікі блокування для зменшення написання програмного коду.

- автоматичне відкриття вхідних воріт електрокарам при спрацьовуванні фотоелемента.

З недоліків системи блокування є:

-захист вильоту інструменту за межі верстата, для умовного розширення робочого столу верстата.

- незручність в роботі при постійному замиканні датчиків руху ріжучого і вимірювального інструмента в коморі.

-Відкриття дверей при попаданні сторонніх предметів на фотодатчик[19].

6.6 Порядок дій робітників і службовців промислового об'єкта та не працюючого населення при аварії на хімічно небезпечному об'єкті с викидом сильнодіючих отруйних речовин.

Найбільшу небезпеку для населення всіх регіонів України внаслідок аварій з викидом (виливом) в повітря сильнодіючих отруйних речовин є акціонерні та державні суб'єкти господарської діяльності: м'ясної, молочної та переробної промисловості, насосні станції водозабезпечення та очисні споруди, холодильники, бази та склади хімічної продукції та інші.

Аварії (катастрофи) можуть супроводитися викидом (виливом) сильнодіючих отруйних речовин в атмосферу і на поверхню підстилки. Вдихання зараженого повітря може привести до ураження органів дихання, а також очей, шкірних покривів та інших органів.

Найбільш розповсюдженими сильнодіючими отруйними речовинами на Україні є хлор, аміак, різні хімікати, пестициди, кислоти та інші хімічні сполуки. Ознаки отруєння: різка біль в грудях, сухий кашель, блювання, порушення координації руху, задишка, різь в очах, сльозотеча. Можливий смертельний кінець при вдиханні великих концентрацій.

Отримавши інформацію про викид в атмосферу сильнодіючих отруйних речовин і про небезпеку хімічного зараження, необхідно надіти засоби індивідуального захисту органів дихання, найпростіші засоби захисту шкіри (плащі, накидки) і покинути район аварії.

Якщо відсутні засоби індивідуального захисту і вийти з району аварії неможливо, залишайтеся у приміщенні, включіть гучномовець місцевого радіомовлення (радіоприймач, телевізор); чекайте повідомлень відділу з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення міста. Щільно закрийте вікна і двері, димоходи, вентиляційні віддушини (люки). Вхідні двері завісити шторою, використовуючи ковдри і будь-які щільні тканини. Необхідно заклеїти щілини в вікнах і стики рам плівкою, лейкопластиром або звичайним папером від проникнення в приміщення пару (аерозолів) сильнодіючих отруйних речовин.

Виходити із зони хімічного зараження в сторону, яка перпендикулярна напрямку вітру. Обходити переходи через тунелі, яри, лощини – в низьких місцях може бути висока концентрація сильнодіючих отруйних речовин.

Вийшовши із зони зараження, необхідно зняти верхній одяг і провітрить його на вулиці, прийняти душ, умитись з милом, ретельно вимити очі і прополощіть рот.

Основний спосіб захисту – своєчасно покинути небезпечну зону або осередок ураження.

Якщо нема змоги покинути приміщення до підходу отруйної хмари, треба залишитися у приміщенні, зробити герметизацію вікон, дверей, вентиляційних отворів, надіньте простіші засоби захисту (ватяну марлеву пов'язку, рушник), змочені водою.

Про можливість повернення до місця проживання (роботи) повідомлять після ліквідації наслідків аварійної ситуації з використанням електронних засобів інформації.

Необхідно виконати наступні дії отруївшись хімічними реактивами:

1) При отруєнні аміаком винести потерпілих з зони зараження, шкіряні покрови, очі, ніс, рот вимити водою. В очі закапати дві-три краплі 30% розчину альбуциду, в ніс оливкове масло.

2) При отруєнні хлором винести потерпілого із зони зараження. При зупинці дихання зробити штучне дихання. Шкіряні покрови, рот, ніс вимити 2 % розчином питної соди або водою.

3) При отруєнні метаном винести потерпілого із зони зараження. При зупинці дихання зробити потерпілому штучне дихання.

4) При отруєнні чадним газом винести потерпілого із зони зараження, розстебнувши комірець одягу. При необхідності зробити штучне дихання.

5) При необхідності звернутися за допомогою до медичного працівника або відправте потерпілого в медичний заклад.

6) При отруєнні СДОР діяти у відповідності з отриманими розпорядженнями управління (відділу) з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення області (міста обласного підпорядкування, району).

[19]

## ВИСНОВОК

Згідно з завданням на дипломний проект розроблено ділянку механічної обробки авіаційних дисків.

Детально розроблено технологічний процес виготовлення диску турбіни середнього тиску двигуна Д-18Т. Обрано і економічно обгрунтовано метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу і визначено за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Розроблено аналог розрахунково – технологічної карти обробки деталі на верстатах з ЧПУ для декількох операцій.

Технологічний процес розроблено з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектване верстатне пристосування дозволяє швидко і надійно закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах багатосерійного виробництва дуже важливо.

Виконано спеціальне завдання на тему підвищення продуктивності електроерозійної обробки шляхом застосування сучасного обладнання.

У частині з охорони праці приведено повну характеристику ділянки механічної обробки деталей з точки зору безпеки проведення робіт, наведено характеристику виробництва за ступенем пожежної безпеки.

Складено альбом технологічної документації операцій виготовлення диска турбіни середнього тиску двигуна Д-18Т.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник технолога – машиностроителя. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1986. 656 с.
2. Справочник технолога – машиностроителя. Т.2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. 496 с.
3. Горохов В. А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышая школа», 1986 . 237 с.
4. 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.
5. Стружестрах Е. И. Справочник нормировщика.М. : Машиностроение,1961.– Т.2. 890 с.
6. 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.
7. Безъязычный В. Ф. Основы технологии машиностроения. Учебник / В.Ф. Безъязычный. - Москва: Огни, 2013. 568 с.
8. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И. А. Ординарцева. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1987. 846 с. : ил
9. Филонов И. П. Инновации в технологии машиностроения : Учебное пособие / И. П. Филонов, И. Л. Баршай. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. 110 с.
10. Суслов А. Г. Основы технологии машиностроения. Учебник для бакалавриата / А. Г. Суслов. - М.: КноРус, 2013. 333 с.
11. Беляков Н. В. Основы технологии машиностроения. Лабораторный практикум: Учебное пособие. Гриф МО РФ / Н. В. Беляков. - М.: ИНФРА-М, 2016. 529 с.
12. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2– е издание. – М.: Машиностроение 1983 г. 277 с.

13. Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Лиховицер, А. С. Смирнов. Монография., г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000. 461 с.
14. Теория электротехники. Электроэрозионная обработка. Описание процесса, принципы, установки электроэрозионной обработки.– [ETI.SU/ARTICLES/ELECTROTEHNИКА/ ELECTROTEHNИКА\_887.HTML.] . – Электроэрозионные станки.
15. Поставки электроэрозионных и фрезерных станков фирмой Galika [galika.ru/pcategories/metrologicheskoe] - Измерительная рука ROMER Absolute Arm Compact.
16. Портал станочников – [stanoks.net/index.php?Itemid=192&catid=49:articles&id=1563:2014– 06– 24– 11– 24– 33&option=com\_content &view=article.]– Контактные измерительные системы для станков с ЧПУ.
17. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник / В. Ц. Жидецький. – 5-те вид., доп. – К. : Знання, 2014. – 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-617-07-0134-3.
18. Лебедин - з поглядом на майбутнє [http://lebedyn.com.ua/di%D1%97-naselennya-i-pravila-povedinki-pri-avariyah-na-ximichno-nebezpechnix-obyektax/]. - Дії населення і правила поведінки при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах.
19. Школа для електроніка - [http://electricalschool.info/main/electroshemy/842-blokirovki-v-jelektricheskikh-skhemakh.html] - Блокировки в электрических схемах электроприводов станков.



