

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему Забезпечення якості виготовлення
деталей «Сіпакан підшипника»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи МЗ-М8М

Спеціальності 131 Технологія механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Технології машинобудування
Біла Т.Х.
(прізвище та ініціали)

Керівник Винченевської Є.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Діда С.І.
(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри В.В. Доді доц. Доді С.І.« » 2019 року

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Білії Тамарі Костянтинівні
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Забезпечення якості виготовлення
 деталей «Станок підшипника»

керівник проекту (роботи) Вишинецький Є.В. доц.
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «26» 11 2019 року № 417

2. Строк подання студентом проекту (роботи)

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі, річна програма
 випуску

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вибір методу обчислення заготовки, розрахунок
 припусків та операційних розмірів, проектування маршруту
 обробки деталі, проектування операцій в Siemens NX, проекту-
 вання робочого та контрольного пристосування, автоматизація
 виробництва, розрахунок деталі в Siemens NX, охорона праці.

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

креслення деталі, заготовки контрольного та робочого
 пристосування, автоматизоване пристосування, маршрут
 обробки деталі, РТК токарної фрезерної та свердильної
 операції, три міста списування

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Дис. розділ	Винишкопольський Є.В.		
Охорона праці	Щимирко В.І.	ВСС 4.10.19	ВСС 4.10.19
Норми контролю	Точмар Н.В.	ВСС	ВСС 6.12.19

7. Дата видачі завдання « 10 » 09 20 19 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вибір методу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	21.02.19	
2.	Розрахунок припусків та операційного розміру	05.03.19	
3.	Проектування маршруту обробки деталі	21.04.19	
4.	Проектування та розрахунок робочого та контролюючого пристосування	30.05.19	
5.	Автоматизація виробництва	15.06.19	
6.	Розрахунок деталі на міцність	30.06.19	
7.	Вір дані з описом завдання	21.07.19	
8.	Вір дані з охороною праці	18.10.19	

Студент(ка)

[Підпис]
(підпис)

Біла Є. П.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

[Підпис]
(підпис)

Винишкопольський
(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Забезпечення якості виконання деталі
(вказати тему дипломного проекту (роботи))

«Старий підшипник»

Студент (ка) Біла Тамара Хомасушівна

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту новітній

Кількість аркушів креслень 10,75

Кількість сторінок пояснювальної записки 112

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень

В роботі розроблено технологічний процес виконання старому підшипнику, обрано обладнання, сфумуємо, розраховано розміри різними, складено управлюючу програму обробки деталі.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню

Виконана робота відповідає завданню

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

В роботі використані розрахунки з метою кінцевих елементів у цю програмну середовищі NX

г) негативні особливості виконання проекту (роботи)

д) позитивні особливості

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

робота виконана з дотриманням

вимог до ЕСКД та ЕСТД, але є зауваження щодо деякої сорорності посилаючись на рисунки

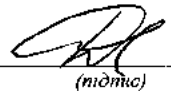
е) відгук про проект (роботу) загалом добрий
виконаний в певному обсязі

ж) інші зауваження слід відзначити, що в операційних картах на операції горючої та легкозаймливої речовини рішення прийняті, а не нагострі операції замінити

з) оцінка проекту (роботи)
в цілому робота виконана з оцінкою, добре

Рецензію склав

Зов.кадр Глеб Дедес
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

«05» 12 2019 р.

[14:48:01] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №452 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:48:25] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №457 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:48:55] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №462 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:49:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №467 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:49:18] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №477 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:49:33] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №472 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:49:50] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №487 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:49:57] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №482 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:07] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №497 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:27] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №492 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:42] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:50:52] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №507 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:51:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:51:21] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [3] (200043 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:51:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200027 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:53:04] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200058 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:58:14] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [3] (200058 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[14:58:55] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [3] (200058 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

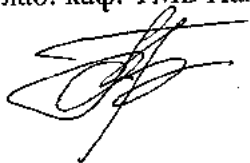
[14:58:56] Тип проверки: *Стандартная*

[14:58:56] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 26%)**

[14:58:56] **Уникальность текста 90%[©] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Біла Т.Х., провів зав. навч. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

03.12.2019р.



РЕФЕРАТ

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

Об'єкт дослідження – стакан підшипника двигуна Д 36

Мета магістерської роботи – проектування механічного цеху виготовлення стаканів підшипників; вивчення загальної конструкції, технологічної схеми процесу, обладнання та оснащення, а також проектування технологічного процесу обробки стакану підшипника.

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, за технологією виробництва заготовок, механічної обробки деталей підвищеної точності, конструювання оснащення і ріжучого інструменту, вимірювальної та контрольної апаратури.

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

СОДЕРЖАНИЕ

	Реферат.....	
	Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів....	
	Вступ.....	
1	Технологічна частина.....	
1.1	Опис конструкції і службового призначення деталі.....	
1.2	Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	
1.3	Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	
1.4	Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	
1.4.1	Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	
1.4.2	Проектування маршруту обробки поверхонь	
1.4.3	Маршрут виготовлення деталі.....	
1.5	Розрахунок припусків і технологічних розмірів	
1.6	Розрахунок режимів різання	
1.7	Розрахунок технічної норми часу	
1.8	Розробка трьох технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК.....	
1.8.1	Розробка токарної операції.....	
1.8.2	Розробка свердлильної операції.....	
1.8.3	Розробка фрезерної операції.....	
2	Конструкторська частина.....	
2.1	Проектування робочого пристосування.....	
2.1.1	Конструкція і принцип роботи пристосування.....	
2.1.2	Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.....	
2.1.3	Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	
2.2	Проектування контрольного пристосування.....	
3	Автоматизація	
4	Розрахунок на міцність.....	
4.1	Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	
4.2	Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції.....	
4.3	Оптимізація геометрії деталі.....	

5	Спеціальне завдання. Особливості внутрішнього шліфування жароміцних сплавів.....
5.1	Аналіз літературних джерел.....
5.2	Можливі шляхи підвищення якості внутрішнього шліфування.....
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів.....
7	Охорона праці.....
	Висновок.....
	Перелік посилань.....
	Додаток А. Специфікація на робоче пристосування.....
	Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування.....

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І
ТЕРМІНІВ

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 трудовісного 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 стакану підшипника сучасного газотурбінного двигуна і спроектований цех їх виготовлення в серійному виробництві.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

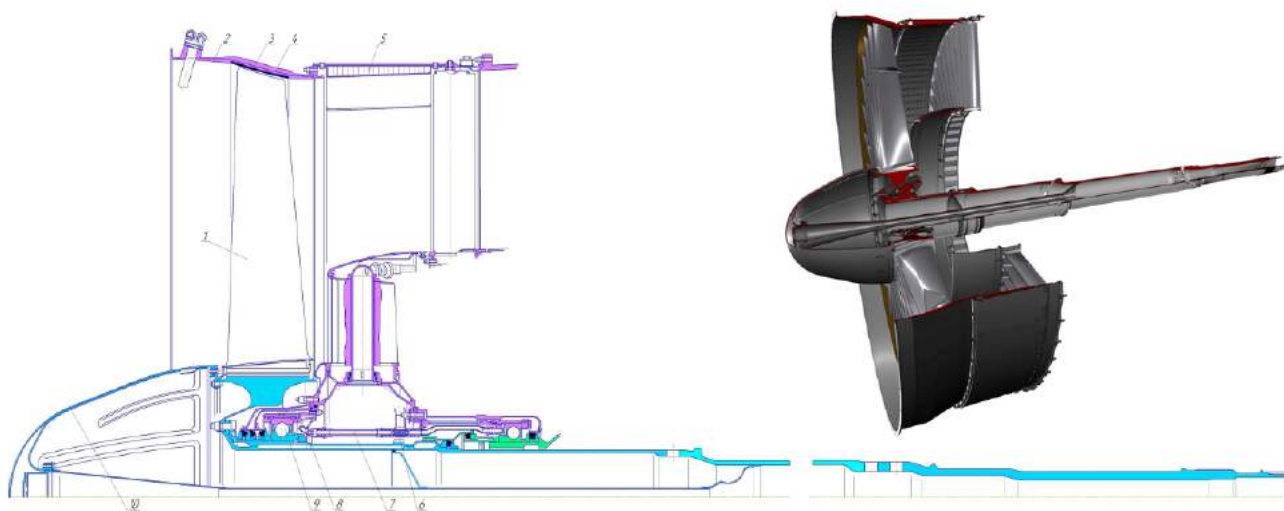
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Вентилятор (рисунок 1.1) складається з наступних основних вузлів: ротора 1 з обертовим коком 10, передньої опори 8 ротора з шарикопідшипником 9 і статора вентилятора.

У статор входять корпус 2 і спрямлюючий апарат 5. На внутрішню поверхню корпусу 2, виконаного з титанового сплаву, в зоні робочих лопаток вентилятора нанесено прірабативала покриття 3. Для підвищення міцності і жорсткості на зовнішню поверхню корпусу методом намотування завдано вуглепластик 4.

На передньому фланці корпусу є тридцять шість отворів для кріплення літакового повітрязбірника, заднім фланцем корпус кріпиться болтовим з'єднанням до спрямлюючого апарату.

У верхній правій частині корпусу приклепана бобишка для кріплення приймача повного тиску повітря системи регулювання. У нижній частині приклепані два кронштейна кріплення тяг управління двигуном.



1 - ротор; 2 - корпус; 3 - припрацююче покриття; 4 - вуглепластик; 5 - спрямлюючий апарат; 6 - фільтр; 7 - трубопровід; 8 - передня опора; 9 - кількопідшипник; 10 - кок.

Рисунок 1.1 – Конструкція ротору вентилятору двигуна ДЗ6

Передня опора ротора вентилятора - кульковий радіально - завзятий триточковий підшипник з розрізної внутрішньої обоймою. На зовнішню обойму шарикопідшипника напресовані взаємно зафіксовані кільця, а останнім виступом фіксує обойму від проворота щодо склянки підшипника. Між склянкою підшипника і кільцями передбачена замкнута порожнина, обмежена маслоуп-

лотнітел'ними кільцями. При роботі двигуна зазначена порожнина заповнюється маслом з маслосистеми двигуна, утворюючи масляний демпфер, який знижує динамічні навантаження, що передаються на корпус двигуна від обертового ротора.

В осьовому напрямку переміщення зовнішньої обойми обмежується форсунковим кільцем, закріпленим на склянці підшипника шпильками і самоконтрящейся гайками. До тонкостінних корпусу опори заклепками кріпиться втулка для центрування графітових кілець безрасходного ущільнення. Зверху корпусу поміщається екран, який своїм фланцем стикується з фланцем корпусу опори, а циліндричним паском напрессован на передню частину корпусу.

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

Таблица 1.1 – Химический состав в % материала 14ХГСН2МА-Ш

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

Таблица 1.2 – Механически свойства материала 14ХГСН2МА-Ш

Вид полуфабриката	ТУ	Состояние полуфабриката или контрольных образцов	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ_5	ψ	a_n	НВ ($d_{отп}$)
			кгс/мм ²		%		кгс·м/см ²	мм
Прутки	ЧМТУ 1-919- 70	Отожженные или после высокого отпуска	-	-	-	-	-	$\geq 3,7$
		Термически обработанные по режиму: закалка с $840 \pm 20^\circ\text{C}$ в масле, отпуск при $160-$ 250°C	80	100	12	55	10	3,55-3,0

Тривимірна модель показана на рисунку 1.2.

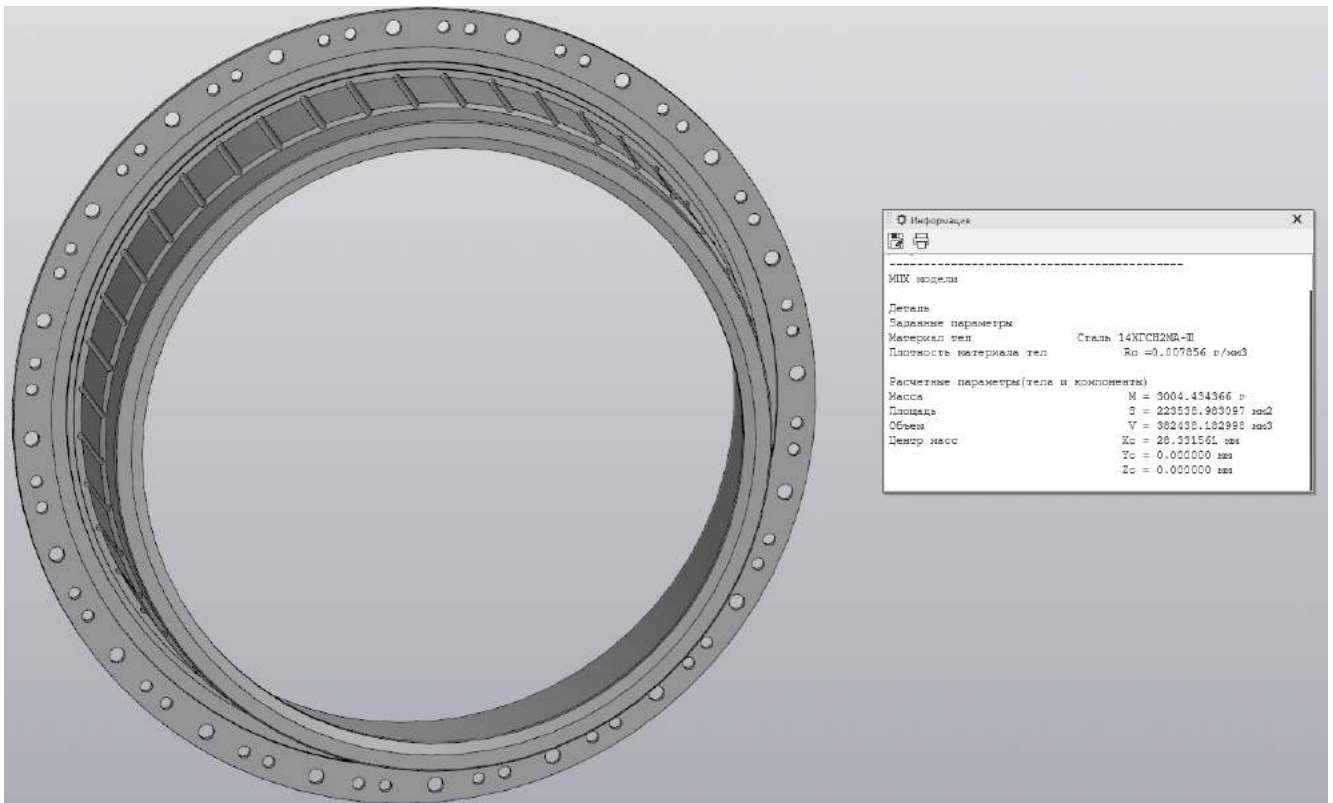


Рисунок 1.2 – Тривимірна модель стакану підшипника

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації работ

Вихідні дані

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

маса деталі..... $q = 3 \text{ кг}$

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

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

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

где a – периодичность запуска (2 раза в неделю);

Φ – число рабочих дней в году (250 дней).

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

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

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

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

Щодо корпусу підшипника, оптимальними є заготовки, отримані одним з методів штамповки, т. к. матеріал – сталь 14ХГСН2МА-Ш. До даної деталі висувають високі вимоги за механічними властивостями, макроструктуру, залишковим напруженням. Виходячи з цього, заготовки можуть бути отримані штампуванням на 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 розрачуємо масу заготовки, отриману будь-яким способом.

Штампування на молоті у відкритому штампі.

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

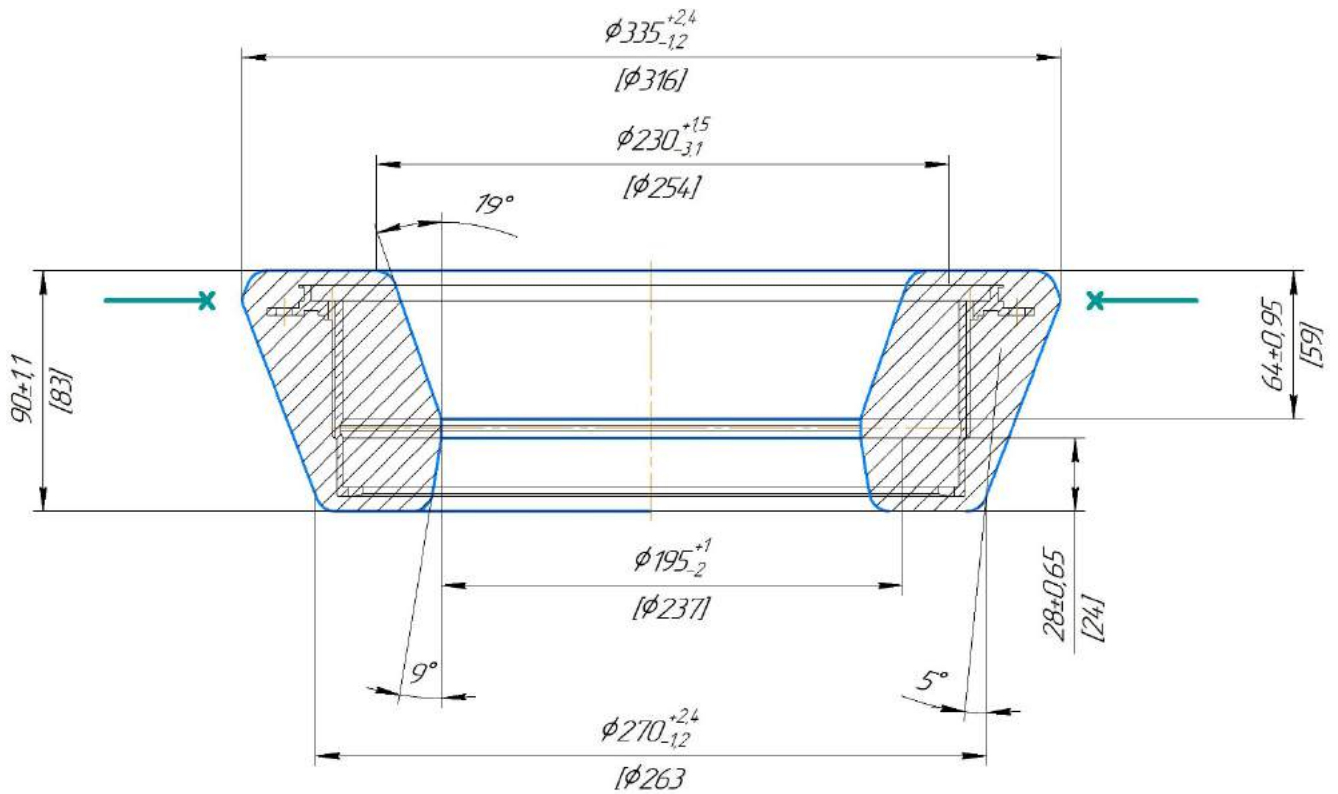


Рисунок 1.3 – Рисунок заготовки, що отримана «штамповкою на молоті у відкритому штампі»

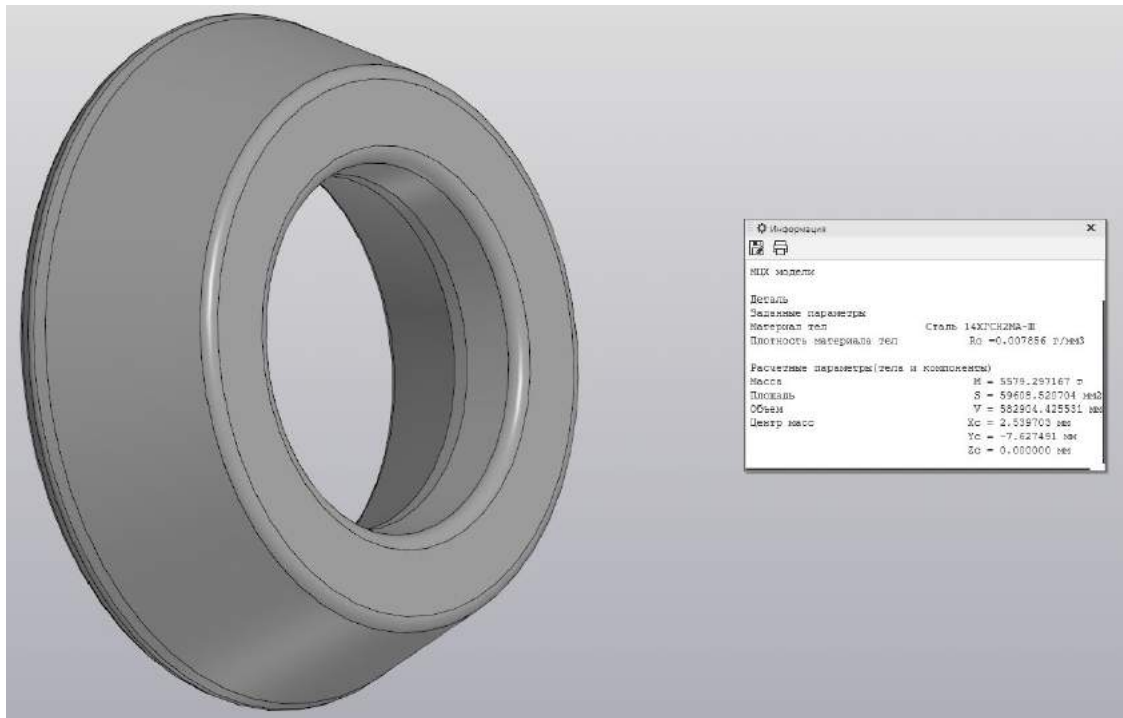


Рисунок 1.4 – Тривимірна модель заготовки, що отримана «штамповкою на молоті у відкритому штампі»

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

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

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

Q -маса заготовки, $Q=3$ кг;

q -маса деталі, $q=5,58$ кг;

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

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

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

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

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

$$C_1 = \frac{25000}{1000} \times 5,58 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (5,58 - 3) \times \frac{1400}{1000} = 163,8 \text{ грн}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{им} = \frac{q}{Q}; \quad (1.3)$$

де $q = 3$ кг – маса деталі;

$Q = 5,58$ кг – маса заготовки;

$$K_{им} = \frac{3}{5,58} = 0,54$$

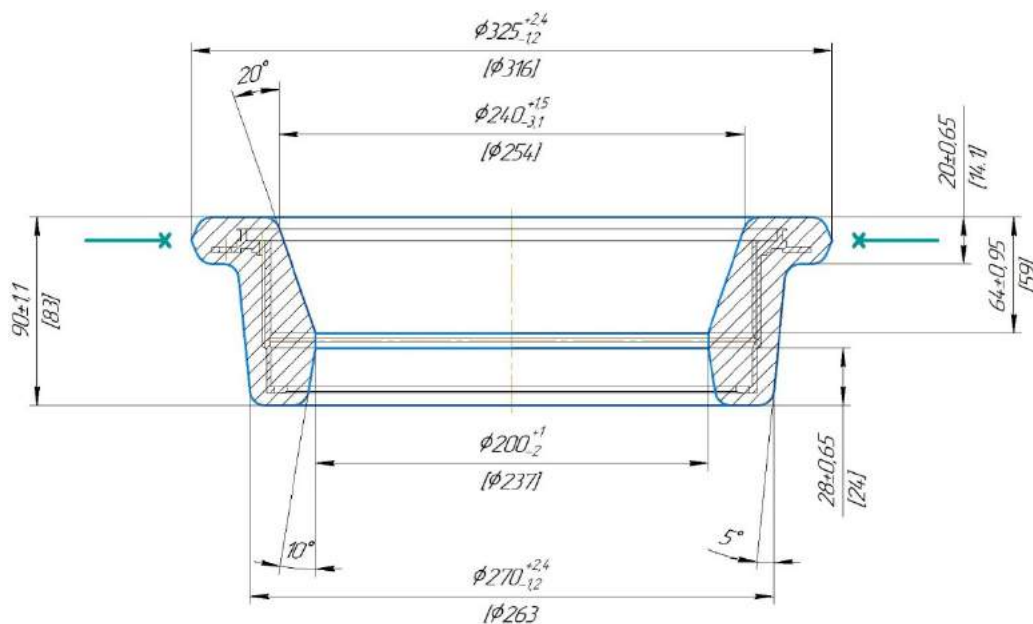


Рисунок 1.5 – Ескіз заготовки, що отримана штамповкою на КГШП

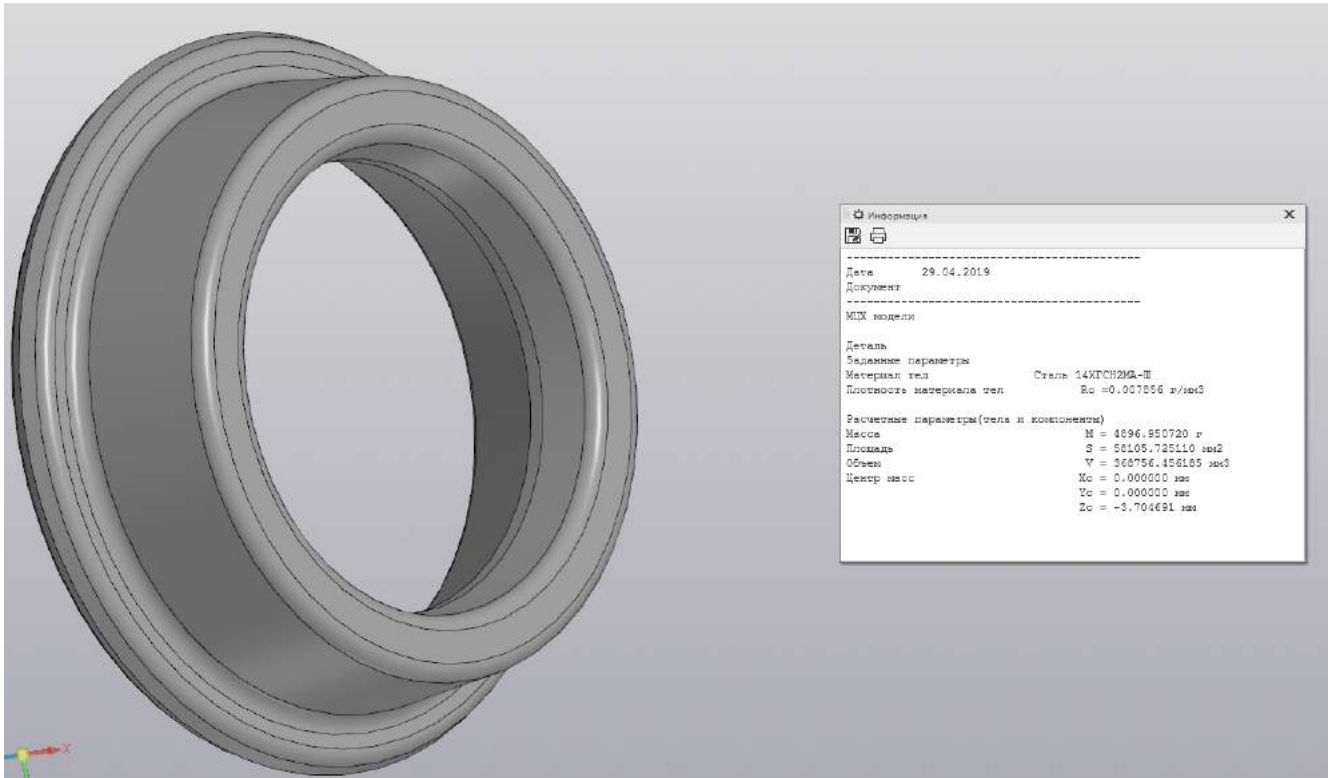


Рисунок 1.6 – Тривимірна модель заготовки, що отримана «штамповкою на КГШП»

Собівартість виготовлення визначається за формулою:

$$C_2 = \frac{25000}{1000} \times 4,89 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (4,89 - 3) \times \frac{1400}{1000} = 144,1 \text{ грн}$$

где $K_v=1$; $K_m=2,5$; $K_p=0,5$; $K_t=1$; $C_b=26000 \text{ грн/т}$; $q=3 \text{ кг}$; $Q=4,89 \text{ кг}$; $S_{отх}=1400 \text{ грн/т}$.

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{им} = \frac{3}{4,89} = 0,61$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-м варіанті $C_1=163,8 \text{ грн}$; во 2-м варіанті $C_2=144,1 \text{ грн}$; $C_1 > C_2$; $K_{им1} < K_{им2}$

Таблиця 1.3 - Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Штамповка у відкритому штампі	КГШП
Маса деталі	q	кг	3	3
Маса заготовки	Q	кг	5,58	4,89
Коефіцієнт використання матеріала	η	—	0,54	0,61
Базова ціна 1т заготовок	B _б	Грн.	25000	26000
Коефіцієнти	K _в		1	1
	K _м		2.4	2.5
	K _п		1	1
	K _т		0.5	0.5
Цена 1т стружки	B _{отх.}	грн.	1400	1400
Вартість заготовки	B	грн.	163,8	144,1

Приведені витрати при КГШП 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. Чи не жорстка - 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:

$$K_{uz} = \frac{q}{Q} = \frac{3}{4,89} = 0,61 < 0,8 \quad (1.4)$$

где q – маса деталі, Q – маса заготовки.

По цьому показнику деталь не технологічна.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою

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

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 і т. П. Процеси впливу на поверхню заготовки. МОП необхідний для компонування операцій ТП, розробки схем групових налагоджень і налаштувань.

Для поверхні Ø290h6 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 3,6$ мм, шорсткість деталі $R_a = 2,5$ мкм, допуск $Td = 0,032$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{3,6}{0,032} = 112,5 \quad (1.8)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{2,5} = 20 \quad (1.9)$$

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

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d = 2 \cdot \lg 112,5 = 4,1 \quad (1.10)$$

Приймаємо $k = 4$

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

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

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

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

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{3,6}{0,81} = 4,44$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_1} = \frac{25}{10} = 2,5$$

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні Ø254Н6 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 3,0$ мм, шорсткість деталі $R_a = 1,25$ мкм, допуск $Td = 0,032$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0} = \frac{3,0}{0,032} = 93,75 \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0} = \frac{25}{1,25} = 20 \quad (1.12)$$

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

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_{Ra} = 2 \cdot \lg 93,75 = 3,94 \quad (1.13)$$

Приймаємо $k=4$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT = IT_{16} - IT_6 = 10 = 3 + 3 + 2 + 2$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT_{16} - IT_{13} - IT_{10} - IT_8 - IT_6$

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

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

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{Td_3}{Td_2} = \frac{3,0}{0,81} = 4,44$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

1.4.3 План виготовлення деталі.

Технологічний процес виготовлення корпусу підшипника складається з різноманітних операцій, серед них токарні, свердлильні операції, фрезерно-свердлильні операції, шліфувальні операції, є деяка кількість слюсарних операцій і спеціальні операції.

Маршрут виготовлення деталі корпус підшипника показаний на кресленні формату А1.

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 290h6_{(-0,032)}$

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

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

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

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{600^2 + 234^2} = 644,02\text{мкм} = 0,644\text{мм} \quad (1.14)$$

Отримані значення заносимо в таблицю 3.1.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h : $Rz_2=50\text{мкм}$, $h_2=50\text{мкм}$, $\rho_2=k_y \times \rho_1 = 0.06 \times 644 = 38,64\text{мкм} = 0,038\text{мм}$, $k=0,06$ – коефіцієнт уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою 1.11:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = 0,25\sqrt{3,6^2 + 1} = 0,934\text{мм} = 934\text{мкм} \quad (1.15)$$

де $Td_{\text{заг}}=3,6\text{мм}$ – допуск бази заготовки.

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_3=25\text{мкм}$, $h_3=25\text{мкм}$, $\rho_3= 1,93\text{мкм}$, $\varepsilon_3=56,04\text{мкм}$.

Для точення чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо:
 $Rz_4=10\text{мкм}$, $h_4=10\text{мкм}$, $\rho_4= 0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=2,8\text{мкм}$.

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:

$$2Z_{1\min} = 2[50 + 50 + \sqrt{(644^2 + 934^2)}] = 2469\text{мкм} = 2,469\text{мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\min} = 2[25 + 25 + \sqrt{(38,64^2 + 56,04^2)}] = 236,1\text{мкм} = 0,236\text{мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\min} = 2[10 + 10 + \sqrt{(1,93^2 + 2,8^2)}] = 46,8\text{мкм} = 0,046\text{мм}$$

Для шліфування чистового:

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

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

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{НОМ}} + \text{eid}_5 = 290 + (-0,032) = 289,968\text{мм} \quad (1.16)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі:

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

$$\begin{aligned}
d_4^{\min} &= d_5^{\min} + 2z_5^{\min} = 289,968 + 0,02 = 289,988 \text{ мм}; \\
d_3^{\min} &= d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 289,988 + 0,046 = 290,034 \text{ мм}; \\
d_2^{\min} &= d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 290,034 + 0,236 = 290,27 \text{ мм}; \\
d_1^{\min} &= d_2^{\min} + 2z_2^{\min} = 290,27 + 2,469 = 292,739 \text{ мм};
\end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі:

$$\begin{aligned}
d_i^{\max} &= d_i^{\min} + Td_i \quad (1.18) \\
d_5^{\max} &= d_5^{\min} + Td_5 = 289,968 + 0,032 = 290 \text{ мм}; \\
d_4^{\max} &= d_4^{\min} + Td_4 = 289,988 + 0,08 = 290,068 \text{ мм}; \\
d_3^{\max} &= d_3^{\min} + Td_3 = 290,034 + 0,34 = 290,374 \text{ мм}; \\
d_2^{\max} &= d_2^{\min} + Td_2 = 290,27 + 0,81 = 291,08 \text{ мм}; \\
d_1^{\max} &= d_1^{\min} + Td_1 = 292,739 + 3,6 = 296,339 \text{ мм};
\end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$\begin{aligned}
2z_i^{\max} &= d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.19) \\
2z_2^{\max} &= d_1^{\max} - d_2^{\max} = 296,339 - 291,08 = 5,259 \text{ мм}; \\
2z_3^{\max} &= d_2^{\max} - d_3^{\max} = 291,08 - 290,374 = 0,706 \text{ мм}; \\
2z_4^{\max} &= d_3^{\max} - d_4^{\max} = 290,374 - 290,068 = 0,306 \text{ мм}; \\
2z_5^{\max} &= d_4^{\max} - d_5^{\max} = 290,068 - 290 = 0,068 \text{ мм};
\end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність:

$$\begin{aligned}
2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} &= Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \\
6371 - 2739 &= 3600 + 32
\end{aligned}$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{мин}} + ei_1 = 292,7 + 1,2 = 293,9 \text{ мм}$$

Исполнительный размер заготовки будет равен: $\varnothing 293,9_{-1,2}^{+2,4}$
исполнительные размеры по другим переходам выполняем в системе «вала»,
то есть за номинальный размер принимается максимальное значение размера

поверхности минус допуск на обработку как нижнее отклонение, все данные заносим в таблицу 1.5.

На внутрішню діаметральну поверхню припуски розраховуємо табличним методом та данні розрахунків заносимо у таблицю 1.5.

Таблица 1.5 – Расчет припусков

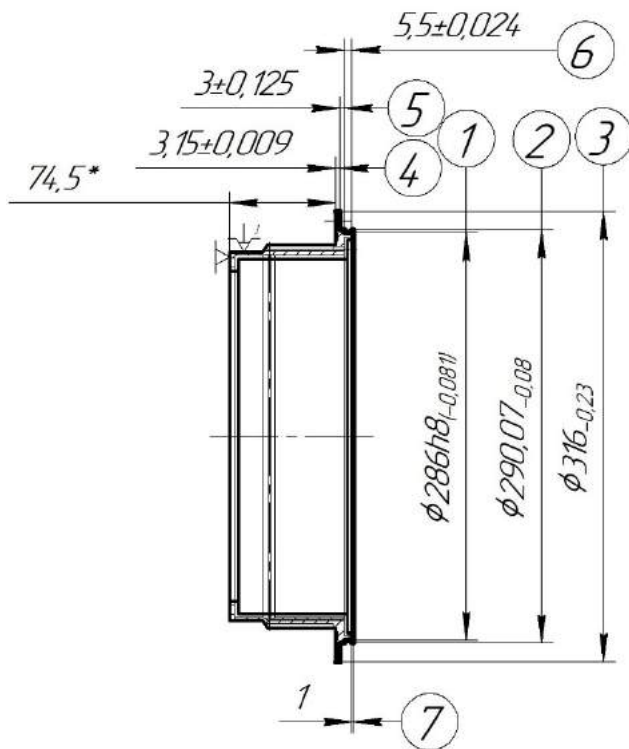
№ Пов.	Переход	Элементы припуска, мкм				Расчетный		Допуск, мм	Макс. размер, мм	Миним. размер, мм	Припуск на обработку, мкм		Исполнит. размер, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мин. припуск, мкм	Размер, мм				2Z _{max}	2Z _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ø290h6 (-0,032)	Заготовка	100	200	644	-	-	292,739	3,6	296,339	292,739	-	-	Ø293,9 ^{+2,4 -1,2}
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.черн.	50	50	38,64	934	2469	290,27	0,81	291,08	290,27	5259	2469	Ø291,1 _{-0,81}
	Точ. п/чист	25	25	1,93	56,04	236	290,034	0,34	290,374	290,034	706	236	Ø290,37 _{-0,34}
	Точ. чист	10	10	0	2,8	46	289,988	0,08	290,068	289,988	306	46	Ø290,07 _{-0,08}
	Шлиф.	5	5	0	0	20	289,968	0,032	290	289,968	68	20	Ø290 _{-0,032}
Ø254H6 (+0,032)	Заготовка					-	247,521	3	250,521	247,521	-	-	Ø249 ^{+1,5 -3,1}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.черн.					2800	252,511	0,81	253,321	252,511	5800	1990	Ø252,5 ^{+0,81}
	Точ. п/чист					420	253,5	0,24	253,741	253,5	1230	179	Ø253,5 ^{+0,24}
	Точ. чист					185	253,826	0,1	253,926	253,826	426	85	Ø253,83 ^{+0,1}
	Шлиф.					74	254	0,032	254,032	254	206	74	Ø254 ^{+0,032}

1.6 Розрахунок режимів різання

Матеріал деталі – жаропрочна сталь 14ХГСН2МА-Ш

Операція 035 Токарна з ЧПК

$\sqrt{Ra\ 10,0}$



* розмір для довідок

Рисунок 1.4 – Ескиз операції №035 Токарна з ЧПУ

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

Переход 1 – точити поверхні 2,3,4,7

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплава
Т5К10

Глибина різання $t_1=1,5$ мм

Подача:

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.20)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{II}} \times K_{S_{II}} \times K_{S_{\phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{Ж}} \times K_{S_M} \quad (1.21)$$

где $S_{o_T} = 0,3$ мм/об (3, т.26, стр. 237);

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

$K_{S_{II}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{S_{II}}=1,0$;

$K_{S_{\phi}}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні, $K_{S_{\phi}}=0,7$;

K_{S3} – коефіцієнт, що враховує вплив закалки, $K_{S3}=0,8$;

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

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

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

$$S_o = 0,3 \times 0,46 = 0,138 \approx 0,14 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість резання

$$V = V_T \times K_V \quad (1.22)$$

$$K_V = K_{Vm} \times K_{Vi} \times K_{V\phi} \times K_{VT} \times K_{VЖ} \times K_{V\Pi} \times K_{Vo} \quad (1.23)$$

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

K_V – узагальнений швидкісний коефіцієнт;

K_{Vm} – коефіцієнт обробляемого матеріалу, $K_{Vm}=0,8$;

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

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

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

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

$K_{VЖ}=0,82$;

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

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

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

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

Визначаємо частоту обертів шпинделю

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.24)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 105,6}{3,14 \times 316} = 106,42 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=110 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 110 \times 316}{1000} = 109,15 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.25)$$

где, 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.

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{\phi v} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.26)$$

де, k_{mp} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюємого матеріалу

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

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

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

$$P_z = 10 \times 204 \times 1,5^{1,0} \times 0,14^{0,75} \times 109,15^0 \times 1,51 = 1057,53 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.27)$$

де, P_z - сила різання, Н

V - швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{1057,53 \times 109,15}{1020 \times 60} = 1,89 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 1,89 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Переход 2 – точити поверхню 2

Інструмент – різець канавочний з пластиною з твердого сплава Т5К10

Глибина різання $t_1 = 2$ мм

Подача:

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.28)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{\Pi}} \times K_{S_{\Pi}} \times K_{S_{\Phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{\text{Ж}}} \times K_{S_M} \quad (1.29)$$

где $S_{o_T} = 0,3 \text{ мм/об}$ (3, т.26, стр. 237);

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

$K_{S_{\Pi}}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $K_{S_{\Pi}}=1,0$;

$K_{S_{\Phi}}$ – коефіцієнт, що враховує форму обраблюваної поверхні, $K_{S_{\Phi}}=0,7$;

K_{S_3} – коефіцієнт, що враховує вплив закалки, $K_{S_3}=0,8$;

$K_{S_{\text{Ж}}}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{S_{\text{Ж}}}=0,83$;

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

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

$$S_o = 0,3 \times 0,46 = 0,138 \approx 0,14 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість резання

$$V = V_T \times K_V \quad (1.30)$$

$$K_V = K_{V_M} \times K_{V_{\Pi}} \times K_{V_{\Phi}} \times K_{V_T} \times K_{V_{\text{Ж}}} \times K_{V_{\Pi}} \times K_{V_O} \quad (1.31)$$

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 обробляемого матеріалу, $K_{V_M}=0,8$;

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

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

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

$K_{V_{\text{Ж}}}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи,

$K_{V_{\text{Ж}}}=0,82$;

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

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

$$K_V = 0,8 \times 1,0 \times 0,81 \times 0,75 \times 0,82 \times 1,0 \times 1,0 = 0,4$$

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

Визначаємо частоту обертів шпинделю

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.32)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 105,6}{3,14 \times 290} = 115,96 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n = 110 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 115,96 \times 290}{1000} = 105,6 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.33)$$

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.

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{qv} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.34)$$

де, k_{mp} - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюємого матеріалу

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

$k_{\varphi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$ - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів режучої 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)

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

$$P_z = 10 \times 204 \times 1,5^{1,0} \times 0,14^{0,75} \times 105,96^0 \times 1,51 = 1057,53 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.35)$$

де, P_z - сила резання, Н

V - швидкість резання, м/хв

$$N = \frac{1057,53 \times 109,15}{1020 \times 60} = 1,89 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 1,89 \text{ кВт} \leq N_{\text{СТ}} = N_{\text{ДВ}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машиний час

$$T_o = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o}; \quad (1.36)$$

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

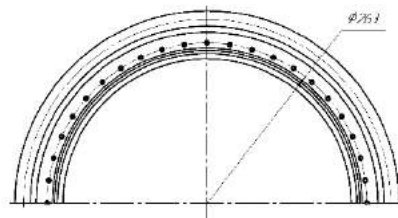
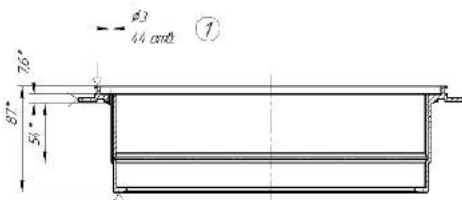
y - величина врезання, мм $y = 3$ мм;

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

$$T_o = \frac{26,5 + 21,3 + 3 + 3}{110 \times 0,14} + \frac{5,5 + 3 + 3}{110 \times 0,14} = 4,24 \text{ мин}$$

Свердлильна операція №50

$\sqrt{Ra 50}$



розмір для довідок

Рисунок 1.5 - Операційний ескіз – операція № 050

Верстат: Радіально-свердлильний с ЧПУ 2P135Ф2

Поверхня $\varnothing 3$ $L = 61,6$ мм $Ra = 5$ мкм;

Інструмент: Свердло спіральне $\varnothing 3$ мм, $L = 80$ мм, P6M5, ГОСТ12121-77

Свердлить відповідно ескізу сорок чотири отвора (рис. 1.5):

Довжина робочого ходу

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (61,6 + 1,8) = 126,8 \text{ мм}$$

де l - довжина свердління $l = 61,6$ мм;

$y = 0,6 d_{\text{св}}$ - врезання, мм;

де $d_{\text{св}}$ - діаметр свердла, мм;

Глибина різання: $t = \frac{d_{CB}}{2} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ мм.}$

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_0 = 0,18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,135 \text{ мм/об}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_0 = 0,12 \text{ мм/об}$

Швидкість різання розраховуємо по формулі:

$$v_0 = v_m \times k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv} \times k_{\phi} \times k_{\phi 1v} \times k_r \quad (1.37)$$

$$v_0 = 8,7 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \times 1,03 = 2,97 \text{ м/хв}$$

де, k_{mv} – коефіцієнт, що враховує матеріал заготівлі

$$k_{mv} = k_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} = 0,8 \times \left(\frac{750}{1061} \right)^1 = 0,55$$

k_r – коефіцієнт, що характеризує групу стали. $k_r=0,8$ (4, т. 2, стор.262);

σ_b - тимчасовий опір розриву, МПа. $\sigma_b=1061 \text{ МПа}$;

n_v - показник степені, $n_v=1,0$ (4, т. 2, стор.262);

k_{nv} – коефіцієнт, що характеризує стан поверхні $k_{nv}=0,8$;

k_{uv} – коефіцієнт, що характеризує матеріал інструменту $k_{uv}=1,0$ (4, т. 6, стор.263);

$k_{\phi v}$, $k_{\phi 1v}$, k_{rv} , - коефіцієнти, що характеризують геометричні параметри інструменту $k_{\phi v}=1,0$, $k_{\phi 1v}=0,94$, $k_{rv}=1,03$ (4, т. 23, стор.275).

Частота обертання деталі по формулі:

$$n = \frac{1000 \times 2,97}{3,14 \times 3} = 315,29 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання $n=315 \text{ об/хв.}$

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 3 \times 315}{1000} = 2,97 \text{ м/хв}$$

Крутячий момент, $H \cdot m$

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.38)$$

$C_M = 0,041$; $q = 2$; $y = 0,7$ $K_P = 1,04$ [3, таблиця.32, стор.281]

$$M_{KP} = 10 \times 0,041 \times 3^2 \times 0,12^{0,7} \times 1,04 = 0,87 H \cdot m$$

Осьова сила, Н

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P$$

$C_P = 143$; $q = 1$; $y = 0,7$; $K_P = 1,04$ [3, таблиця.32, стор.281]

$$P_O = 10 \times 143 \times 3^1 \times 0,12^{0,7} \times 1,04 = 3889 H$$

Потужність різання, кВт

$$N_3 = \frac{0,87 \times 315}{9750} = 0,3 \text{ кВт}$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час:

$$t_O = \frac{l + l_1}{n \cdot S} \cdot i$$

де l – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору), $l = 126,8 \text{ мм}$

l_1 – довжина врізання і перебігу інструменту $l_1 = 3,5 \text{ мм}$, [5, к.43, стор.282]

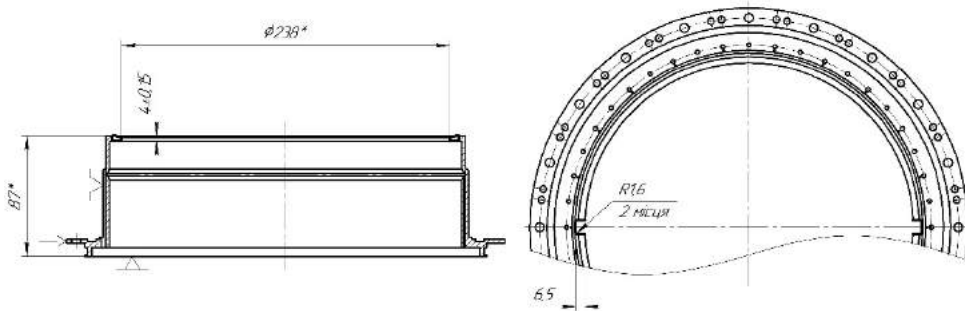
i – кількість проходів, $i = 1$

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв

S – подання інструменту, мм/об

$$t_{02} = \left(\frac{126,8 + 3,5}{315 \times 0,12} \right) \times 44 = 151,67 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (065)



* розмір для довідок

Рисунок 1.6 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Режучий інструмент:

Фреза концева Ø1,6 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71

Визначаємо подачу за формулою:

Визначаємо подачу по формулі:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ} \quad (1.39)$$

де $S_Z = 0,07$ мм/зуб – табличне значення подачі.

K_{S0} – коефіцієнт, що враховує ряд конструктивних особливостей технологічної системи;

$$K_{SZ} = K_{SZH} \cdot K_{SZ\Phi} \cdot K_{SZR} \quad (1.40)$$

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

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

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

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

Розраховуємо швидкість різання:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.41)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання

K_V – коефіцієнт, що враховує ряд конкретних умов обробки

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VH} \cdot K_{VO} \cdot K_{V\pi} \cdot K_{V\Phi} \cdot K_{VB} \quad (1.42)$$

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

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

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

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

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

K_{VB} – коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування

$$V_m = 8,7 \text{ м/хв}$$

$$K_{Vm}=0,81; K_{Vn} = 1; K_{Vo}=1; K_{V\Phi} = 1; K_{Vn}=1; K_{VB} = 1.$$

$$V=8,7 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 7,05 \text{ м/хв}$$

Обороти:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 7,05}{3,14 \cdot 1,6} = 1403,3 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n=1400$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{3,14 \cdot 1,6 \cdot 1400}{1000} = 7,03 \text{ м/хв}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі:

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

$$S_{\text{мин}} = 0,035 \cdot 4 \cdot 1400 = 196 \text{ мм/хв}$$

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

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}, \quad (1.37)$$

де $K_M=1$ – поправочний коефіцієнт, залежний від оброблюваного матеріалу;

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

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

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

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

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

Визначаємо машинний час

$$T_0 = \frac{l+y+\Delta}{n \cdot S_0 \cdot Z} = \frac{27+3+3}{1400 \times 0,035 \times 4} \times 2 = 0,34 \text{ хв};$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=27$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

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

Z – число зубів фрези, $z=4$.

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (70)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

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

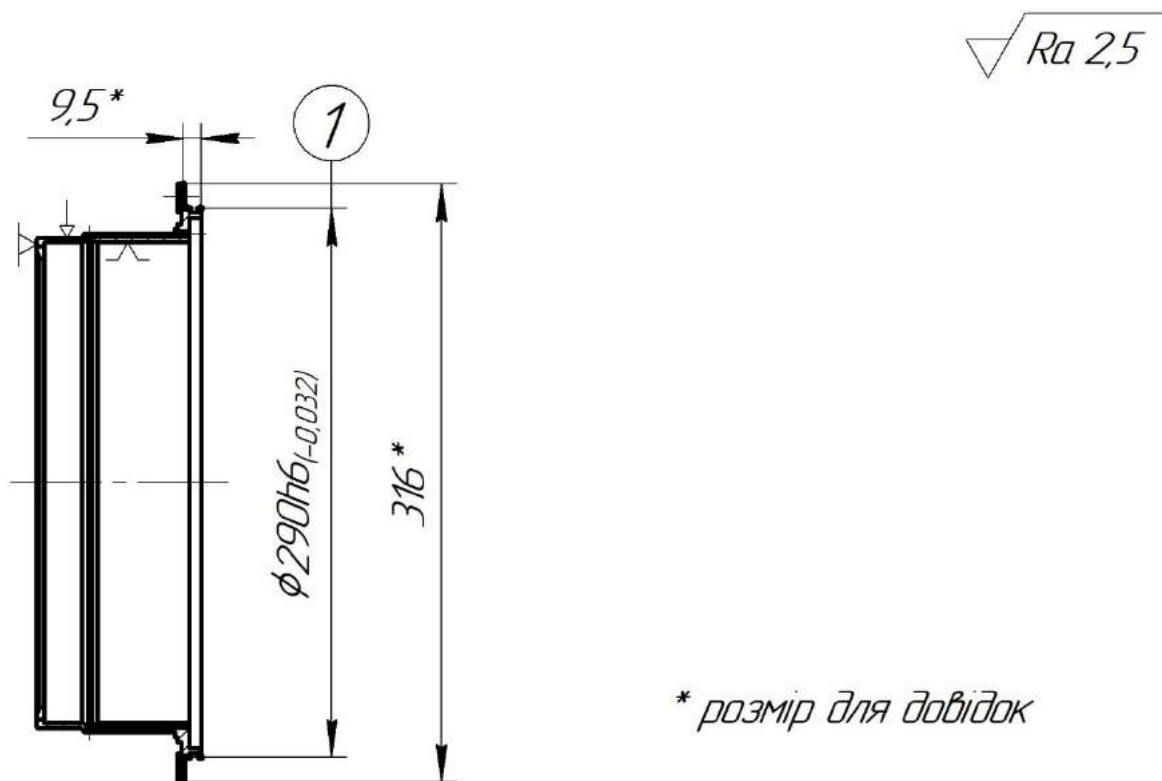


Рисунок 1.15 - Операційний ескіз на шліфувальну операцію 70.

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

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

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60}, \quad (1.43)$$

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

D - діаметр круга, $D = 300 \text{ мм}$.

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

Режими різання для поверхні 1.

Оброблюваний діаметр $D_d = 290$.

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

Частота обертання деталі n_o :

$$n = \frac{1000 \cdot 48}{3,14 \cdot 290} = 52,7 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n_d = 50 \text{ об/хв}$.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 290 \cdot 50}{1000} = 45,53 \text{ м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга S_t в мм/об

$$S_{tl} = S_t \times K_m \times K_D \times K_{V_k} \times K_t \times K_{IT} \times K_h, \quad (1.44)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$S_{tm} = S_{t1} \cdot n_d = 0,001 \cdot 50 = 0,05 \text{ мм/хв.}$$

Визначення потужності різання N :

$$N = \frac{N_{10} \cdot L_{акт}}{10} \quad (1.45)$$

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

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

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

Визначення основного(технологічного) часу:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.46)$$

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

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

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

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

1.7 Розрахунок технічної норми часу

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

Штучно-калькуляційний час на операцію визначається по формулі:

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

$$t_{шт.} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n \quad (1.48)$$

де $t_{шт.}$ - штучний час, хв;

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

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

t_o – сумарний час на операцію, хв;

$t_{всп.}$ – допоміжний час, хв;

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

t_n – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (035)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 4,24$ хв

Допоміжний час:

$$t_{всп.} = t_{в.у.} + t_{м.в.} \quad (1.49)$$

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

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

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

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{н.у.} = t_o. + t_{м.в.} = 4,24 + 0,29 = 4,53 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{н.у.} = 0,1 \cdot 4,53 = 0,45 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 10\% \cdot t_{н.у.} = 0,1 \cdot 4,53 = 0,45 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 4,53 + 0,45 + 0,45 = 5,43 \text{ хв.}$$

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

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.50)$$

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

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

$$T_{n-3} = 12 + 6 = 18 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{18}{40} + 5,43 = 5,88 \text{ хв}$$

Технічне нормування на свердлувальну операцію (050)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 151,67$ хв

Допоміжний час:

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

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

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

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

$$t_{п.у.} = t_o + t_{м.в.} = 151,67 + 0,31 = 151,98 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{п.у.} = 0,08 \cdot 151,98 = 12,16 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_n = 8\% \cdot t_{п.у.} = 0,08 \cdot 151,98 = 12,16 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = 151,98 + 12,16 + 12,16 = 176,3 \text{ хв.}$$

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

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

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

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

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{um.-к.} = \frac{19}{40} + 176,3 = 176,77 \text{ хв}$$

Технічне нормування на фрезерну з ЧПК операцію (65)

Основний сумарний час на операцію 0,34 хв

Допоміжний час:

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

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

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

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

$t_{м.в.} = 0,15$ мін - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні(5, до.60, стр.1525)

$$t_{ссп} = 0,05 + 0,05 + 1,2 + 0,15 = 1,45 \text{ мін}$$

Час роботи верстата за програмою управління тп._y рівно неповному оперативному часу роботи верстата :

$$t_{n.y.} = t_{o.} + t_{m.в.} = 0,34 + 0,16 = 0,5 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця :

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{n.y.} = 0,08 \times 0,5 = 0,04 \text{ мін}$$

Час на відпочинок і природні потреби :

$$t_n = 8\% \cdot t_{n.y.} = 0,08 \times 0,5 = 0,04 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 0,34 + 0,5 + 0,04 + 0,04 = 0,92 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію:

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

Тп-31 = 12 мін - час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ (5, до. 60, стор. 301);

Тп-32 = 7 мін - час на витрати додаткові роботи, що враховують, (5, до. 60, стор. 301) :

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19 \text{ мін}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, мін

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 0,92 = 1,39 \text{ мін}$$

Технічне нормування на круглошлифовальну операцію (70)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 0.32 \text{ хв}$

Допоміжний час:

$t_{ycm} = t_{cn} = 0,1$ хв – установка на кінцеве розтискну оправку з пневмозатиском (5, к.16, стор.640)

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

t_{mex} – час технічного обслуговування робочого місця:

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

де - $T=7$ – стійкість круга,

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

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

Визначаємо оперативний час:

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

Час на обслуговування робочого місця:

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

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_{отд} = 0,04 \cdot t_{on.} = 0,04 \cdot 1,57 = 0,063 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = t_{on.} + t_{обс.} + t_{отд.} = 1,57 + 0,024 + 0,063 = 1,66 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [5, к.20, стор.646]:

$$t_{nz} = 12 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

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

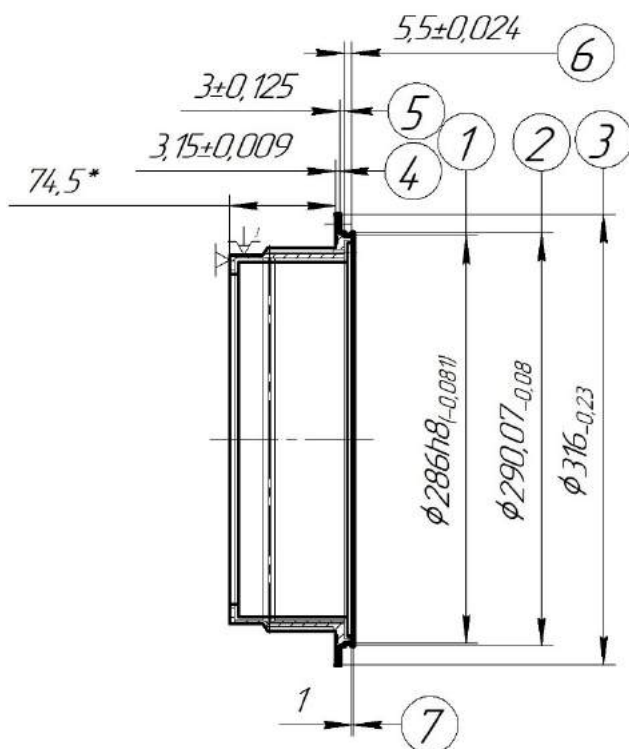
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль

1.8.1 Розробка токарної операції

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

Операція 035 Токарна з ЧПК

$\sqrt{Ra\ 10,0}$



** розмір для довідок*

Рисунок 1.8 – Ескиз операції №035 Токарна з ЧПУ

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

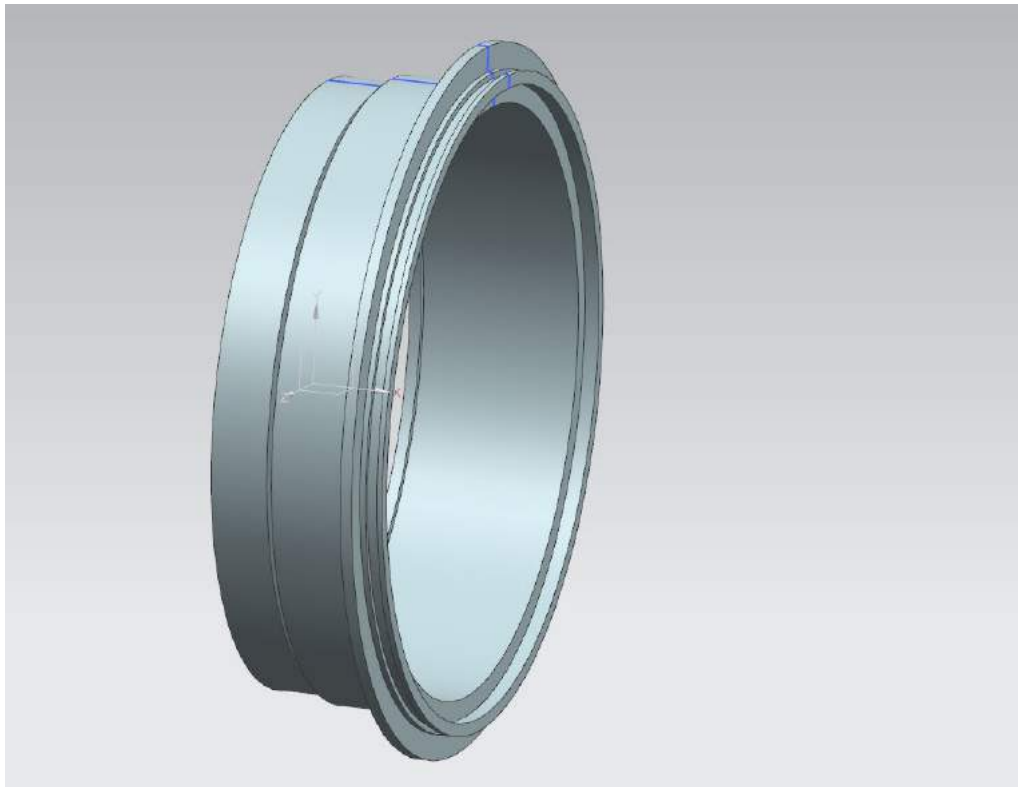


Рисунок 1.9 – Трьовимірна модель операційного ескизу операції №035
Токарна з ЧПУ

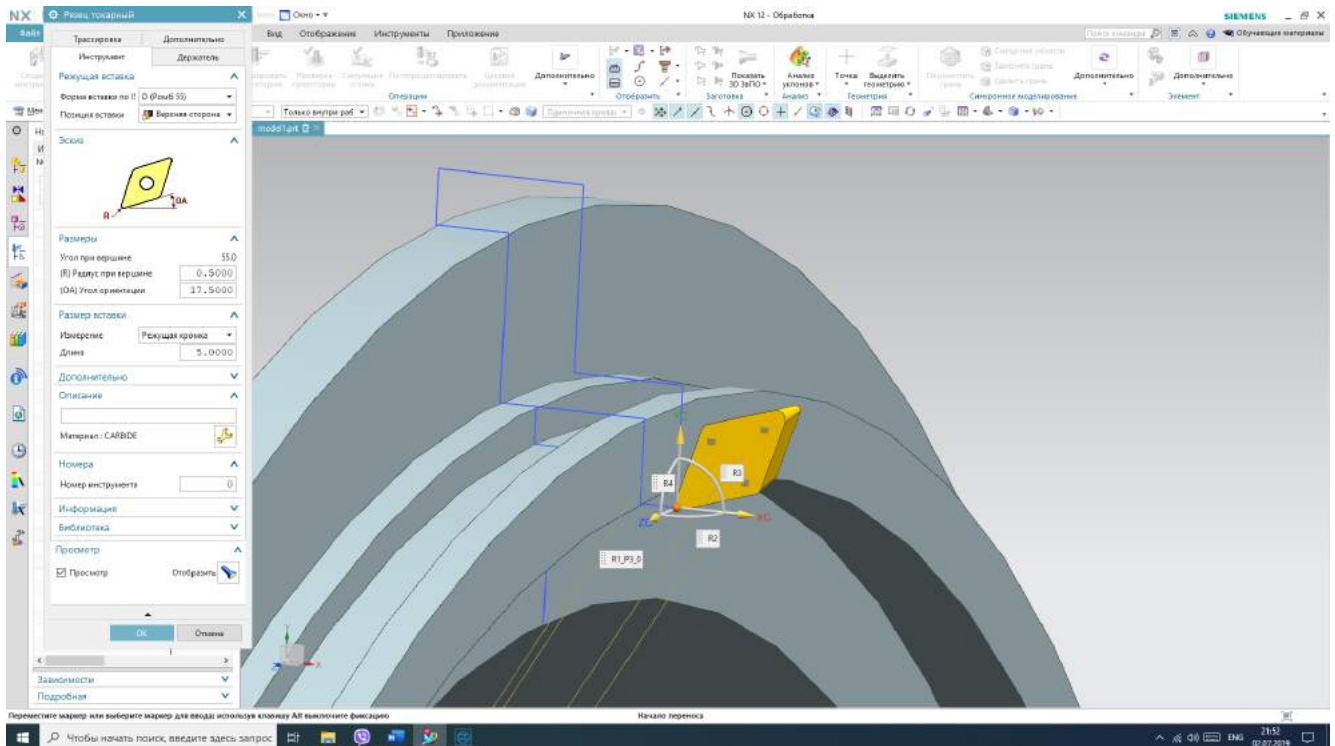


Рисунок 1.10 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки на першому переході

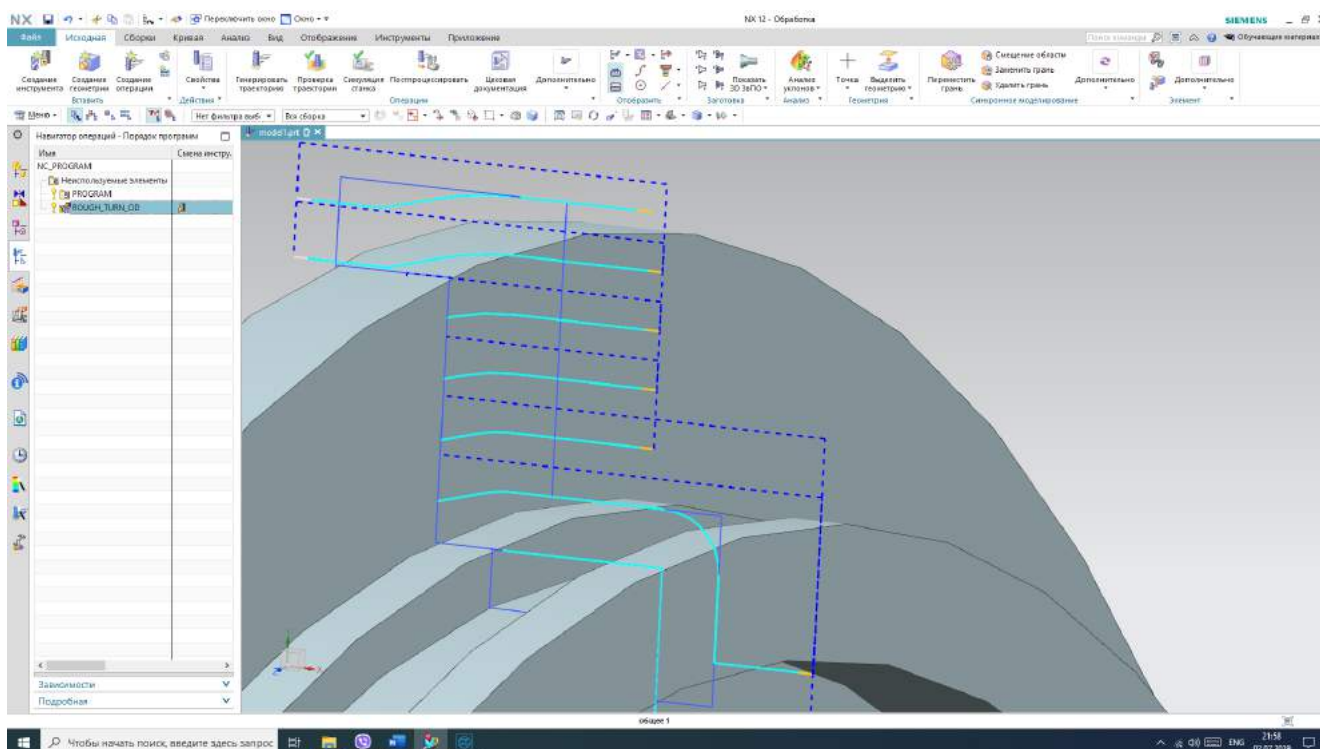


Рисунок 1.11 – Траектория обработки на первом переходе

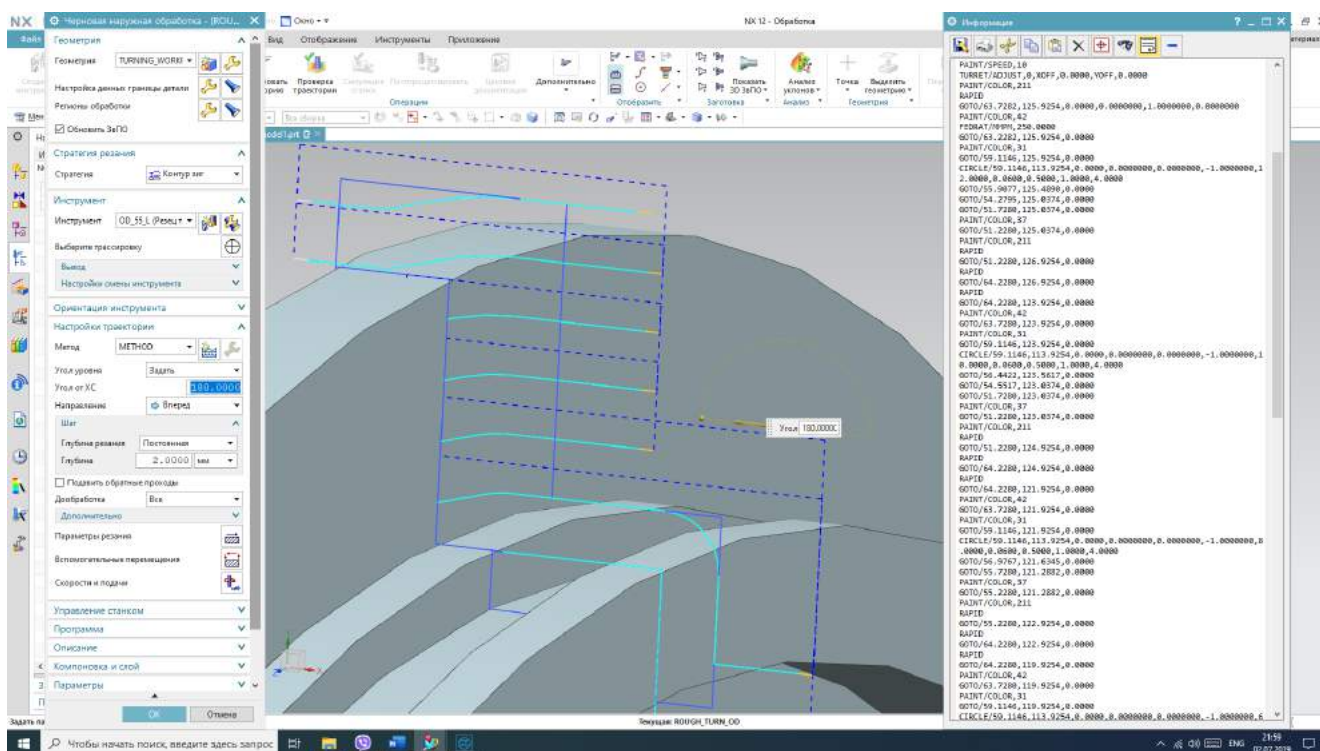


Рисунок 1.12 – Программа обработки на первом переходе

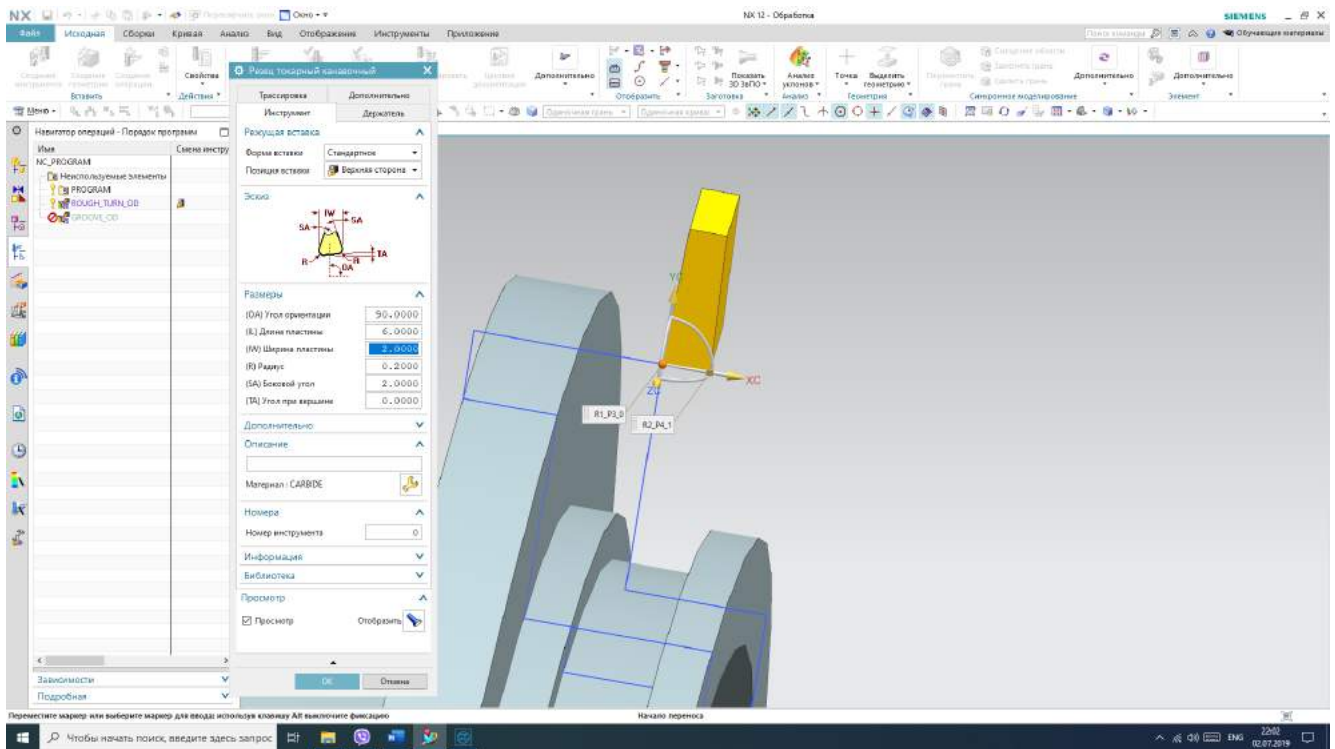


Рисунок 1.13 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки на другому переході

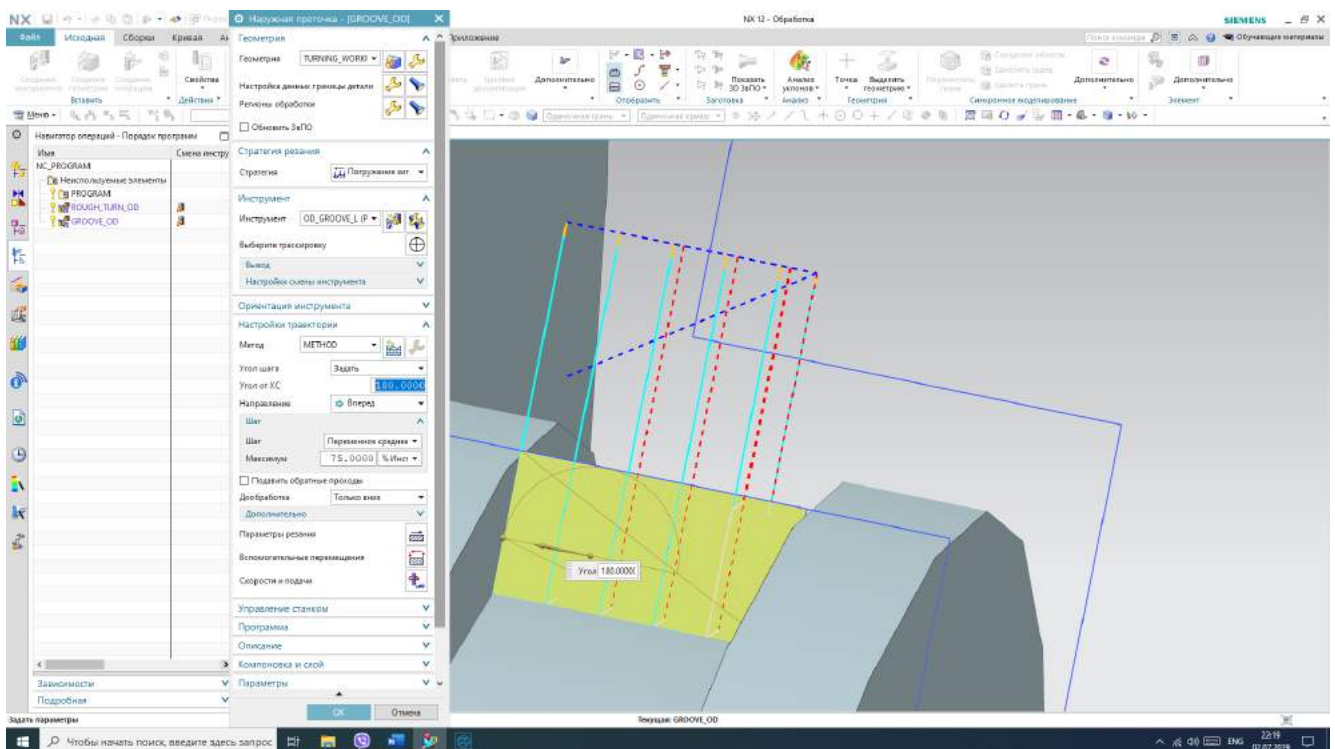


Рисунок 1.14 – Траектория обработки на втором переходе

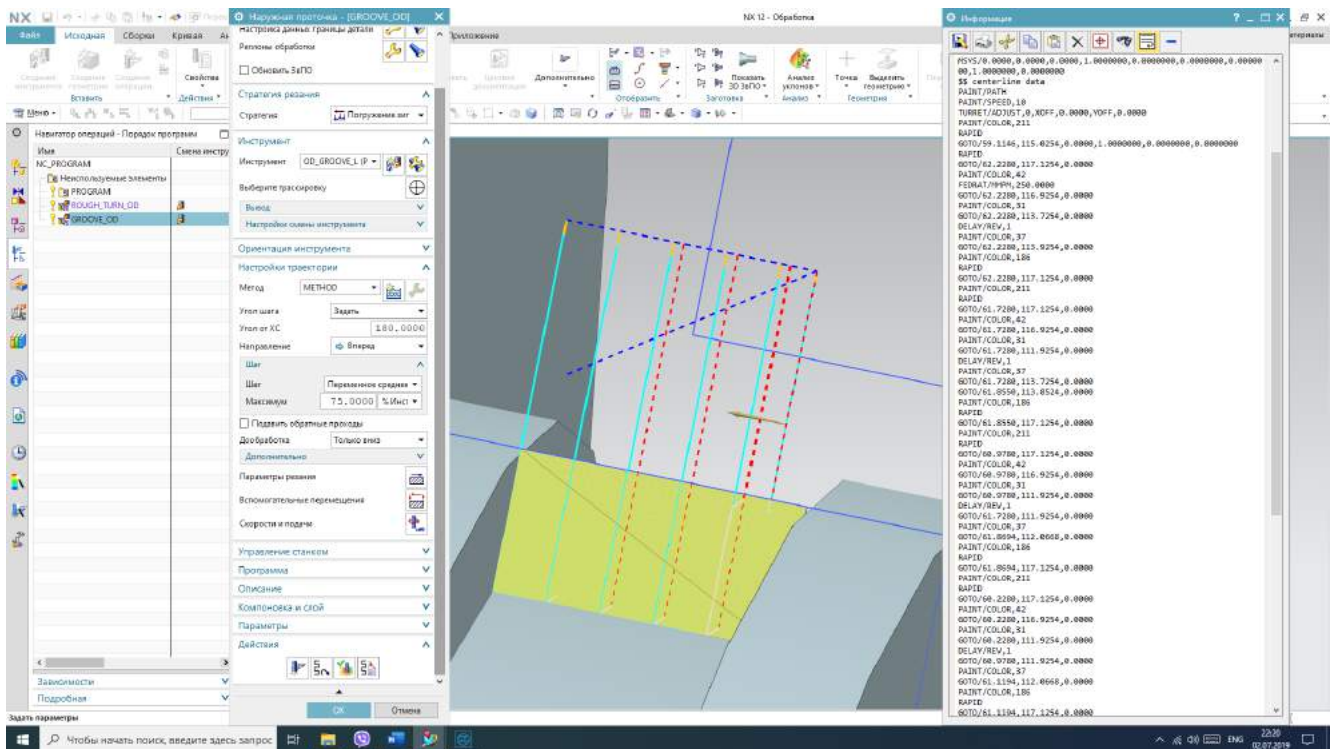


Рисунок 1.15 – Моделирование обработки на другом переходе

1.8.2 Розробка свердильної операції

Свердильна операція №50

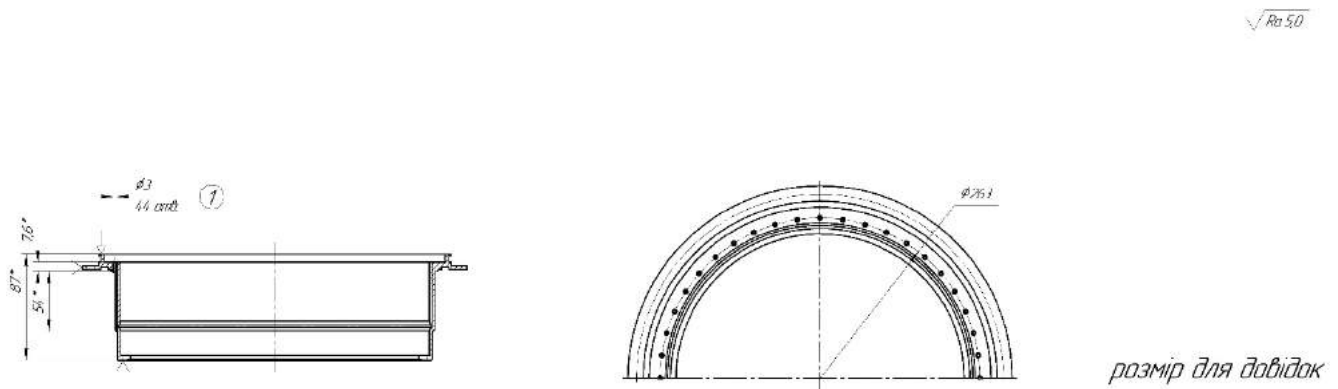


Рисунок 1.16 - Оперативный эскиз – операция № 090

Верстат: Радиально-свердильный с ЧПУ 2Н135Ф2

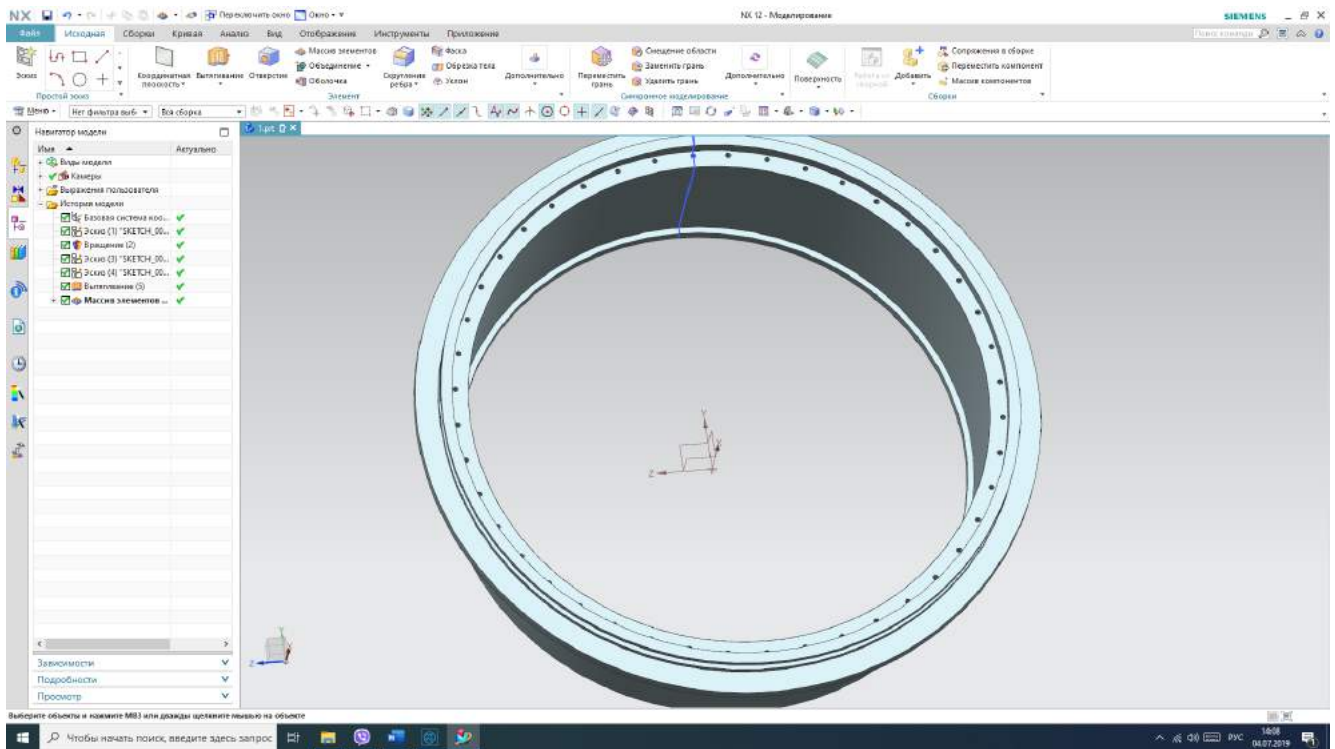


Рисунок 1.17 – Трьювимірна модель операційного ескизу операції №050 Свердлильна з ЧПУ

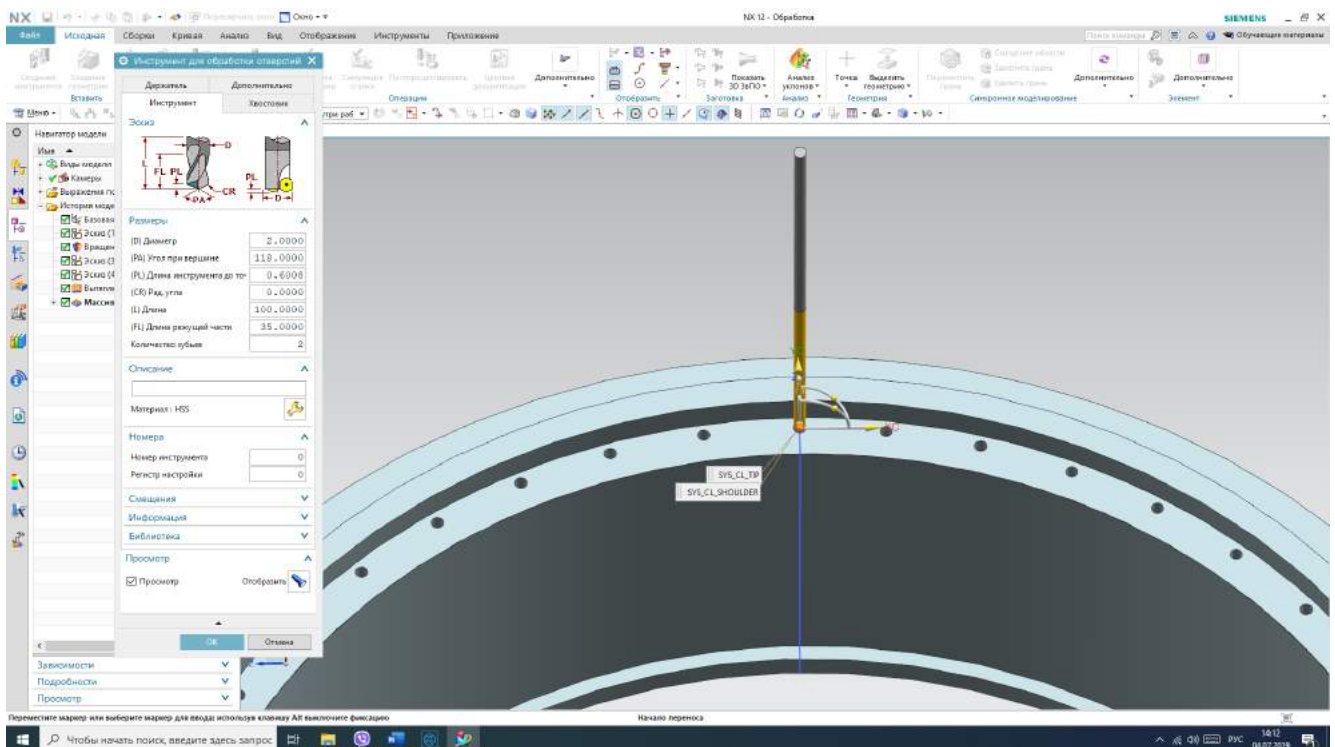


Рисунок 1.18 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

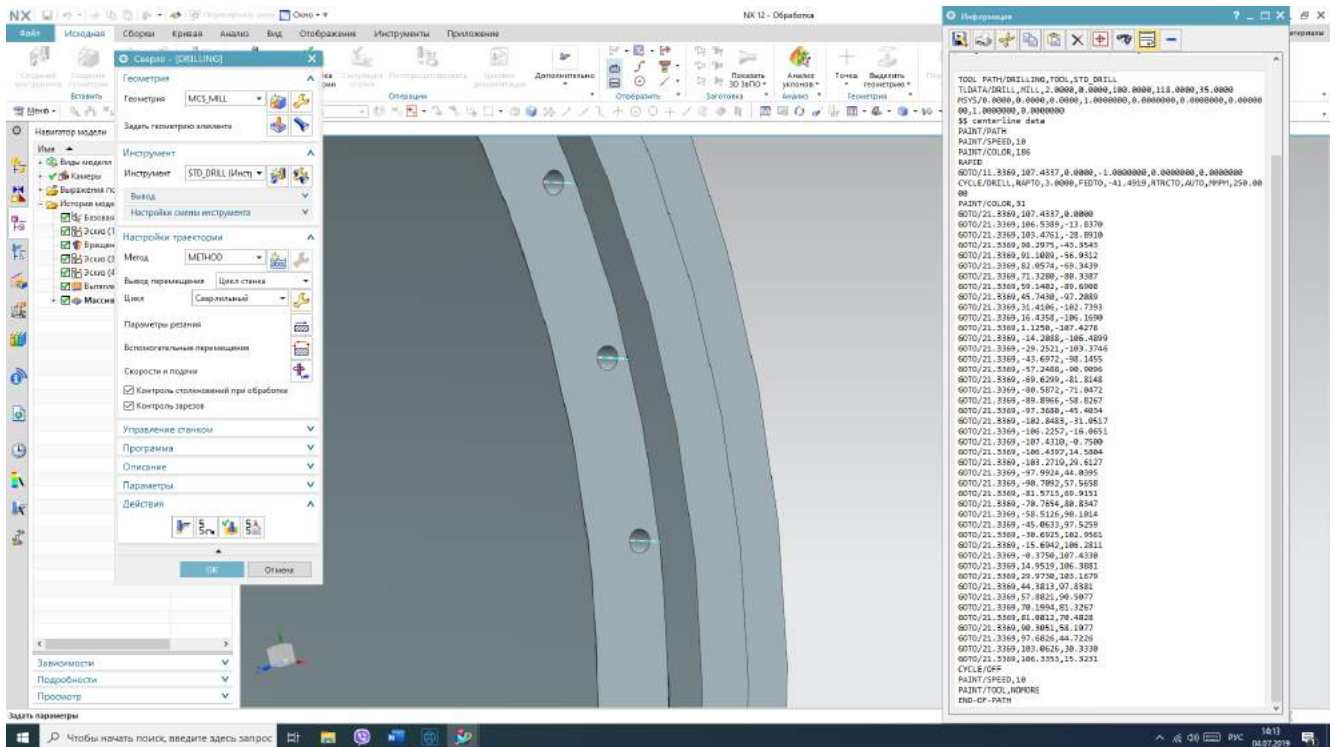


Рисунок 1.19 – Траектория обработки на з програмою

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (065)

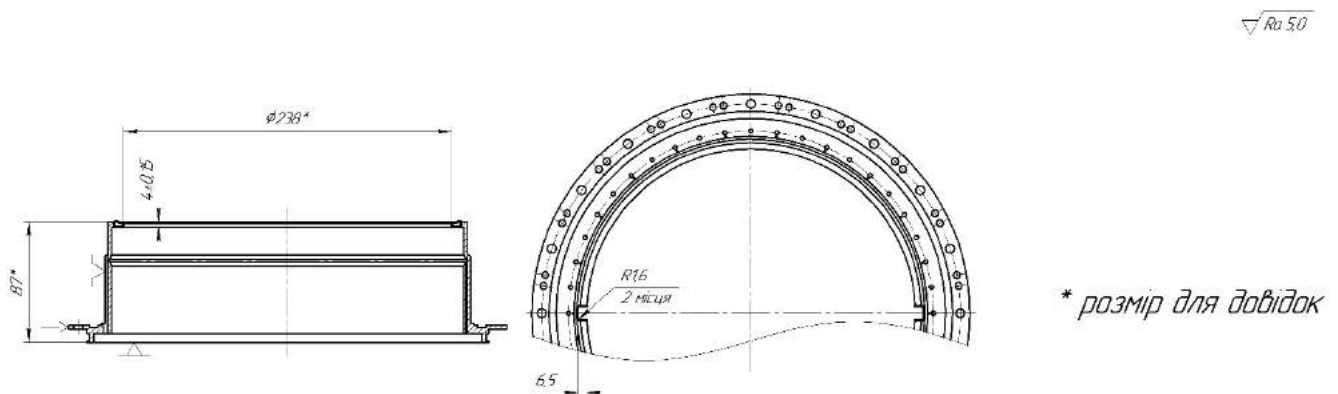


Рисунок 1.20 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Режущий інструмент:

Фреза концевая Ø10 P12Ф4K5 ГОСТ 17026-71

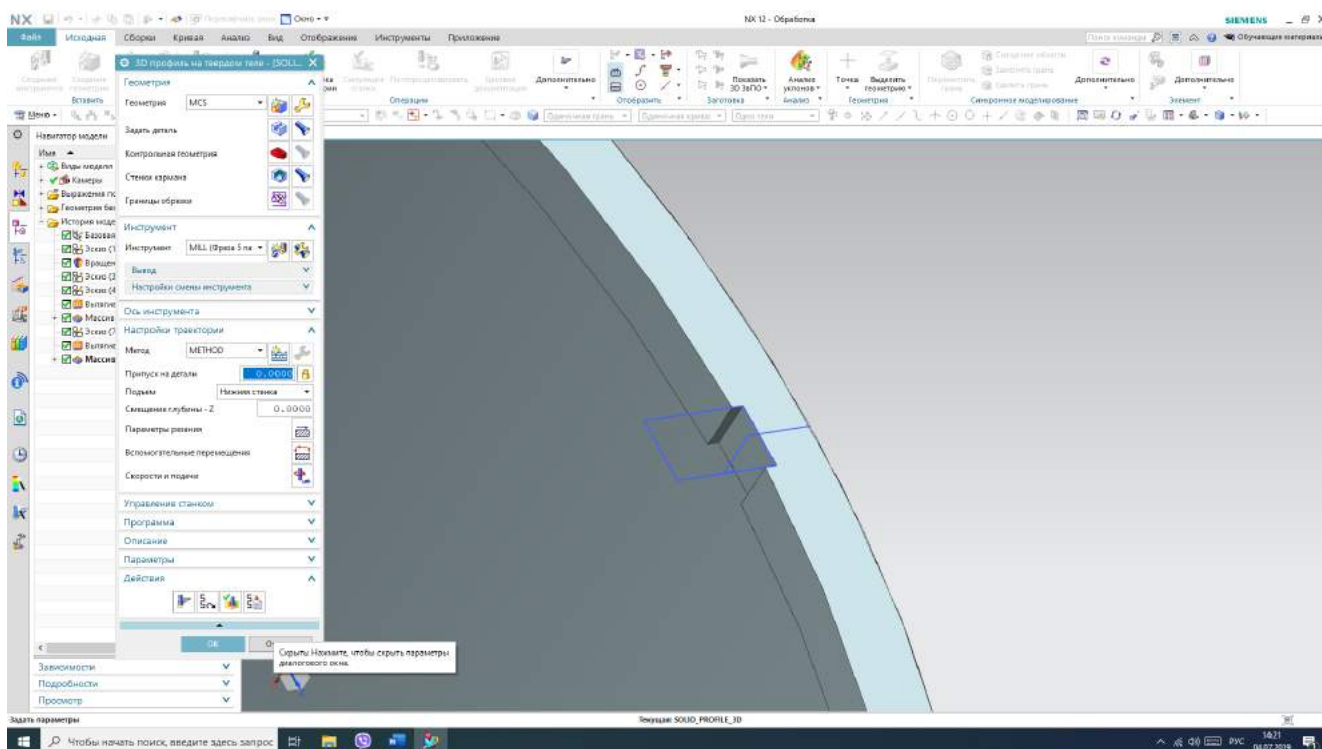


Рисунок 1.21 – Трьовимірний модель операційного ескизу операції №065 Фрезеру з ЧПУ

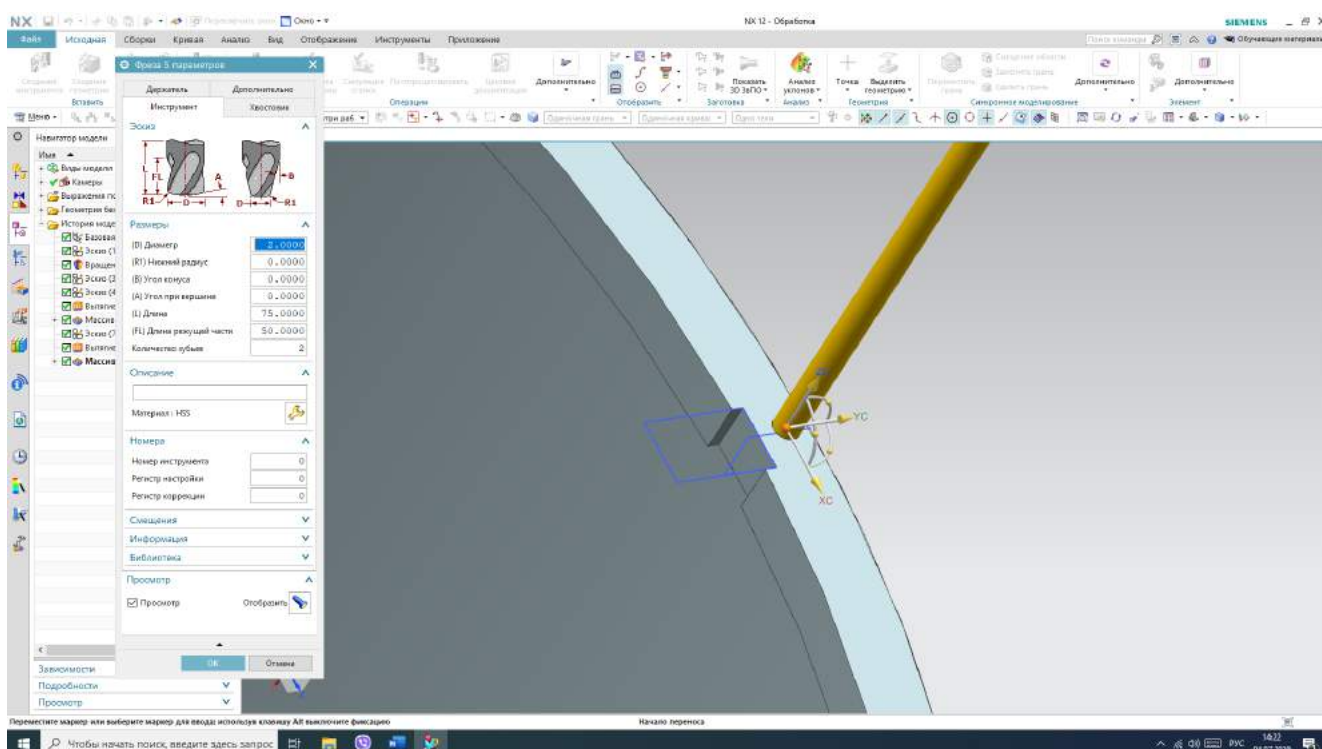


Рисунок 1.22 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

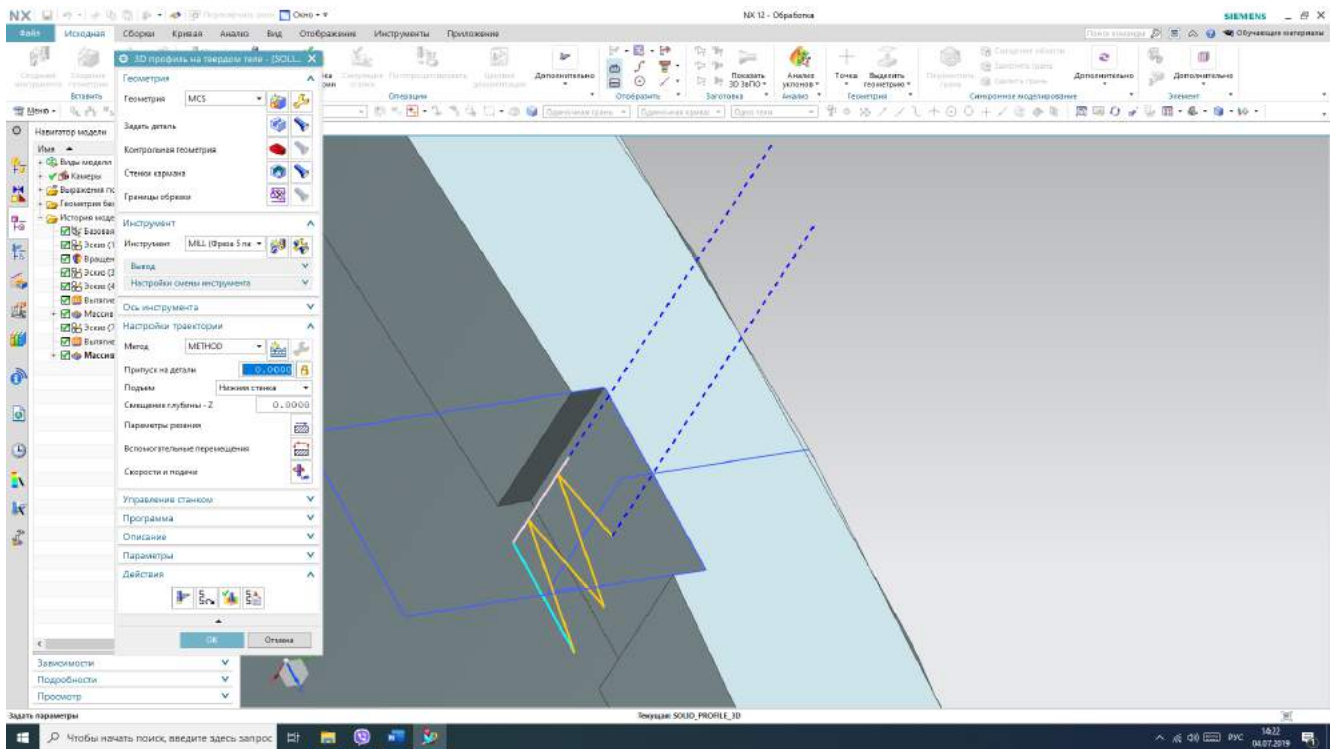


Рисунок 1.23 – Траєкторія обробки на операцію 065 Фрезерна з ЧПК

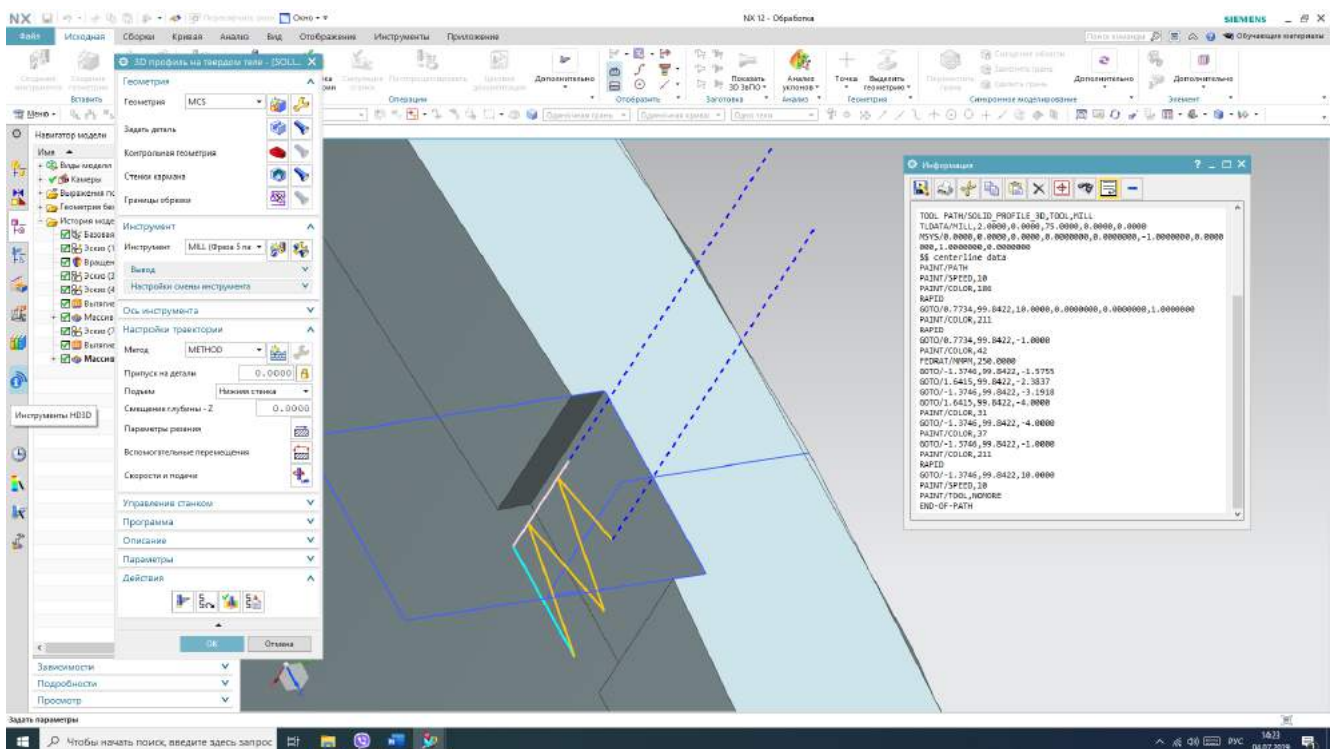


Рисунок 1.24 – Моделювання обробки з програмою

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування токарного пристрою

2.1.1 Опис конструкції та принципа 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 (рисунок 2.1) яке являє собою плиту 1 з отворами для установки змінної мембрани 2. Плита попередньо центрується 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 разжимной шайбою 12.

Повітря, що надходить в систему по каналу, а буде змушувати поршень і шток підніматися вгору, при цьому клини мембрани будуть розтискати і заготовку можна буде знімати з пристосування, при відкритті клапанів б і в заготовка буде ніяковіти мембраною, так як повітря з пневмосистеми буде виходити і поршень опуститися

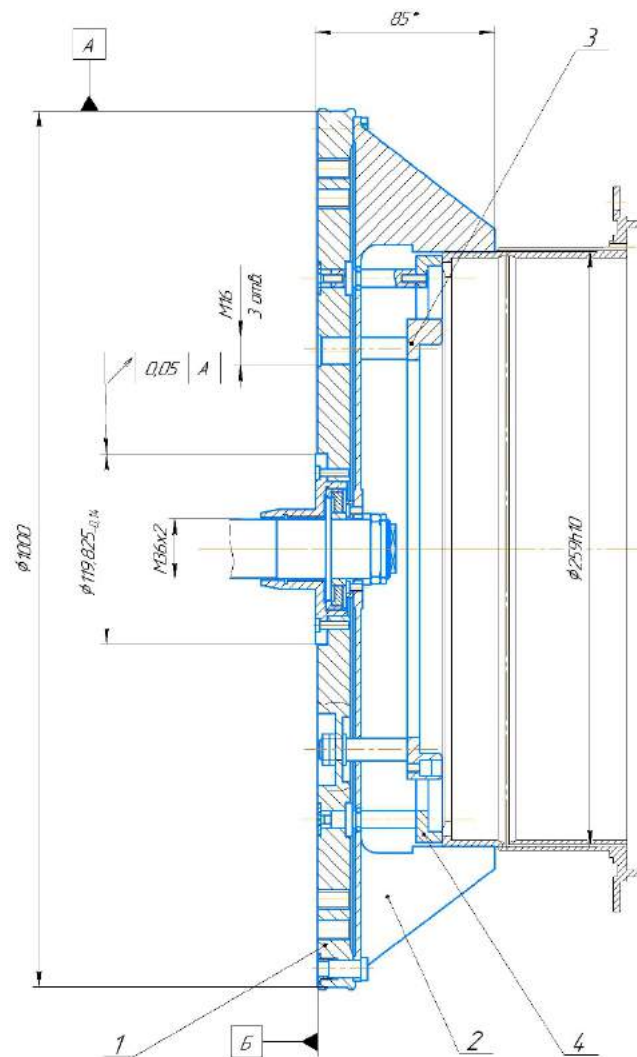


Рисунок 2.1 – Мембранне пристосування для обробки з двох сторін на токарному верстаті з ЧПУ

2.1.2 Розрахунок похибки базування

Похибка установки - різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту [11].

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

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

$\varepsilon_{\text{закр}}$ — 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. [1, стор. 134-136] $\varepsilon_{\text{зак}} = 40$ мкм. Тоді похибка установки складає:

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

2.1.3 Визначення сил затиску

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

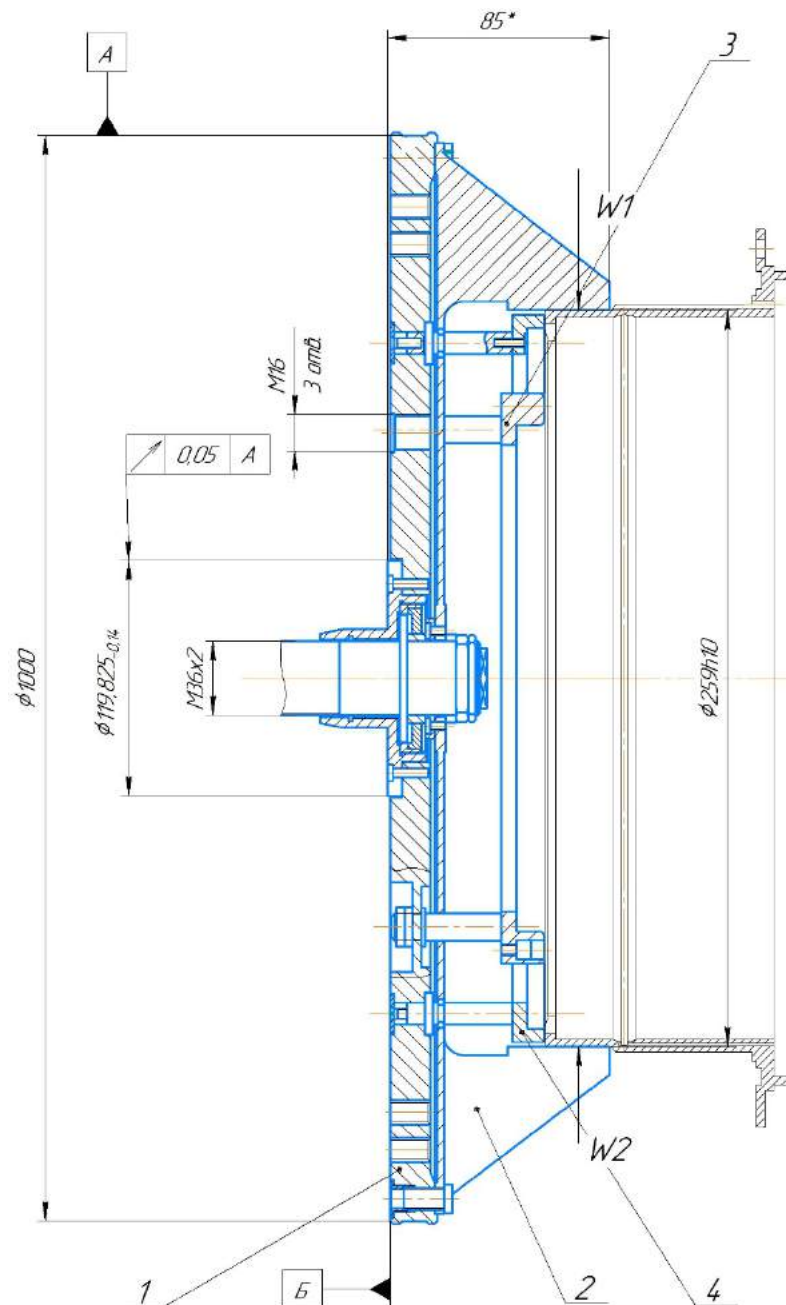


Рисунок 2.2 – Схема дії сил затиску в пристосуванні

Розрахуємо момент різання [11].

$$M = P_X \times l \quad (2.2)$$

де P_X – осьова сила різання, що за напрямком співпадає з силою зажиму [11].

$$P_X = 10 \times C_P \times t^{x s y v^{n K_p}} \quad (2.3)$$

де K_p – довідковий коефіцієнт, що враховує вплив геометрії ріжучого інструменту та твердість оброблюємого матеріалу [11].

$$K_P = K_{Mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp} \quad (2.4)$$

$$K_P = 1,8 \times 0,78 \times 1,0 \times 0,85 \times 1,0 = 1,19$$

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

Тоді, момент резання дорівнює:

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

Радіальне зусилля затиску деталі на одному кулачке мембрани для передачі заданого моменту [11]:

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

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

n – кількість кулачків;

f – коефіцієнт тертя базової поверхні деталі і кулачка, приймається рівними від 0.15 до 0.18.

$$W_0 = \frac{2,5 \times 2187,85}{2 \times 12 \times 0,16 \times 905,8} = 1,57 \text{ кН}$$

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 [11]:

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

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

s – товщина мембрани;

μ - коефіцієнт Пуассона, $\mu = 0,3$.

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

Кут розтиску кулачків при закріпленні деталі з найменшим діаметром [11]:

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

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

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

Зусилля на клині мембрани, від дії пневмоциліндра визначається за формулою [11]:

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

де W – зусилля затиску, Н;

d – діаметр, базування заготовки, мм;

D – діаметр мембрани, мм;

ϕ – кути тертя в точках контакту клину з опорними роликками, град.

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

Визначаємо діаметр пневмоциліндру [11]:

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

де $P = 0,5$ МПа – тиск у пневмоциліндрі;

$\eta = 0,9$ - ККД пневмоциліндру.

Тоді,

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

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

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

2.2.4 Розрахунок пристосування на точність

Для забезпечення завданої точності обробки необхідно дотримуватися умови:

$$\sum E_i \leq T_{обр} \quad (2.10)$$

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

Необхідно витримати розмір обробки $\varnothing 259_{-0,23}$ мм. Розраховуємо номінальний розмір та допуск на виготовлення габариту установка.

Визначаємо середній розмір обробки за формулою [11]:

$$A_{cp} = A - \frac{TA}{2}, \quad (2.11)$$

де A – розмір обробки, мм;

TA – допуск на розмір обробки, мм.

$$A_{cp} = 259 - \frac{0,2}{2} = 258,9 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установку:

$$H_{cp} = A_{cp} + A = \left(A - \frac{TA}{2} \right) + A \quad (2.12)$$

де A – розмір, що пов'язує розмір установку та розмір обробки.

$$H_{cp} = 258,9 + 259 = 517,9 \text{ мм}$$

Розраховуємо допуск на виготовлення установку:

$$T_H \leq T_A - (\kappa_1 \times E_{\bar{o}} + E_2 + \kappa_2 \times w()) \quad (2.13)$$

де κ_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;

$E_{\bar{o}}$ – 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 [1, табл. 4.2г...4.2е, 4.24, 4.25];

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

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

$$T_H \leq 111$$

Визначаємо величину $\pm \frac{T_H}{2}$, округливши значення до найближчого

нормалізованого. Приймаємо $\frac{T_H}{2} = \pm 0,055 \text{ мм}$. Виконавчий розмір габариту установка: $\varnothing 517.9 \pm 0.055$.

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 σ спрямована вбік по нормалі до площадки, і дотичними, якщо складові напруження τ 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 штоке пневмоциліндра. Зробимо розрахунок різьби на зріз і зминання.

Визначаємо величину напруги зрізу в різьбі тяги за формулою [11]:

$$\tau_{cp} = \frac{P}{\pi \times d_1 \times k \times H \times k_m}, \quad (2.14)$$

де P – сила, діюча на витки різі, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різі, м;

$k=0.87$ – коефіцієнт повноти різі;

H – довжина різі в проушині, м;

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

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

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

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

Розрахунок різі на смятие виконуємо за формулою:

$$\sigma_{cm} = \frac{4 \times P}{\pi \times (d^2 - d_1^2) \times k_m \times z}, \quad (2.15)$$

де d – зовнішній діаметр різі, м;

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

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

Допустиме напруження смятия для матеріала тяги дорівнює $[\sigma]_{cm}=282 \text{ МПа}$.

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

Це контрольне пристосування призначене для перевірки радіального биття.

Деталь, що перевіряється, встановлюють на основу 3, на якому вона центрується пальцем 5. Биття перевіряють вимірювальною голівкою (ЯРЕМ) 10, яка гвинтом 8 через втулку 9 закріплюється на стійці основи 14. Індикаторний годинник 12 встановлена на рухливій планці 13, монтованою на стійці основи 18. Робоче положення планки з ЯРЕМ 10 регулюється гвинтом і гайкою.

При цій схемі базування погрішність базування дорівнює максимальному проміжку між внутрішньою поверхнею деталі і зовнішньою пальця. В даному випадку деталь сідає на легкоконусную оправляння з натягом. Проміжок відсутній і, отже, погрішність базування дорівнює нулю. Погрішність закріплення дорівнює нулю, оскільки деталь сідає на оправляння з натягом.

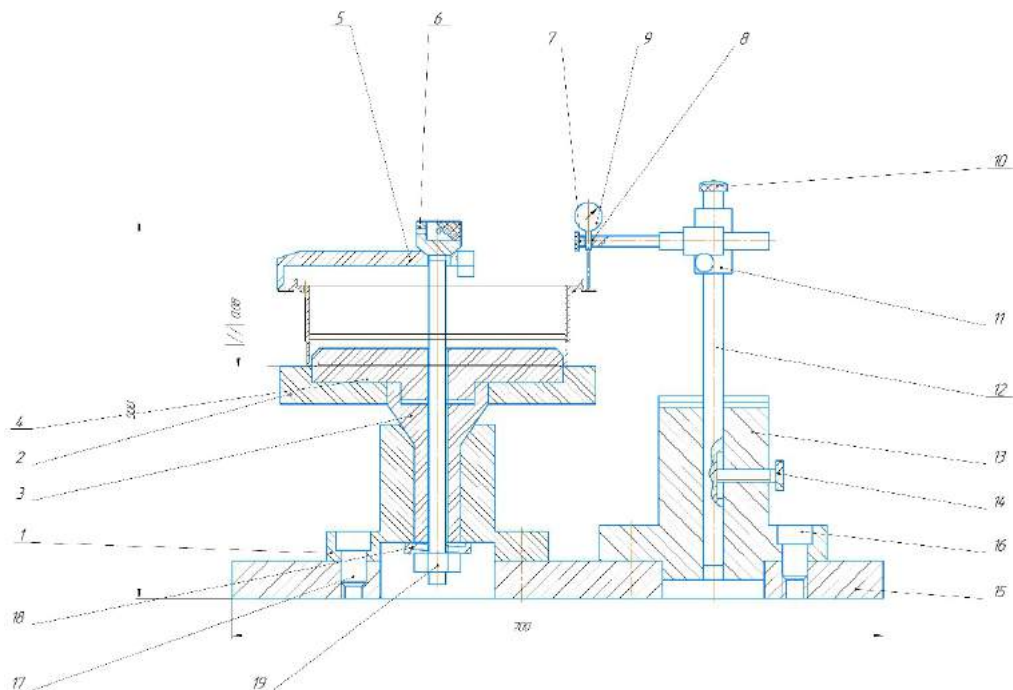


Рисунок 2.3 - Схема установки деталі в пристосуванні.

Вибирання засобу виміру розпочнемо з визначення оптимальних метрологічних, експлуатаційних і надійностних характеристик, які повинні мати засоби виміру.

Допустиму погрішність виміру знаходиться по формулі:

$$[\varepsilon_{изм}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \times T_k, \quad (2.16)$$

де ε - допустима погрішність виміру;

T_k - допуск на контрольований розмір, $T_k=0,02\text{мм}$.

$$[\varepsilon_{изм}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \times 0,02 = 0,0026\text{мм} = 2,6\text{мкм}$$

Розрахунок сумарної погрішності виміру КІП.

$$E_{к\text{іп}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{ин} + \Delta_t + \Delta_{yc} \quad (2.17)$$

де ε - погрішність передатного пристрою, оскільки в конструкції нашого КІП передатний пристрій відсутній $\varepsilon = 0$;

$\Delta_{\text{э}}$ - погрішність виготовлення еталонної деталі $\Delta_{\text{э}} = 0$;

$\Delta_{ин}$ - погрішність вибраного засобу виміру $\Delta_{ин} = 2\text{мкм}$;

Δ_t - погрішність, викликана зміною температури довкілля, в нашому випадку $\Delta_t = 0$;

Δ_{yc} - погрішність, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації. Визначимо фактичну погрішність по формулі Герца :

$$\Delta_{yc} = 0,43 \cdot K \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{yc}^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,032\text{мкм},$$

де P_{yc} - вимірювальне зусилля, $N(P_{yc}=2\text{Н})$;

r - радіус вимірювального наконечника, $\text{мм}(r = 5\text{мм})$;

Do - коефіцієнт, залежний від матеріалу наконечника($Do=0,81$).

$\mathcal{E}$ - погрішність положення контрольованої деталі в пристосуванні.

Вона визначається як:

$$\mathcal{E} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (2.18)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ - погрішність базування. У нашому випадку вона дорівнює нулю.

$\varepsilon_{\text{з}}$ - погрішність закріплення. Оскільки вимір проводиться без закріплення

—

ε_{np} - неточність виготовлення елементів пристосування, що беруть участь у формуванні розмірного ланцюга. Визначається квадратичним підсумовуванням

елементарних погрішностей, викликаних як неточністю виготовлення деталей для установки СІ, так і для базування об'єкту контролю.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (2.19)$$

де $\Delta_1=0$ - відхилення положення осі наконечника від заданої точки виміру.

$\Delta_2=1,5$ мкм - погрішність положення наконечника у вертикальному напрямі;

$\Delta_3=1,5$ мкм - погрішність осьового переміщення.

$\Delta_4=0$ – погрішність виміру величини відхилення від паралельності переміщення вимірювального наконечника відносно осі отвору в кронштейні. Від неспівпадання переміщення наконечника і вимірюваного параметра виникає погрішність в соті долі мікрометра, тому нею можна нехтувати.

$$\Delta_5 = 0$$

$\Delta_6 = 0$ – погрішність від неспівпадання напрямку виміру і розміру.

Тоді:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2} = \sqrt{0 + 1,5^2 + 1,5^2 + 0 + 0 + 0} = 2,12 \text{ мкм}$$

Погрішність положення вимірюваної деталі можна вичислити по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{0 + 0 + 2,12^2} = 2,12 \text{ мкм}$$

Підставивши знайдені значення, отримаємо фактичну сумарну погрішність КІП :

$$\varepsilon_{\text{кіп}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_t + \Delta_{\text{вус}}$$

$$\varepsilon_{\text{кіп}} = 2,12 + 0 + 0 + 2 + 0 + 0,32 = 2,44 \text{ мкм.}$$

Зіставивши фактичну сумарну погрішність ε з допустимою $|\varepsilon_{\text{зм}}|=2,6$ мкм, робимо висновок про те, що необхідна умова точності дотримується :

$$\varepsilon_{\text{КІП}} = 2,44 \text{ мкм} < 2,6 \text{ мкм.}$$

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автоматизація контролю

Система автоматизованого контролю є його найважливішою ланкою, рівень автоматизації якої визначає можливості малолюдного виробничого процесу. Ця система вирішує наступні завдань:

- отримання і представлення інформації про властивості, технічний стан і просторове розташування контрольованих об'єктів, а також про стан технічного середовища і виробничих умов;
- порівняння фактичних значень параметрів із заданими;
- передача інформації про узгодження з моделями виробничого процесу для ухвалення рішень на різних рівнях керування;
- отримання і представлення інформації про виконання функцій.

Пристрої для контролю, використовувані в системах управління, мають бути універсальними, тобто забезпечувати контроль усіх операцій, що виконуються технологічними системами, мати мінімальні габаритні розміри, забезпечувати вбудовування в існуючі конструктивні модулі, а також мати органи, що забезпечують їх налаштування і регулювання.



Рисунок 3.1 – Принципова схема засобу активного контролю

Конструкції контрольних пристроїв і вид діагностичного сигналу мають бути інваріантні до чинників, властивих процесу різання : дії стружки, технологічного середовища(СОЖ, газове середовище і так далі), зміні рівня вібрації механізмів і вузлів верстата, змінному шуму в робочій зоні верстата, а також зміні температури заготівлі, відхиленню твердості матеріалу і неоднорідності фізико-механічного складу.

Залежно від призначення засобу контролю геометричних параметрів виробів розділяють на 4-і групи:

- 1 – пристрої, контролюючі деталі безпосередньо в процесі їх обробки на верстаті;
- 2 – підналагоджують;
- 3 – блокувальні пристрої;
- 4 – пристрої, контролюючі деталі перед обробкою на верстаті.

До першої групи відносяться прилади, контролюючі розміри деталі, положення різальної кромки інструменту безпосередньо в процесі обробки деталі і через ланцюг зворотного зв'язку що подає команду на припинення обробки досягши заданих розмірів деталі.

Ті, що Підналагоджують - прилади, які через ланцюг зворотного зв'язку роблять підналадку верстата або вимірювального пристрою, що управляє роботою верстата, коли величина контролюваного розміру деталі виходить за допустимі межі. Ті, що Підналагоджують не визначають дійсні розміри оброблюваної деталі, по яких контролюють і підтримують розміри оброблюваних деталей в межах заданого допуску на обробку.

Блокувальні пристрої - контролюють деталі безпосередньо після їх обробки на верстаті. Якщо розміри деталі виходять за задані межі, то блокувальні пристрої подають команду на припинення обробки.

Пристрої контролюючі заготівлі(деталі) перед їх обробкою, перевіряють граничні габаритні розміри і не пропускають на верстат заготівлі, що виходять за допустимі розміри.

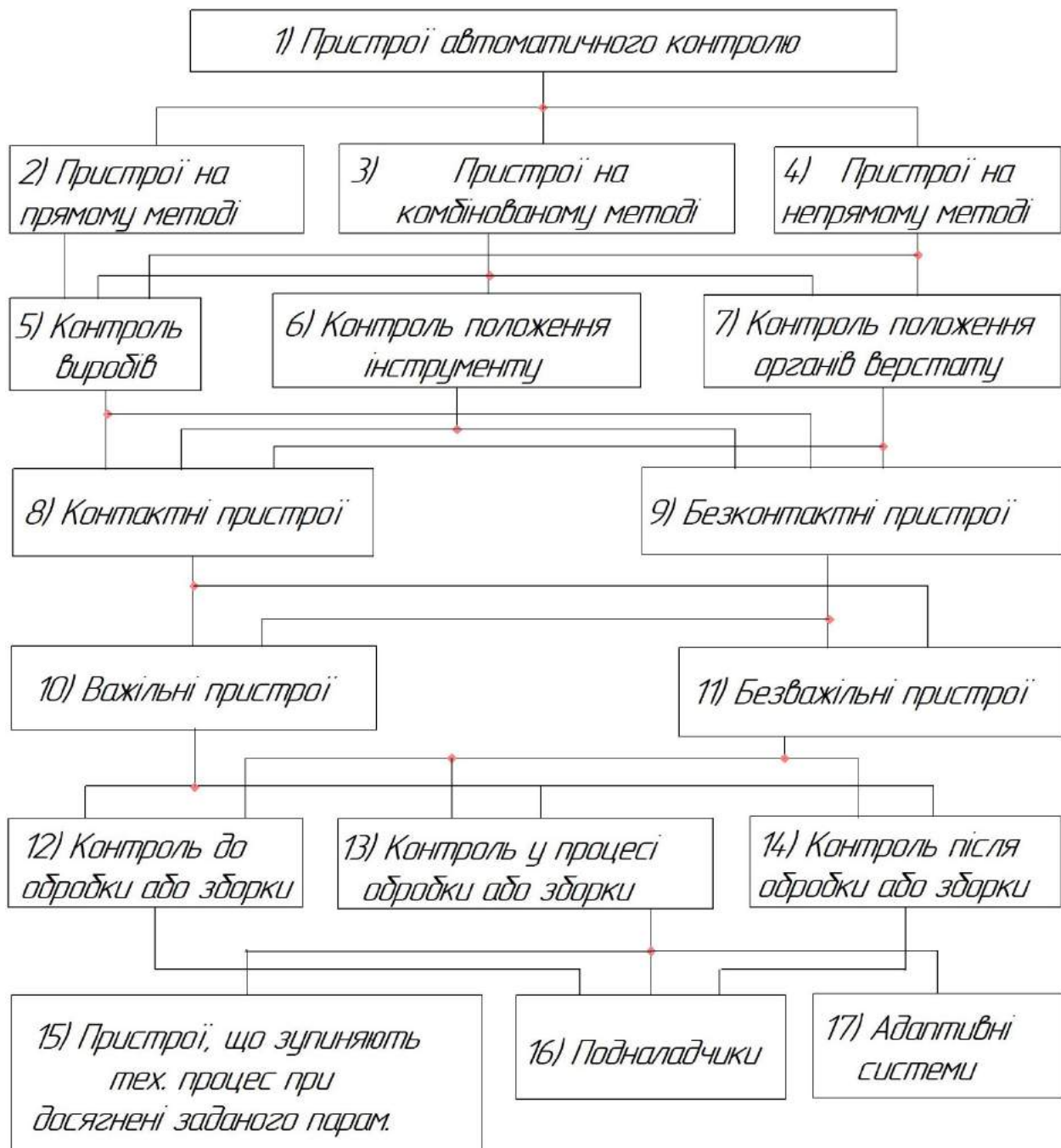


Рисунок 3.2 – Класифікація засобів контролю.

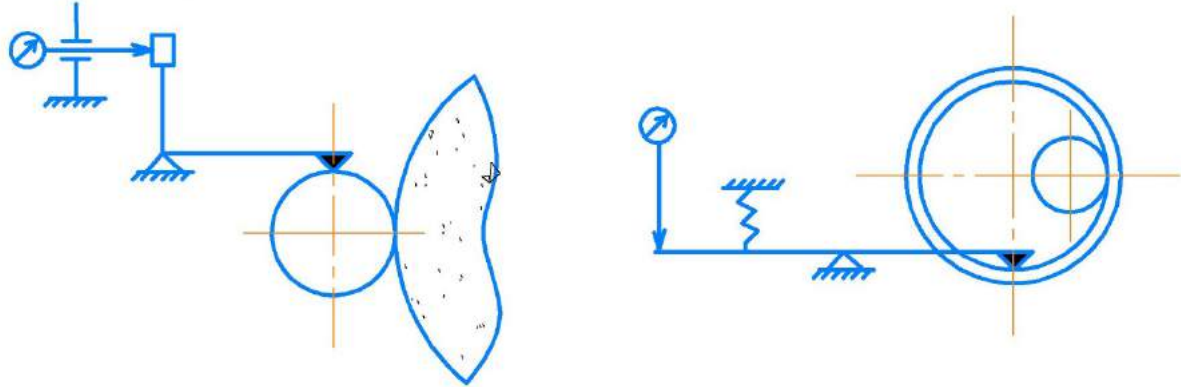
Прилади активного контролю застосовують для прямого і непрямого методів виміру.

Прямий метод - характеризується безпосередньою оцінкою значення вимірюваної величини або відхилень від неї за показниками величини.

Непрямий метод - характеризується оцінкою значень шуканої величини або відхилення від неї за результатами вимірів іншої величини, пов'язаної з шуканою певною залежністю.

Прямий метод має перевагу оскільки виключає додаткову погрішність передачі розміру від проміжної ланки до розміру оброблюваної деталі :

1 – Пристрої, що контактують з вимірюємою поверхнею деталі в 1-ої точці.



2 – Пристрої, що контактують з вимірюємою поверхнею деталі у 2-ох точках.



3 – Пристрої, що контактують з вимірюємою поверхнею деталі у 3-ох точках.

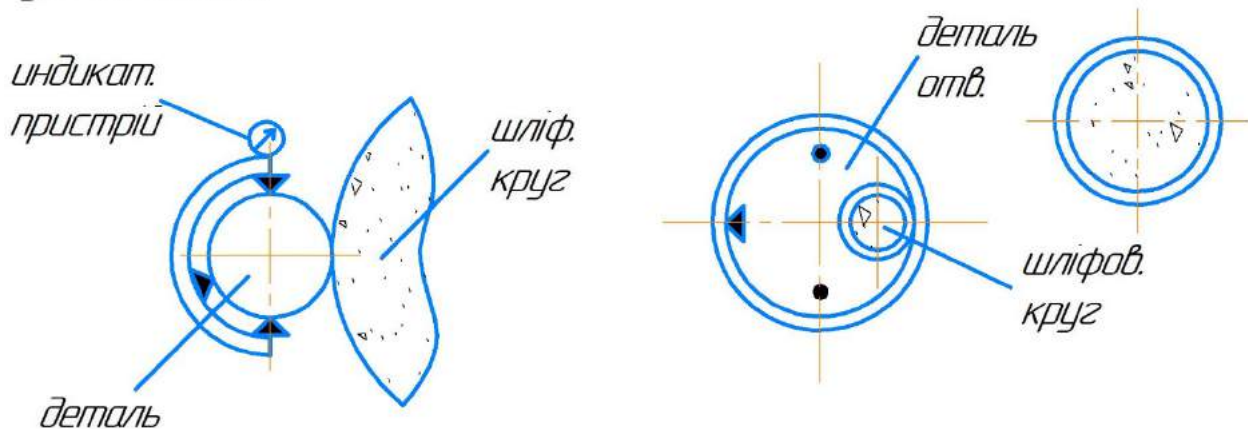


Рисунок 3.3 – Вимірювальні прилади для прямих вимірів

Вимірювальні прилади для прямих вимірів розділяють на 3 види:

Вимірювальні прилади для непрямих вимірів як правило контролюють переміщення вузла верстата різальним інструментом і положення різального інструменту відносно оброблюваної деталі.

Принципова особливість оптичних систем безконтактного виміру полягає в тому, що вимірювальна інформація передається світловим потоком, що проходить через об'єкти. Умови його проходження від різних точок простору предметів неоднакові і, отже, енергетичні характеристики зображення (яскравість, освітленість, контрастність) змінюються від однієї точки об'єкту до іншої. Таким чином, енергія світлового потоку теж деяким чином пов'язана з геометричними параметрами об'єкту. Ця залежність у багатьох випадках стає причиною погрешностей, але може бути використана як спосіб отримання вимірювальної інформації.

Світловий потік може «проходити» через предмет і може освітлювати його, відбиваючись від його поверхні. Для обох випадків можуть бути запропоновані різні варіанти схем, в яких параметри світлового потоку залежать від змін контролюемого розміру.

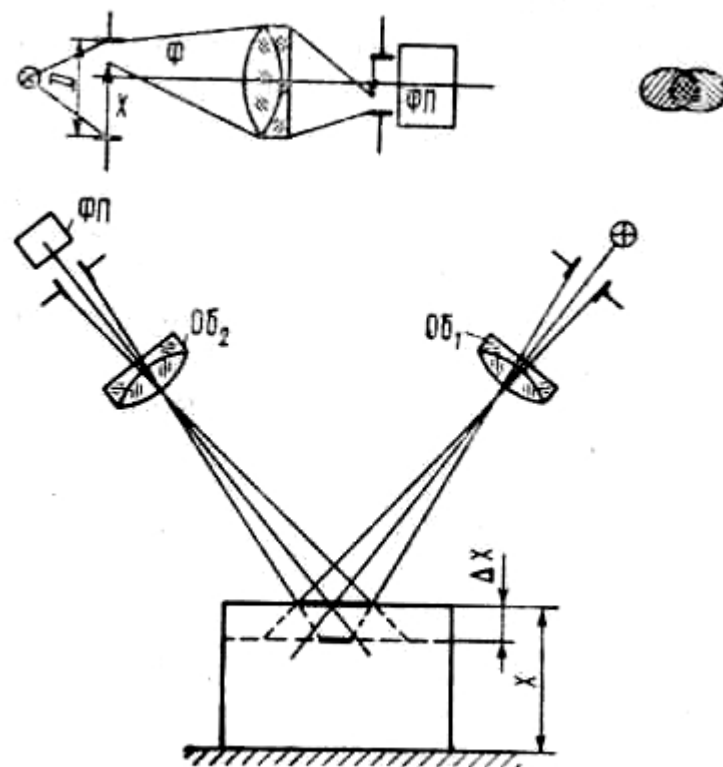


Рисунок 3.4 – Схема оптичної системи безконтактного виміру

На рис. 3.4 показані два способи перетворення зміни розміру X в зміну світлового потоку Φ . В першому варіанті (рис. 1.2а) світловий потік, що проходить через діафрагму D , перекривається предметом розміром X і потік Φ , що потрапляє в об'єктив(O), функціонально пов'язаний з ним. У другому варіанті (рис. 1.2 б) Обх проектує на поверхню об'єкту світлову пляму, Об2 передає зображення світлової плями в площину фотоприймача ФП. Об'єктиви мають однакове поле зору і встановлені так, що при номінальному значенні розміру X обидва поля зору поєднані. При відхиленні його на величину ΔX поле зору Об2 перекриває частину поля зору Обх (рис. 1.2 в), світловий потік через Об2 зменшується.

Слід зазначити, що метрологічні можливості методів отримання вимірювальної інформації по зв'язаних точках багато ширше, ніж методів, заснованих на індикації змін світлового потоку.

Принципи безконтактних вимірів але зв'язаним точкам і відрізкам, можуть бути реалізовані за наявності сукупності пристроїв, що забезпечують отримання і обробку вимірювальної інформації. У найнаближенішому виді ця сукупність може бути представлена тій, що складається з трьох блоків, як показано на рис. 3.5.

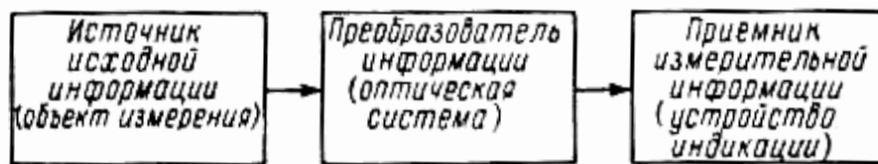


Рисунок 3.5 – Узагальнена схема отримання вимірювальної інформації

Носієм початкової інформації є сам об'єкт виміру. Особливість оптичних безконтактних способів виміру полягає в тому, що безпосередні виміри робляться не на об'єкті, а на його оптичному зображенні. Зображення повинне передавати інформацію про розмір у такому вигляді, який забезпечує її прочитування із заданою точністю. Для цього необхідно дотриматися ряду умов: контрастне виділення точок виміру на зображенні, фіксація взаємного положення об'єкту і вимірювальної системи, збереження умов передачі інформації при зміні об'єкту виміру. Об'єкт з його природними властивостями далеко не завжди задовольняє цим умовам, і для їх виконання вимагається штучними засобами створювати на об'єкті джерело початкової інформації про розмір. Таким чином, об'єкт виміру, завжди залишаючись носієм початкової інформації, не завжди може бути задовільним джерелом її.

Оптична система як перетворювач вимірювальної інформації функціонує в умовах, що відрізняються від тих, які розглядаються в класичній теорії

оптотехники. У найзагальнішому(але зовсім не абстрактному від практичних цілей) сенсі оптична система відображає простір предметів, що містить об'єкт, в простір зображень, що містить образ об'єкту. Але в просторі зображень використовується не уся передавана інформація, а та її частина, яка потрібна для конкретних вимірів. Наприклад, для визначення товщини деталі вистачає знати координати зображень двох точок, що визначають цей розмір, і ця інформація повинна передаватися точно, тоді як інша може бути спотворена без збитку для результату. Таким чином, оптична система будується з урахуванням конкретних умов виміру і вимог, з цих умов витікаючих.

Приймач вимірювальної інформації поняття в даному випадку теж умовне. У найпростішому випадку приймачем може бути око людини, озброєне оптичним облаштуванням індикації. Системи з візуальною індикацією за сучасними уявленнями вважаються малоперспективними. Автоматичні пристрої мають широкі можливості по сприйняттю інформації і її обробці. Наприклад, при ручному способі вимірів(і особливо при контролі) мають бути виключені всякі розрахунки, тоді як електронна система індикації допускає практично будь-які обчислювальні операції.

Оптичне перетворення вимірювальної інформації і прочитування її в просторі зображень є послідовністю операцій, що розрізняються фізичними принципами виконання їх, способами конструктивної реалізації і характером дії на передавану інформацію.

На рис. 3.6 приведена повна блок-схема системи, що відбиває усю сукупність операцій при безконтактних вимірах:

- формування початкової інформації на об'єкті виміру;
- побудова оптичного зображення об'єкту виміру;
- виділення необхідної інформації;
- індикатирування положення точок відліку в просторі зображень;
- зняття відліків;
- обчислення результату вимірів.

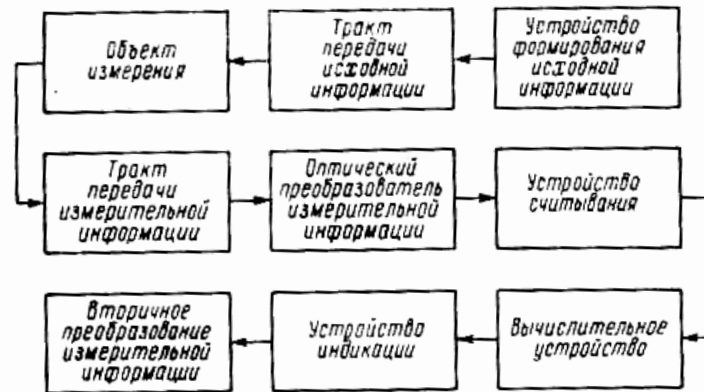


Рисунок 3.6 - Повна блок-схема системи, що відбиває усю сукупність операцій при безконтактних вимірах

Облаштування формування початкової інформації є оптичною системою, яка проектує на поверхню об'єкту марку(пляма, штрих, сукупність штрихів і т. п.), що світиться, контрастно виділяється на тлі об'єкту. Крім того, цей пристрій орієнтує елементи виміру(точки і лінії об'єкту) в нерухомій системі координат. Часто оптична система облаштування формування інформації ідентична оптичній системі перетворення вимірювальної інформації.

Від облаштування формування інформації до поверхні об'єкту світловий потік проходить по тракту передачі, де можливі різні дії на нього(розсіяння, рефракція). Об'єкт виміру як ланка в схемі отримання вимірювальної інформації характеризується оптичними властивостями поверхні : коефіцієнтом відображення, індикатрисою розсіяння, постійністю їх в межах поверхні одного об'єкту і при переході від одного об'єкту до іншого. Ці характеристики істотно впливають на якість вимірів і принципові рішення елементів вимірювальної системи.

Від об'єкту виміру до приймальної оптичної системи світловий потік проходить через тракт передачі, перешкоди тут можуть позначатися інакше, ніж на шляху до об'єкту від формувача початкової інформації.

Вторинне перетворення вимірювальної інформації може бути теж оптичним у разі візуальної індикації або фотоелектричним, т. е. перетворенням світлового потоку в електричним сигнал.

Облаштування індикації виконує функцію визначення координат точки виміру в просторі зображень. Ця функція включає дві операції: наведення на точку виміру і відлік координат, але вони пов'язані між собою нерозривно і тому представлені на схемі однією ланкою.

Обчислювальний пристрій і облаштування прочитування результату функціонально не пов'язані з процесом виміру, їх допустимо розглядати як зовнішні допоміжні пристрої. Для візуальних систем, наприклад, вони можуть бути виконані у вигляді таблиць або графіків.

Існують два різновиди схем вимірів: для систем, що містять облаштування формування початкової інформації, і систем, що не мають його. Перші називають системами активного, а другі — системами пасивного типу. Відмінність між ними полягає головним чином в способах індикації положення точок і ліній.

Технічна реалізація безконтактних вимірів методами геометричної оптики можлива трьома варіантами: безпосередня індикація (за пасивним типом) положень M_1 і M_2 (див. рис. 3.7), завдання світлового потоку, що змінюється пропорційно переміщенню L , проектування штрих-марки, що світиться, на край об'єкту виміру.

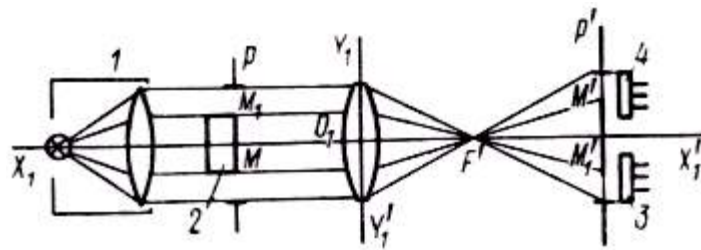


Рисунок 3.7 – Перетворення лінійних переміщень в зміну світлового потоку

Перетворення лінійних переміщень в зміну світлового потоку принципово здійснюється простими засобами. Світловий потік від освітлювача 1 (див. рис. 3.7) проектує через об'єктів O_1 тіньове зображення країв об'єкту виміру 2 в площину P' . Розмір зображення $M'M'_1$ визначається по співвідношенню освітлених і затінених ділянок фотоприймачів 3 і 4.

Проектування штрих-марки, що світиться, на край об'єкту виміру (рис. 3.8), по суті, дасть такий же ефект, як в попередньому варіанті, але схема в даному випадку виходить компактною і більше універсальною: вона дозволяє робити вимір будь-яких елементів (пазів, отворів, виступів) на поверхні об'єкту.

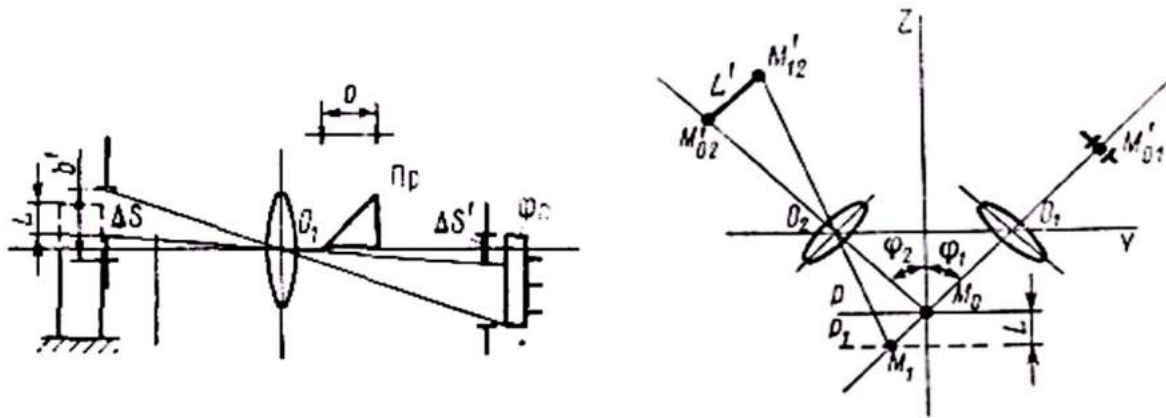


Рисунок 3.8 – Більш компактні схеми безконтактних вимірів

Третій варіант – зміщення марки, що світиться, по перпендикуляру до оптичної осі приймального об'єкту. Така схема виміру реалізується при розташуванні оптичних осей проєктуючого п приймального об'єктивів під прямим кутом (рис. 3.8),

Безконтактні фотоелектричні мікрометри можуть використовуватися для вимірів в динамічному режимі. Інерційні властивості системи виміру при цьому визначаються тільки фізичними характеристиками фотоприймачів.

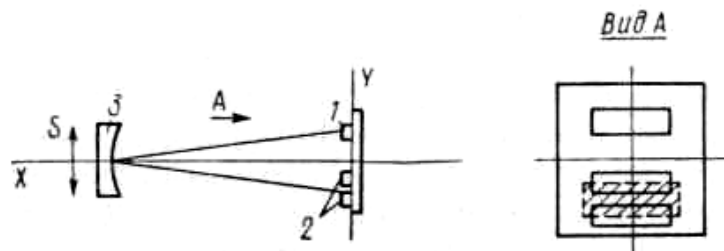


Рис. 4.18.

Рисунок 3.9 – Схема безконтактного фотоелектричного мікрометра

Оригінальні рішення облаштувань позиціонування і завдання малих переміщень рухливих ланок механізмів запропоновані на основі оптронних пар. Оптрона пара є конструктивною сукупністю напівпровідникових випромінювача 1 і фотоприймача 2 (рис. 3.9) на загальній підкладці. Така пара, поміщена в малогабаритному корпусі, без зусиль може бути закріплена на нерухомій частині механізму. На рухливій ланці механізму закріплюється мініатюрне сферичне дзеркало. Відстань від оптронної пари до вершини дзеркала має дорівнювати радіусу його кривизни.

При такому розташуванні дзеркало проектує зображення світлодіода в площину оптронної пари. Переміщаючись паралельно їй в площині креслення, дзеркало прийме таке положення, коли зображення світлодіода поєднається з диференціальним фотоприймачем 2. Це положення може відтворюватися з високою точністю. На нерухомій частині механізму може бути встановлено декілька оптронних пар по числу точок позиціонування рухливої ланки.

4 СПЕЦЗАВДАННЯ

Особливості внутрішнього шліфування

Одним з основних шляхів вдосконалення абразивної обробки є створення інструментів, що дозволяють понизити тепловиділення в зоні різання. Цілісні переривчасті круги, здатні зменшити температуру в поверхневому шарі до значень нижче критичних, при яких не відбуваються фазові і структурні зміни в оброблюваному матеріалі, разом з позитивними сторонами мають і недоліки:

- шліфування переривчастими кругами призводить до утворення потужніших аеродинамічних потоків навколо інструменту, що обертається, чим при роботі стандартних кругів;

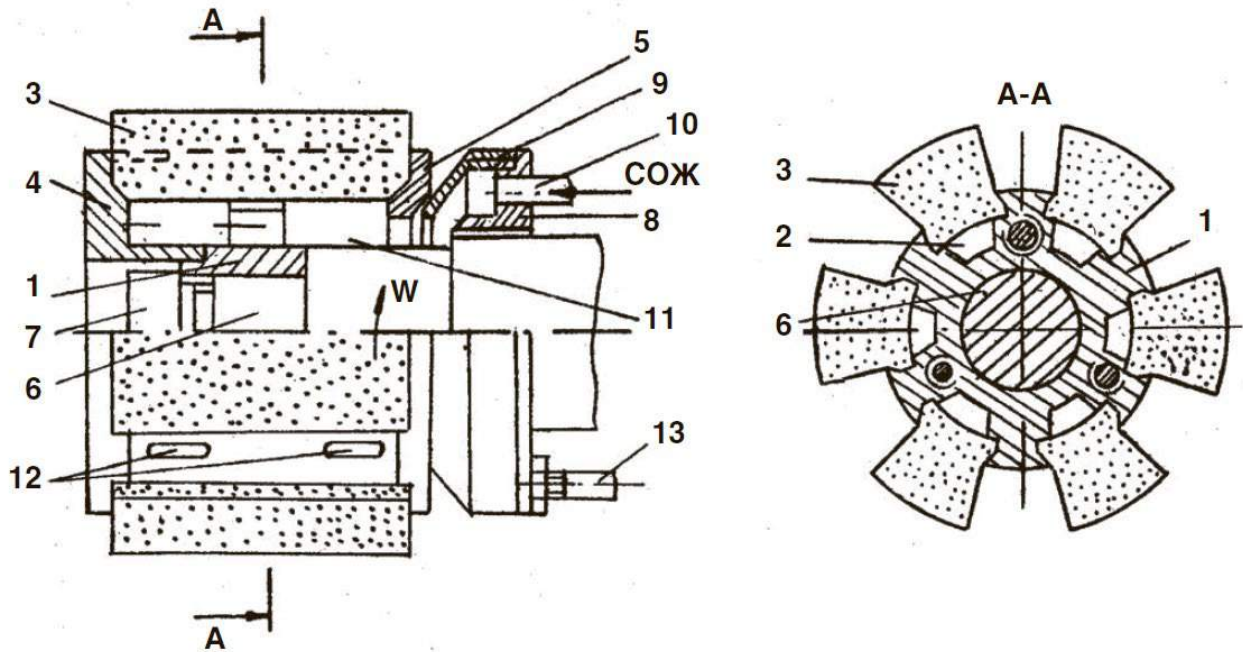
- виконання западин на робочій частині абразивного круга знижує механічну міцність інструменту в порівнянні із звичайним кругом із-за зменшення площі перерізу абразивного матеріалу, що несе; низька міцність кругів не дозволяє інтенсифікувати режими шліфування із-за небезпеки руйнування інструменту під дією значних сил різання;

- більш високий рівень вібрацій технологічної системи призводить до утворення на поверхні обробленої деталі більш високої хвилястості, погіршує мікро і макрогеометрію, а також знижує довговічність шліфувального устаткування;

- нераціонально використовується абразивний матеріал — після зношування різальних виступів велика частина круга йде у відходи.

Вдосконалення абразивного інструменту може здійснюватися розробкою не лише цілісних переривчастих, але і збірних(сегментних) абразивних кругів. Використання металевого корпусу, що несе, і абразивних різальних сегментів дозволяє вирішити питання підвищення механічної міцності переривчастого абразивного інструменту. Розривні швидкості для серійних кругів знаходяться в межах 60-120 м/с, а для збірних кругів — 100-250 м/с. Проф. Г. Б. Лур'є відмічав, що створення збірних конструкцій абразивних кругів є одним з шляхів вдосконалення процесу шліфування, оскільки ці круги дозволяють більш повно використати абразивний матеріал, інтенсифікувати підведення СОЖ і поліпшити відведення тепла. Проф. Л. Н. Филимонов, аналізуючи конструкції збірних кругів і відмічаючи їх недоліки(складність конструкції, підвищений рівень вібрації технологічної системи та ін.), проте, приходять до висновку, що збірні абразивні круги нині є найбільш перспективним інструментом для роботи на швидкостях різання 100-200 м/с. Досліджуючи способи подання СОЖ і механізм її попадання в зону контакту абразивного круга і заготівлі, проф. В. Г. Гусєв відмічає, що

істотного підвищення ефективності дії СОЖ можна добитися при використанні збірної конструкції абразивного інструменту при поданні рідини між сегментами через отвори в корпусі круга. В цьому випадку підведення СОЖ здійснюється у безпосередній близькості від зони обробки, що підвищує ефективність її дії.



1 — корпус; 2 — паз корпусу; 3 — абразивний сегмент; 4, 5 — кришки; 6 — шпиндель; 7 — болт; 8 — фланець; 9 — конічна гайка; 10 — трубопровід; 11 — порожнина інструменту; 12 — подовжні щілини; 13 — стержень.

Рисунок 4.1 - Конструкція збірного абразивного круга з переривчастою різальною поверхнею і пристроєм для подання СОЖ.

Як приклад розглянемо конструкції збірних абразивних кругів, запропоновані проф. В. Г. Гусевим. Конструкція збірного абразивного круга, призначеного для обробки отворів, представлена на Рис. 4.1.

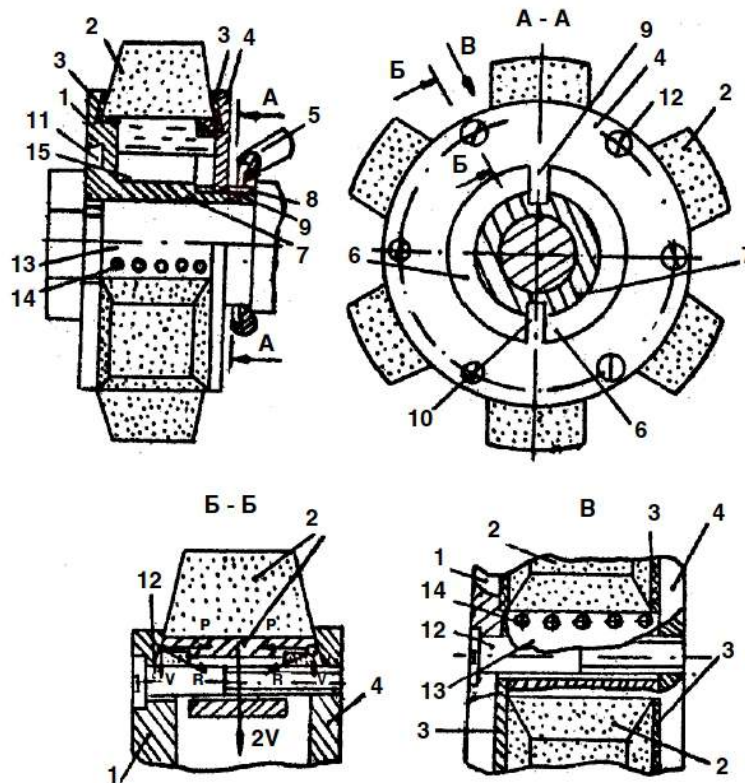
Круг складається з корпусу 1, що має Т-подібний подовжній переріз. У пази 2 вставлені абразивні сегменти 3, закріплені в корпусі кришками 4, 5 за допомогою гвинтів. Круг встановлений на шпинделі 6 і закріплений болтом 7. Пристрій для подання мастильно-охолоджувальної рідини в зону різання є фланцем 8, на зовнішню різбову поверхню якого нагвинчує конічна гайка 9. Мастильно-охолоджувальна рідина, що поступає по трубопроводу 10, проходить в порожнину 11 інструменту, а звідти під дією швидкого обертання круга поступає через пори сегментів і подовжні щілини 12, виконані на периферії корпуси 1, в зону різання. Стержні 13 кріплять пристрій для подання СОЖ на нерухомій частині шпинделя.

Як впливає з конструктивної схеми, для установки збірної абразивного круга на верстат і подання СОЖ через конструкцію не потрібно модернізації існуючих шпинделів і інших вузлів шліфувальних верстатів.

В процесі обертання круга в порожнині 11 створюється розрідження, внаслідок чого СОЖ всмоктується всередину круга і звідти викидається в зону різання, чинячи ефективну мастильну, миючу і охолоджувальну дію. Ефективна дія СОЖ спільно з потужними аеродинамічними потоками, генерованими збірними абразивними кругами з переривчастою різальною поверхнею, забезпечує інтенсивний тепловідвід із зони різання і зменшує усереднену температуру оброблюваної поверхні заготівлі на 120-200%, контактну температуру — до 300%, імпульсну, — до 280%. Таке істотне зниження тепловиділення в заготівлі дозволяє призначити форсовані режими різання і зменшити розтягуючу залишкову напругу в поверхневому шарі в 2-3 рази. Окрім цього, збірні абразивні круги зменшують знос алмазу при правках в 2-2,8 разу і витрата абразиву. Шліфування збірними абразивними кругами характеризується зменшенням енергетичних показників процесу.

Складове сили різання P_y і P_z менше на 40-60% при обробці збірними кругами в порівнянні з кругами для безперервного різання. Вказане зниження сил різання відбувається за рахунок утворення фронтальної поверхні, кращого розміщення стружки, змащуючої, охолоджувальної і миючої дії СОЖ, меншого засалювання робочої поверхні сегментів.

Шліфування на форсованих режимах різання вимагає високої міцності інструменту, зокрема, абразивних сегментів. Збільшення міцності різальних сегментів з одночасним поданням СОЖ в зону різання через конструкцію круга привело до створення збірної абразивного круга, представленого на малюнку 4.2.



1 — корпус; 2 — абразивний сегмент; 3 — пружний елемент; 4 — кришка; 5 — трубопровід; 6 — щілина; 7 — посадочна втулка; 8 — подовжній паз; 9, 10 — радіальні ділянки; 11 — кільцева канавка; 12 — гвинт; 13 — планка; 14 — отвір; 15 — приймальна порожнина.

Рисунок 4.2 - Збірний абразивний круг з кріпленням різальних сегментів по чотирьох сторонах.

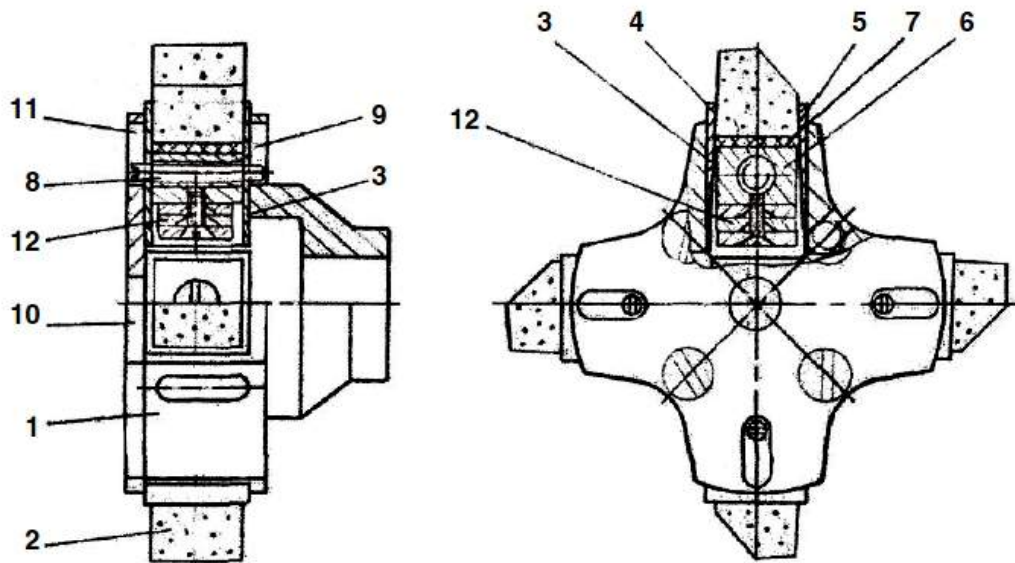
Цей круг складається з корпусу 1, абразивних сегментів 2, пружних елементів 3, завулканизированих в кришці 4 і корпусі 1. Трубопровід 5, виконаний у вигляді тора і такий, що має кільцевий проріз, служить для подання СОЖ через щілини 6, утворені зовнішньою циліндричною поверхнею посадочної втулки 7 корпусів 1 і внутрішньою виїмкою кришки 4. Для подолання моменту, що крутить, і сил різання у втулці 7 виконані подовжні пази 8, в які входять радіальні ділянки 9, 10 кришок 4. У корпусі круга виконана кільцева канавка 11 для розміщення в ній сухарів балансувань. Між абразивними різальними сегментами розміщені стягуючі гвинти 12, на які встановлені з проміжком кріпильні планки 13 з просвердленими отворами 14 для подання СОЖ з приймальної порожнини 15 в зону різання.

При стяганні корпусу 1 і кришки 4 гвинтами 12 скріплюються сегменти по усіх чотирьох сторонах. По бічних сторонах кріпляться конічними ділянками кришки і корпусу, по двох поверхнях, що залишилися, — планками 13.

Шліфування цим кругом на форсованих поданнях вимагає окрім зміцнення різальних елементів також зміцнення металоконструкції круга. Для цієї мети

кришка 4 забезпечена радіальними ділянками 9, 10, які входять в пази 8 втулок корпусу. При шліфуванні СОЖ поступає в трубопровід 5, далі через щілини 6 — в приймальну порожнину 15, а з неї через отвори 14 — в зону різання, охолоджуючи заготовлю.

Нині також відома розроблена конструкція збірного абразивного інструменту з радіально-рухливими сегментами для внутрішнього шліфування, зображена на Рис. 4.3, дозволяюча ефективно обробляти отвори в деталях машин.



1 — корпус; 2 — абразивний сегмент; 3 — обойма; 4, 5 — похилі бічні ділянки абразивних сегментів; 6 — фіксатор; 7 — прокладення; 8 — вісь фіксатора; 9 — паз корпусу; 10 — кришка; 11 — паз кришки; 12 — вантаж.

Рисунок 4.3 - Збірний абразивний інструмент з радіально-рухливими сегментами для внутрішнього шліфування.

Інструмент конструктивно складається з корпусу 1, абразивних сегментів 2, закріплених і утримуваних в металевих обоймах 3 за рахунок похилих бічних ділянок 4, 5 і фіксатора 6, що взаємодіє з сегментом 2 через пружне прокладення 7. Фіксатор 6 кріпиться в обоймі 3 віссю 8, яка одночасно є обмежувачем ходу обойми 3 в пазах 9, 11 корпусів 1 і кришки 10 інструменту. На фіксаторі 6 закріплені вантажі 12, що дозволяють регулювати зусилля притиснення абразивних сегментів 2 до заготовки шляхом зміни їх маси.

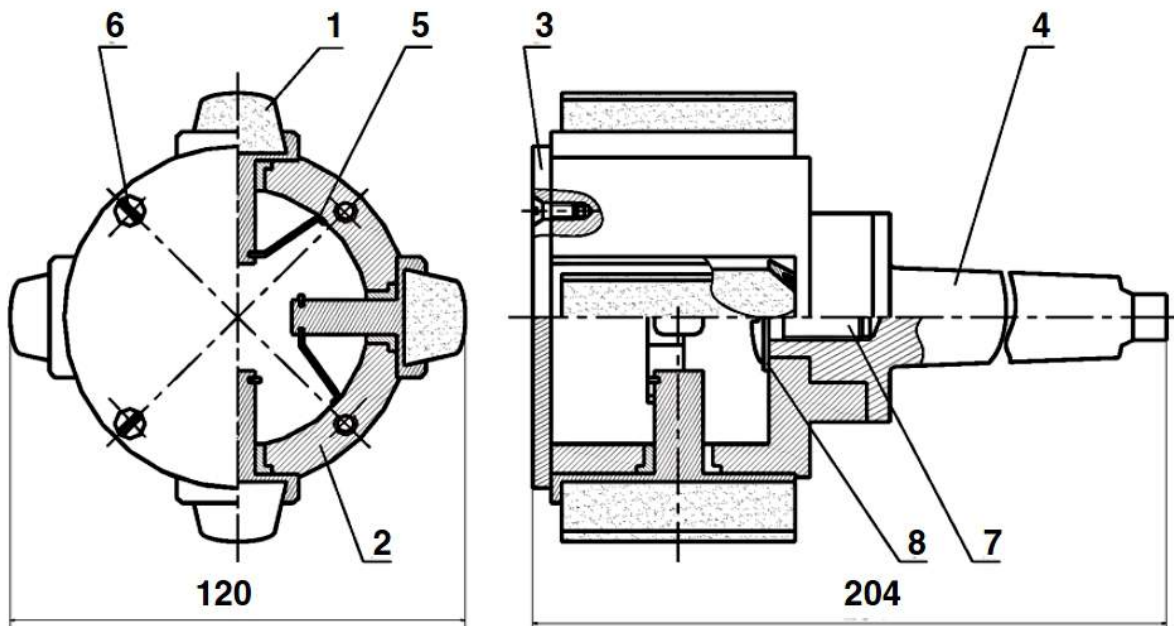
Принцип роботи : інструмент розташовується співісній оброблюваній заготовці, включається подання СОЖ і здійснюються необхідні рухи формоутворення. Подання СОЖ походить з нерухомого трубопроводу через

осьовий отвір в кришці у внутрішню порожнину збірного інструменту, звідки через канали в корпусі інструменту рідина переміщається до шліфованої заготівлі.

Представлена конструкція розширює технологічні можливості інструменту за рахунок використання одного і того ж круга для здійснення чорнових, напівчистових, чистових і обробних видів обробки.

Проте, усі розглянуті вище конструкції збірних абразивних кругів мають конструктивні і технологічні недоліки. Наприклад, складні конструкції кріплення абразиву в обоймі, тривалий і трудомісткий процес заміни абразивного сегменту. На підставі проведених досліджень було запропоновано дві нові конструкції збірного абразивного інструменту.

Перший круг, представлений на Рис. 4.4, складається з корпусу 2, збірних абразивних сегментів 1 і кришки 3, що кріпиться до корпусу за допомогою гвинтів 6.

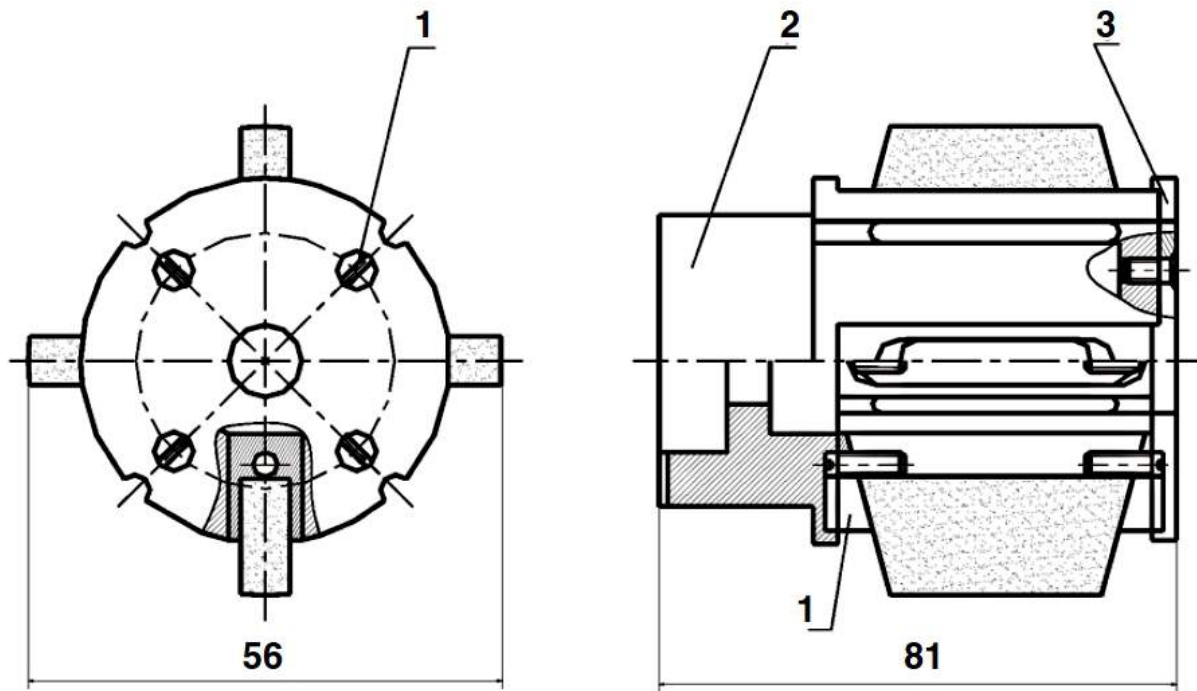


1 — абразивний сегмент, 2 — корпус, 3 — кришка, 4 — гвинти.

Рисунок 4.4 - Збірний абразивний круг.

Сегменти закріплені в обоймі за рахунок похилих бічних поверхонь і фіксатора, що дозволяє робити заміну абразивного сегменту без розбирання круга. Від випадання обойму утримує пружна пластина 5, одягана на кільцеподібну виточку пальця(стержня) обойми, яка є одночасно обмежувачем ходу сегменту. Корпус і кришки інструменту мають циліндричний профіль, що спрощує виготовлення інструменту.

Другий збірний абразивний круг, представлений на Рис. 4.5, призначений для обробки малих отворів (від 30 мм). Круг складається з корпусу 1, в який встановлюються збірні сегменти 2. Хід сегментів обмежується пазами в корпусі і кришці 3, по яких переміщається осі шліфувального блоку. Осі також виконують і іншу функцію — утримують сегмент від випадання. На цю конструкцію абразивного круга розроблена уся технологічна і конструкторська документація.



1 — абразивний сегмент, 2 — корпус, 3 — кришка, 4 — гвинти.

Рисунок 4.5 - Збірний абразивний круг.

Розглянемо на прикладі внутрішнє шліфування збірним абразивним кругом з радіально-рухливими сегментами Рис. 4.6, здійснюваного в закритій проточній ємності з високими швидкостями різання.

може бути реалізоване тільки при використанні процесу шліфування в проточній ємності з СОЖ.

Шліфування в ємності з високими швидкостями різання і, відповідно, високими швидкостями обмивання СОЖ заготівлі, повинно привести до того, що шорсткість поверхні буде мінімальною із-за збільшення площі контакту сегментів і заготівлі, що призводить до зменшення перерізів зрізу, що доводяться на одиничне абразивне зерно.

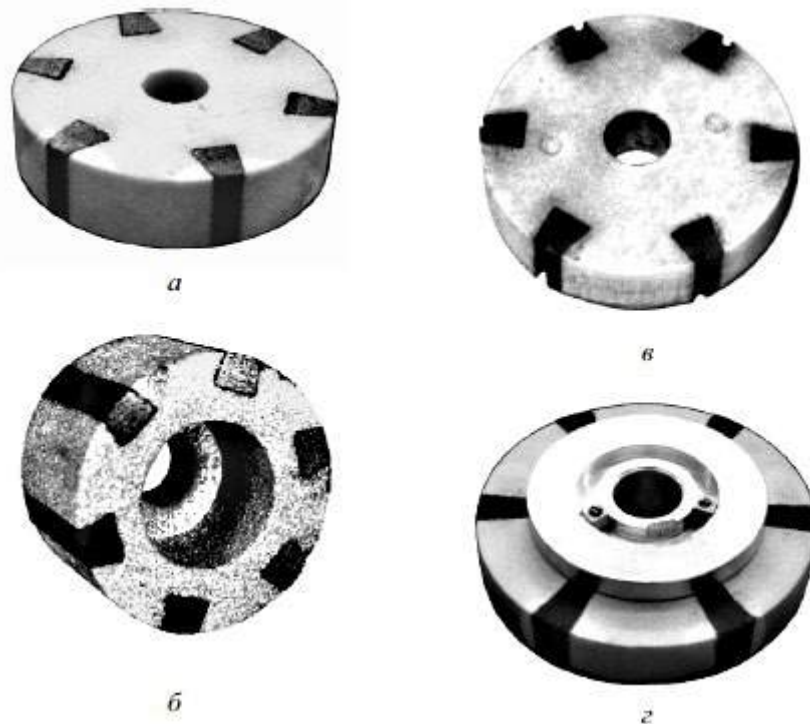
При шліфуванні в проточній ємності з СОЖ по ідеї повинне відзначатися істотне зменшення відхилення від круглої оброблених отворів. Це пояснюється рівністю діаметрів оброблюваного отвору і різальної поверхні інструменту, а також стабілізацією радіальної складової сили різання, практично недосяжної при переривчастому шліфуванні існуючим інструментом.

Крім того, шліфування новим збірним абразивним інструментом повинно забезпечити утворення стискувальної залишкової напруги, оскільки тут має місце інтенсивна пластична деформація металу при незначному тепловиділенні.

Шліфувальні круги з переривчастою різальною поверхнею умовно можна розділити на композиційні (Рис. 4.7 а, б, г) і комбіновані (Рис. 4.7 в). Робоча поверхня переривчастих шліфувальних кругів, розроблених професором А. В. Якимовим, виконана у вигляді різальних виступів, що чергуються, і западин. У композиційних шліфувальних кругів, створених колективом авторів на чолі з Н. А. Чалим, западини на робочій поверхні круга заповнені твердим мастилом. Комбіновані шліфувальні круги, розроблені Д. Л. Скуратовим і В. Н. Трусовим, є симбіозом переривчастих і композиційних кругів. У смазующо-охолоджувальних елементах (сегментах) цих кругів перед різальними виступами виконані западини. Смазующо-охолоджувальні елементи (ШОЕ) композиційних і комбінованих кругів найчастіше виконуються з сумішей на основі графіту марок ГЛ-І, ГЛ-ІІ або дисульфиду молібдену (MoS_2), в якості єдиного яких використовуються фенолформальдегідні смоли.

Шліфувальні круги з переривчастою різальною поверхнею можуть бути складеними з нероз'ємними з'єднаннями його частин і збірними - з роз'ємними з'єднаннями.

Нині розроблені різні конструкції шліфувальних кругів з переривчастою різальною поверхнею (Рис. 4.7), авторами, багатьох з яких являються А. В. Якимов, Н. А. Чалай, Ф. П. Урывский, В. Н. Боягузів, В. Г. Гусев, И. Г. Попов, Д. Л. Скуратов, Ю. А. Копытин, Ю. А. Шабалин та ін.



а, б - складені композиційні; у - складений комбінований; г - збірний композиційний
Рисунок 4.7 - Абразивні круги для круглого внутрішнього шліфування.

З ускладненням конструкції шліфувальних кругів все актуальніше стає завдання розрахунку їх на міцність, що необхідно для визначення швидкості, при якій відбувається руйнування інструменту, і робочої швидкості круга. Програма ANSYS дозволяє вирішити це завдання з можливістю параметризації геометричних параметрів шліфувальних кругів.

Враховуючи вищевикладене, були створені розрахункові моделі для суцільних, цілісних переривчастих і складених композиційних кругів форми «ПП» і «ЧЦ». При розрахунку кругів на міцність використовувався метод кінцевих елементів, а в якості інструменту, досконало оперуючим цим методом, програма ANSYS. Оскільки шліфувальний круг є симетричним тілом, то при розрахунку його на міцність досить розглянути окремий сегмент із заданими умовами симетрії.

Відповідно до ГОСТ 12.3.028-82 швидкість шліфувального круга при випробуванні його на міцність обертанням повинна в 1,5 разу перевищувати робочу швидкість круга.

Тому сегменти кругів навантажувалися полем відцентрових сил і розподіленим навантаженням, що діє по торцях шліфувального круга і затягування, що виникає від зусилля, при закріпленні круга між фланцями.

Побудова твердотілих моделей кругів і регулярної сітки кінцевих елементів, завдання властивостей матеріалів і граничних умов симетрії, моделювання обмежень і умов вантаження реалізована у вигляді послідовності команд, що сприймаються програмою ANSYS і записаних в звичайному текстовому файлі. Тобто розрахункові моделі для вищезгаданих конструкцій кругів представлені у вигляді текстових файлів. Відкривши файл, користувач має можливість задавати усі геометричні параметри круга, а також умови вантаження.

В результаті проведення серії розрахунків може бути знайдене оптимальне значення зусилля затягування для кожного конкретного круга, при якому має місце мінімальна напруга в області посадочного отвору круга.

Наприклад, підбір оптимального зусилля закріплення переривчастого круга привело до того, що максимальна напруга в крузі знизилася з 19,4 МПа до 17,9 МПа, тобто майже на 8%. Результат останнього розрахунку представлений на Рис. 4.8.

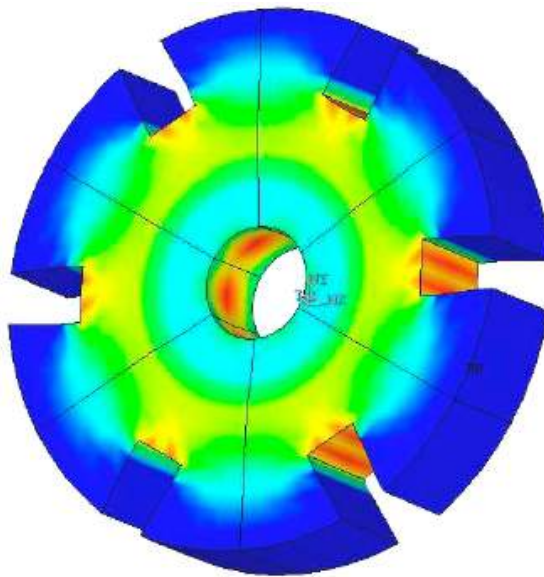


Рисунок 4.8 - Розподіл окружної напруги в переривчастому крузі з урахуванням зусилля закріплення

Розрахунок дозволяє визначити розподіл напруги в крузі при різних частотах його обертання і розривну швидкість при досягненні окружною напругою значень, рівних межі міцності при розтягуванні.

Зіставлення результатів розрахунку шліфувальних кругів на міцність з результатами експериментальних досліджень ВНИИШа і власних досліджень авторів показало, що розбіжність не перевищує 10.15 %.

На першому етапі створюється об'ємна параметрична модель круга. Деякі елементи геометрії спрощені, оскільки це практично не позначається на напруженому стані круга. Для розрахунку досить побудувати модель сегменту круга, оскільки подальше застосування граничних умов симетрії дозволяє розраховувати шліфувальний круг як єдине ціле. Об'ємна геометрична модель сегменту представлена на Рис. 4.9.

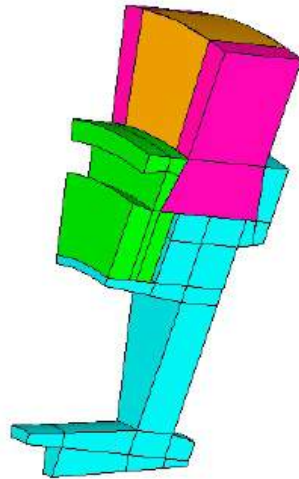


Рисунок 4.9 - Об'ємна модель сегменту збірної композиційного круга

У центрі знаходиться абразивний сегмент, а по краях половинки графітових вставок, саме такий сегмент має кругову симетрію. Уся модель розбита на елементарні об'єми для можливості створення впорядкованої сітки кінцевих елементів.

На другому етапі до побудованої геометричної моделі прикладаються граничні умови і навантаження :

– граничні умови:

1) круг закріплюється по втулковому перерізу, шляхом заборони переміщень по усіх осях;

2) умови симетрії задаються по бічних поверхнях сегменту;

3) у місцях зіткнення поверхонь абразивних і смазующо-охлаждаючих елементів з корпусом і притискним фланцем в ANSYS створюються контактні пари

– навантаження:

1) відцентрове навантаження задається частотою обертання круга;

2) зусилля затягування гвинтів, що стягують скупуватий фланець і корпус, задається тиском, прикладеним до відповідних поверхонь.

На третьому етапі створюється впорядкована сітка кінцевих елементів.

На четвертому етапі робиться розрахунок. Швидкість обертання круга, використовувана при розрахунках, близька до швидкості, відповідної розривної швидкості круга. Для аналізу впливу зусилля затягування гвинтів була проведена серія розрахунків з послідовним зменшенням цього зусилля від максимального значення, що допускається кожним гвинтом, до величини, що становить 30 % від вищезгаданих значень.

Результати розрахунку показали, що зміна цього параметра впливає в основному на напругу в зонах 1 і 2 (Рис. 4.10). У цих зонах спостерігається напруга стискування, тоді як в зоні 3 має місце напруга розтягування. Оскільки межа міцності на розтягування значно менше межі міцності на стискування, то, отже, найбільш небезпечною буде напруга в зоні 3. Тобто міцність круга визначається напругою в зоні 3, а оскільки зміни зусилля затягування гвинтів слабо впливають на напругу в цій зоні, то можна зробити висновок про незначний вплив досліджуваного параметра на міцність круга.

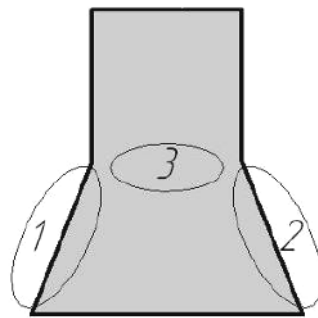


Рисунок 4.10 - Характерні зони в абразивному і такому, що смазующе-охлаждаючем сегментах

На Рис. 4.11 представлені залежності напруги в зонах 1, 2, 3 залежно від зусилля затягування гвинтів притискного фланця. Крім того, отримана залежність максимального зміщення елементів круга від зусилля затягування гвинтів притискного фланця (Рис. 4.12).

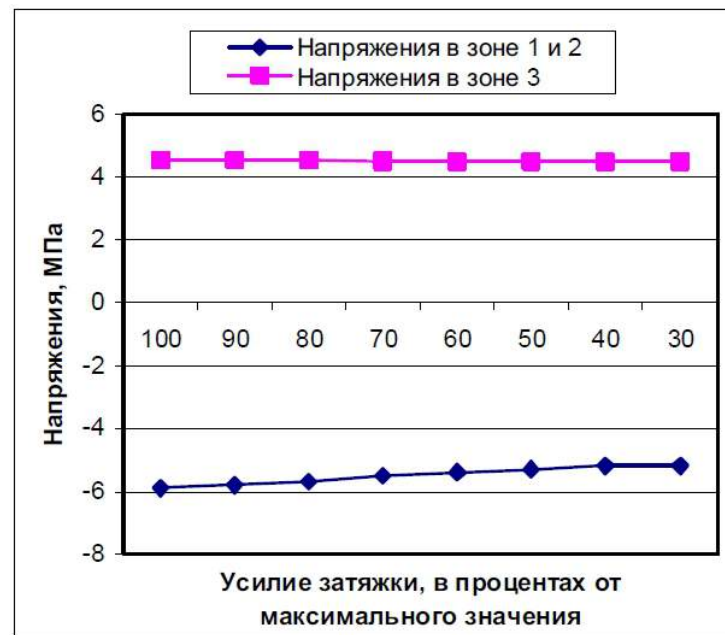


Рисунок 4.11 - Залежності напруги в зонах 1, 2 і 3 від зусилля затягування гвинтів притискного фланця



Рисунок 4.12 - Залежності максимального зміщення елементів круга від зусилля затягування гвинтів притискного фланця

Таким чином, створені розрахункові моделі, що дозволяють робити розрахунок на міцність шліфувальних кругів вищезгаданих конструкцій при різних геометричних параметрах і умовах вантаження.

Встановлено, що за рахунок підбору оптимального зусилля затягування при закріпленні суцільних і складених кругів можна підвищити розривну окружну швидкість на 8.10%.

5 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

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

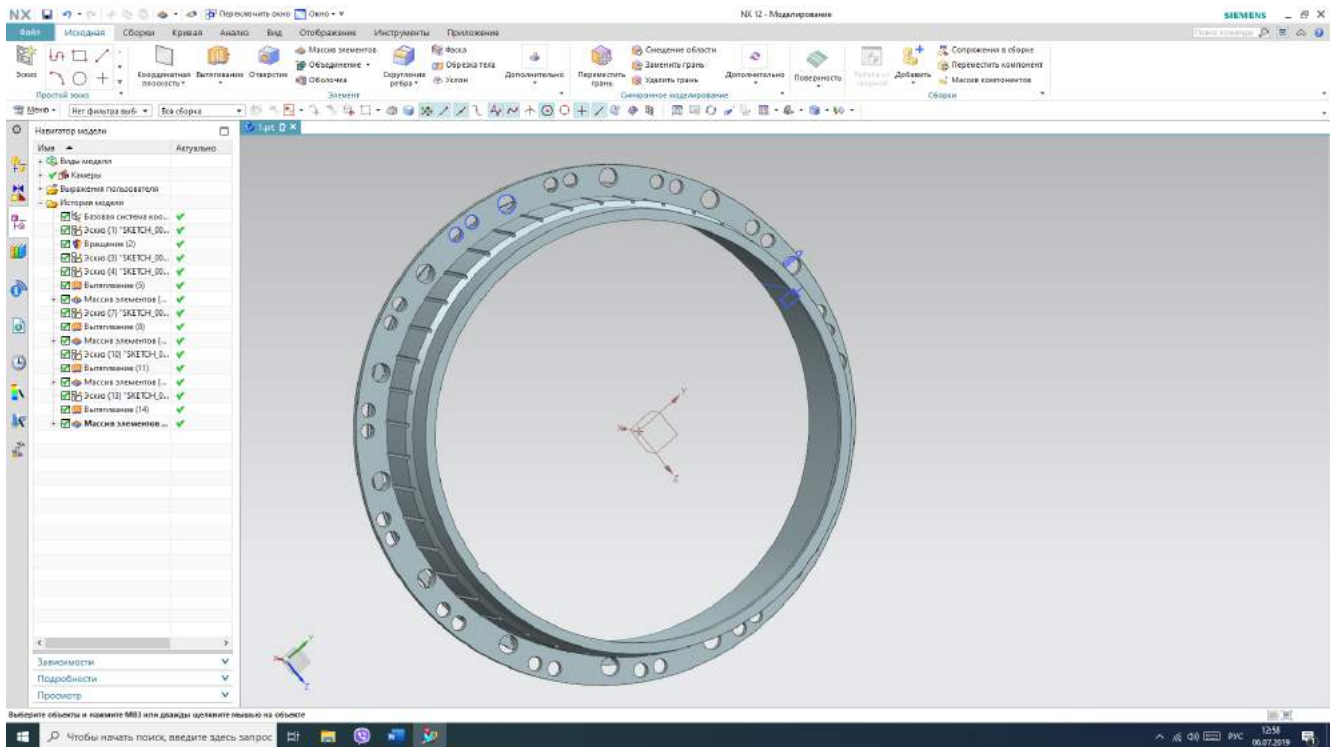


Рисунок 5.1 – Трьохвимірний модель переходника регулятора

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

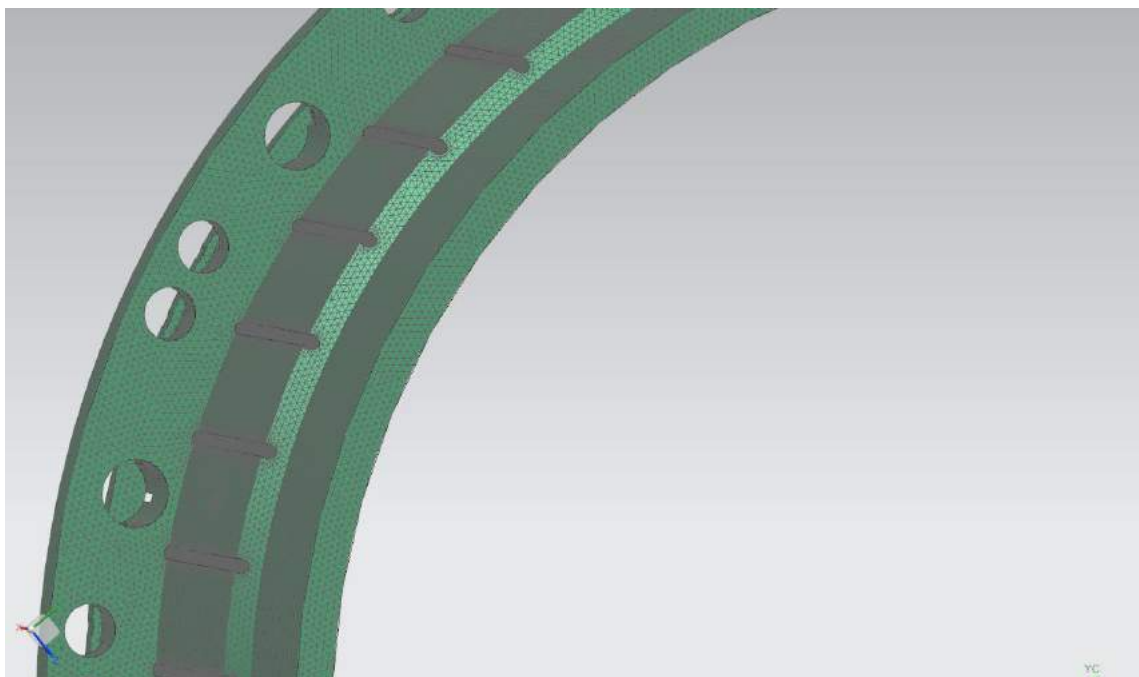


Рисунок 5.2 – Модель диска розбита на сітку нінцевих елементів

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

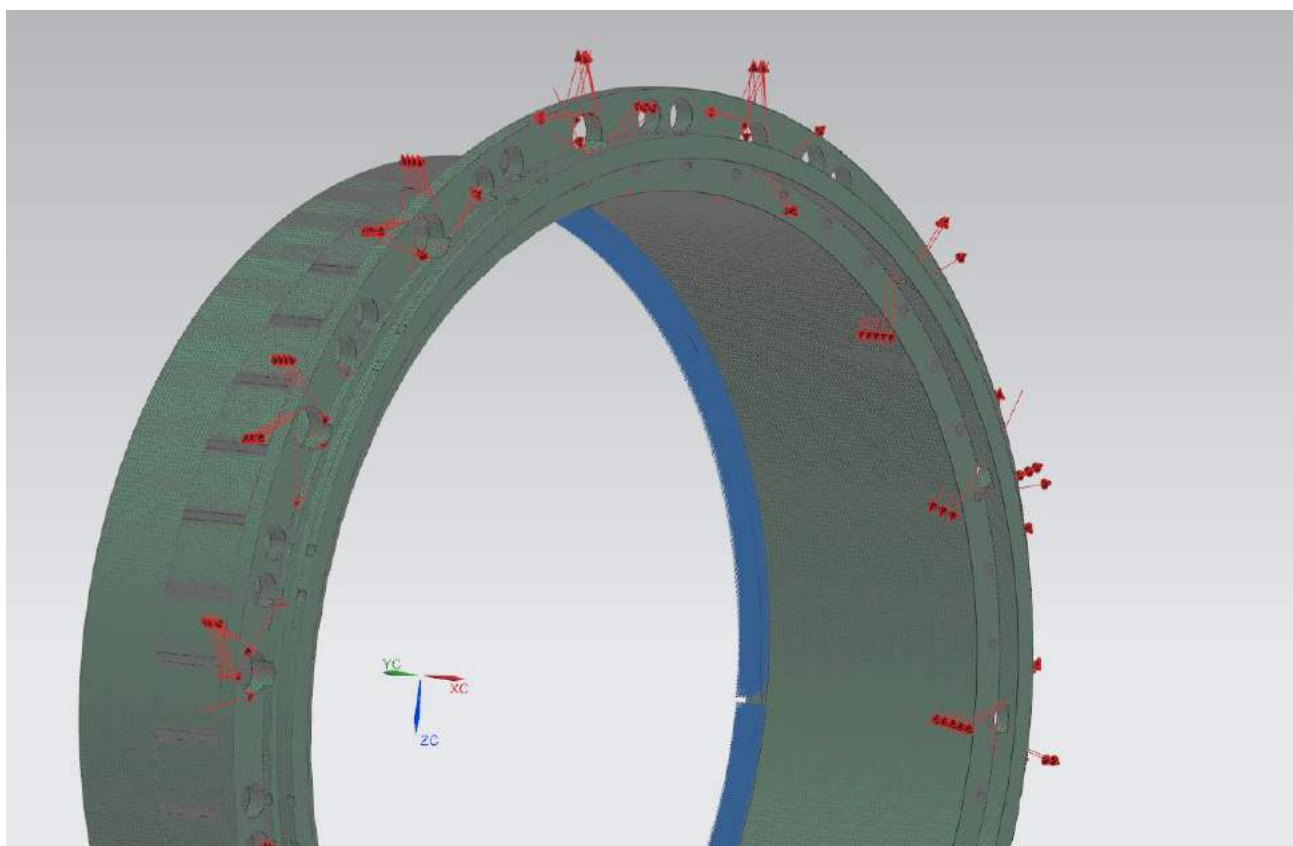


Рисунок 5.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

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

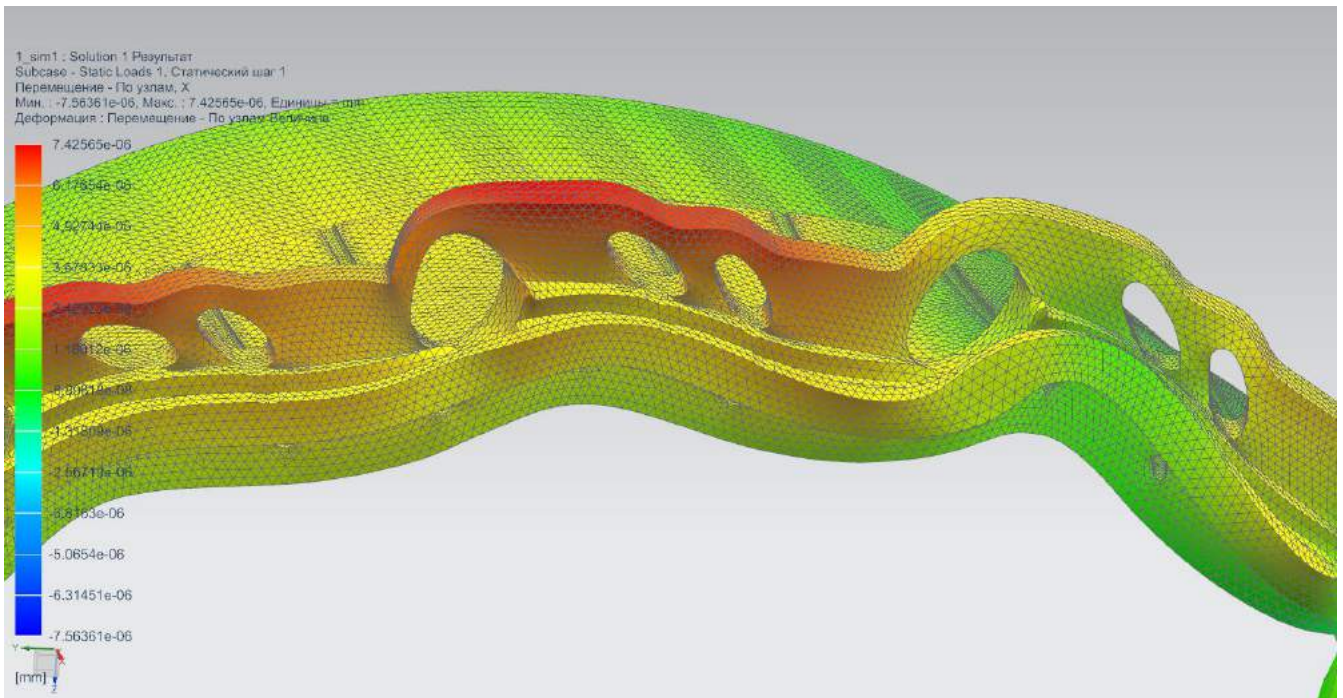


Рисунок 5.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану диску

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде ялинковий паз і для того щоби підвищити міцність деталі необхідно виконувати оптимізацію отвору.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на дипломний проект, розроблений ділянку, механічної обробки стакану підшипника.

Детально розроблений технологічний процес виготовлення стакану підшипника. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Розроблено розрахунково-технологічні карти обробки деталі на верстатах з ЧПУ для токарної операції з застосуванням спеціального програмного забезпечення.

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

Виконано спеціальне завдання на тему підвищення особливості шліфування отворів.

Розраховано економічний ефект від застосування шліфувального круга для обробки отворів нової конструкції.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення перехіднику регулятора.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологический процесс. : ОАО «Мотор Сич», 1992. – 245с.
2. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
3. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
4. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
5. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
6. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
7. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін “ Технологія машинобудування» (розділ проектування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260, усіх форм навчання./Укл. В.Д. Хорошков.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 93 с.
9. 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.
10. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.
11. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
12. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.
13. 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.