

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет  
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»  
(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему

Особливості технології механічної обробки тонкостінних  
деталей з корозійностійких сталей на прикладі деталі  
«Діафрагма»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи Мз-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)  
«Технологія машинобудування»

Кузочкіна Г.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Логомінов В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Широкобоков В.В.

(прізвище та ініціали)

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

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри С.І. Дядя

«    »                      2020 року

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

Кузочкіної Ганни Вадимівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Особливості технології механічної обробки тонкостінних деталей з корозійностійких сталей на прикладі деталі «Діафрагма»

керівник проєкту (роботи) Логомінов В.О., канд. техн. наук, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «    » 2020 року №    

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 05.12.2020 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі «Діафрагма»;  
річна програма випуску N=10000 деталей на рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація контролю процесу азотування; 4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX; 5 Спеціальне завдання. Методи фінішної та слюсарної обробки в технологічному процесі виготовлення деталей; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПУ; лист автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; графічна частина до спецзавдання

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	доцент Логомінов В.О.		
7	доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	доцент Козлова О.Б.		

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2020 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Срок виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.09.2020	
2	Конструкторська частина	06.10.2020	
3	Автоматизація операції контролю процесу азотування	14.10.2020	
4	Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX	20.10.2020	
5	Спецзавдання. Методи фінішної обробки в технологічному процесі виготовлення деталей	03.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	10.11.2020	
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	17.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки.	24.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія.	01.12.2020	
10	Захист дипломного проєкту.	10.12.2020	

Студент(ка)

\_\_\_\_\_

( підпис )

Кузочкіна Г.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_

( підпис )

Логомінов В.О.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 115 с., 9 табл., 36 рис., 3 дод., 43 джерел.

БАЗА, ВЕРСТАТ, ДІАФРАГМА, ДОПУСК, ЕСКІЗ, ЗАГОТОВКА, КВАЛІТЕТ, ОБЛАДНАННЯ, ПРИПУСК, ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, РІЗЕЦЬ, РОЗМІР, СОБІВАРТІСТЬ, ТЕРМООБРОБКА, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ

Об'єкт дослідження – діафрагма двигуна АІ 24.

Мета магістерської роботи – проектування технологічного процесу виготовлення деталей типу діафрагма; вивчення загальної конструкції, технологічної схеми процесу, обладнання та оснащення, а також проектування технологічного процесу обробки діафрагми.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний, із застосуванням спеціальних систем САПР.

Детально розроблено технологічний процес виготовлення діафрагми. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режимы різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості.

Виконуючи роботу, 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.

## ЗМІСТ

Реферат.....	4
Перелік умовних скорочень.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	24
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів (1 - розрахунково-аналітичний метод, 2 - табличний метод).....	24
1.6 Розрахунок режимів різання.....	31
1.7 Розрахунок технічної норми часу.....	44
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має CAM-модуль.....	51
1.8.1 Розробка токарної операції.....	51
1.8.2 Розробка свердлильної операції.....	53
1.8.3 Розробка фрезерної операції.....	55
2 Конструкторська частина.....	57
2.1 Проектування робочого пристосування.....	57
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	57
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність.....	58
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	59

2.2	Проектування контрольного пристосування.....	66
3	Автоматизація.....	68
4	Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	75
5	Спецзавдання. Сучасні шліфувальні верстати: нові методи абразивної обробки.....	76
5.1	Швидкісне шліфування.....	80
5.2	Глибинне шліфування.....	85
5.3	Швидкохідне шліфування.....	87
6	Оцінка очікуваної ефективності розробки.....	90
	Висновок.....	92
	Перелік джерел посилання.....	93
	Додаток А. Специфікація на робоче пристосування.....	95
	Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування.....	96
	Додаток В. Охорона праці.....	97
	Перелік джерел посилання Додатку В.....	113

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ**

ДСТУ	Державний стандарт
ЗВ	Засоби вимірювання
ЗОР	Змазуючо-охолоджуюча рідина
КГШП	Кривошипний горячештампувальний прес
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ОК	Об'єкт контролю
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
РСЗ	Робочий стандартний зразок
СНтП	Система норм та правил
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 виробів, посиленням норм точності, оптимізацією запасів міцності деталей, застосуванням нових матеріалів, що в свою чергу вимагає пошуки 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 безприпускових та збірних заготовок;
- розробка і впровадження прогресивних методів механічної, електричної та світлопроменевої обробки важкооброблюваних сталей і сплавів;
- використання високопродуктивного і точного обладнання;
- механізація ручної праці;
- автоматизація трудомісткого контролю.

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

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь - діафрагма входить до складу вузла ступінь перебору редуктора двигуна АИ-24. Надмірна потужність турбокомпресора передається на повітряний гвинт через редуктор з передатним числом 12,11341.

Редуктор розташований в передній частині двигуна. Момент, що крутить, від ротора двигуна до редуктора передається валом-ресорою. Редуктор складається з наступних основних вузлів: картера, в якому розміщені усі вузли і деталі редуктора; планетарному ступеню; східці перебору; валу гвинта; механізм вимірника моменту, що крутить; механізм датчика автоматичного флюгування повітряного гвинта по негативній тязі з перевірочним пристроєм.

Спереду до валу гвинта редуктора кріпиться повітряний гвинт за допомогою торцевих шліців і шпильок, що входять в отвори фланця валу гвинта. Усередині валу гвинта встановлені втулки для перепускання олії з редуктора в систему управління повітряним гвинтом. Редуктор встановлений на лобовому картері за допомогою центровочного поясочка і отворів шпильки, виконаних на задньому фланці картера.

На зовнішній поверхні картера встановлені маслосос, обслуговуючий систему вимірника моменту, що крутить, електромагнітний клапан, що перепускає олію під поршень перевірочного пристрою; прокладена система подання електроживлення на обігрів повітряного гвинта.

Ступінь перебору полягає і провідної шестерні 19, корпуси 18 перебору, п'яти проміжних шестерень 8, осей шестерень, шестерні внутрішнього зачеплення 9, маточини 7, деталей роликів підшипників.

Провідна шестерня перебору, проміжні шестерні, шестерні внутрішнього зачеплення і деталі роликів підшипників взаємозамінні з аналогічними деталями планетарного механізму.

Підшипник шестерні 8 на відміну від підшипника сателіта не має сепаратора і складається з 34 роликів, по 17 роликів в одному ряду.

Кріплення осей шестерень, підведення олії і вікно для установки шестерень в корпус перебору і корпусі сателітів виконаний аналогічно.

Передня стінка корпусу перебору переходить в циліндричний хвостовик. У центральний отвір хвостовика запресовані дві бронзові втулки, якими корпус перебору центрується по валу корпусу сателітів. Втулки утворюють кільцеву канавку, в яку через отвір у вал корпусу сателітів подається олія на охолодження і мастило деталей перебору.

На задній стінці корпусу перебору із зовнішнього боку виконані евольвентні шліци, які сполучають корпус перебору за допомогою деталей вимірника моменту, що крутить, з картером редуктора. На маточині виконаний поясок з різьбовими отворами для установки провідної шестерні масляного насоса ІКМ.

Деталь «Діафрагма» відноситься до деталей типу диск. Має конструктивні елементи: пази; уступи; отвори; різьблення; поднутрення; фаски.

Діафрагма показана на мал. 1.1.

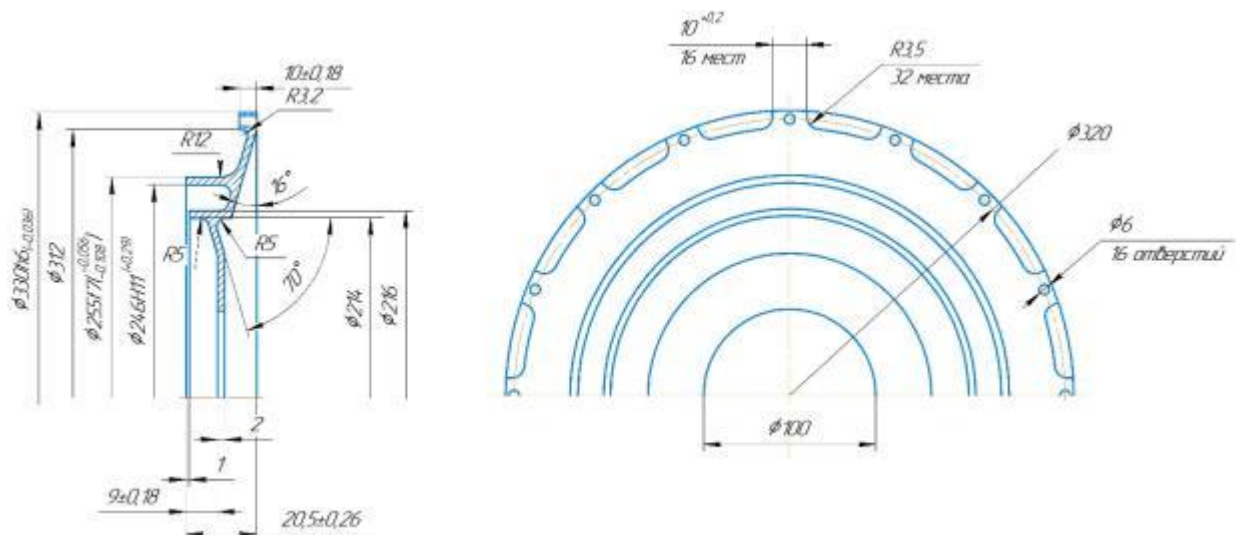


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі діафрагма

Деталь виготовляється з легованої сталі 12Х17Г9АН4. Хімічний склад та параметри наведено у таблиці 1.1-1.2 [1].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад в % матеріалу 12Х17Г9АН4

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
до 0.12	до 0.8	8 - 10.5	3.5 - 4.5	до 0.02	до 0.035	16 - 18	0.15 - 0.25

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу 12Х17Г9АН4

Сортамент	$s_B$ МПа	$s_T$ МПа	$d_5$ %	$y$ %	KCU кДж/м <sup>2</sup>	Термообр.
Пруток, ГОСТ 5949-75	690	345	45	55		Гартування 1050 - 1100°C, повітря,

Тривимірна модель діафрагми показана на рисунку 1.2.

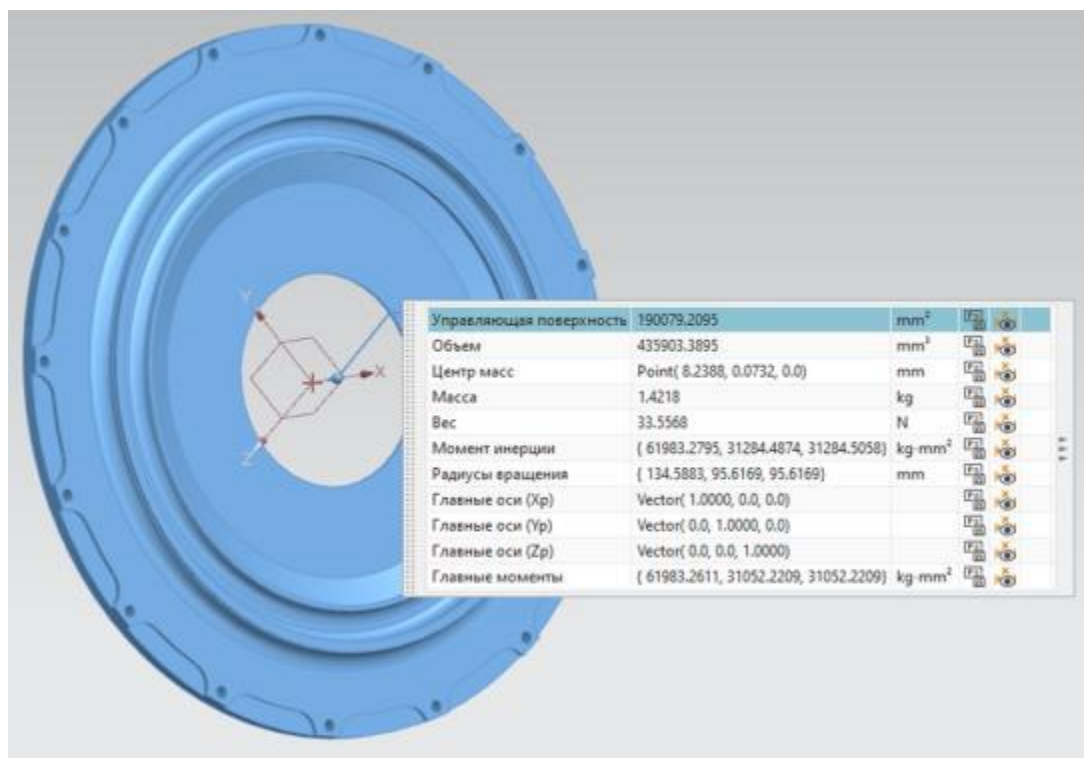


Рисунок 1.2 – Тривимірна модель діафрагми

## 1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані:

річна програма випуску.....N = 10000 шт.

маса деталі.....q = 1,42кг

базовий технологічний процес [2]

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 приймаємо серійний тип виробництва.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою (1.1) [1]:

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

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

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

$$n = \frac{2 \cdot 10000}{250} = 80 \text{ шт.}$$

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

## 1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Метод отримання заготовки залежить від конструктивної форми деталі і умов роботи. Будь-яка заготовка виготовляється з припуском, який представляє

собою шар металу, що підлягає в процесі обробки видаленню, забезпечуючи необхідні розміри, клас точності і величини шорсткості поверхні. Встановлення оптимальних припусків є найважливішим завданням при проектуванні технологічного процесу.

Щодо відцентрового колеса, оптимальними є заготовки, отримані одним з методів штамповки, так як матеріал – легована сталь 12Х17Г9АН4. До даної деталі висувають високі вимоги за механічними властивостями, макроструктурою, залишковим напруженням. Виходячи з цього, заготовки можуть бути отримані штампуванням на молотах і КГШП.

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

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

Штампування на молотах.

Попередньо визначаємо розміри заготовки (рисунок 1.3) (1, табл. 1.2, с. 11). На рисунку 1.3 показано розрахунок масоцентровочних характеристик тривимірної моделі заготовки.

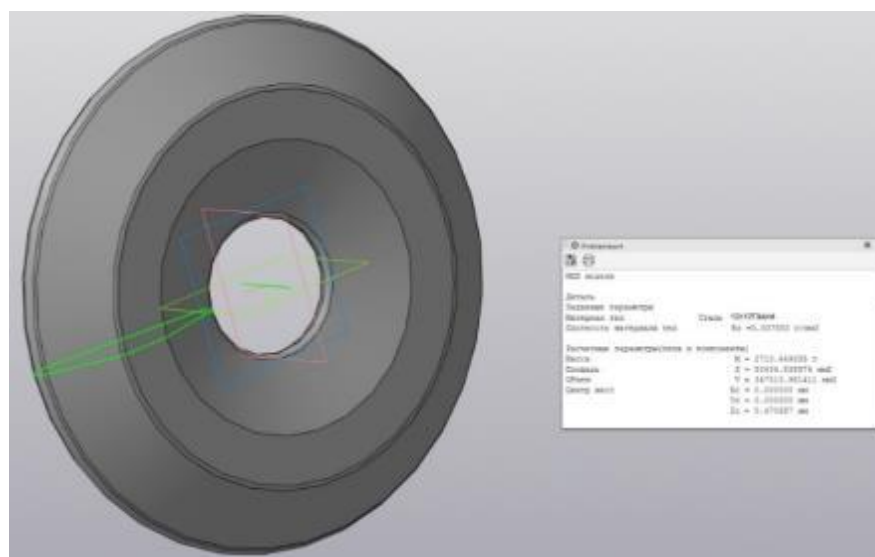


Рисунок 1.3 – Тривимірна модель заготовки, що отримана «штамповкою на молотах»

Собівартість виготовлення визначається за формулою (1.2) [1]:

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

де  $C_B$ -базова собівартість 1т заготовки,  $C_B=15000$ грн/т;

$Q$ -маса заготовки,  $Q=2,71$ кг;

$q$ -маса деталі,  $q=1,42$ кг;

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує клас точності  $K_T=1$ , [1, табл.1.6, с.14];

$K_M$  - коефіцієнт, що враховує марку матеріалу  $K_M=2,4$ , [1, табл.1.7, с.14];

$K_B$  - коефіцієнт, що враховує масу заготовки  $K_B=1$ , [1, табл.1.8, с.14];

$K_{II}$  - коефіцієнт, що враховує програму випуску  $K_{II}=0,5$ , [1, табл.1.10, с.15];

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

$$C_1 = \frac{15000}{1000} \cdot 2,71 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 0,5 - (2,71 - 1,42) \cdot \frac{1400}{1000} = 46,97 \text{ грн}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою (1.3) [1]:

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

де  $q = 1,42$  кг – маса деталі;

$Q = 2,71$  кг – маса заготовки.

$$K_{BM} = \frac{1,42}{2,71} = 0,52$$

Призначимо розміри заготовки отриманої КГШП (рисунок 1.4) (1, табл 1.2 с. 11). На рисунку 1.5 показано розрахунок масоцентровочних характеристик трьовимірної моделі заготовки.

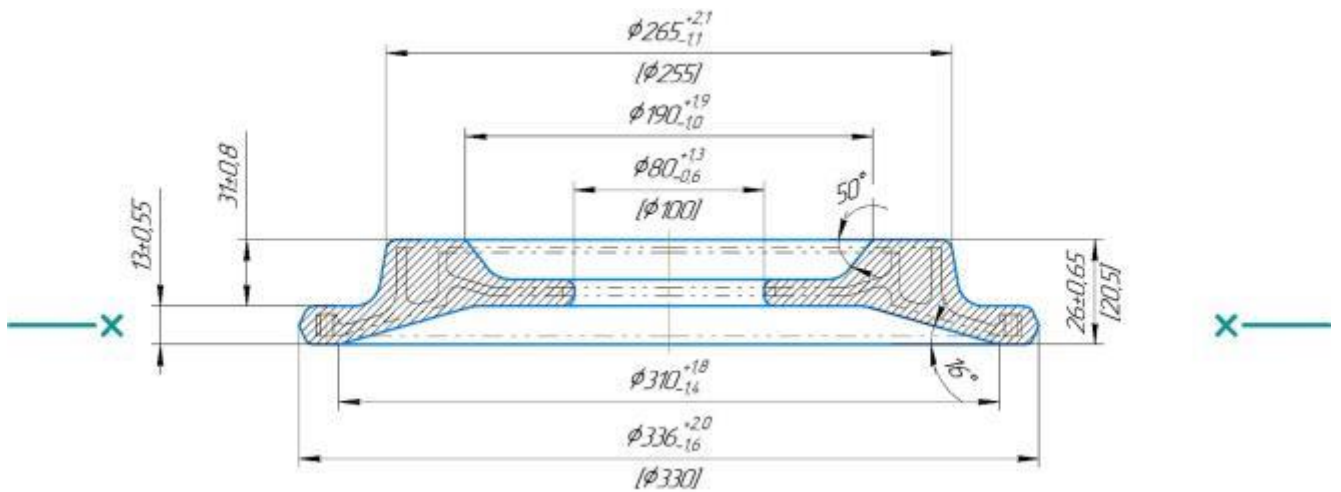


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки, що отримана штамповкою на КГШП

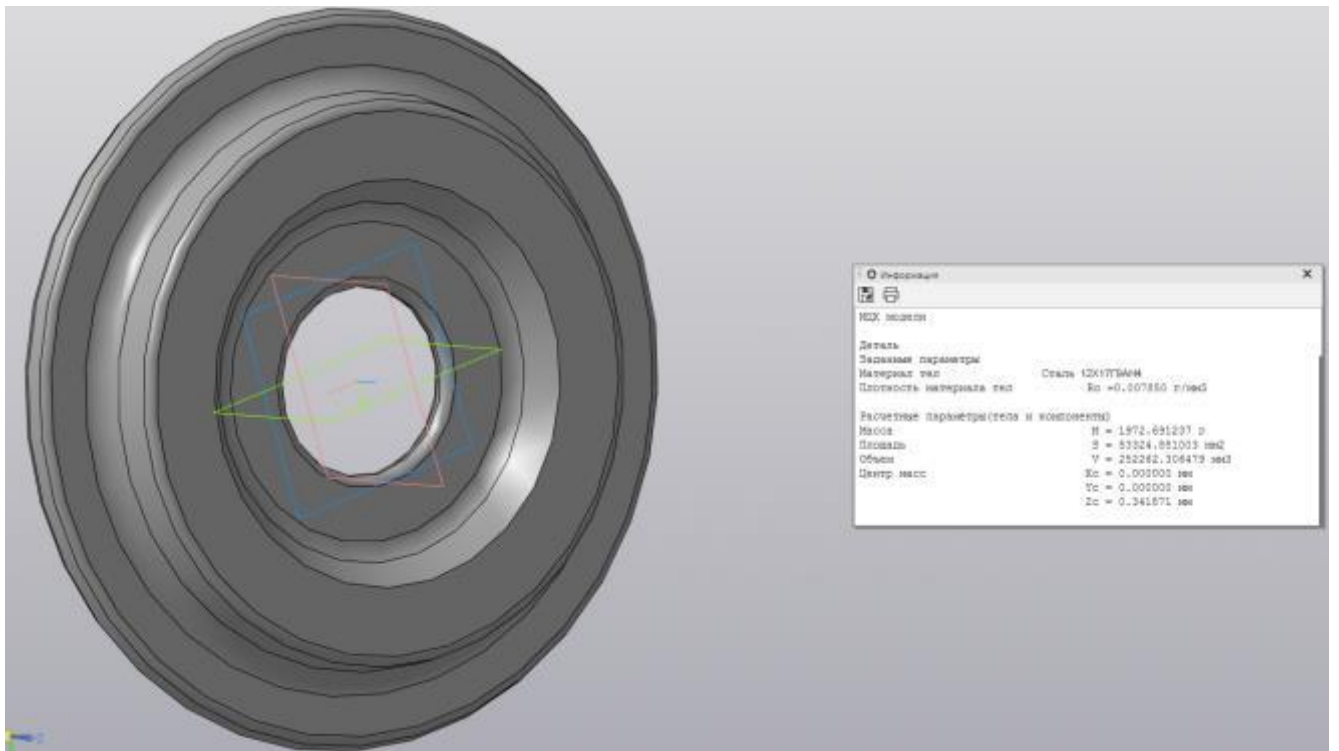


Рисунок 1.5 – Тривимірна модель заготовки, що отримана штамповкою на КГШП

Собівартість виготовлення визначається за формулою (1.2) [1]:

$$C_2 = \frac{16000}{1000} \cdot 1,97 \cdot 1 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 0,5 - (1,97 - 1,42) \cdot \frac{1400}{1000} = 37,05 \text{ грн}$$

де  $K_B=1$ , [1, табл.1.6, с.14];  $K_M=2,5$ , [1, табл.1.7, с.14];  $K_P=0,5$  [1, табл.1.10, с.15];  
 $K_T=1$ , [1, табл.1.6, с.14];  $C_b=16000$ грн/т;  $q=1,42$ кг;  $Q=1,97$ кг;  
 $S_{вдх}=1400$ грн/т.

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою (1.3) [1]:

$$K_{BM} = \frac{1,42}{1,97} = 0,72$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-му варіанті  $C_1=46,97$  грн; в 2-му варіанті  $C_2= 37,05$  грн;  $C_1 > C_2$ ;  $K_{BM1} < K_{BM2}$ . Данні розрахунків наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Штамповка на молотах	КГШП
Маса деталі	q	кг	1,42	1,42
Маса заготовки	Q	кг	2,71	1,97
Коефіцієнт використання матеріала	$\eta$	–	0,52	0,72
Базова ціна 1т заготовок	$B_b$	Грн.	25000	26000
Коефіцієнти	$K_B$		1	1
	$K_M$		2,4	2,5
	$K_P$		1	1
	$K_T$		0,5	0,5
Ціна 1т стружки	$B_{отх.}$	грн.	1400	1400
Вартість заготовки	B	грн.	46,97	37,05

За значенням коефіцієнта використання матеріалу та собівартістю переважає КГШП. Він забезпечує річну економію за собівартістю, яку визначаємо за формулою (1.4) [1]:

$$\Xi = (C_1 - C_2) \cdot N \quad (1.4)$$

де N – річна програма виготовлення заготовок

$$\Xi = (46,97 - 37,05) \cdot 10000 = 99200 \text{грн.}$$

Річна економія за використанням матеріалу визначаємо за формулою (1.5) [1]:

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

$$M_3 = \frac{1,42 \cdot (0,72 - 0,52)}{0,72 \cdot 0,52} \cdot 10000 = 7585,47 \text{кг.}$$

## 1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

### 1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Матеріал задовільно обробляється різанням. Деталь складної форми, тіло обертання. Не жорстка - тонкостінна, є наскрізний отвір. Оцінку на технологічність виконуємо відповідно до ГОСТ 14.205-83

Виконуємо якісну оцінку:

- а) деталь має геометричну форму великої складності;
- б) деталь має не жорстку конструкцію;
- в) деталь нормальної точності;
- г) уніфіковані елементи: радіусу і фаски, виконані з урахуванням можливості обробки;

д) деталь можна обробляти звичайним інструментом;

ж) всі поверхні доступні для обробки.

Коефіцієнт використання деталі визначається за формулою (1.3) [1]:

$$K_{\text{вм}} = \frac{1,42}{1,97} = 0,72 < 0,8$$

По цьому показнику деталь не технологічна.

Коефіцієнт уніфікації визначається за формулою (1.6) [1]:

$$K_{\text{у.э.}} = \frac{Q_{\text{уэ}}}{Q_{\text{э}}} > 0,6, \quad (1.6)$$

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

$$K_{\text{у.э.}} = \frac{19}{24} = 0,79 > 0,6$$

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності визначається за формулою (1.7) [1]:

$$K_{\text{то}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{ср}}} > 0,8 \quad (1.7)$$

де  $A_{\text{ср}}$  – середній квалітет точності, який визначається за формулою (1.8) [1]:

$$A_{\text{ср}} = \frac{14 \cdot \pi_1 \cdot 13 \cdot \pi_2 \cdot \dots \cdot 6 \cdot \pi_n}{\sum n}, \quad (1.8)$$

де  $\pi_1 \dots \pi_n$  – кількість розмірів, котрі мають відповідний квалітет;

$\sum n$  – кількість усіх розмірів.

$$A_{\text{ср}} = \frac{14 \cdot 18 + 10 \cdot 3 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 3}{24} = 12,8$$

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

За цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості визначається за формулою (1.9) [1]:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32, \quad (1.9)$$

де  $B_{cp}$  – середній квалітет шорсткості, який визначається за формулою (1.10):

$$B_{cp} = \frac{K_5 \cdot n_1 + K_4 \cdot n_2 + \dots + K_8 \cdot n_n}{\Sigma n}, \quad (1.10)$$

де  $K_{5...8}$  - клас шорсткості;

$n_1 \dots n_n$  - кількість розмірів, котрі мають відповідний клас шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{5 \cdot 18 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 4}{24} = 5,33$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,33} = 0,19 < 0,32$$

За цим показником деталь технологічна.

Оскільки за показником використання матеріалу деталь є нетехнологічною то і загальний висновок робимо, що вона нетехнологічна.

#### 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 операції тощо. Процеси впливу на поверхню заготовки. МОП необхідний для компонування операцій ТП,

розробки схем групових налагоджень і налаштувань. У якості основи для проектування беремо базовий технологічний процес [2].

Для поверхні Ø330h6 шорсткість заготовки  $R_a = 25$  мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск  $Td_3 = 3,6$ мм, шорсткість деталі  $R_a = 6,3$ мкм, допуск  $Td_d = 0,030$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулами (1.11), (1.12) [1]:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_d = \frac{3,6}{0,030} = 120$$

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

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{6,3} = 3,97$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо  $k$  переходів [1]:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d \quad (1.13)$$

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

Приймаємо  $k = 5$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл  $IT = IT_{16} - IT_6 = 10 = 3 + 3 + 2 + 1 + 1$

Встановлюємо послідовність показників точності:  $IT_{16} - IT_{13} - IT_{10} - IT_8 - IT_7 - IT_6$

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

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 за формулами (1.11), (1.12) [1]:

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

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні Ø246H11 шорсткість заготовки  $R_a = 25$  мкм, [ 1, табл.3.7, с.19], допуск  $Td_3 = 3,2$ мм, шорсткість деталі  $R_a = 6,3$ мкм, допуск  $Td = 0,29$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулами (1.11), (1.12) [1]:

$$\varepsilon_d = \frac{3,2}{0,29} = 11,03$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{6,3} = 3,97$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо  $k$  переходів за формулою (1.13) [1]:

$$k = 2 \cdot \lg 11,03 = 2,1$$

Приймаємо  $k = 3$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл  $IT = IT16 - IT11 = 5 = 3 + 1 + 1$

Встановлюємо послідовність показників точності: IT16-IT13-IT12-IT11. Призначаємо методи обробки за переходами. Заготівельна – розточування чорнове – розточування напівчистове – розточування чистове.

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 за формулами (1.11), (1.12) [1]:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{3,2}{0,72} = 4,44$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі «Діафрагма»

Характер та показники точності та якості поверхонь в деталі та заготовці	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників ППТК	МОП		Допуск		Уточнення			
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість		
	J	$\epsilon_{j0}$											
$\varnothing 330h6$ $R_a = 25 \text{ мкм}$ , $Td_3 = 3,6 \text{ мм}$ , $R_a = 6,3 \text{ мкм}$ , $Td = 0,030 \text{ мм}$	d	120	4,2	5	IT=IT16- IT6=10=3+3+2+1+1	1	Заготовка	3,6	25	-	-		
						2	Т/о	-	-	-	-		
						3	Точ. чорн.	0,81	12,5	4,44	2		
	Ra	3,97					$\Delta \text{ кл} = 4\text{кл} - 2\text{кл} = 2 \text{ кл} =$ $2\text{кл} - 3\text{кл} - 4\text{кл} - 4\text{кл} - 4\text{кл}$ $Ra25 > Ra12,5 > Ra6,3 >$ $Ra6,3 > Ra6,3$	4	Точ. Напівчист.	0,23	6,3	3,52	1,98
								5	Точ. Чист.	0,089	6,3	2,58	1
								6	Шліф. Чорн	0,057	6,3	1,56	1
								7	Шліф. Чист.	0,030	6,3	1,9	1
$\sum \epsilon_i =$									120	3,97			
$\varnothing 246H11$ $R_a = 25 \text{ мкм}$ , $Td_3 = 3,2 \text{ мм}$ , $R_a = 6,3 \text{ мкм}$ , $Td = 0,29 \text{ мм}$ .	d	11,03	2,1	3	IT=IT16-IT11=5=3+1+1	1	Заготовка	3,2	25	-	-		
						2	Т/о	-	-	-	-		
						3	Розточ. черн.	0,72	12,5	4,44	2		
	Ra	3,97				$\Delta \text{ кл} = 4\text{кл} - 2\text{кл} = 2 \text{ кл} =$ $2\text{кл} - 3\text{кл} - 4\text{кл} - 4\text{кл}$ $Ra25 > Ra12,5 > Ra6,3 >$ $Ra6,3$	4	Розточоч. Напівчист.	0,46	6,3	1,56	1,98	
							5	Розточ. Чист.	0,29	6,3	1,59	1	
$\sum \epsilon_i =$									11,03	3,97			

### 1.4.3 План виготовлення деталі.

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

Маршрут виготовлення деталі діафрагма показано 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  $\varnothing 330h6(-0,030)$

Прийняті позначення:  $h_{i-1}$  – глибина дефектного слою матеріалу від попередньої операції;  $\rho_i$  – похибки форми та взаємного розташування поверхонь на попередній операції;  $\varepsilon_i$  – похибки установки на переході, який виконується [3].

Для заготовки нормативні значення  $Rz=200\text{мкм}$  и  $h=240\text{мкм}$  приймаємо в залежності від маси заготовки [3].

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень похибки розміру від зміщення  $\rho_{\text{см}}$  та короблення  $\rho_{\text{кор}}$ . Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво):  $\rho_{\text{см}}=950\text{мкм}$ ,  $\rho_{\text{кор}}=$   
 $\Delta_k \times l = 3 \times 172,22 = 516\text{мкм} = 0,516\text{мм}$  [3].

Суммарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою (1.14) [3]:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} = \sqrt{950^2 + 516^2} = 1081,09\text{мкм} = 1,08\text{мм} \quad (1.14)$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz, h: Rz<sub>2</sub>=100мкм, h<sub>2</sub>=120мкм, ρ<sub>2</sub>=k<sub>y</sub>×ρ<sub>1</sub>=0.06×1080=64,8мкм=0,065мм, k=0,06 – коефіцієнт уточнення [3].

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою (1.15) [3]:

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

де Td<sub>зар</sub>=3,6мм – допуск бази заготовки.

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz, h, приймаємо [3]: Rz<sub>3</sub>=50мкм, h<sub>3</sub>=60мкм, ρ<sub>3</sub>= 3,24мкм, ε<sub>3</sub>=56,04мкм.

Для точіння чистового нормативні значення Rz, h, приймаємо [3]: Rz<sub>4</sub>=25мкм, h<sub>4</sub>=30мкм, ρ<sub>4</sub>= 0,2мкм, ε<sub>3</sub>=28,02мкм.

Для шліфування чорнового нормативні значення Rz, h, приймаємо [3]: Rz<sub>3</sub>=12мкм, h<sub>3</sub>=15мкм, ρ<sub>3</sub>= 0мкм, ε<sub>3</sub>=0мкм.

Для шліфування чистового нормативні значення Rz, h, приймаємо [3]: Rz<sub>3</sub>=5мкм, h<sub>3</sub>=7,5мкм, ρ<sub>3</sub>= 0мкм, ε<sub>3</sub>=0мкм.

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\text{min}} = 2[200 + 240 + \sqrt{(1080^2 + 934^2)}] = 3735\text{мкм} = 3,735\text{мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\text{min}} = 2[100 + 120 + \sqrt{(64,8^2 + 56,04^2)}] = 611,3\text{мкм} = 0,611\text{мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\min} = 2[50 + 60 + \sqrt{(3,24^2 + 28,02^2)}] = 276,4\text{мкм} = 0,276\text{мм}$$

Для шліфування чорнового:

$$2Z_{4\min} = 2[25 + 30 + \sqrt{(0,2^2 + 0^2)}] = 110\text{мкм} = 0,11\text{мм}$$

Для шліфування чистового:

$$2Z_{5\min} = 2[12 + 15 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 54\text{мкм} = 0,054\text{мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.16) [3]:

$$d_6^{\min} = d_6^{\text{ном}} + e_{id_6} = 330 + (-0,030) = 329,97\text{мм} \quad (1.16)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі (1.17) [3]:

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

$$d_5^{\min} = d_6^{\min} + 2z_6^{\min} = 329,97 + 0,054 = 330,024\text{мм};$$

$$d_4^{\min} = d_5^{\min} + 2z_5^{\min} = 330,024 + 0,11 = 330,134\text{мм};$$

$$d_3^{\min} = d_4^{\min} + 2z_4^{\min} = 330,134 + 0,276 = 330,41\text{мм};$$

$$d_2^{\min} = d_3^{\min} + 2z_3^{\min} = 330,41 + 0,611 = 331,021\text{мм};$$

$$d_1^{\min} = d_2^{\min} + 2z_2^{\min} = 331,021 + 3,735 = 334,756\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі (1.18) [3]:

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

$$\begin{aligned} d_6^{\max} &= d_6^{\min} + Td_6 = 329,97 + 0,03 = 330\text{мм}; \\ d_5^{\max} &= d_5^{\min} + Td_5 = 330,024 + 0,057 = 330,081\text{мм}; \\ d_4^{\max} &= d_4^{\min} + Td_4 = 330,134 + 0,089 = 330,223\text{мм}; \\ d_3^{\max} &= d_3^{\min} + Td_3 = 330,41 + 0,23 = 330,64\text{мм}; \\ d_2^{\max} &= d_2^{\min} + Td_2 = 331,021 + 0,81 = 331,831\text{мм}; \\ d_1^{\max} &= d_1^{\min} + Td_1 = 334,756 + 3,6 = 338,356\text{мм}; \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.19) [3]:

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

$$\begin{aligned} 2z_2^{\max} &= d_1^{\max} - d_2^{\max} = 338,356 - 331,831 = 6,525\text{мм}; \\ 2z_3^{\max} &= d_2^{\max} - d_3^{\max} = 331,831 - 330,64 = 1,191\text{мм}; \\ 2z_4^{\max} &= d_3^{\max} - d_4^{\max} = 330,64 - 330,223 = 0,417\text{мм}; \\ 2z_5^{\max} &= d_4^{\max} - d_5^{\max} = 330,223 - 330,081 = 0,142\text{мм}; \\ 2z_6^{\max} &= d_5^{\max} - d_6^{\max} = 330,081 - 330 = 0,081\text{мм}; \end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи формулу (1.20) [3]:

$$\begin{aligned} 2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} &= Td_{\text{зар}} + Td_{\text{дет}} \quad (1.20) \\ 8386 - 4756 &= 3600 + 30 \end{aligned}$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою (1.21) [3]:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{мин}} + ei_1 = 334,76 + 1,6 = 336,36\text{мм} \quad (1.21)$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати:  $\text{Ø}336,36_{-1,6}^{+2,0}$  виконавчі розміри по іншим переходам виконуємо в системі «вала», тому за номінальний

розмір приймаємо максимальні значення розміру поверхні, всі данні заносимо у таблицю 1.5.

Розрахунок технологічних розмірів на поверхню Ø246Н11 виконується методом розмірних ланцюгів [3].

Розрахунок виконуємо табличним методом. За [4, табл. 27, с. 186] знаходимо мінімальні припуски механічної обробки:

Розточування чорнове  $2Z_{2\min}=2,5\text{мм}$ ;

Розточування напівчистове  $2Z_{3\min}=0,65\text{мм}$ ;

Шліфування чорнове  $2Z_{5\min}=0,12\text{мм}$ .

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.22) [4]:

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{НОМ}} + e_{id_5} = 246 + 0 = 246\text{мм} \quad (1.22)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо за формулою (1.23) [4]:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} - 2_{i+1}^{\min} - Td_i \quad (1.23)$$

$$d_4^{\min} = 246 - 0,12 - 0,46 = 245,42\text{мм};$$

$$d_3^{\min} = 245,42 - 0,65 - 0,72 = 244,05\text{мм};$$

$$d_1^{\min} = 244,05 - 2,5 - 3,2 = 238,35\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхонь для переходів за формулою (1.24) [4]:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i \quad (1.24)$$

$$d_1^{\max} = 238,35 + 3,2 = 241,55\text{мм};$$

$$d_3^{\max} = 244,05 + 0,72 = 244,77\text{мм};$$

$$d_4^{\max} = 245,42 + 0,46 = 245,88\text{мм};$$

$$d_5^{\max} = 246 + 0,29 = 246,29\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.25) [4]:

$$2Z_{i\max} = d_i^{\max} - d_{i+1}^{\min} \quad (1.25)$$

$$2Z_{\min1} = 244,77 - 238,35 = 6,42\text{мм};$$

$$2Z_{\min3} = 245,88 - 244,05 = 1,83\text{мм};$$

$$2Z_{\min4} = 246,29 - 245,42 = 0,87\text{мм};$$

Перевіряємо розрахунки за формулою (1.26) [4]:

$$2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \quad (1.26)$$

$$7,94 - 4,45 = 3,2 + 0,29$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати:  $\text{Ø}239,5_{-1,1}^{+2,1}$  виконавчі розміри по іншим переходам виконуємо в системі «отвору», тому за номінальний розмір приймаємо мінімальне значення розміру поверхні плюс допуск на обробку, як верхнє відхилення, всі данні заносимо у таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків

№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку, мкм		Виконавчий розмер, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				2Z <sub>max</sub>	2Z <sub>min</sub>	
Ø330h6	Заготовка	200	240	1080	-	-	334,756	3,6	338,356	334,756	-	-	Ø336,36 <sup>+2,0</sup> <sub>-1,6</sub>
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	100	120	64,8	934	3,735	331,021	0,81	331,831	331,021	6,525	3,735	Ø331,83 <sub>-0,81</sub>
	Точ. напів/чист	50	60	3,24	56,04	0,611	330,41	0,23	330,64	330,41	1,191	0,611	Ø330,64 <sub>-0,23</sub>
	Точ. чист	25	30	0,2	28,02	0,276	330,134	0,089	330,223	330,134	0,417	0,276	Ø330,2 <sub>-0,089</sub>
	Шліф. Чорн.	12	15	0	0	0,11	330,024	0,057	330,081	330,024	0,142	0,11	Ø330,08 <sub>-0,057</sub>
	Шліф. Чист.	5	7,5	0	0	0,054	329,97	0,03	330	329,97	0,081	0,054	Ø330 <sub>-0,03</sub>
Ø246H11	Заготовка					-	238,35	3,2	241,55	238,35	-	-	Ø239,5 <sup>+2,1</sup> <sub>-1,1</sub>
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Розточ.чорн.					2500	244,05	0,72	244,77	244,05	6420	2500	Ø244 <sup>+0,72</sup>
	Розточ. п/чист					650	245,42	0,46	245,88	245,42	1830	650	Ø245,4 <sup>+0,46</sup>
	Шліф. чорн.					120	246	0,29	246,29	246	870	120	Ø246 <sup>+0,29</sup>

## 1.6 Розрахунок режимів різання

Деталь - діафрагма, матеріал - сталь 12Х17Г9АН4.

Операційний ескіз токарної операції з ЧПУ 020 показаний на рис. 1.6 [3].

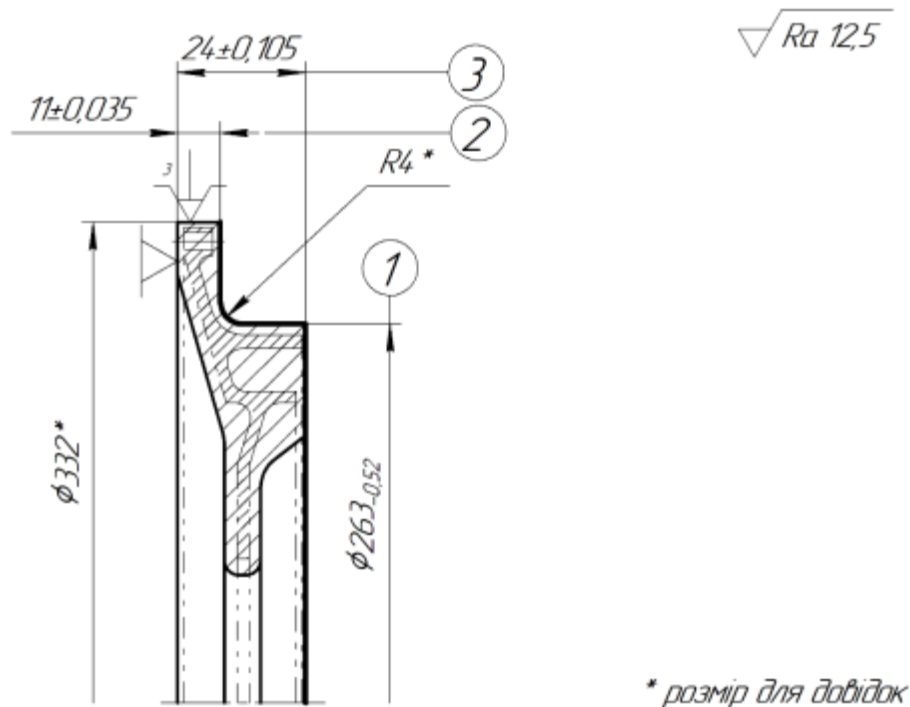


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз токарної операції

Чорнове точіння.

Глибина різання  $t=1,0$  мм.

Подання [3]:

Стабл = 0,45 [2, таблиця.28, с. 238] -(для радіусу при вершині 0,8 мм, і шорсткості  $Ra = 3,2$ ).

Розраховуємо подачу, враховуючи поправочний коефіцієнт за формулою (1.27) [3]:

$$S_o = S_{om} \cdot K_{so} \quad (1.27)$$

де  $K_{So}$  - поправочний коефіцієнт на подачу для умов обробки, що змінюються, усі поправочні коефіцієнти знаходяться в [3, таблиця.30, стр 239], знаходимо за формулою (1.28):

$$K_{So} = K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{S3} \cdot K_{Sж} \cdot K_{Sm} \quad (1.28)$$

де  $K_{Sn}$  - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні,  $K_{Sn} = 1$ ;

$K_{Su}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту,  $K_{Su} = 1$ ;

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

$K_{S3}$  - коефіцієнт, що враховує вплив загартування,  $K_{S3} = 0,8$ ;

$K_{Sж}$  - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи,  $K_{Sж} = 0,62$ ;

$K_{Sm}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі,  $K_{Sm} = 1,07$ .

$$K_{So} = 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,07 = 0,37$$

$$S_o = 0,45 \cdot 0,37 = 0,16 \text{ мм/об}$$

Коригуємо подання по паспорту верстата  $S_o = 0,15$  мм/об. Стійкість різців по [3, таблиця.18, с. 227]:  $T = 90$  хв.

Розраховуємо швидкість різання по формулі (1.29) [3]:

$$V = V_m \cdot K_v \quad (1.29)$$

де  $V_m$  - табличне значення швидкості різання

$$V_m = 235 \text{ м/мін [3, таблиця.36, с.243].}$$

$K_v$  - поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховується по формулі (1.30):

$$K_v = K_{Vm} \cdot K_{Vi} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vo} \quad (1.30)$$

де  $K_{Vm}$  - коефіцієнт, оброблюваності матеріалу,  $K_{Vm} = 0,8$  [3, таблиця.1, с.22];

$K_{Vi}$  - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту,  $K_{Vi} = 1$ , [3, таблиця.37, с.244];

$KV\phi$  - коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані,  $KV\phi = 1(\phi=60^\circ)$ , [2, таблиця.37, с.244];

$KVm$  - коефіцієнт, що враховує вид обробки,  $KVm = 0,6$ (для розточування отвору діаметром до 80), [2, таблиця. 37, с.244];

$KVж$  - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи,  $KVж = 0,6$ , [2, таблиця. 37, с.244];

$KVn$  - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні,  $KVn = 1$ , [2, таблиця. 37, с.244];

$KVo$  - коефіцієнт, що враховує вплив СОЖ,  $KVo = 1$  [2, таблиця. 37, с.244].

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 0,288$$

$$V = 235 \cdot 0,288 = 67,68 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо швидкість обертання шпинделя за формулою (1.31) [3]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.31)$$

де  $D$  - діаметр оброблюваної заготовки, мм.

$$n = \frac{1000 \cdot 67,68}{3,14 \cdot 330} = 65,3 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата  $n_d = 65$  об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання [3]:

$$V = \frac{3,14 \cdot 330 \cdot 65}{1000} = 67,35 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання за формулою (1.32) [3]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.32)$$

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.

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

$k_p$  – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання визначаємо за формулою (1.33) [3].

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{\phi v} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.33)$$

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 ріжучої частини інструменту  $k_{\phi p}=1,08, k_{\gamma p}=1,15, k_{\lambda p}=1,0, k_{rp}=0.93, (3, \text{ т. 23, стр.275})$

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

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 67,35^0 \cdot 1,51 = 547,78 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.34) [3]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.34)$$

де,  $P_z$  - сила різання, Н

$V$  - швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{547,78 \cdot 67,35}{1020 \cdot 60} = 0,6 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата [3]:

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

Визначаємо машинний час за формулою (1.35) [3]:

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}; \quad (1.35)$$

де,  $l$ - довжина оброблюємої поверхні,  $l=51$  мм

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

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

$$T_0 = \frac{51 + 3 + 3}{65 \cdot 0,15} = 5,85 \text{ хв}$$

Свердлильна операція №50

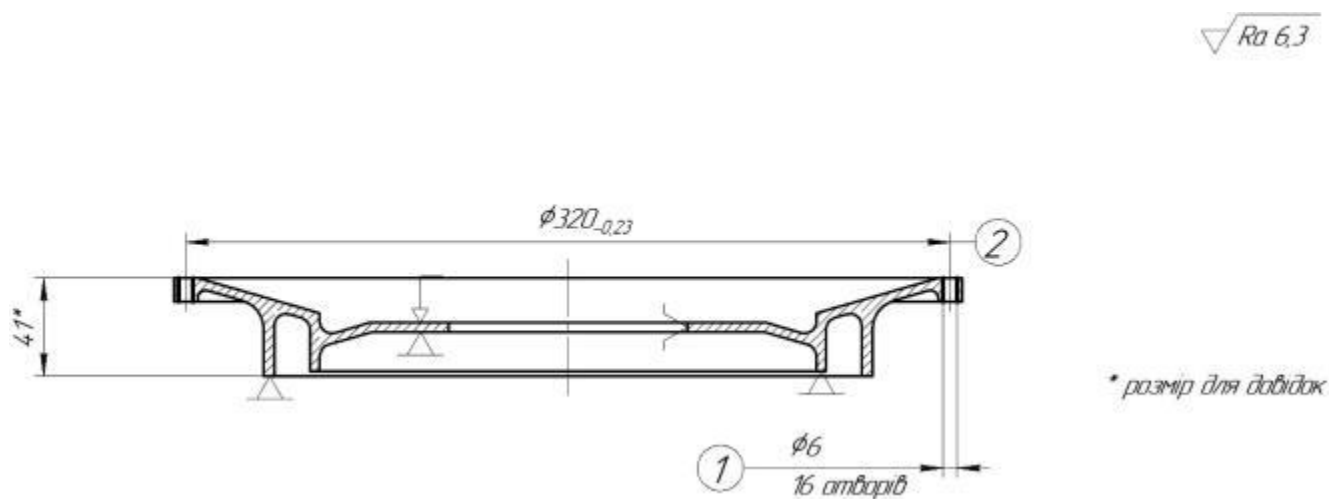


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз – операція № 050

Верстат: Свердлильний з ЧПК 2P135Ф2

Перший перехід

Поверхня  $\varnothing 6$   $L=6,6$ мм  $Ra=3,2$ мкм;

Інструмент: Свердло спіральне  $\varnothing 6$ мм,  $L=10$ мм, P6M5, ГОСТ12121-77

Свердлить відповідно ескізу два отвори (рис. 1.5):

Довжина робочого ходу визначається за формулою (1.36) [3]:

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 2 \cdot (10 + 6) = 32 \text{ мм} \quad (1.36)$$

де  $l$ -довжина свердління  $l=10\text{мм}$ ;

$y=0,6d_{\text{св}}$  – врізання, мм;

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

Глибина різання:  $t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{10}{2} = 5\text{мм}$ .

Визначаємо подачу по формулі (1.27) [3]:

$$S_0 = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,09 \text{ мм/об}$$

По паспорту верстата приймаємо  $S_0 = 0,1 \text{ мм/об}$

Швидкість різання розраховуємо по формулі (1.37) [3]:

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

$$v_0 = 4,7 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,03 = 1,6\text{м/хв}$$

де,  $k_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки

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

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

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

$n_v$  - показник степені,  $n_v=1,0$  (4, т. 2, с.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, с.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, с.275).

Частота обертання деталі по формулі (1.31) [3]:

$$n = \frac{1000 \cdot 1,6}{3,14 \cdot 10} = 50,95 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання  $n=50$  об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає [3]:

$$V = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 50}{1000} = 1,57 \text{ об/хв}$$

Крутячий момент визначається за формулою (1.38) [3]:

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

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

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,041 \cdot 10^2 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,04 = 32,72 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила визначається за формулою (1.39) [3]:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (1.39)$$

де,  $C_p = 143$ ;  $q = 1$ ;  $y = 0,7$ ;  $K_p = 1,04$  [3, таблиця.32, с.281]

$$P_0 = 10 \cdot 87 \cdot 10^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,04 = 1805,3 \text{ Н}$$

Потужність різання, кВт

$$N_{\text{э}} = \frac{32,72 \cdot 50}{9750} = 0,17 \text{ кВт}$$

Основний (технологічний) час визначаємо за формулою (1.40) [3]:

$$t_{02} \frac{l+l_1}{n \cdot S} \cdot i \quad (1.40)$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору),  $l=10\text{мм}$ ;

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

$i$  – кількість проходів,  $i = 16$ ;

$n$  – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв;

$S$  – подання інструменту, мм/об;

$$t_{02} = \left( \frac{13,5}{50 \cdot 0,1} \right) \cdot 16 = 43,2\text{хв}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (055)

$\sqrt{Ra 6,3}$

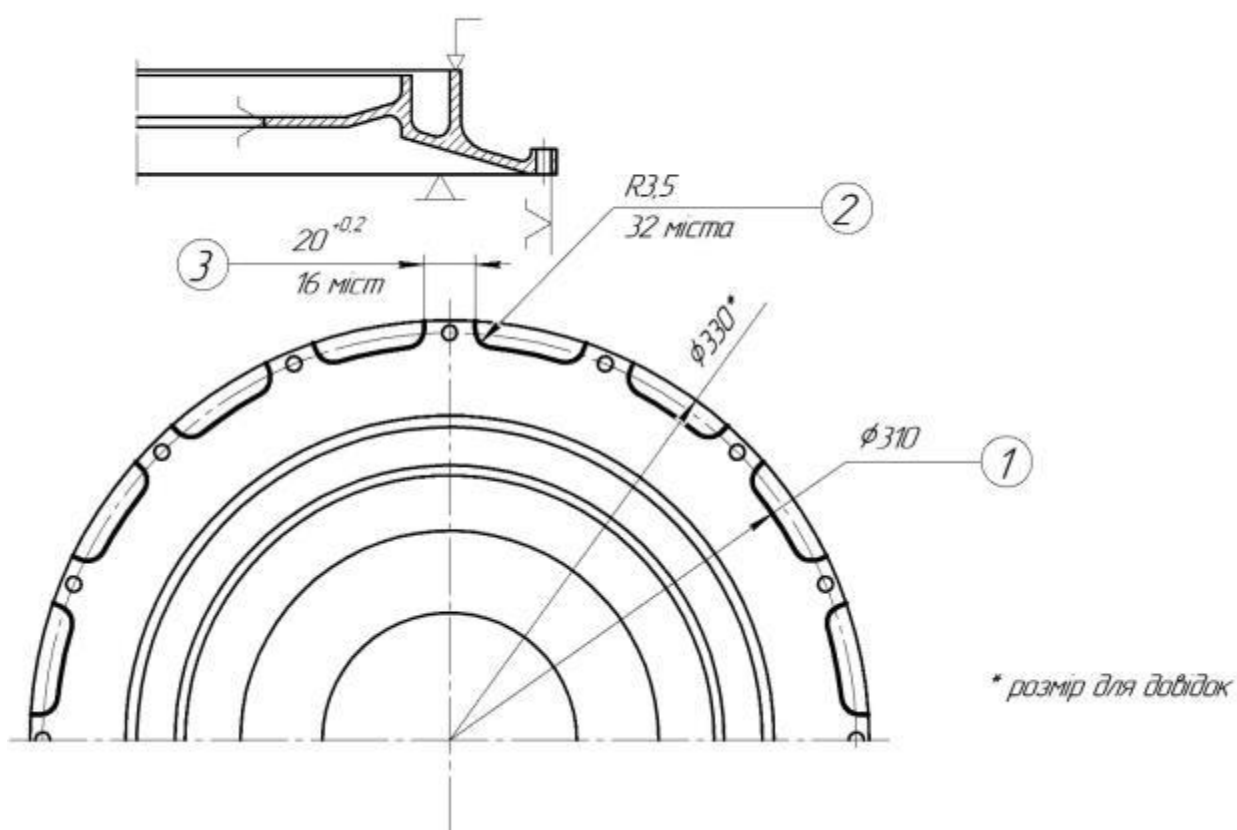


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза кінцева Ø7 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71

Визначаємо подачу по формулі (1.41) [3]:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ} \quad (1.41)$$

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

$K_{S_0}$  – коефіцієнт, що враховує ряд конструктивних особливостей технологічної системи визначаємо за формулою (1.42);

$$K_{SZ} = K_{SZH} \cdot K_{SZ\Phi} \cdot K_{SZR} \quad (1.42)$$

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

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

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

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

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.43) [3]:

$$V = V_T \cdot K_V \quad (1.43)$$

де  $V_m$  – табличне значення швидкості різання  $V_m = 8,3$  м/хв;

$K_V$  – коефіцієнт, що враховує ряд конкретних умов обробки визначаємо за формулою (1.44):

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VH} \cdot K_{Vo} \cdot K_{V\Pi} \cdot K_{V\Phi} \cdot K_{VB} \quad (1.44)$$

де  $K_{VM}$  – коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу,  $K_{VM} = 0,81$ ;

$K_{Vn}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні,  $K_{Vn} = 1$ ;

$K_{Vo}$  – коефіцієнт, що враховує умови обробки,  $K_{Vo} = 1$ ;

$K_{V\Phi}$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки,  $K_{V\Phi} = 1$ ;

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

$K_{VB}$  – коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування,  $K_{VB} = 1$ ;

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

Обороти визначаємо за формулою (1.31) [3]:

$$n = \frac{1000 \cdot 6,72}{3,14 \cdot 7} = 305,73 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата  $n=320$  об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання [3]:

$$V = \frac{3,14 \cdot 7 \cdot 320}{1000} = 7,03 \text{ м/хв}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі (1.45) [3]:

$$S_{\text{мин}} = S_Z \cdot z \cdot n_D, \text{ мм/хв} \quad (1.45)$$

$$S_{\text{мин}} = 0,0275 \cdot 4 \cdot 320 = 35,2 \text{ мм/хв}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.46) [3]:

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}, \quad (1.46)$$

де  $N_H=0,8$ кВт – потужність необхідна на різання, [6 с.522, карта 5];

$K_M=1$  – 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 [3]:

$$T_o = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o \cdot Z} = \frac{55,8 + 3 + 3}{320 \cdot 0,0275 \cdot 4} 16 = 28,1 \text{хв}$$

де,  $l$  – довжина оброблюваної поверхні,  $l=55,8$  мм;

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

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

$Z$  – число зубів фрези,  $z=4$ .

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (65)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

1 300×40×127 25A F30 N 6 V 35м/с А 2 ГОСТ 2424-83

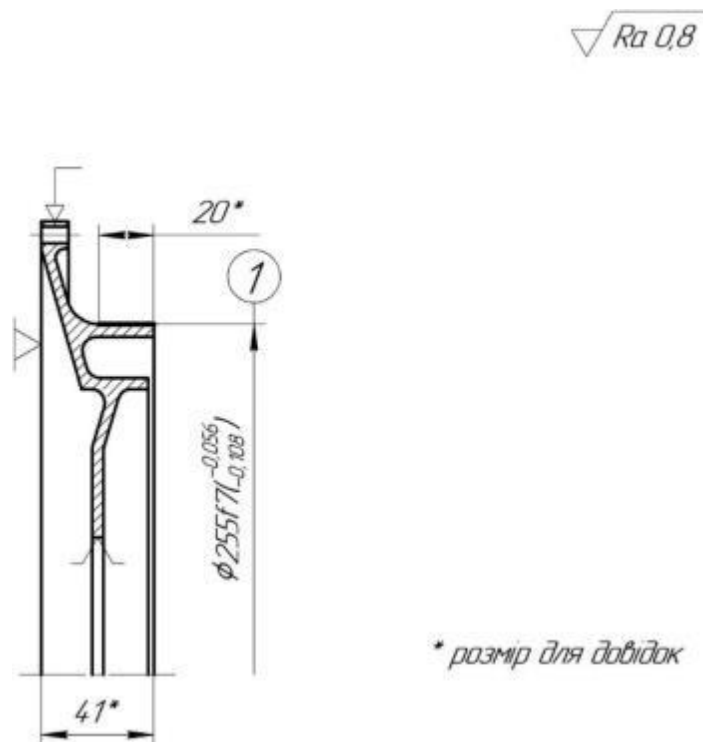


Рисунок 1.9 – Операційний ескіз на шліфувальну операцію 65

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

Розрахунок швидкості обертання шліфувального круга  $V_{кр}$  робимо за формулою (1.47) [3]:

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60} \quad (1.47)$$

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

$D$  - діаметр круга,  $D = 300$ мм.

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

Оброблюваний діаметр  $D_d = 255$ .

Швидкість деталі  $V_o = 48 - 68$  м/хв [4, табл. 161, с. 343], приймаємо  $V_o = 48$  м/хв.

Частота обертання деталі  $n_o$ :

$$n = \frac{1000 \cdot 48}{3,14 \cdot 255} = 59,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата  $n_d = 60$  об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \cdot 255 \cdot 60}{1000} = 48,04 \text{ м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга  $S_t$  в мм/об виконуємо за формулою (1.48) [3]:

$$S_{t1} = S_t \cdot K_m \cdot K_D \cdot K_{V_k} \cdot K_t \cdot K_{IT} \cdot K_h, \quad (1.48)$$

де  $S_t$  – таблична радіальна подача круга,  $S_t = 0,007$  мм/об [4, табл. 163 с. 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,  $K_t = 0,72$ ;

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

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

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

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

Визначення радіальної хвилинної подачі  $S_{тм}$  мм/хв (1.49) [3]:

$$S_{тм} = S_{t1} \cdot n_d = 0,001 \cdot 60 = 0,06 \text{ мм/хв}. \quad (1.49)$$

Визначення потужності різання  $N$  (1.50) [3]:

$$N = \frac{N_{10} \cdot L_{акт}}{10} \quad (1.50)$$

де  $N_{10}$  - потужність на 10 мм активної поверхні круга,  $N_{10} = 0,43$ , [5, к.8, с.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 (1.51) [3]:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.51)$$

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

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

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

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

Таблиця 1.6 – Режими різання

N Опер.	Найменування операції	t, мм	S <sub>o</sub> , мм/об	V <sub>д</sub> , м/хв	n <sub>д</sub> , хв <sup>-1</sup>	T <sub>о</sub> , хв	
015	Токарна з ЧПК	2	0,15	155,4	150	4,13	
020	Токарна з ЧПК	1,0	0,16	67,35	65	5,85	
025	Токарна з ЧПК	1	0,1	111,4	100	3,08	
		2	1,0	0,1	111,4		100
030	Токарна з ЧПК	1	0,5	155,4	150	9,42	
		2	0,5	155,4	150		
		3	0,5	135,6	200		
035	Токарна з ЧПК	1	0,2	111,4	100	11,4	
		2	0,2	0,15	155,4		150
040	Токарна з ЧПК	1	0,8	111,4	100	16,41	
		2	2	0,15	155,4		150
		3	0,5	0,1	111,4		100
045	Токарна з ЧПК	0,5	0,16	67,35	65	4,67	
050	Свердлильна з ЧПК	5,0	0,09	1,57	50	43,2	
055	Фрезерна з ЧПК	2	0,0275 мм/зуб	7,03	320	28,1	
060	Шліфувальна	0,03	0,78мм/хв	25/48	60/1590	0,82	
065	Шліфувальна	0,03	0,78мм/хв	25/48	60/1590	0,32	
070	Шліфувальна	0,03	0,55мм/хв	25/48	30/2000	0,45	
075	Шліфувальна	0,01	0,2мм/хв	25/48	30/2000	0,12	

### 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 (1.52) [1]:

$$t_{\text{шт-к.}} = \frac{t_{\text{пз}}}{n} + t_{\text{шт.}} \quad (1.52)$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.53) [1]:

$$t_{\text{шт.}} = t_o + t_{\text{всп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{п}} \quad (1.53)$$

де  $t_{\text{шт.}}$  - штучний час, хв;

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

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

$t_o$  – сумарний час на операцію, хв;

$t_{\text{всп}}$  – допоміжний час, хв;

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

$t_{\text{п}}$  – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (020)

Основний сумарний час на операцію  $t_o = 5,85$  хв

Допоміжний час визначаємо за формулою (1.54) [1]:

$$t_{\text{всп.}} = t_{\text{в.у}} + t_{\text{м.в.}} \quad (1.54)$$

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

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

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

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата:

$$t_{\text{п.у.}} = t_o + t_{\text{м.в.}} = 5,85 + 0,29 = 6,14 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{\text{обс}} = 10\% \cdot t_{\text{п.у.}} = 0,1 \cdot 6,14 = 0,61 \text{хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби:

$$t_{\text{п}} = 10\% \cdot t_{\text{п.у.}} = 0,1 \cdot 6,14 = 0,61 \text{хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{\text{шт.}} = 5,85 + 0,61 + 0,61 = 7,07 \text{хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, с.604) за формулою (1.55) [1]:

$$T_{\text{п-3}} = T_{\text{п-31}} + T_{\text{п-32}} \quad (1.55)$$

де,  $T_{\text{п-31}} = 12$  хв – час на витрати по обслуговуванню верстата (6, с.604)

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

$$T_{\text{п-3}} = 12 + 6 = 18 \text{хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{\text{шт.-к.}} = \frac{18}{40} + 7,07 = 7,52 \text{хв.}$$

Технічне нормування на свердлильну операцію (50)

Основний сумарний час на операцію  $t_o = 43,2$ хв

Допоміжний час:

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

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

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

Час роботи верстата за програмою управління  $t_{п.у}$  дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата [1]:

$$t_{п.у.} = t_o. + t_{м.в.} = 43,2 + 0,31 = 43,51 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місяця [1]:

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{п.у.} = 0,08 \cdot 43,51 = 3,48 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби [1]:

$$t_{п} = 8\% \cdot t_{п.у.} = 0,08 \cdot 43,51 = 3,48 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 43,51 + 3,48 + 3,48 = 50,47 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, с.604) [1]:

$$T_{п-3} = T_{п-31} + T_{п-32}$$

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

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

$$T_{п-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 50,47 = 50,94 \text{ хв.}$$

### Технічне нормування на фрезерну з ЧПК операцію (55)

Основний сумарний час на операцію 28,1 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);

$t_{в.у.} = 1,2$  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)

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

Час роботи верстата за програмою управління  $t_{п.у}$  рівно неповному оперативному часу роботи верстата [1]:

$$t_{п.у.} = t_{о.} + t_{м.в.} = 28,1 + 1,45 = 29,55 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця [1]:

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{п.у.} = 0,08 \cdot 29,55 = 2,36 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби [1]:

$$t_{п} = 8\% \cdot t_{п.у.} = 0,08 \cdot 29,55 = 2,36 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію [1]:

$$t_{шт.} = 29,55 + 2,36 + 2,36 = 34,27 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [1]:

$$T_{п-3} = T_{п-31} + T_{п-32}$$

де,  $T_{п-31} = 12$  хв - час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ(5, до. 60, с. 301);

$T_{п-32} = 7$  хв - час на витрати додаткові роботи, що враховують,(5, до. 60, с. 301)

$$T_{п-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 34,27 = 34,74 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на круглошліфувальну операцію (065)

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

Допоміжний час:

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

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

$t_{тех}$  – час технічного обслуговування робочого місяця:

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

де -  $T=7$  – стійкість круга,

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

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

Визначаємо оперативний час [1]:

$$t_{\text{оп.}} = t_{\text{о.}} + t_{\text{всп.}} = 0,32 + 1,25 = 1,57 \text{хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця [1]:

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

Час на відпочинок і природні потреби [1]:

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

Визначаємо штучний час на операцію [1]:

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

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

$$t_{\text{пз}} = 12 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

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

Таблиця 1.7 – Технічна норма часу за операціями

Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{шт-к}$						
		$t_o$	$t_d$	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{п}$	$t_{п-з}$	$t_{шт-к}$
015	Токарна з ЧПК	4,13	0,84	0,5	0,5	6,34	15	6,72
020	Токарна з ЧПК	5,85	0,29	6,14	0,61	0,61	18	7,52
025	Токарна з ЧПК	3,08	1,21	4,29	0,43	0,43	20	5,62
030	Токарна з ЧПК	9,42	2,43	11,85	1,18	1,18	20	14,71
035	Токарна з ЧПК	11,4	1,12	12,52	1,25	1,25	25	15,65
040	Токарна з ЧПК	16,41	3,87	20,28	2,03	2,03	20	24,84
045	Токарна з ЧПК	4,67	1,27	5,94	0,59	0,59	18	7,57
050	Свердлильна з ЧПК	43,2	0,31	43,51	3,48	3,48	19	50,94
055	Фрезерна з ЧПК	28,1	1,45	29,55	2,36	2,36	19	34,74
060	Шліфувальна	0,82	1,13	1,95	0,16	0,16	14	2,62
065	Шліфувальна	0,32	1,25	1,57	0,024	0,024	12	1,96
070	Шліфувальна	0,45	0,9	1,35	0,11	0,11	15	1,95
075	Шліфувальна	0,12	0,55	0,67	0,05	0,05	10	1,17

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. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплаву T5K10

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

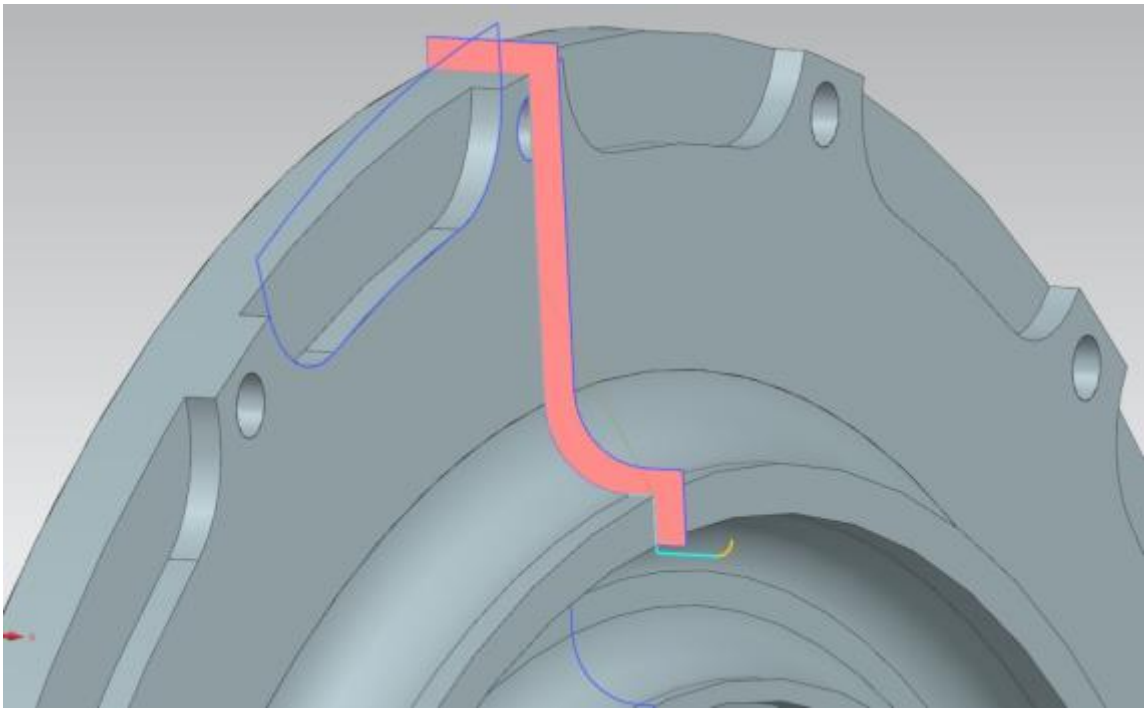


Рисунок 1.10 – Трьовимірна модель операційного ескизу операції №020  
Токарна з ЧПУ

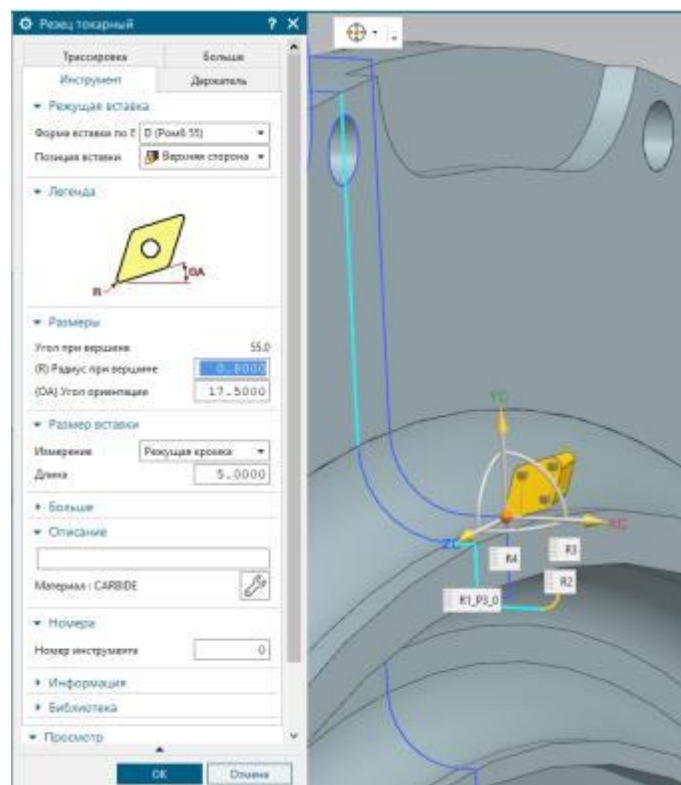


Рисунок 1.11 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні  
обробки

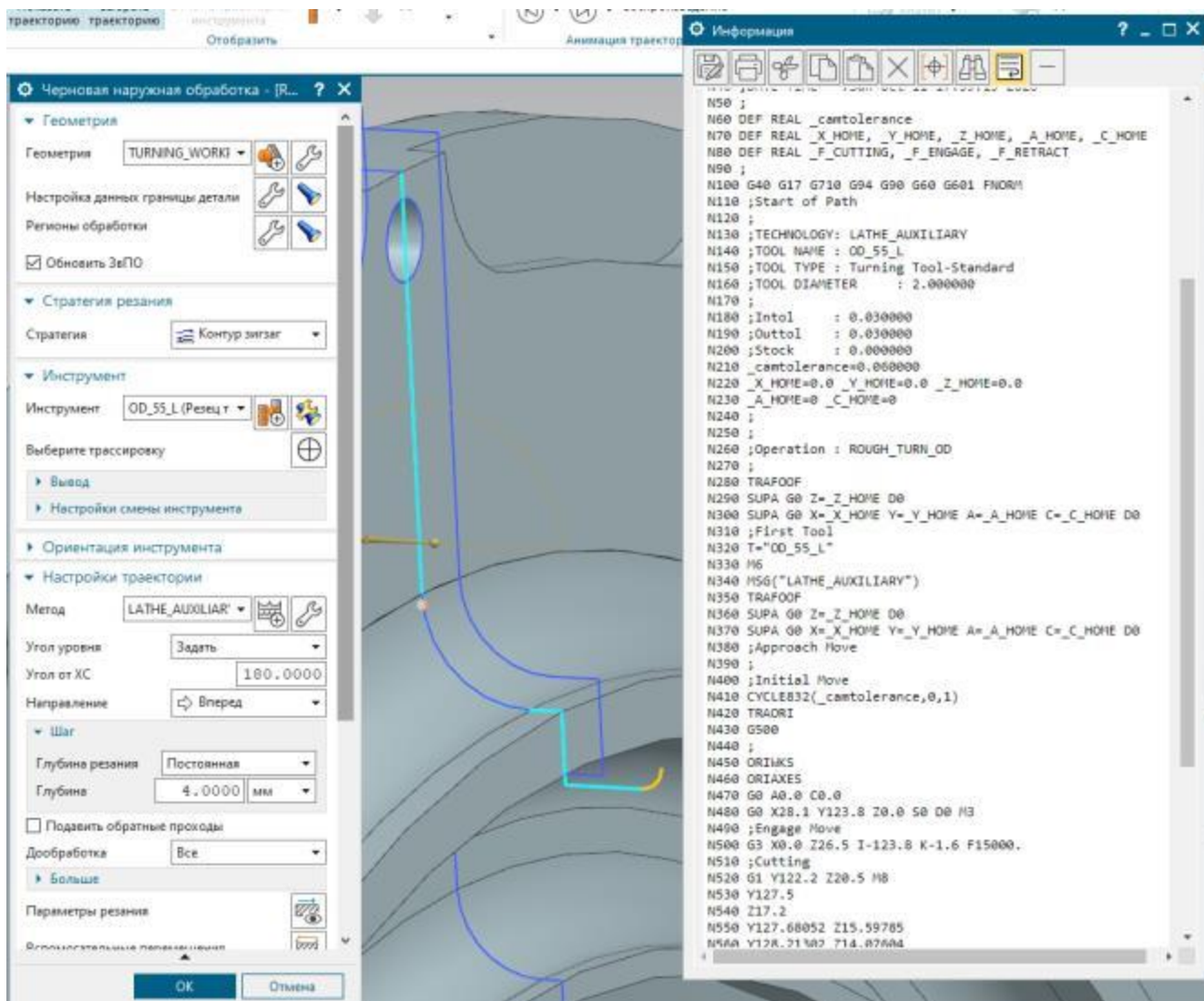


Рисунок 1.12 – Програма обробки в G кодах

## 1.8.2 Розробка свердлильної операції

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

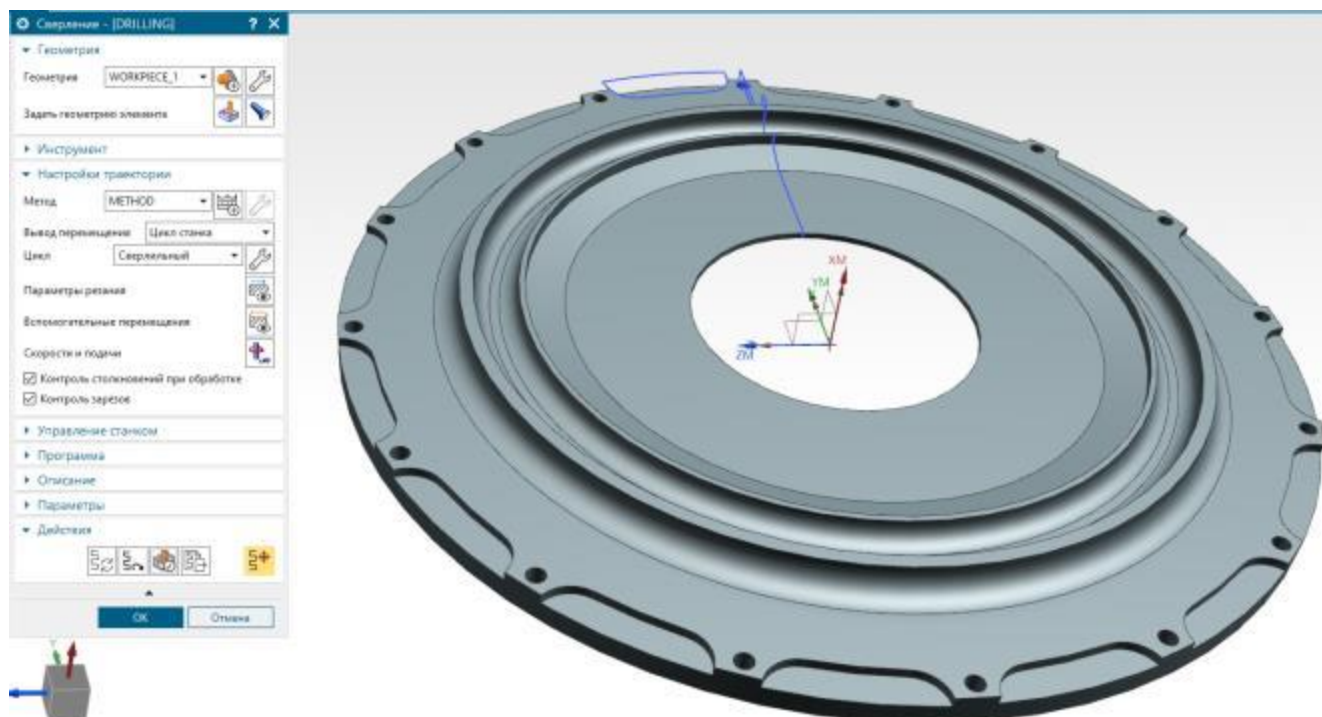


Рисунок 1.13 – Оперативний ескіз – свердлильна операція

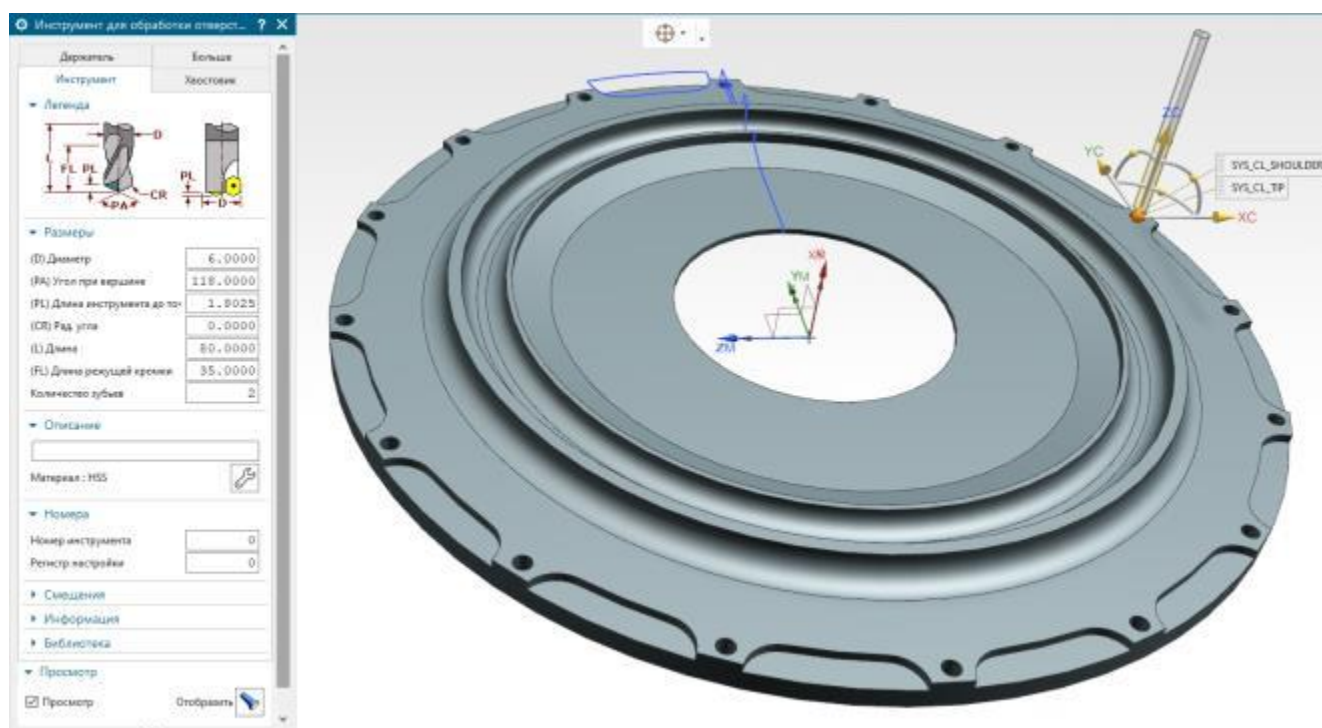


Рисунок 1.14 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

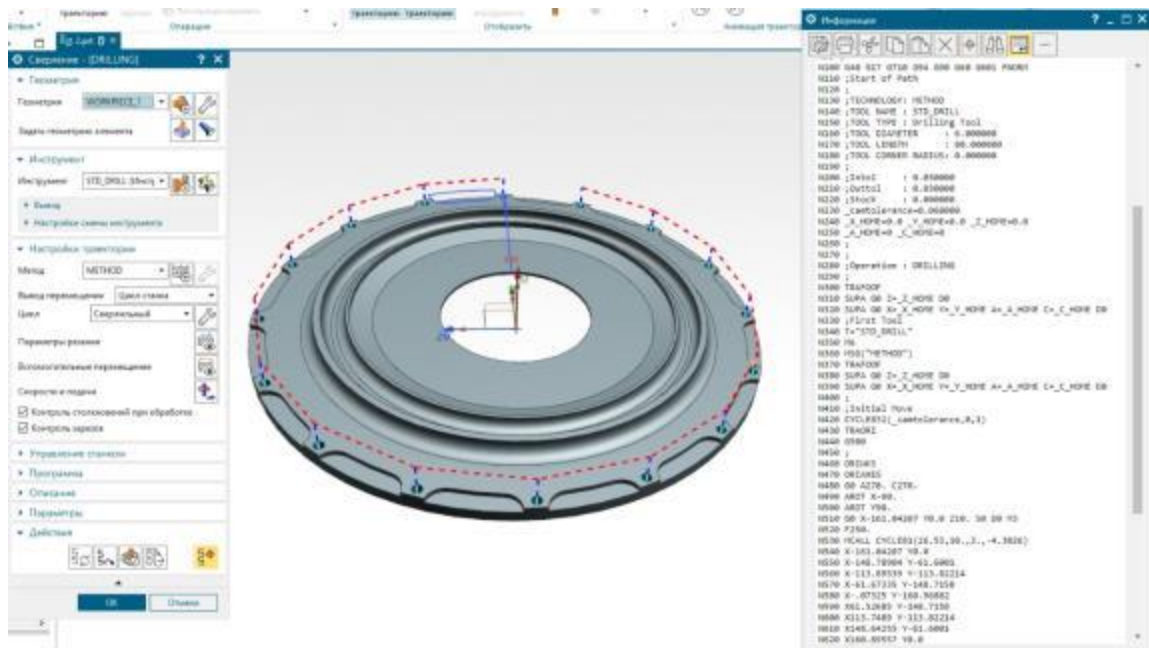


Рисунок 1.15 – Траєкторія обробки з програмою в G кодах

### 1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (055)

Ріжучий інструмент:

Фреза кінцева Ø10 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71

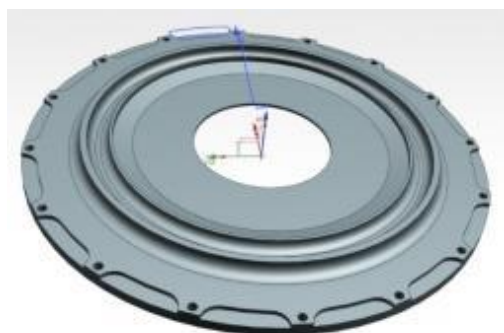


Рисунок 1.16 – Трьовимірний модель операційного ескизу операції №055  
Фрезерна з ЧПУ

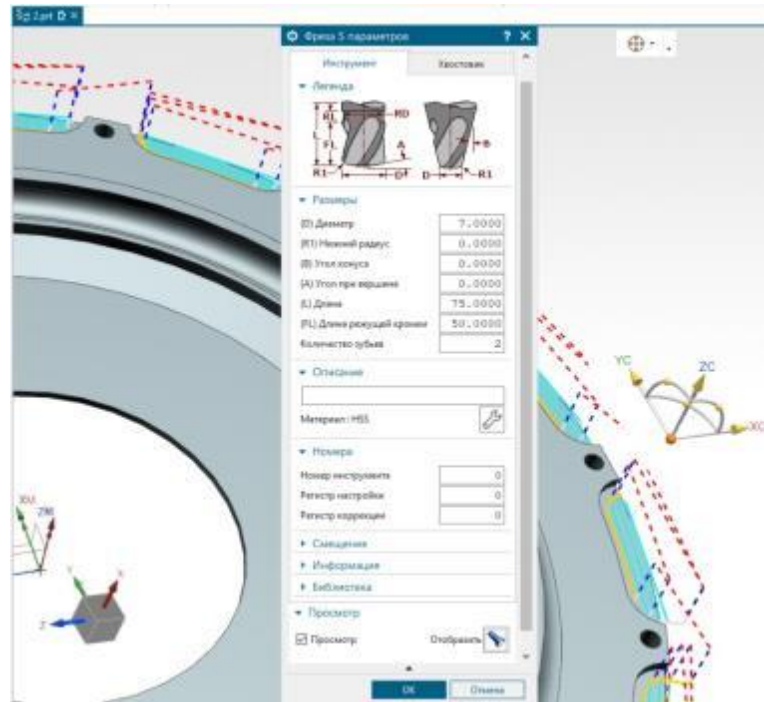


Рисунок 1.17 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

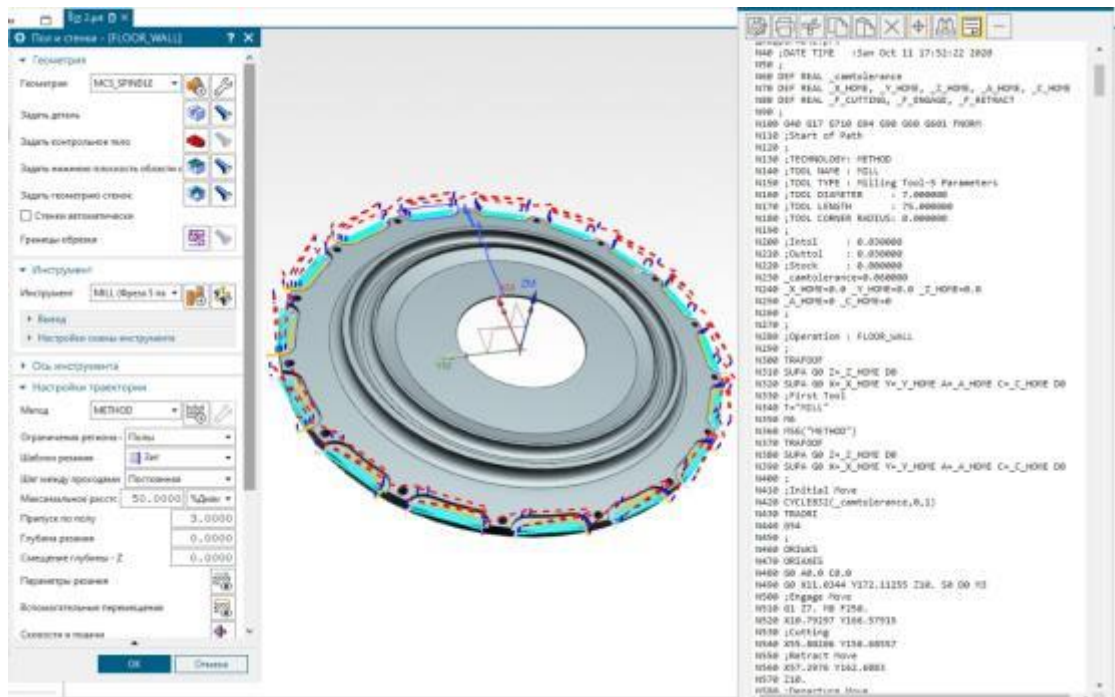


Рисунок 1.18 – Траєкторія обробки з програмою в G кодах

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування токарного пристосування

#### 2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

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 по  $\varnothing$  180 мм і остаточно вивіряється по поверхні А. Після вивірки пристосування закріплюється до планшайби верстата за трьома отворами по різьбі М16. З метою механізації пристосування для спрощення процесу затиску мембрани використовують пневматичний привід. Пневматичний привід має ряд переваг, серед яких: швидкість дії; сталість зусилля затиску і можливість його регулювання; простота конструкції і експлуатації; незалежність працездатності від температури навколишнього середовища.

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

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

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



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

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. [7] 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. [7]  $\varepsilon_{\text{зак}} = 40$  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.

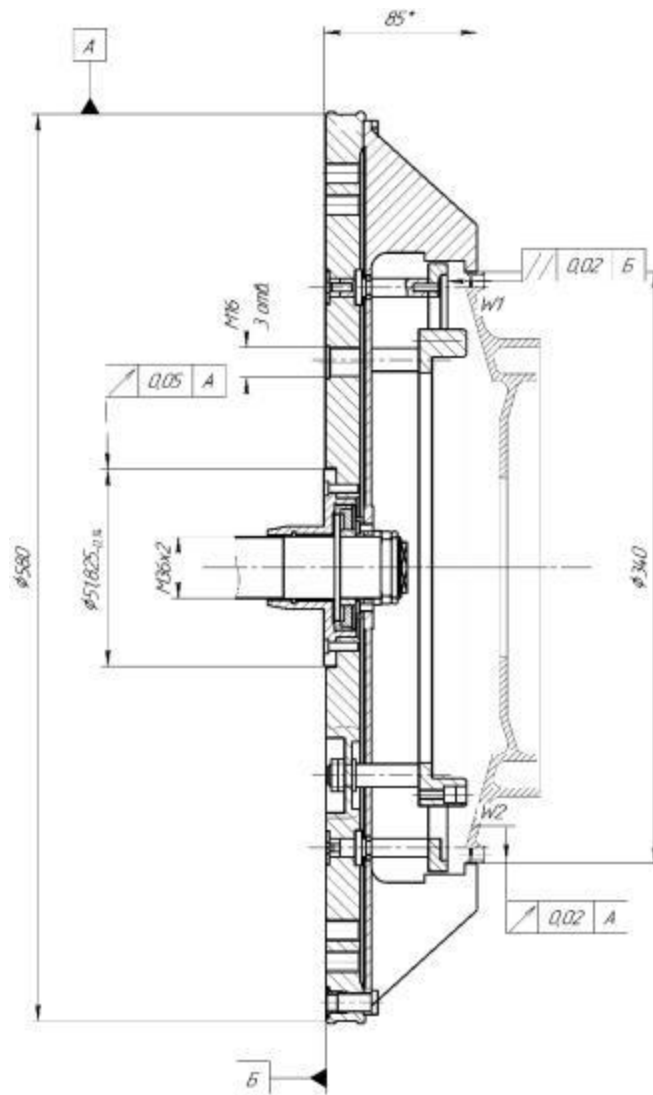


Рисунок 2.2 – Схема дії сил затиску в пристосуванні

Розрахуємо момент різання за формулою (2.2) [7]:

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

де  $P_x$  – осьова сила різання, що за напрямком співпадає з силою зажиму [11] визначається за формулою (2.3) [3]:

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

де  $K_p$  – довідковий коефіцієнт, що враховує вплив геометрії ріжучого інструменту та твердість оброблюемого матеріалу визначається за формулою (2.4) [3]:

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{\tau_p} \quad (2.4)$$

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

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

Тоді, момент різання дорівнює:

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

Радіальне зусилля затиску деталі на одному кулачку мембрани для передачі заданого моменту [7] визначається за формулою (2.5):

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

де  $k$  – коефіцієнт запасу,  $k=2,5$  [7];

$n$  – кількість кулачків;

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

$$W_o = \frac{2,5 \cdot 2187,85}{2 \cdot 12 \cdot 0,16 \cdot 580} = 2,45 \text{ кН}$$

За таблицю 11.1 с. 285 [7] в залежності від діаметру базової поверхні деталі визначаємо діаметр мембрани 580 мм, товщину мембрани – 85 мм.

Циліндричну жорсткість мембрани розраховуємо за формулою (2.6) [7]:

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

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

$s$  – товщина мембрани;

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

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

Кут розтиску кулачків при закріпленні деталі з найменшим діаметром визначаємо за формулою (2.7) [12]:

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

де  $M_3 = 0.825$  кН·мм – момент закріплення по відношенню до діаметру мембрани до діаметра заготовки.

$$\varphi = \frac{0,825 \cdot 10^3 \cdot 580}{2 \cdot 11810096 \cdot (1 + 0,3)} = 0,01 \text{ рад}$$

Зусилля на клині мембрани, від дії пневмоциліндра визначається за формулою (2.8) [12]:

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

де  $W$  – зусилля затиску, Н;

$d$  – діаметр, базування заготовки, мм;

$D$  – діаметр мембрани, мм;

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

$$Q = 3,77 \cdot 10^3 \cdot \frac{340}{350 \cdot 12} \cdot \text{tg} 8^\circ = 305,19 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндру за формулою (2.9) [12]:

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

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

$\eta = 0,9$  - ККД пневмоциліндру.

Тоді,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 305,19}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,09 \text{ м} = 93 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндра з стандартного ряду  $D = 90$  мм. [12]

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

#### 2.2.4 Розрахунок пристосування на точність

Для забезпечення завданої точності обробки необхідно дотримуватися умови (2.10) [12]:

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

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

Необхідно витримати розмір обробки  $\varnothing 100_{-0,035}$  мм. Розраховуємо номінальний розмір та допуск на виготовлення габариту установка.

Визначаємо середній розмір обробки за формулою (2.11) [12]:

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

де  $A$  – розмір обробки, мм;

$TA$  – допуск на розмір обробки, мм.

$$A_{\text{ср}} = 100 - \frac{0,035}{2} = 99,98 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установки за формулою (2.12) [12]:

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

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

$$H_{cp} = 99,98 + 100 = 199,98\text{мм}$$

Розраховуємо допуск на виготовлення установу за формулою (2.13) [12]:

$$T_H \leq T_A - (k_1 \cdot E_6 \cdot E_2 \cdot k_2 \cdot w) \quad (2.13)$$

де  $k_1 = 0.8 \dots 0.85$  коефіцієнт, що враховує відхилення позиціонування значень від знаку нормального розподілення внаслідок того, що дійсний розмір поверхонь установок рідко дорівнює крайньому;

$E_6$  – похибка базування при виконанні операції;

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

$k_2 = 0.6 \dots 0.65$  – 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.

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

$$T_H \leq 111$$

Визначаємо величину  $\pm \frac{T_H}{2}$ , округливши значення до найближчого нормалізованого. Приймаємо  $\frac{T_H}{2} = \pm 0,055\text{мм}$ . Виконавчий розмір габариту установка:  $\varnothing 199,98 \pm 0.055$ .

### 2.2.5 Розрахунок пристосування на міцність

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

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

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

Визначаємо величину напруги зрізу в різьбі тяги за формулою (2.14) [12]:

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

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

$d_1$  – внутрішній діаметр різьби, м;

$k=0.87$  – коефіцієнт повноти різьби;

$H$  – довжина різьби в проушині, м;

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

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

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

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

Розрахунок різьби на змінання виконуємо за формулою (2.15) [12]:

$$\sigma_{\text{с.м}} = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot (d^2 - d_1^2) \cdot k_m \cdot z}, \quad (2.15)$$

де  $d$  – зовнішній діаметр різі, м;

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

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

Допустиме напруження зминання для матеріалу тяги дорівнює  $[\sigma]_{с.м}=282\text{МПа}$ .

Відповідно:  $\sigma_{с.м} < [\sigma]_{с.м}$ .

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

## 2.2 Проектування контрольного пристосування

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

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

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

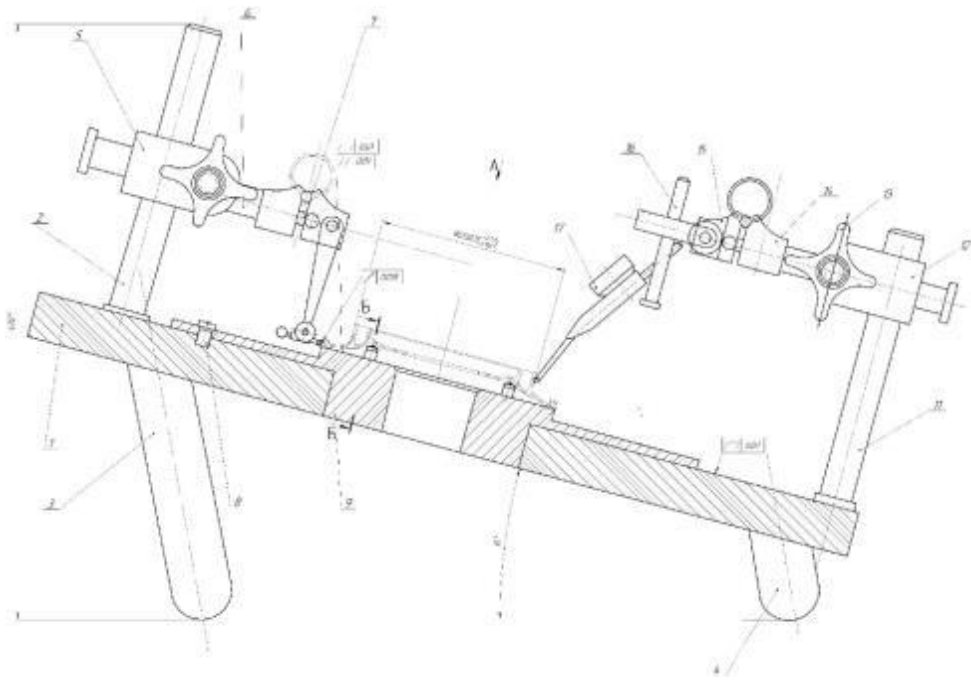


Рисунок 2.3 – Конструкція контрольного пристосування

Розрахунок на точність контрольного пристосування полягає у визначенні похибки вимірювання виконуємо за формулою (2.19) [12]:

$$\Delta_{\text{изм}} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2} \quad (2.19)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

#### ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПОДАЧІ ЗАГОТОВОК У ЗОНУ ОБРОБКИ

Особливе значення треба приділити орієнтуванню й завантаженню деталей при автоматизації процесів складання, тому що форма готових деталей, які подаються на складання, складніші форми заготовок, призначених для обробки.

В автоматичних завантажувальних пристроях велику увагу приділяють також транспортним операціям, тому що при автоматизації завантажувальних операцій деталі варто не тільки орієнтувати, але й подати на робочу позицію автоматичного верстата чи іншої робочої машини в необхідному положенні.

Тобто в процесі завантаження необхідно переміщувати деталь, не порушуючи наданої їй орієнтації (або змінювати одне орієнтоване положення на інше).

При цьому для переміщення виробів використовують три типи сил: сила ваги, зовнішня прикладена сила і сила інерції [18].

Залежно від застосування тієї чи іншої сили або їх комбінації розрізняють три види транспортування виробів:

- самоплинне, під дією сили ваги;
- примусове, під дією прикладеної зовнішньої сили;
- вібраційне, під дією інерційних сил.

Самоплинне транспортування не вимагає ні джерела енергії, ні двигуна, ні спеціальних механізмів і тому знаходить велике застосування [18].

Однак застосування його обмежується тим, що переміщення виробів відбувається з прискоренням і часто швидкості бувають настільки великі, що виявляються небезпечними для виробів. Крім того, самоплинний транспорт можна використовувати тільки у випадку переміщень вгору, вниз [18].

Самоплинний спосіб транспортування можна змінити при коливаннях, перпендикулярних напрямку руху. Швидкість ковзання при цьому можна регулювати частотою коливань, а сам рух може здійснюватися при нахилах

значно менших кута тертя.

Примусовий транспорт дозволяє переміщувати об'єкти в будь-якому напрямку рівномірно, прискорено, уповільнено і т.д.

Вібраційний транспорт є деякою мірою проміжним між самоплинним і примусовим. Вироби можна переміщувати під дуже невеликим кутом вниз, горизонтально і навіть під невеликим кутом вгору, тобто так, як це дозволяє примусове транспортування. Крім того, треба зазначити, що на вібраційному транспорті дуже зручно здійснювати орієнтування виробів складної форми [18].

Завантажувальні пристосування можуть складатися з одних лотків, у яких вироби переміщуються самоплинним безпосередньо в зону обробки, але при деякому ускладненні до лоткових магазинів ЛМ (рис.3.1а) додають живильник П, що діє синхронно з іншими виконавчими органами [18].

Для збільшення ємності лотку надають форми зигзагу, спіралі і т.п. У результаті прагнення ще більше збільшити ємність виникли так звані магазинні завантажувальні пристосування, що складаються з магазину М та лотка Л (рис.3.1б) [18].

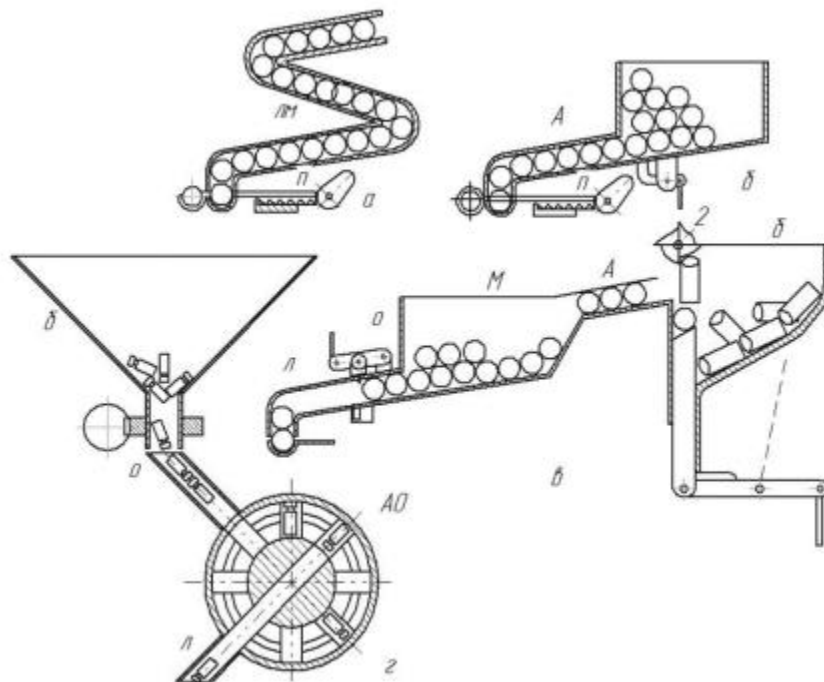


Рисунок 3.1 – Різновиди завантажувальних пристроїв [18]

У бункерні завантажувальні пристрої вироби завантажуються неорієнтованим насипом (рис. 3.1в). Ємність цих пристосувань прийнято називати бункером Б, звідки й виникла назва пристроїв [18].

Бункерні завантажувально-орієнтуючі пристрої (БЗОП) виконують значно складніші функції. Вони мають захоплювальні і орієнтуючі механізми, що вибирають із загального насипу вироби і видають їх в одному чи кількох визначених положеннях на транспортний пристрій, що являє собою здебільшого лоток. Тому бункерні завантажувальні пристрої на відміну від магазинних несуть функції орієнтування. У пристрої, зображеному на рис. 3.1 в, ножовий штовхач 1 вибирає із насипу і піднімає деталі в орієнтованому положенні, а скидач 2 зіштовхує зі штовхача зайві чи неправильно орієнтовані вироби [18].

Зазвичай не вдається здійснити в бункері автоматичне орієнтування деталей складних форм. Наприклад, деталі у вигляді валиків з несиметрично розташованою проточкою можуть виходити з бункера проточкою вперед чи проточкою назад, тобто у двох можливих положеннях. У бункері тільки зменшується кількість можливих положень, або, як кажуть, деталям надається первинне орієнтування. У таких випадках необхідно додатково зробити в спеціальних пристроях вторинне орієнтування, після якого деталі рухаються до робочої зони тільки в одному, визначеному положенні. У зображеному на рис.3.1г пристрої є спеціальний механізм автоматичної орієнтації АО, що остаточно орієнтує всі деталі проточкою вперед [18].

Отже, БЗОП являє собою групу механізмів, що приймають деталі насипом і подають їх до робочої зони машини чітко орієнтованими в просторі.

Незважаючи на те що БЗОП є найдосконалішими пристроями і мають найвищий ступінь автоматизації, вони все-таки не можуть застосовуватися в усіх випадках. Часто завадою до їхнього застосування є громіздкість пристрою, крихкість виробів і схильність їх до склеювання чи зчеплення.

Завантажувальні пристрої складаються з таких цільових механізмів: бункерів, лотків, магазинів, відсікачів, живильників і автоматичних орієнтуючих пристроїв (для вторинного орієнтування) [18].

Своєрідність роботи бункера полягає в тому, що майже усі деталі засипаються насипом і займають у ньому довільні положення. Призначення бункера — вибрати з насипу по одній деталі і здійснити первинну орієнтацію.

Бункер видає деталі неритмічно, через різні проміжки часу. Однак у визначені відрізки часу продуктивність бункера можна вважати приблизно постійною, тобто бункер має деяку середню продуктивність. Для деталей порівняно простих форм первинна орієнтація в бункері є достатньою, усі деталі виходять з бункера в одному визначеному положенні, тому не вимагають вторинного орієнтування в спеціальних пристроях.

Застосування тих чи інших пристроїв для винесення деталей з насипу визначає тип бункера. Тобто вихід деталей з навалу може здійснюватися примусово спеціальними механізмами по одній чи по декілька одиниць з одночасним доданням їм первинної орієнтації (табл. 3.1) [18].

Таблиця 3.1 – Способи винесення деталей з насипу

Спосіб винесен ня	Примусово спеціальними механізмами				Параметрично		
	Поштучно		Партіями		Безперервним потоком		
	Кишенько ю	Гачком	Лотком	Лопатою	Власною вагою	Силою тертя	Силою інерції
Тип бункера	Кишеньков ий	Гачковий, штирвовий, пальчиковий	Секторний, ножовий, дисковий	Лопатовий, щільовий, , барабанний	Трубчастий	Фрикційний	Вібраційний

Параметрично, тобто без допомоги спеціальних примусово діючих механізмів, винесення і первинне орієнтування деталей у бункерах можна здійснювати, використовуючи власну вагу деталей, сили тертя між деталями і робочими поверхнями бункера або за допомогою сил інерції, що виникають у результаті надання робочим поверхням бункера коливального (вібраційного)

руху.

Магазини накопичують і зберігають деталі в орієнтованому положенні. Лотки здійснюють в основному транспортні операції з переміщення деталей між цільовими механізмами БЗОП чи до робочих органів машин. У деяких випадках вони одночасно відіграють роль магазину, а іноді використовуються також для вторинного орієнтування [18].

Відсікачі й живильні пристрої працюють синхронно з робочими органами машин, подаючи деталі до робочих органів у визначені періоди робочого циклу, тобто орієнтують деталі в часі.

Бункери з поштучним видаванням деталей є дуже розповсюдженими; до їх числа відносяться такі широко відомі в практиці конструкції, як кишенькові, гачкові й дискові.

На рис. 3.2 зображено основний тип кишенькового бункера, який складається з кожуха 2, диска 1 з кишнями, відвідного лотка 3 і привода — черв'ячної передачі 4. При обертанні диска 1 у розташовані внизу кишні западають заготовки, що піднімаються вгору і випадають через отвір у корпусі в приймальний лоток 3 [19].

Кишені на диску можна по різному розташовувати. Спосіб розташування деталей значно впливає на продуктивність кишенькового бункера, тому що впливає на величину коефіцієнта заповнення, а також на припустиму величину швидкості обертання диска. При розташуванні кишень по хорді (рис. 3.2а) кількість кишень невелика. При тому ж діаметрі обертового диска і тієї ж колової швидкості кількість кишень, а отже, і продуктивність бункера можна значно збільшити, якщо розташувати кишні радіально, як зображено на рис. 3.2г. Однак при цьому деталі майже не будуть попадати в кишні, тому що в стінках кожуха вони в більшості розташовуються по хорді [19].

Для того щоб змусити деталі розташовуватися радіально і, отже, збільшити коефіцієнт заповнення, на днищі необхідно зробити радіальні виступи.

Для завантаження деталей довжиною, меншою по величині, ніж діаметр, кишням надається форма, показана на рис. 3.2б. Привод дискових кишенькових

бункерів здійснюється через запобіжний пристрій. Зірочка 7, що сидить на привідному валу, обертається з постійною кутовою швидкістю  $i$ , зачіпаючи за виступи важелів 5 і 8, надає обертання диску з кишнями 1. Важелі 5 і 8 сидять на осях, закріплених на диску 1, і пружинами 6 і 9 притискаються до зірочки 7 [19].

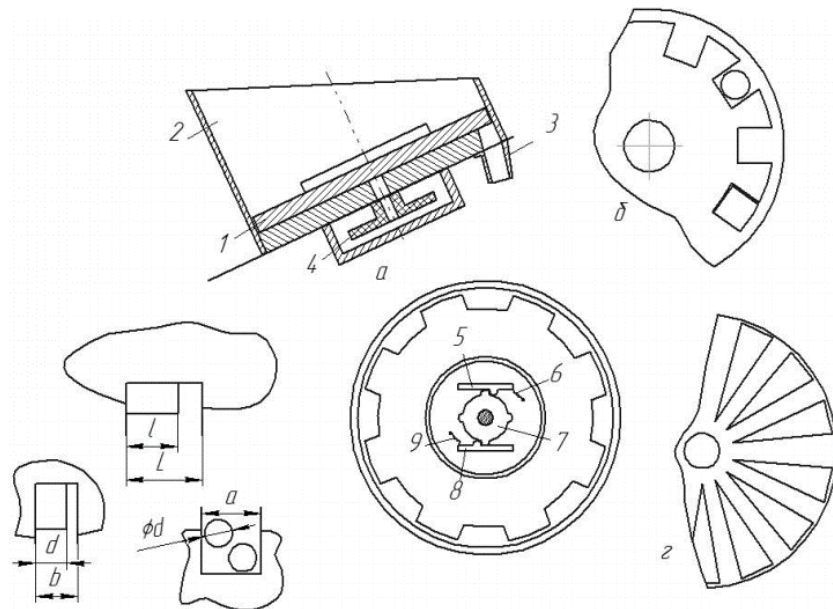


Рисунок 3.2 – Кишеньковий бункер [19]

Механізм, що припиняє видавання деталей закриттям вікон приймальних пристроїв у дисковому кишеньковому бункері, зображено на рис. 3.3. Деталі, які запали в кишені диска 12, виносяться до прийомного вікна в днищі 1, що закривається заслінкою 11. Диск 12 обертається за рахунок черв'ячної передачі 4 – 6 [19].

Передаточне число черв'ячної пари дорівнює числу кишень в обертовому диску. Завдяки цьому проходження кожної кишені над вікном у днищі 1 відбувається у визначений період оберту кулачка 3, що дає можливість забезпечити відкриття заслонки 11 при визначеному положенні деталі над вікном у днищі 1 [19].

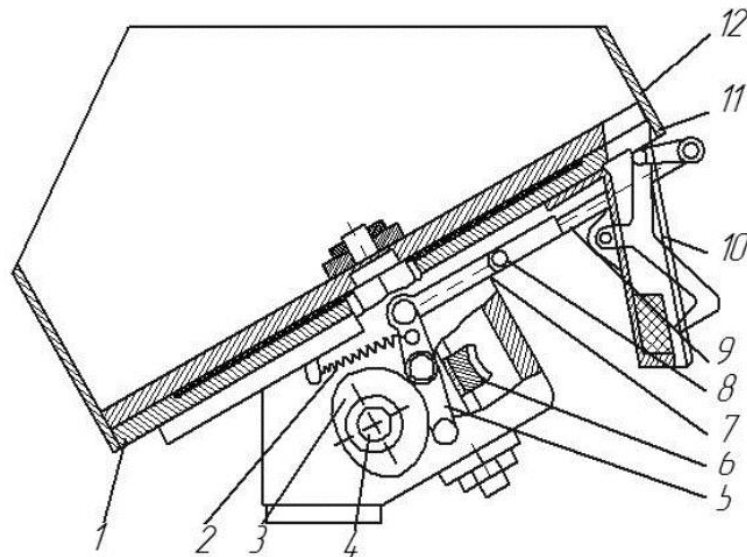


Рисунок 3.3 – Кишеньковий бункер з механізмом, що припиняє видавання деталей закриттям вікон приймальних пристроїв

Основний тип бункера з гачками на периферії. На обертовому диску закріплені гачки, які в нижньому положенні забирають деталі із завантажувального простору кожуха бункера і піднімають їх вгору [19].

При переході через верхнє положення, з лівого боку бункера, деталі попадають у приймач у вигляді трубчастого лотка з розрізом, крізь який вільно проходить діаметр стержня гачка. У приймачі деталь сковзує з гачка, випереджає його і випадає в трубчастий лоток [19].

При переповненні приймача гачок з черговою деталлю впирається в деталі, що знаходяться в приймачі, і завдяки обов'язковій наявності запобіжного механізму у вигляді описаної вище (див. рис. 3.2а) просковзуючої муфти диск зупиняється до спорожнювання приймача. Надходження деталей із передбункера в бункер регулюється заслінкою [19].

#### 4 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Трьо вимірна модель показана на рис. 4.1.

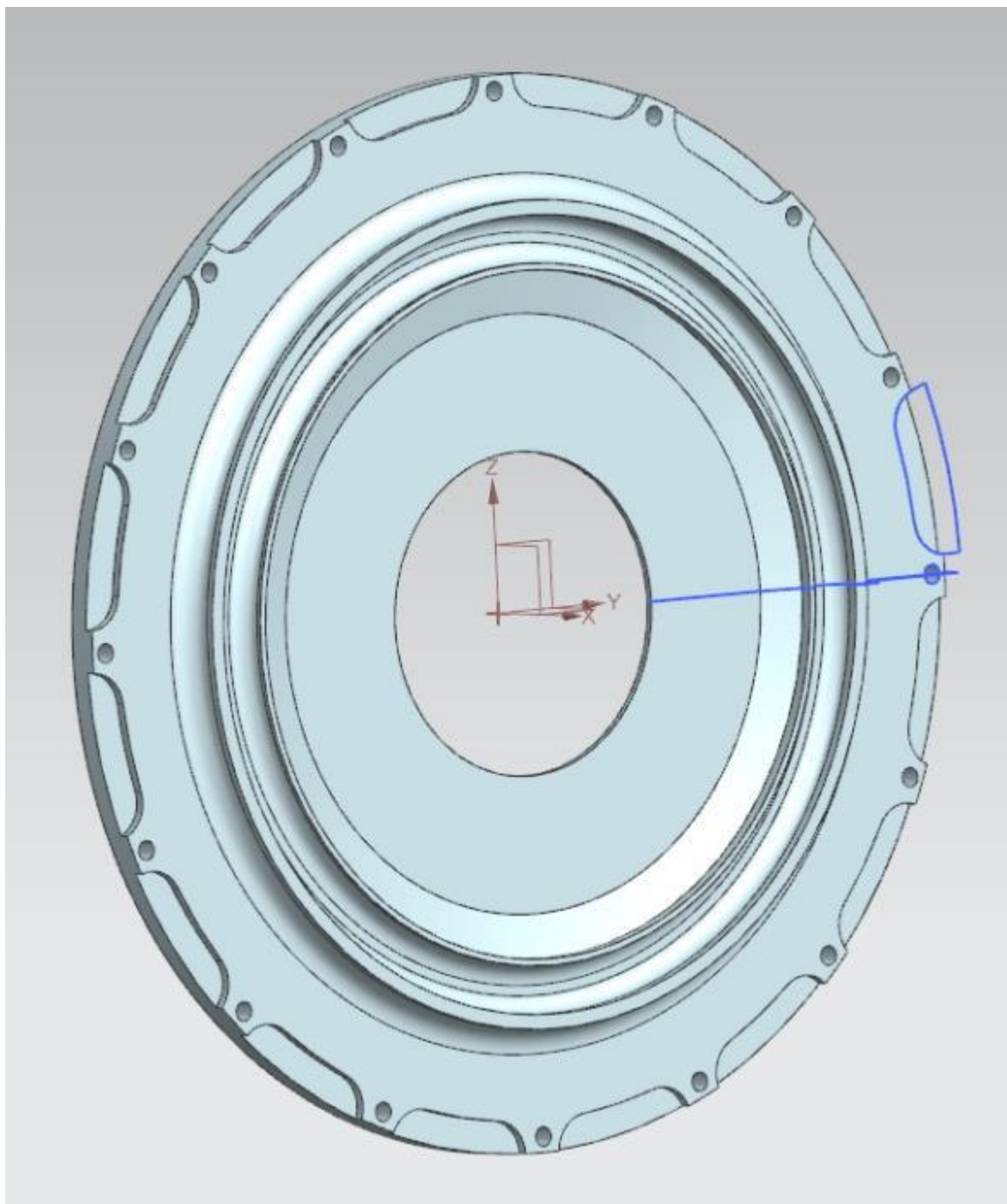


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель діафрагми

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Модель діафрагми розбита на сітку кінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану (рисунок 4.4).

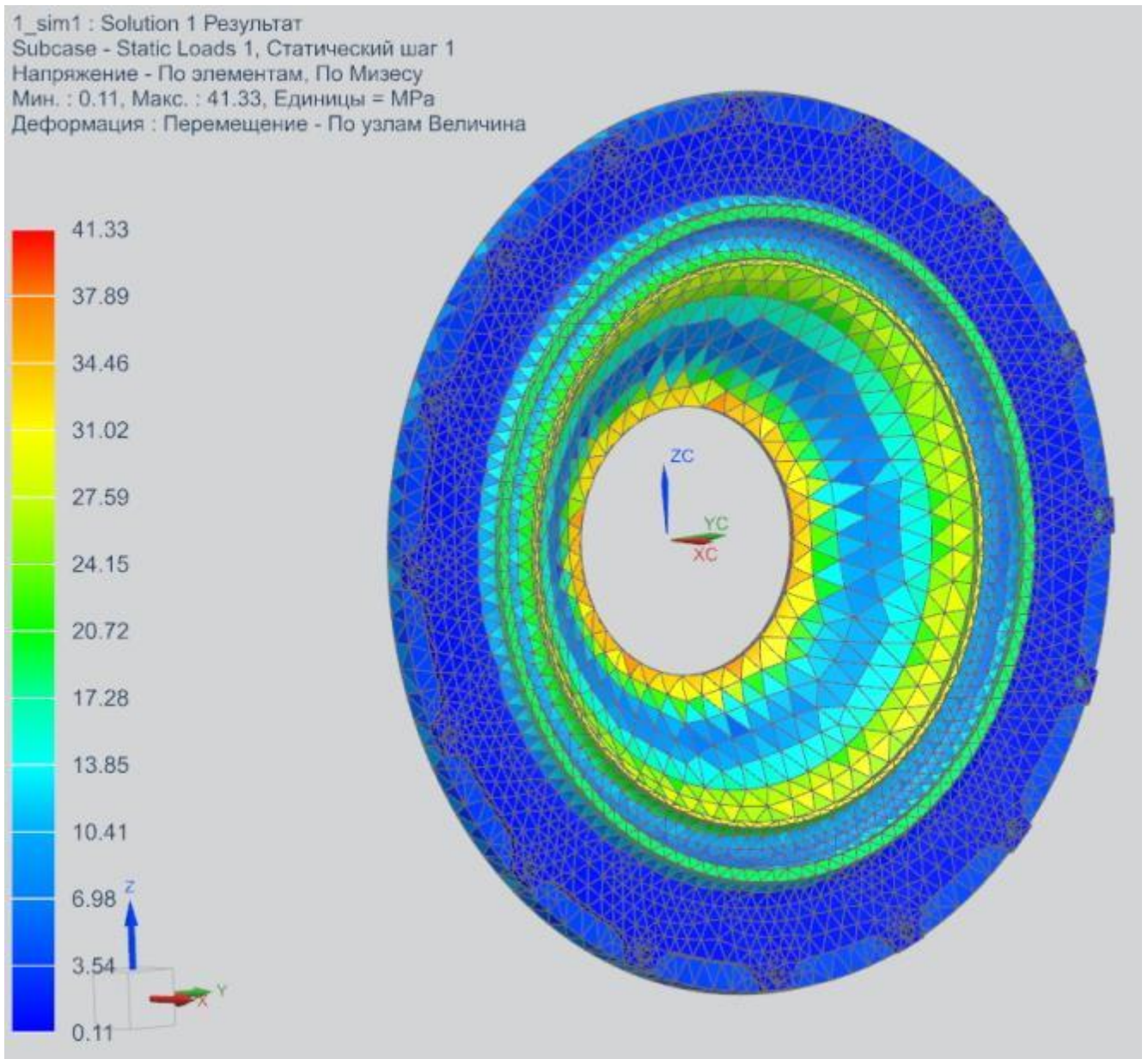


Рисунок 4.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану диску

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде центральний отвір та для підвищення міцності деталі необхідно виконати його зміцнення, або збільшити товщину стінки.

## 5 СПЕЦЗАВДАННЯ

### СУЧАСНІ ШЛІФУВАЛЬНІ ВЕРСТАТИ: НОВІ МЕТОДИ АБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ

Відомо, що перемога в економічному розвитку громадської формації визначається рівнем продуктивності праці. Верстати завжди були засобами виробництва. Нині шліфування складає в середньому більше 25 % механічної обробки у світі, причому 70 % високоточної обробки виконується саме на шліфувальному устаткуванні. Загальною для цього виду устаткування є обробка заготовок абразивними інструментами [20].

Шліфувальні верстати забезпечують 4 - 7 квалітети ІСО. При традиційному шліфуванні досягають параметра шорсткості поверхні  $R_a = 1,25.0,32$  мкм, при точному шліфуванні —  $R_a = 0,38.0,08$  мкм, а при окремих операціях —  $R_a = 0,08.0,02$  мкм [20].

Різноманітність шліфувальних верстатів можна представити і оцінити, якщо розглянути класифікацію верстатів за рядом ознак.

По класифікаторові ЭНИМС від 1937 року передбачено розділення усіх універсальних металорізальних верстатів на 9 груп. Групи ділять на типи, а типи — по розмірах верстатів або оброблюваних заготовок. У основу класифікації верстатів покладений технологічний принцип обробки і призначення верстата. Проте нині ряд російських підприємств за прикладом європейських колег вводить свою, фірмову класифікацію. Зібрані автором і представлені на рис. 5.1 сім ознак класифікації цілком вичерпне характеризують існуюче різноманіття шліфувальних верстатів. Наявність всіляких технічних завдань, що вирішуються із застосуванням шліфувальних верстатів, визначає об'єм і стан ринку цього устаткування [20].

У основі цілей вдосконалення шліфувальних верстатів лежить ряд моментів. Пріоритетними з них є технічні вимоги, що змінюються, до деталей: склад і властивості матеріалу, підвищення точності і якості поверхні деталей, а

також зниження собівартості їх обробки. Рішенням виникаючих завдань є інженерні рекомендації по розвитку технології обробки і конструкції устаткування. Розглянемо принципові технологічні напрями вивчення і розвитку процесу різання при шліфуванні, яке дозволяє цьому процесу вийти за межі статусу фінішної, обробної операції, щоб стати основним методом видалення металу в деяких процесах обробки [20].



Рисунок 5.1 – Класифікація шліфувальних верстатів [20]

### 5.1 Швидкісне шліфування

Згідно прийнятої по ГОСТ 23505-79 термінології, швидкісне шліфування досягається при швидкості обертання круга 35-60 м/с, а високошвидкісне — понад 60 м/с (High Speed Grinding — HSG). Добре відомо, що підвищення швидкості без зміни подання деталі дозволяє підвищити стійкість шліфувального круга в 1,5 - 2,5 разу завдяки зменшенню середньої товщини стружки і, отже, навантаження на зерно і понизити шорсткість шліфованої поверхні Ra за рахунок зменшення глибини урізування окремих зерен при постійному зніманні металу [20].

Швидкісне шліфування з поданням деталі, що пропорційне збільшується, пропорційне збільшує хвилине знімання металу при збереженні стійкості круга і заданого параметра шорсткості Ra. Експериментальні дослідження і практика швидкісного шліфування показують, що збільшення хвилиного знімання металу супроводжується підвищенням інтенсивності різання, збільшенням тепловиділення в зоні шліфування і утворенням прижогів [20].

Дослідження вітчизняних авторів у області швидкісного і високошвидкісного шліфування, як правило, обмежувалися значеннями окружної швидкості круга в межах 60 - 80 м/с. Як правило, у вітчизняній практиці швидкісне шліфування застосовувалося в двох випадках: як чистове для обробки деталей з малим припуском і малою жорсткістю і як силове, при якому круг притискається до шліфованої поверхні з великою силою, щоб знімати стружку великої глибини [20].

Дослідження високошвидкісного глибинного шліфування, проведені зарубіжними авторами останніми роками, встановили цікаві закономірності. На рис. 5.2 показаний вплив швидкості круга на максимальні температури поверхні деталі при постійному питомому зніманні (100 мм<sup>3</sup>/мм·с) і великій глибині різання (6 мм). Зростання температури можна бачити при підвищенні швидкості шліфування до 100 м/с, а подальше збільшення швидкості круга призводить до зниження температури. Встановлена залежність ідентична для різних характеристик шліфувальних кругів [20].

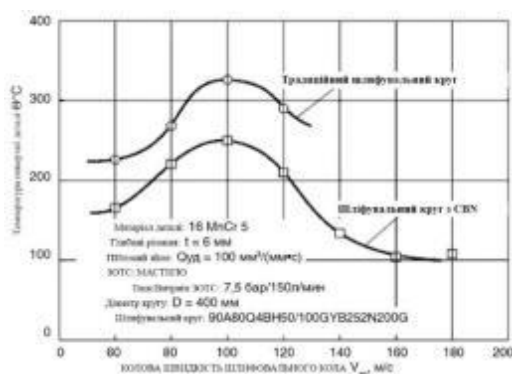


Рисунок 5.2 – Вплив швидкості круга  $v_{кр}$  на максимальні температури  $\Theta^{\circ}\text{C}$  при постійній високій швидкості видалення металу і великій глибині різання

Пояснення, це Tawakoli для цього явища, відноситься до дуже короткого періоду часу, коли абразивні зерна круга контактують з деталлю. Поверхня деталі не знаходиться в тепловій рівновазі. Тепловий імпульс спочатку поширюється по поверхні, перш ніж він проникає в заготовку. Нагріта поверхня полегшує видалення наступного елемента стружки і, таким чином, зменшує сили шліфування. Проте, перш ніж тепло може поширитися на поверхні, наступний елемент стружки віддаляється, забираючи тепло з собою. Критична швидкість круга, під час якої ці ефекти починають проявлятися, складає близько 100 м/с. Коли швидкість круга перевищує критичне значення, швидке видалення стружки знижує температуру поверхні деталі [20].

Дані представлені на рис. 5.2 дані говорять про загальну тенденцію, проте падіння температури може бути менш вираженим або температура шліфування може просто вирівнюватися після 100 м/с [20].

Слід зазначити, що в Європі і США на промислових підприємствах реально і широко у виробничих умовах застосовується високошвидкісне шліфування. На думку автора роботи, до 1995 р. середня швидкість шліфування кругами з CBN на підприємствах США складала 120 м/с, а до 2000 р. вже 160 м/с. Нині повідомляється про створення і впровадження у виробництво верстатів, оброблювальних високоміцний чавун із швидкістю 200 м/с. Експерименти із швидкістю шліфування до 500 м/с проводилися з 1991 р., проте застосування таких високих швидкостей в діючому виробництві стримується вимогами безпеки [20].

На рис. 5.3 систематизовані відповіді на питання про максимальну швидкість шліфування кругами CBN, використовуваною на підприємстві-виробника верстатів або у замовника. Питання задавалося президентам і генеральним менеджерам верстатобудівних компаній з різних країн на міжнародних конференціях і виставках EMO 2007 і IMTS 2008 [20].

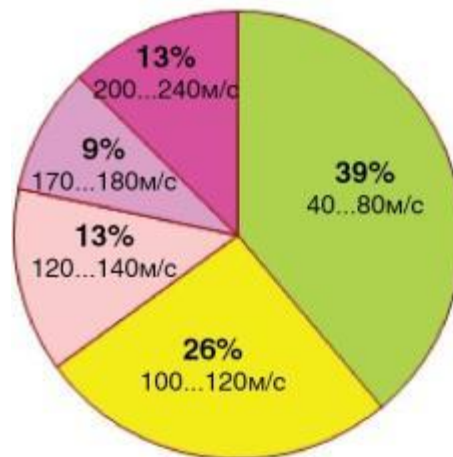


Рисунок 5.3 – Швидкості різання, які застосовують при шліфуванні кругами CBN на підприємствах США, Німеччини, Швейцарії, Великобританії

У зв'язку з появою кругів з суперабразивів (алмазу і CBN) і створенням новітніх типів верстатів швидкість круга 120 - 200 м/с стала звичайної для виробничої практики Німеччини, Швейцарії, США і Японії, а також ряду інших держав. Лабораторні випробування проводилися і проводяться при швидкостях, що досягають 400 м/с, що свідчить про прихід епохи швидкісного шліфування. Нині ультрашвидкісне шліфування вважається революційним процесом, який приведе до зміни усіх без виключення аспектів, що відносяться до шліфування зокрема і до виробництва взагалі. Міжнародна академія виробничих технологій(CIRP) відносить ультрашвидкісне шліфування до одного з найголовніших напрямів досліджень в XXI столітті [20].

Рациональне протікання процесу швидкісного шліфування забезпечують, в першу чергу, правильно спроектована конструкція верстата, точно підібрана характеристика круга і створення відповідних умов функціонування процесу (забезпечення жорсткості верстата, склад СОЖ і умови її подання, засоби і режими правки і т. д.) [20].

Найважливішою умовою стабільної роботи шліфувального круга на високошвидкісних режимах є зв'язка, основні функції якої : утримувати абразивні зерна в процесі різання, зношуватися з необхідною швидкістю по відношенню до швидкості зносу зерна і протистояти відцентровим силам, особливо на високій

швидкості обробки. У сучасних умовах потрібне впровадження нових єднальних компонентів, а також системи їх вибору для конкретних умов обробки [20].

На рис. 5.4 показаний зв'язок типу зв'язки шліфувального круга, питомого знімання  $Q_{уд}$ , що досягається, з окружною швидкістю круга. Видно, що найвищу технологічну продуктивність забезпечують круги з CBN на гальванічній зв'язці, які хоч і не піддаються правці в звичайному сенсі, але проте за рахунок високих швидкостей різання ( $\geq 250$  м/с) можуть забезпечити значення  $Q_{уд}$  до 10 000 мм<sup>2</sup>/с. Слід зазначити, що використання металевих зв'язок — одна з найбільш поширених технологій при виготовленні кругів з суперабразивів [20].

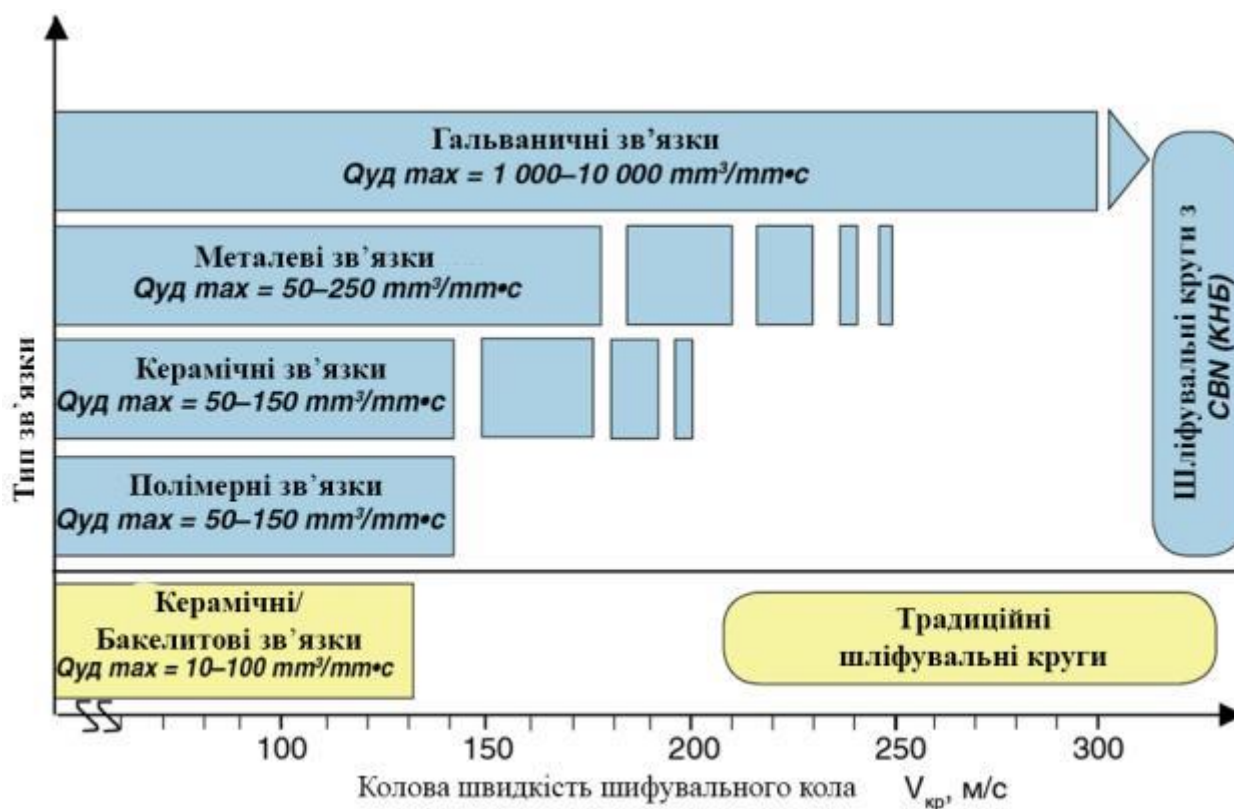


Рисунок 5.4 – Існуючі обмеження по зніманню  $Q_{уд}$  для високошвидкісного шліфування при застосуванні кругів на різних зв'язках

Збільшення швидкості круга сприятливо позначається також на питомій енергії шліфування, проте позитивний ефект знижується зі збільшенням швидкості подання деталі  $v_d$ . Іншими словами, швидкість круга  $v_{кр}$  робить значний вплив на енергію при малих значеннях  $v_d$  [20].

Принципово міняється і відношення до конструкції шліфувального круга. Так, в огляді поточних і нещодавно завершених глобальних дослідницьких проектів в області шліфування вказується, що випробування ультраскоростного шліфування проводилися кругом з CBN на керамічній зв'язці із спеціально розробленою маточиною з вуглепластика при окружній швидкості круга 300 м/с. Корпуси кругів прагнуть робити рівномічними і легкими; для цього пропонується використати титано-алюмінієві сплави — одні з найлегших матеріалів, вживаних в аерокосмічній промисловості, з мінімально можливим числом отворів і фланців [20].

## 5.2 Глибинне шліфування

Глибинне шліфування(ГШ) як метод обробки запропонували в Німеччині у кінці 1950-х років Едмунд і Герхард Ланг. Традиційне глибинне шліфування (Creep — Feed Grinding — CFG) деталей робиться при глибині різання 0,1-30 мм, швидкості переміщення деталі 0,05 - 0,5 м/мін і швидкості круга 20-60 м/с, при цьому досягається питоме знімання 0,1 - 10 мм<sup>3</sup>/мм-с [20].

ГШ властиві збільшена довжина шляху, прохідного абразивним зерном у контакті з деталлю, а також підвищена кількість абразивних часток, що одночасно знаходяться в контакті. Кожне зерно зрізує тоншу, але довшу стружку, ніж при звичайному шліфуванні. Оскільки у контакті з деталлю одночасно є більше абразивних часток, чим при традиційному шліфуванні, спостерігається сильне тепловиділення, що диктує вимогу ефективного охолодження [20].

Роботами Werner G. експериментально встановлена екстремальна залежність температури шліфування периферією круга від глибини різання  $t$  при заданій продуктивності обробки (рис. 5.5). Температуру вимірювали за допомогою термопари при шліфуванні сталі S6 - 5-2, аналога вітчизняної інструментальної швидкорізальної сталі P6M5. Постійність знімання досягалася

за рахунок пропорційного зменшення швидкості деталі  $v_d$  зі збільшенням глибини різання  $t$ , т. о. шліфування деталі робили як в умовах маятникового (багатопрохідного) шліфування (з невеликою глибиною різання), так і глибинного шліфування (з глибиною різання 1 - 10 мм) [20].

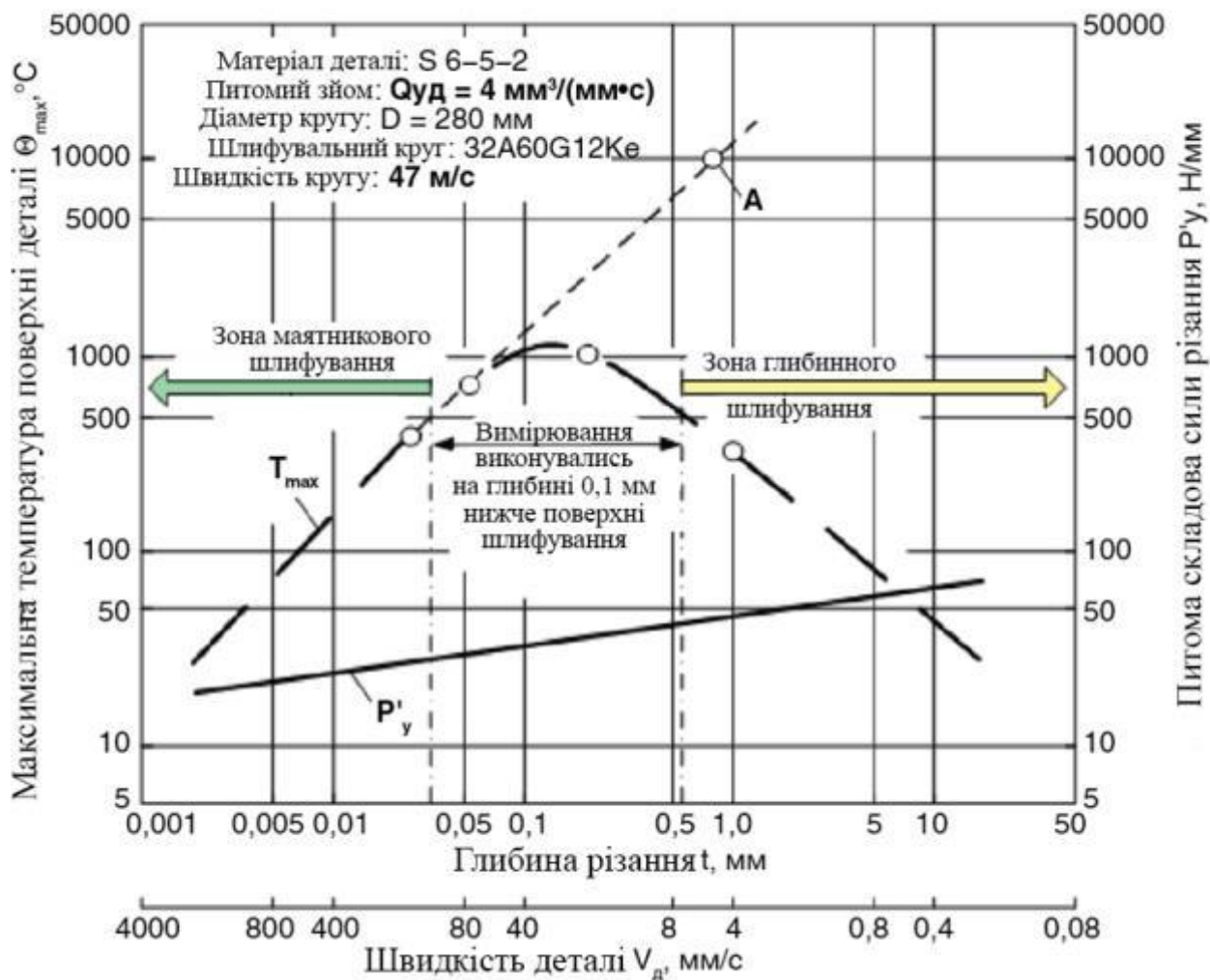


Рисунок 5.5 - Температура поверхні деталі  $\Theta_{\text{max}}$  із залежно від глибини різання  $t$  і швидкості деталі  $v_d$ , що пропорційно змінюється.

У роботі розроблена математична модель визначення температури при ГШ, яка підтверджує екстремальний характер зміни температури по товщині припуску, що знімається. Встановлено, що при ГШ максимальна температура, що досягається в шарі припуску, що знімається, в 2 рази більше температури

поверхневого шару обробленої деталі. Що у результаті утворюється при ГШ тепло не устигає поширитися в глиб поверхневого шару деталі, а концентрується в шарі припуску, що знімається, і відноситься стружками, що утворюються. ГШ у поєднанні з іншими методами шліфування народжує різноманітні комбіновані методи. Так з'явився метод глибинно-швидкісного шліфування зі збільшеною швидкістю подання (high — efficiency deep grinding — HEDG). HEDG почав розвиватися головним чином в Німеччині і Китаї в середині 1980\_х — початку 1990\_х років. На рис. 5.6 показано, що існують різні області використання методів шліфування, таких як ГШ і високоефективне глибинне шліфування HEDG. У області HEDG, коли швидкість подання оброблюваної деталі збільшується, температура шліфування зменшується із-за зменшення часу, доступного для будь-якого підвищення температури. Tawakoli також виявив, що питома енергія шліфування істотно менше при застосуванні HEDG ( $7,05 \text{ J/mm}^3$ ) в порівнянні з ГШ ( $122,5 \text{ J/mm}^3$ ) [20].

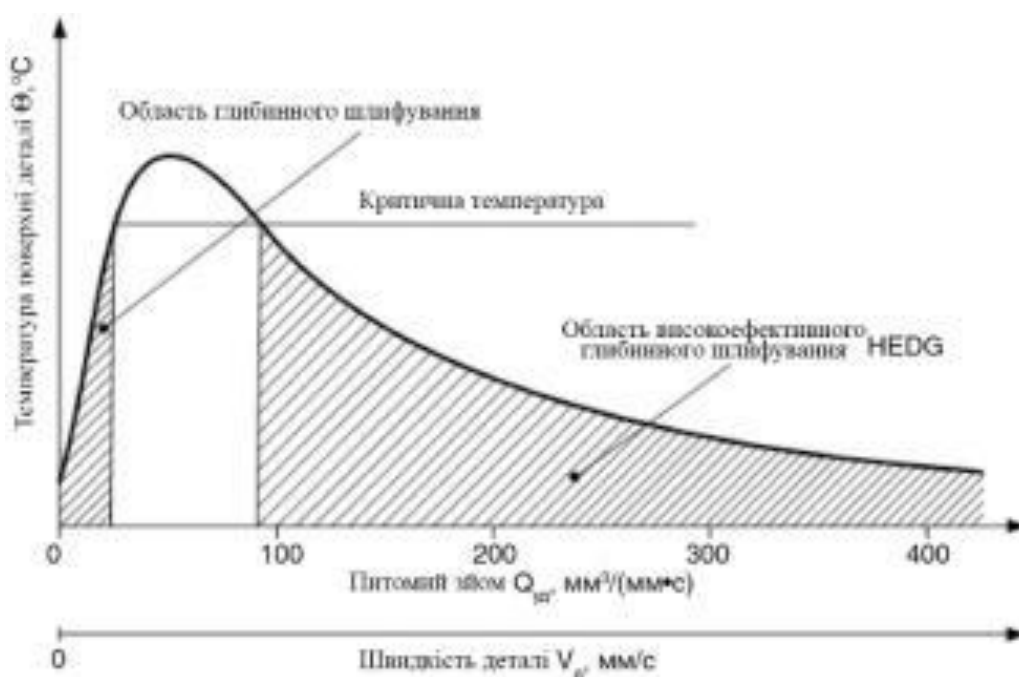


Рисунок 5.6 – Якісна картина впливу швидкості деталі і знімання на температуру поверхні при ГШ

### 5.3 Швидкохідне шліфування

Процесом швидкохідного шліфування (Speed — Stroke Grinding — SSG) пропонується називати процес, що характеризується високою швидкістю переміщення столу, до 200 м/мін при прискоренні до  $50 \text{ м/с}^2$ , глибині різання 0,001 - 1 мм і швидкості круга 30 - 200 м/с. Фактично представлений процес є комбінованим з HSG. Перші роботи по дослідженню цього методу шліфування з'явилися у кінці 80\_х років. Технологічна доцільність методу добре ілюструється рис. 5.5 і даними, приведеними нижче. На рис. 5.7 показано, як при плоскому швидкохідному шліфуванні що становить сили різання  $P_y$  в діапазоні швидкостей шліфування 30 - 120 м/с знижується зі збільшенням швидкості столу при постійному питомому зніманні  $Q_{уд}$ . Найменші значення  $P_y$  досягаються при швидкості шліфувального круга 120 м/с [20].

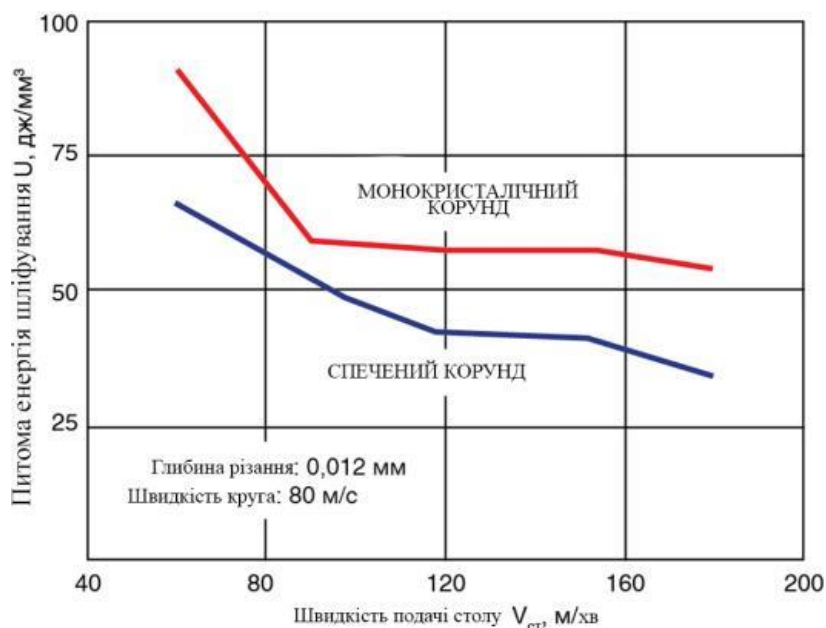


Рисунок 5.7 – Вплив умов шліфування ( $v_{ст}$ ,  $t$ ) з постійним зніманням на силу різання  $P_y$ .

Рис. 5.8 ілюструє залежність питомої енергії шліфування від швидкості подання столу для різних типів кругів при швидкохідному шліфуванні SSG. Як випливає з приведених даних, високошвидкісне швидкохідне маятникове шліфування може забезпечити підвищення знімання матеріалу без дефектів обробленої поверхні [20].

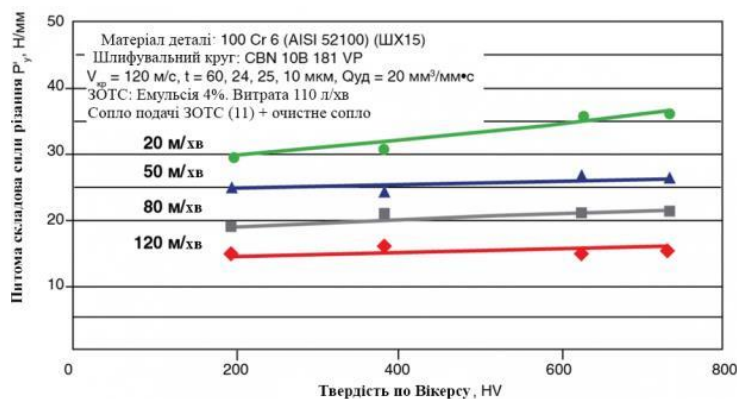


Рисунок 5.8 – Питоме складове сили різання  $P_y$ , Н/мм при обробці сталі ШХ15 різної твердості [20]

На рис. 5.8 показані питомі складові сили різання  $P_y$  при швидкохідному шліфуванні SSG з різними швидкостями столу обробляємих зразків із сталі ШХ15 в залежності від їх твердості. Зміна твердості зразків практично не впливає на силову складову, в той час як збільшення швидкості столу істотно знижує  $P_y$ . Із наданих на рис. 5.5, 5.7, 5.8, 5.9 даних по результатам досліджень швидкохідного швідкісного шліфування SSG різними авторами можна зробити висновок о істотному зниженні силових, енергетичних та температурних показників процесу при збільшені швидкості столу. Таким чином, слід спрогнозувати, що метод швидкохідного шліфування знайде достатнє застосування у виробничих умовах. Деякі дослідники поєднання двох видів шліфування називають новим методом методом — високошвидкістним швидкохідним шліфуванням (High-Speed-Stroke-Grinding — HSSG) [20].

## 6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

Визначмо річний економічний ефект від впровадження замість звичайного шліфувального круга збірного шліфувального круга оптимізованої конструкції, який порівняно з попереднім потребує більших витрат на виготовлення, але є продуктивнішим, має більший термін служби, потребує менших витрат споживача. Вихідні дані наведено у таблиці 6.1 [15].

Таблиця 6.1 Вихідні данні для розрахунку економічної ефективності

Показник	Варіант	
	Звичайний шліфувальний круг	Оптимізований
Річний обсяг виробництва деталей, шт.	5000	5000
Собівартість кругу, грн.	150	210
Питомі капітальні вкладення, грн.	69	88
Продуктивність кругу, тис. деталей	500	1000
Термін служби, років	5	10
Річні експлуатаційні витрати споживача, грн.	16,85	5,21
Супутні витрати споживача, грн.	74,0	63,5
Нормативний коефіцієнт прибутковості інвестицій E	0,15	0,15

Визначмо приведені витрати за обома варіантами [15]:

$$Z = C + E \cdot K \quad (6.1)$$

де  $C$  – витрати на одиницю продукції, що виготовляється споживачем при використанні базового і нового предмета праці без урахування їх вартості;

$E$  – нормативний коефіцієнт прибутковості інвестицій;

$K$  – питомі капіталовкладення  $i$ -го варіанта

$$Z_1 = 150 + 0,15 \cdot 69 = 160,35 \text{грн}$$

$$Z_2 = 210 + 0,15 \cdot 88 = 223,20 \text{грн}$$

Розрахуємо річний економічний ефект [15]:

$$E = \left( Z_1 \cdot \frac{P_2 \cdot (T_2 + E)}{P_1 \cdot (T_1 + E)} + \frac{B_1 - B_2 - E \cdot (K_1 - K_2)}{T_2 + E} - Z_2 \right) \cdot N \quad (6.2)$$

де  $Z$  — приведені витрати у розрахунку на одиницю відповідно базової і нової конструкції;

$P_1, P_2$  — річний обсяг продукції, виготовленої при використанні відповідно базової і нової конструкції;

$T_1, T_2$  — коефіцієнти реновації (розраховуються як величини, обернені до терміну служби);

$B_1, B_2$  — річні експлуатаційні витрати у споживача при використанні відповідно базової і нової конструкції;

$K_1, K_2$  — супутні капіталовкладення споживача при використанні базової і нової конструкції у розрахунку на весь обсяг продукції, що виготовляється за допомогою нового варіанта;

$N$  - річний обсяг виробництва засобу праці нової конструкції.

$$E = \left( 160,35 \cdot \frac{5000 \cdot (0,2 + 0,15)}{5000 \cdot (0,14 + 0,15)} + \frac{16,85 - 5,21 - 0,15 \cdot (63,5 - 74,0)}{0,14 + 0,15} - 223,20 \right) \cdot 5000 = 25129,3 \text{грн}$$

Відповідно річний економічний ефект від впровадження нового верстату становить 25129,3грн

## ВИСНОВОК

Детально розроблений технологічний процес виготовлення діафрагми. 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.

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 сучасні шліфувальні верстати: нові методи абразивної обробки.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика ділянки механічної обробки деталей з точки зору безпеки проведення робіт, наведена характеристика виробництва за ступенем пожежної безпеки.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення діафрагми.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) для студентів спеціальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102 усіх форм навчання / Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексєєнко, Д.В. Павленко – Запоріжжя, ЗДТУ, 1999 р.. – 78 с.
2. Технологический процесс. : ОАО «Мотор Сич», 1992. – 245с.
3. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
4. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
5. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
6. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
7. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
8. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
9. 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.
10. 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.
11. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.

12. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.

13. 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.

14. 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.

15. Экономическая эффективность технических решений : учебное пособие /С.Г. Баранчикова [и др.] ; под общ. ред. проф. И. В. Ершовой.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016.—140 с

16. Координатные измерительные машины / В.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов, и др. М.: Машиностроение, 1988. 328с.

17. Справочник инженера-технолога в машиностроении / А.П. Бабичев и др. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 541 с

18. <https://works.doklad.ru/view/N5MSuoSekBI.html>

19. <http://delta-grup.ru/bibliot/39/103.htm>

20. <https://ritm-magazine.ru/ru/public/sovremennye-shlifovalnye-stanki-novye-metody-abrazivnoy-obrabotki-chast-1>

## Додаток А

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.	A1			<u>Документация</u>		
				Складальне креслення		
				<u>Детали</u>		
			1	Основа	1	
			2	Кулачки	12	
			3	Опора	1	
			4	Упор	1	
			5	Кришка ліва	1	
			6	Кришка права	1	
			7	Поршень	1	
			8	Вісь	1	
			9	Шток	1	
			10	Поршень	1	
			11	Ущільнення спеціальне	1	
			12	Муфта	1	
	13	Втулка	1			
	14	Дросель	2			
	15	Корпус	1			
			<u>Стандартные изделия</u>			
	16	Гвинт 8Г20 ГОСТ 17473-80	4			
	17	Ущільнення 1-90x10-1 ГОСТ 8752-79	2			
	18	Ущільнення 1-90x15-1 ГОСТ 8752-79	2			
<b>НУЗП 292232.007</b>						
Изм.	Лист	Складжум.	Подп.	Дата		
Разрад.	Кузочкіна				Лист	Листов
Пров.	Логамінов				1	2
Т. контр.	Логамінов				НУЗП	
Н.контр.	Козлоба				МЗ-119М	
Утв.	Дядя				Формат А4	
Пристосування для токарної обробки						
Копіював						

## Додаток Б

		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						Документация		
	A1					Складальне креслення		
						Детали		
Станд. [ ]				1		Основа	1	
				2		Стійка	2	
				3		Ніжка велика	2	
				4		Ніжка мала	2	
				5		Перехідник	2	
				6		Ручка	2	
				7		Звено	1	
				8		Гвинт упорний	1	
				9		Диск установчий	1	
				10		Фіксатор	3	
				11		Стійка	1	
				12		Коромисло	1	
				13		Маховик	1	
				14		Корпус	1	
				15		Перехідник	1	
				16		Тримач	1	
	Взам. інв. [ ]						Стандартные изделия	
				17		Годинник індикаторний	1	
Подп. и дата								
Подп. и дата								
Ив. [ ]	Изм.	Лист	Сл.б.к.м.	Подп.	Дата	<b>НУЗП 4 11254.007</b> <b>Пристосування</b> <b>контрольне</b>		
	Разр.б.	Кузюжкіна						
	Проб.	Логамінов					1	1
	Т.контр.	Логамінов				<b>НУЗП</b> <b>Мз-119М</b>		
	Н.контр.	Козлова						
	Утв.	Дядя				Формат А4		

Копіював

## Додаток В

### Охорона Праці

Оскільки тема магістерського проекту " Особливості технології механічної обробки тонкостінних деталей з корозійностійких сталей на прикладі деталі Діафрагма", тому будуть розглянуті заходи з охорони праці, що необхідно передбачити під час виконання робіт на механічній дільниці та в конструкторському бюро.

Організація охорони праці на підприємстві – це цілісна система прав, обов'язків та повноважень суб'єктів виробничого процесу, процедур, спрямованих на дотримання безпечного рівня виробництва, збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Недотримання правил и вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків таким, як: травмуванню або погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника. Передбачені заходи, основні норми поведження і дії по захисту населення в захисних спорудах у відповідності вимог Кодексу Цивільного захисту України.

Нижче ми розглянемо такі питання, як:

- аналіз потенційних небезпек;
- заходи по забезпеченню безпеки;
- заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці;
- психології праці;
- заходи з пожежної безпеки;
- заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях Укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту.

## В.1 Аналіз потенційних небезпек

На підставі аналізу умов роботи, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація", виявлені наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, здатні привести до травм і погіршення здоров'я працівників і завдати шкоди довкіллю:

### 1. Механічні травми, внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця чи недостатньої площі робочого приміщення;

б) захаращення робочого місця та проходів в умовах відсутності достатньої кількості шаф, полиць, стелажів [В1];

в) існує небезпека падіння співробітників на сходах, підковзування при слизькому взутті або на слизькій підлозі чи сходах після вологого прибирання [В2];

г) недостатнє освітлення в коридорах може ускладнювати переміщення працюючих, а іноді навіть привести до травмування.

2. Поразка електрострумом, у зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при використанні електроустаткування, відсутності захисного заземлення. Ступінь ураження людини залежить від багатьох факторів: її фізичного стомлення, індивідуального опору впливу електричного струму, частоти струму, часу впливу, шляху проходження через тіло людини, від зовнішніх факторів, наприклад вологості у приміщенні [В3].

3. Кістково-м'язові порушення, у зв'язку з довгим статичним навантаженням, яке призводить до стомлення, збільшенню помилок, травм

4. Нервово-емоційне напруження, в наслідок виконання роботи в умовах дефіциту інформації та часу, призводять до втоми і перевтоми, а с часом до захворювань серцево-судинної системи;

5. Психофізіологічні навантаження, що більш притаманні робітникам, які виконують інтелектуально-керівні функції, працюють з людьми різного типу темпераменту, в умовах інтенсивної та складної роботи, можуть також стати причиною нервово-психологічного напруження та привести до захворювань серцево-судинної системи. Крім того, малорухомий стиль життя також призводить до ожиріння, гіпертонії та іншим захворюванням серцево-судинної системи.

6. Професійний стрес, пов'язаний з необхідністю прийняття нестандартних рішень та значимістю помилок при реалізації цих рішень, може супроводжуватись напруженням вегетативних функцій ( підвищенням рівня пульсу, кров'яного тиску, пітливістю, зміною температурної реакції шкіри) та привести до серцево-судинних захворювань.

7. Санітарно-гігієнічні причини:

а) незадовільне освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з виходом з ладу освітлювального устаткування, може привести до втоми очей, відчуття «піску в очах», спостерігається сухість слизової оболонки, с часом можливим є погіршення зору [B4].

б) втома очей внаслідок пульсації світлового потоку від ламп типу ДРЛ, яка впливає на погіршення зору при управлінні технологічним процесом і устаткуванням;

в) недостатнє природне освітлення також негативно впливає на орган зору та якість роботи;

г) підвищений рівень шуму, що виникає при значній кількості працюючих в одному приміщенні, може привести до дратівливості, збільшення помилок; [B1]

д) в умовах зниження температури у приміщенні можливе охолодження і переохолодження організму. Це призводить до погіршення імунітету, збільшенню частоти простудних захворювань, ОРВІ, грипу

8. Вірогідність пожежі у зв'язку з несправністю електричного устаткування, не дотримання або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом [B3].

## В.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Для забезпечення безпеки кожен працівник повинен дотримуватись заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, при необхідності застосування індивідуальних захисних засобів, крім того, кожен повинен вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». В залежності від виду та часу проведення інструктажі поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий. Вступний інструктаж проводить спеціаліст служби охорони праці проводить у разі прийняття працівників на роботу. Безпосередній керівник робіт проводить первинний інструктаж перед початком роботи на робочому місці з урахуванням усіх специфічних особливостей, а також з усіма працівниками 1 раз на півроку (або 1 раз в квартал при роботі з підвищеною небезпекою) - повторний інструктаж; у випадку застосування нового обладнання, змін технологічного процесу, після нещасних випадків та аварій - позаплановий інструктаж. При ліквідації аварій та стихійних лих безпосередньо керівник робіт здійснює цільовий інструктаж, що фіксується в наряд-допуску [В5].

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму відстань між робочими столами становить не менше 2 метрів, а відстань між боковими поверхнями моніторів - не менше 1,2 метра.

Для забезпечення комфортних та безпечних умов праці, згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» площа на одне робоче місце не менше  $6\text{ м}^2$ , а об'єм – неменше  $20\text{ м}^3$ . Відповідно рекомендаціям НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм. Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» екран відео монітора знаходиться від очей користувача на відстані 600-700 мм [B6, B7].

Конструкція робочого стільця (крісла) забезпечує підтримку раціональної робочої пози при роботі на ПЕОМ, дозволяє змінювати позу з метою зниження статичної напруженості м'язів шийно-плечової області та спини з метою попередження розвитку втоми, у відповідності з вимогами ГОСТ 12.2.032-78. «ССБТ Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

З метою запобігання травматизму та психофізіологічного навантаження при проектуванні та організації робочих місць враховуються ергономічні вимоги відповідно до ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування» [B8].

Для запобігання ураження електричним струмом, згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ» та ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання механічної дільниці з у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом [B9].

При розробці технологічного процесу передбачено застосування обладнання, що відповідає вимогам «Технічного регламенту безпеки».

Згідно «Технічного регламенту безпеки» обладнання не повинно створювати небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. Крім того, протягом усього строку експлуатації не створювати небезпеки через дію вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків і температур, агресивних речовин [B10].

Для уникнення можливих травм при контактi з рухомими частинами верстатів передбачені захисні огорожі згідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» [B11].

Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей (СНиП 2.09.02-85\* «Производственные здания»). Плануванням безпосередньо біля робочого місця передбачені місця для зберігання тари із заготовками і готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації і інструменту. Для роботи сидячи робоче місце оператора має стілець з регульованим нахилом спинки і заввишки сидіння [B11].

### В.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії і гігієни праці відповідають вимогам «Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [B13].

У відповідності ДСанПиН 173-96 "Державних санітарних правил планування і заселення населених пунктів" за наявності шкідливих виробничих чинників встановлюємо четвертий клас виробництва.

Метеорологічні умови на механічній ділянці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на ділянці належать до категорії Іа – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;

- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с [В13].

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Неправильне проектування або несправність систем опалення та вентиляції в приміщенні може призвести до негативних впливів на здоров'я працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань, проблем із дихальними шляхами тощо [В4].

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих, в умовах підвищеного навантаження на орган зору. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує

розвиток організму в цілому. На рівень освітленості приміщення при природному освітленні впливають наступні чинники: світловий клімат; площа та орієнтація світлових отворів; ступінь чистоти скла в світлових отворах; пофарбування стін та стелі приміщення; глибина приміщення; наявність предметів, що заступають вікно, як зсередини так і з зовні приміщення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5% [B4, B15].

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочій поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП,з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин [B4, B16].

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття [B2, B16].

## В.4 Психологія праці

Психологія праці, галузь прикладної психології, що вивчає психологічні аспекти і закономірності трудової діяльності людини. Психологія праці почала формуватися на рубежі 19—20 століття у зв'язку із зростанням виробничої сфери, появою нових видів трудової діяльності і масових професій, ускладненням вимог до людини

Виникнення психології праці пов'язане з початком наукової організації праці. На першому етапі розвитку найважливішою проблемою психології праці була проблема професійного відбору. Аналіз відмінностей в продуктивності праці у працівників, що отримали приблизно однакову підготовку, привів до думки про існування більш менш стійких індивідуальних відмінностей у сфері так званих професійних здібностей. Були створені спеціальні методи — тести, за допомогою яких стало можливим кількісно оцінювати ці здібності і на цій основі здійснювати професійний відбір. Виникла необхідність ретельного вивчення психології професій. Були розкриті відмінності в професійних схильностях, інтересах і мотивах, що спонукають людей віддавати перевагу тим чи іншим професіям, організовані спеціальні консультаційні бюро по наданню допомоги підліткам, що обирають професію. Виникла спеціальна гілка психології праці — професійна орієнтація і професійна консультація. З'явилися спеціальні дослідження законів розвитку професійних навиків і якостей, важливих для різних видів праці [В17, В18].

Важливу галузь психології праці складає вивчення коливань працездатності, пов'язаних із стомленням, добовим ритмом, обґрунтування оптимального режиму праці, при якому продуктивність і якість роботи випробовували б найменші зміни впродовж робочого дня, робочого тижня і т.д. Сучасна психологія праці розробляє спеціальні методики, що дозволяють вимірювати стомлюваність і ступінь зниження працездатності. У цій області психологія праці тісно пов'язана з фізіологією праці.

Психологія праці накопила величезний матеріал по проблемах працездатності і стомлюваності, впливу на людину умов праці, характеру виконуваних операцій, монотонності і небезпеки праці, незвичайних і екстремальних умов роботи, трудової мотивації, розвитку потреб і здібностей людини в процесі колективної праці і т.д. Одне із завдань психології праці — раціональне реконструювання професій, з'ясування психологічно оптимального поєднання вхідних в їх склад операцій, наукове обґрунтування їх доцільної автоматизації, що має важливе значення для підвищення продуктивності праці. Психологія праці координує свої зусилля з фахівцями в галузі механізації і автоматизації. Вивчення психологічних причин виникнення аварійних ситуацій привело до розробки спеціальних засобів для професійного відбору і запобігання помилковим діям за допомогою особливих методів навчання й тренування [В2, В18].

Дослідження психологічних особливостей конкретних видів трудової діяльності, складання професіограм (змістовного опису професій і професійної діяльності з точки зору включення і використання психічних властивостей і здібностей людини), визначення набору професійно значимих властивостей особи сприяли формуванню спеціальних напрямів психології професій (наприклад, психології авіаційною, космічною, водійських професій, конвеєрної праці, сільськогосподарських професій і т.д.).

### В.5 Заходи з пожежної безпеки

В сучасних умовах психологія праці покликана вивчати нові умови, форми і можливі стимуляції трудової діяльності, нові професії і вимоги до технічно оснащеної праці. Психологія праці має тісні контакти з соціологією праці, соціальною психологією, інженерною психологією організаційною і економічною психологією, конкретною економікою, виробничою етикою, ергономікою, фізіологією і гігієною праці, кібернетикою, з комплексом управлінських

дисциплін, прикладною математикою, кваліметрією, технічною естетикою і т.д. [B18].

Заходи по пожежній безпеці виконані відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [B20].

На випадок виникнення пожежі в цеху забезпечена можливість безпечної евакуації людей через евакуаційні виходи. Двері, призначені для евакуації, відкриваються в сторони виходу з будівлі. Переходи, проїзди, евакуаційні виходи передбачені відповідно до вимог згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого виходу без обмежень [B20, B21].

Для миття і знежирення устаткування, виробів і деталей, застосовуються негорючі технічні миючі засоби, а також безпечні в пожежному відношенні установки і способи. Механізми для самозакривання протипожежних дверей утримуються в справному стані. Вогнеперегоржуючі пристрої після закінчення робочого дня закриваються. Регулярно перевіряється справність вогнеперегоржувачів і робиться чистка їх вогнегасячих насадок, а також справність мембранних хлипаків. Терміни перевірки вказані в цеховій інструкції.

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85\* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані [B19].

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва: Загальні вимоги» механічний цех має II ступінь вогнестійкості [B20].

Клас пожежонебезпечної зони відповідно до ПОЕ – клас П-III. При розміщенні в приміщеннях або на відкритому повітрі поодинокого пожежонебезпечного технологічного устаткування, якщо спеціальні заходи проти

поширення пожежі не передбачені, зона в межах до 3м по горизонталі вертикалі від цього устаткування вважається пожежонебезпечною.

На дільниці встановлені три пожежні крани з рукавами і брансбойтами. На території цеху передбачені пожежні щити (з розрахунку – один щит на площу 5000 м<sup>2</sup>), в нім розміщені: вогнегасники ОУ- 5 – 3 шт; ящик з піском – 1 шт; покривало з теплоізолюючого матеріалу, що не згорає – 1 шт; багри – 3 шт; лопати – 2 шт; сокири – 2 шт; ломи – 2 шт.

Вуглекислотний вогнегасник призначений для гасіння тільки електроустановок. У електроустановках передбачені наступні заходи пожежної безпеки:

- усі іскристі частини устаткування вкладені в пилонепроникні ковпаки;
- силова розводка виконана схованою в трубах;
- силова апаратура забезпечена захистом від короткого замикання.

У складському господарстві передбачаються наступні заходи пожежної безпеки :

- чітка організація зберігання матеріальних цінностей, забезпечення вільного доступу до стелажів;
- суворе дотримання правил спільного зберігання матеріалів, хімікатів;
- оснащення складів пожежною сигналізацією і засобами індивідуальної пожежогасінні [B22].

Проектом передбачено облаштування пожежної сигналізації на механічних дільницях і в допоміжних приміщеннях цеху, з урахуванням 1 оповісник на 65 м<sup>2</sup> площі, який замикається на приймальну станцію пожежної сигналізації типу Т10Л-10/100.

Для захисту від блискавок передбачені громовідводи. З метою захисту від статичної електрики на ділянках промивання передбачені заземлення неструмопровідних електропровідних частин устаткування. Металеві повітропроводи встановлюються через кожні 40-50 м. Застосовують також зволоження повітря до 60-70%, що дозволяє понизити електризацію матеріалу.

## В.6 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях Укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту

Відповідно до ст.32 Кодексу Цивільного захисту України до захисних споруд цивільного захисту належать [23]:

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

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

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

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

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

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

Укриттю підлягають:

### 1. У сховищах:

- працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту та розташованих у зонах

можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність в особливий період;

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

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

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

## 2. У протирадіаційних укриттях:

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

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

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

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

## 3. У швидкоспоруджуваних захисних спорудах цивільного захисту, найпростіших укриттях та спорудах подвійного призначення - населення міст,

віднесених до груп цивільного захисту, яке не підлягає евакуації у безпечне місце, а також інших населених пунктів.

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

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

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

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

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

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

Захисні споруди цивільного захисту можуть використовуватися у мирний час для господарських, культурних і побутових потреб у порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України [B23].

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

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

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

- в яких розташовані пункти управління;
- призначених для укриття працівників суб'єктів господарювання, що мають об'єкти підвищеної небезпеки;
- розташованих у зонах спостереження атомних електростанцій та призначених для укриття населення під час радіаційних аварій.

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

Контроль за готовністю захисних споруд цивільного захисту до використання за призначенням забезпечує центральний орган виконавчої влади, який здійснює державний нагляд у сферах техногенної та пожежної безпеки, спільно з відповідними органами та підрозділами цивільного захисту, місцевими державними адміністраціями [B23].

Таким чином, охорона праці це - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Недотримання правил и вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків, травмуванню або погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника. Передбачені заходи, основні норми поведження і дії по захисту населення в захисних спорудах у відповідності вимог Кодексу Цивільного захисту України.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

В1. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

В2. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов / С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; под общ. ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983.- 432 с.

В3. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с.

В4. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

В5. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

В6. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

В7. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. К. : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (Нормативно-правовий акт охорони праці)

В8. ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування».

В9. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

В10. Технічний регламент безпеки машин [Електронний ресурс] – Чинний від 2013-08-12. : станом на 11.07.2018 р. – К. : КМ України, 2013. – 76 с. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-п> – (Постанова).

В11. ДСТУ EN ISO 14120:2017«Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

В12. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення . [На заміну СНиП 2.09.04-87 ; чинний від 2011-10-01]. К. : Міненбуд України, 2011. 31 с.

В13. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

В14. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. 14

В15. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

В16. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі»: для студентів усіх спеціальностей та форм навчання /Укл. : В.І. Шмирко, О.В. Коробко, Ю.І. Троян. – Запоріжжя: каф. ОПіНС. НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 36с., 3 рис., 12 табл.

В17. Катренко Л. А. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум [Текст] : навчальний посібник / Л. А. Катренко, Ю. В. Кіт, І. П. Піскун – 2-ге вид., стер. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 496 с.

В18. Кундієв Ю.І. Гігієна праці: підручник / Ю.І. Кундієв, О.П. Яворовський , А.М. Шевченко та ін.; за ред. акад. НАН України, НАМИ

України, проф. Ю.І. Кундієва, чл.-кор. НАМИ України, проф. О.П. Яворовського. - К. : ВСВ «Медицина», 2011. - 904 с.

В19. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

В20. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT) [Текст] : ДСТУ EN 2:2014. – На заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016 / Мінекономрозвитку України, 2014. – 7 с. (Державний Стандарт України)

В21. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

В22. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила)

В23. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. Редакція від: 01.01.2018. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.