

Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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 обробки тонкостінного валу компресору високого тиску з
важкооброблюємої сталі»

Виконав: студент(ка) _II_ курсу, групи _М-110м_

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

Освітня програма (спеціалізація)

_____Кудря І.О._____

(прізвище та ініціали)

Керівник Вишнепольський Є.В.

(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

« _____ » _____ 20__ року

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

Кудрі Ірини Олександрівни
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Особливості обробки тонкостінного валу компресору високого тиску з важкооброблюємої сталі

керівник проєкту (роботи) Вишнепольський Євген Валерійович старш. викл.,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «16»11 2021 року №443

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 6.12.2021

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=1000шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Використання датчиків у вимірювальних системах; 4 Розрахунок деталі на міцність; 5 Спеціальне завдання Використання сапр для підвищення стійкості інструменту і виробництва технологічних операцій; 6 Оцінка очікуваної 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 заготовки; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПУ та лист автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку на міцність; креслення до спецзавдання

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-5	старший викладач Вишнепольський Є.В.		
6	доцент Пухальська Г.В.		
7	доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	доцент Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання « 03 » вересня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	24.09.2021	
2	Конструкторська частина	08.10.21	
3	Автоматизація	15.10.21	
4	Розрахунок деталі на міцність	22.10.21	
5	Спеціальне завдання	05.11.21	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності	12.11.21	
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	19.11.21	
8	Оформлення пояснювальної записки	26.11.21	
9	Нормоконтроль і рецензія	29.11.21	
10	Оформлення креслень та технологічної документації	30.11.21	

Студент(ка)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 125 с., 51 рисунок, 7 таблиць, 2 додатки, 30 посилань.

БАЗА, ВЕРСТАТ, ДОПУСК, ЕСКІЗ, ЗАГОТОВКА, КВАЛІТЕТ, ВАЛ ПЕРЕДНІЙ КВТ, НАЛАГОДЖЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ПРИПУСК, ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, РІЗЕЦЬ, РОЗМІР, СОБІВАРТІСТЬ, ТЕРМООБРОБКА, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ

Об'єкт дослідження – вал КВТ.

Мета магістерської роботи – проектування технологічного процесу виготовлення валу КВТ; враховуючи можливі шляхи покращення технологічного процесу, та використанням сучасного верстатного обладнання.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний; комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі; комп'ютерна симуляція процесів механічної обробки валу КВТ.

На високому рівні спроектовано технологічний процес виробництва вал КВТ. Обрано і економічно обґрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режимы різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості.

Виконуючи роботу розроблено та спроектовано конструкції верстатного та контрольного пристосувань, проаналізовано заходи автоматизації для підвищення продуктивності виготовлення деталі, розглянута можливість застосування зміцнюючої обробки для підвищення несучої здатності деталі.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	18
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	20
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів (1 - розрахунково-аналітичний метод, 2 - табличний метод).....	26
1.6 Розрахунок режимів різання	33
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.....	49
1.8.1 Розробка токарної операції.....	49
1.8.2 Розробка свердлильної операції.....	51
1.8.3 Розробка фрезерної операції.....	53
2 Конструкторська частина.....	55
2.1 Проектування робочого пристосування.....	55
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	55
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність.....	56
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	58

2.2	Проектування контрольного пристосування.....	59
3	Використання датчиків у вимірювальних системах.....	62
4	Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі	78
5	Використання САПР для підвищення стійкості інструменту і виробництва технологічних операцій.....	81
6	Оцінка очікуваної ефективності розробки.....	94
7	Охорона праці.....	99
	Висновок.....	119
	Перелік джерел посилання.....	120
	Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	124
	Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування.....	125

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВНА	Вхідний направляючий апарат
ЗВ	Засоби вимірювання
ЗОР	Змазуючо-охолоджуюча рідина
КВМ	Чинник використання матеріалу
КВТ	Компресор високого тиску
КПП	Клапан перепуску повітря
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
МЦХ	Масо центровочні характеристики
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

Все зростаюча конкуренція серед виробників авіаційних двигунів, вимагає від виробника виготовлення продукції в мінімальні терміни з максимальною якістю і мінімальною собівартістю виробу. Собівартість виробів в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів застосування прогресивного технологічного обладнання та зменшення тривалості виробничого циклу виготовлення деталі. В значній мірі скорочується тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва при використанні новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва. Якість створюваного виробу забезпечується на етапах підготовки та виробництва продукції і реалізується в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якісної продукції є контроль виробу, як в ході виконання технологічного процесу, так і остаточний контроль деталі. Для забезпечення більшого відсотка контролюючих деталей і зменшення часу на контроль, зі збільшенням відсотка достовірності вимірювань необхідно застосовувати контрольні пристосування з автоматичним і напівавтоматичним циклом роботи, при використанні різних датчиків, а також систем обробних і аналізують отриману інформацію.

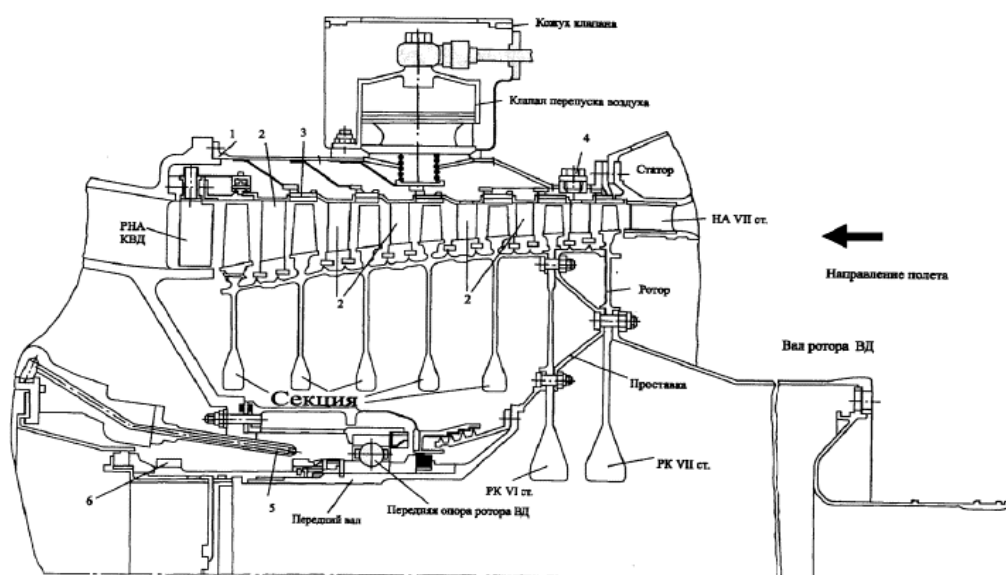
В умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства на ринку буде мати застосування найбільш продуктивних з найменшою собівартістю коштів праці, які забезпечують необхідну якість; виконання автоматизованих конструкторських і технологічних робіт зі складанням мережевий моделі роботи підприємства; застосування найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Компресор високого тиску (КВТ) забезпечує остаточне стиснення повітря внутрішнього контуру і подачу його в камеру згоряння. КВТ, складається (рис. 1.1) з вхідного регульованого направляючого апарату (ВНА), ротора, статора, клапанів перепуску повітря (КПП) і передньої опори.

Вхідний регульований направляючий апарат КВТ аналогічний по конструкції регульованим ВНА КНТ. Відмінність полягає в тому, лопатки у регульованого ВНА КВТ встановлені консольно. Цей апарат призначений для підведення повітря до робочих лопаток I ступені КВТ під найвигіднішим кутом. Регулювання апарату проводиться тільки на стенді при здавальних випробуваннях двигуна. Контроль положення лопаток здійснюється по лімбі, розташованому на корпусі.



1. Корпус КВТ; 2. Апарат напрямний; 3. Кільце робоче; 4. Бобишка оглядова; 5. Форсунка; 6.

Шестерня-індуктор датчика (ДТА-10)

Рисунок 1.1 – Конструкція компресору високого тиску

Статор КВТ є силовим вузлом. Він складається з корпусу, шести напрямних апаратів, семи робочих кілець. Корпус статора звареної конструкції. Зовні на корпусі розташовані фланці для:

- відбору повітря на охолодження турбіни;
- відбору повітря в літакові системи кондиціонування і обігріву;

Направляючі апарати мають роз'єм в горизонтальній площині. Направляючий апарат VII ступені нероз'ємний і винесено в корпус камери згоряння.

Тривимірна модель деталі показана на рис. 1.2. Деталь має велику кількість концентраторів напружень, є тонкостінною, її обробку буде супроводжуватися технологічними складнощами.

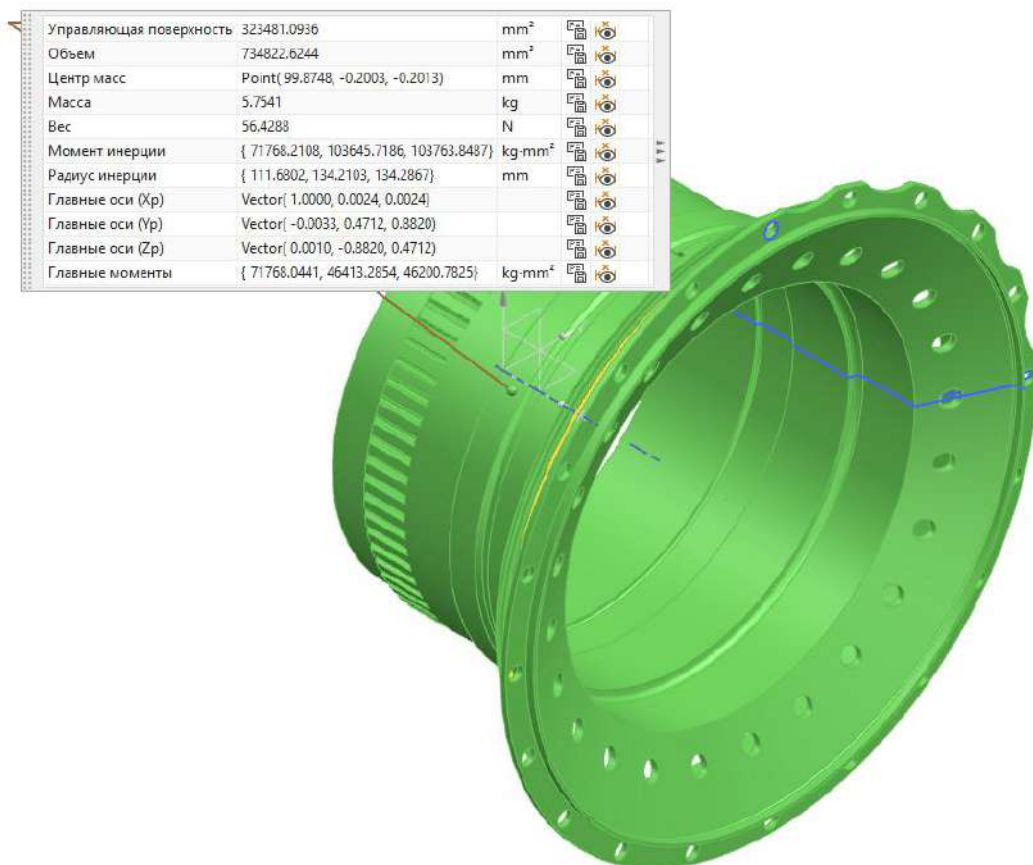


Рисунок 1.2 – Електронна модель валу КВТ

Хімічний склад сплаву показано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Хімічний склад сплаву ХН73МБТЮ, % [1]

Алюміній	Вуглець	Хром	Залізо	Марганець	Молібден	Ніобій	Нікель	Фосфор	Сірка	Кремній	Титан
не більше 1,3-1,7	не більше 0,08	не більше 16,0	не більше 2,0	не більше 0,40	не більше 3,2	не більше 2,2	Основа	не більше 0,015	не більше 0,007	не більше 0,60	не більше 2,75

Механічні властивості сплаву ХН73МБТЮ показано в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 Механічні параметри сплаву ХН73МБТЮ [1]

St[S0,2, МПа	sB, МПа	d5, %	y , %	KCU, кДж/м2	HB
≥705	≥1130	≥17	≥19	≥490	294-341

Деталь підлягає наступній термічній обробці. Сталь використовується в авіаційній промисловості. Температура тривалої експлуатації нікельованих сталей - 750-800 градусів, в залежності від форми виготовлених деталей. Сталь проходить термообробку методикою загартовування, відпалу з охолодженням на відкритому повітрі. Техніка термообробки підвищує зносостійкість вироблених деталей і елементів для авіаційної промисловості і позитивно відбивається на характеристиках стали ХН73МБТЮ.

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації работ

Дані для розрахунку:

річна норма виготовлення..... $N = 1000$ шт;

маса валу КВТ..... $q = 5,75$ кг.

Враховуючи масу деталі і програму випуску приймаємо серійний тип виробництва.

Кількість деталей в партії можна визначити відповідно до формули (1.1):

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

де a – кількість запусків у виробництво на тиждень;

Φ – фонд днів праці на рік (250 днів).

$$n = \frac{2 \cdot 1000}{250} = 8_{\text{шт.}}$$

Технологічні операції обробки валу КВТ виконуються на робочих місцях однаковими партіями та завантажені одними й тими ж технологічними операціями, тип виробництва обрано поточним.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталі «Вал передній КВТ» виконуємо вибір з двох можливих варіантів отримання заготовки деталі відповідно до завданого завдання на магістерську роботу.

Для «Валу переднього КВТ» обґрунтування методу виконуємо серед:

- штамповка на звичайних молотах (рис. 1.3).
- штамповка на КГШП (рис. 1.4);

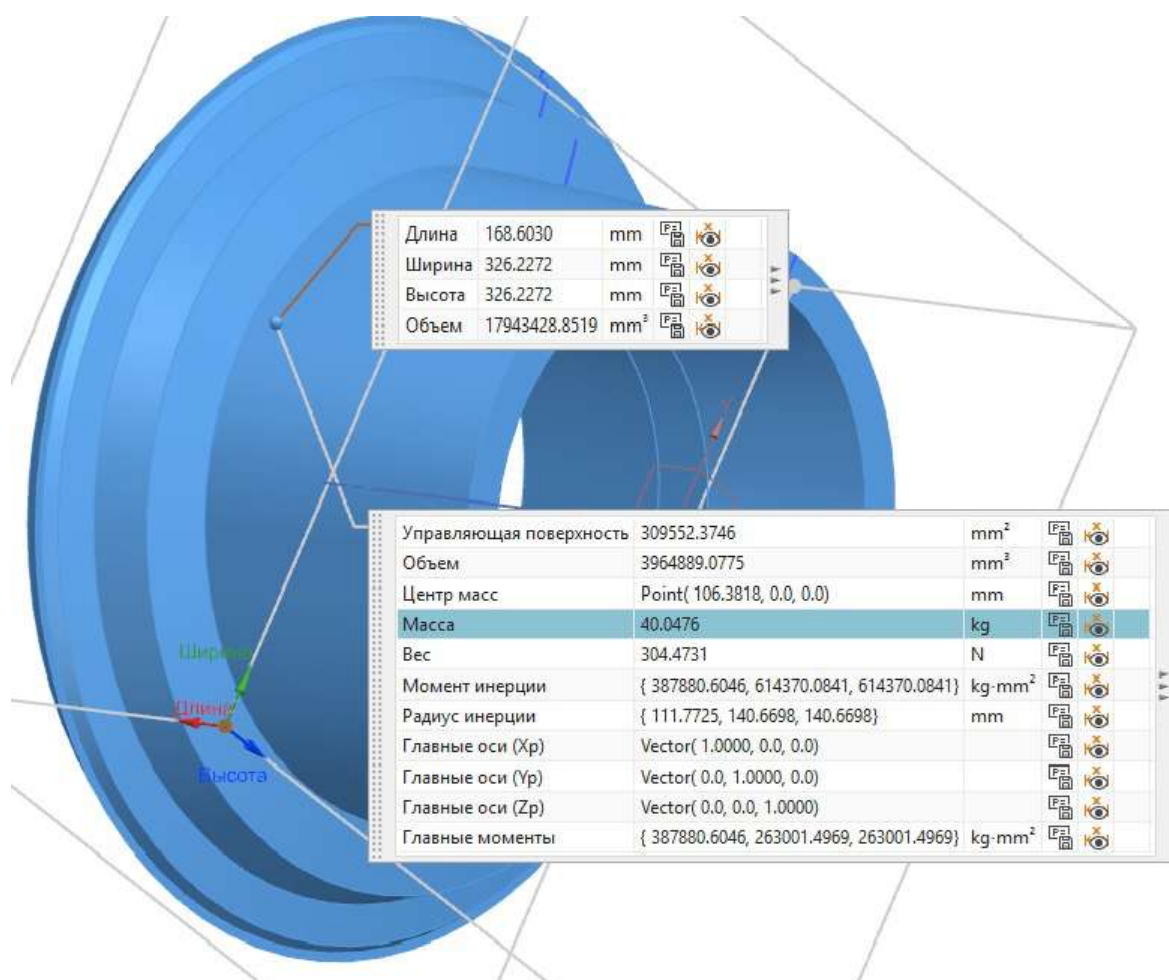


Рисунок 1.3 – Модель заготовки валу переднього КВТ виконаної в системі автоматизованого проектування отриманої штамповкою на молотах

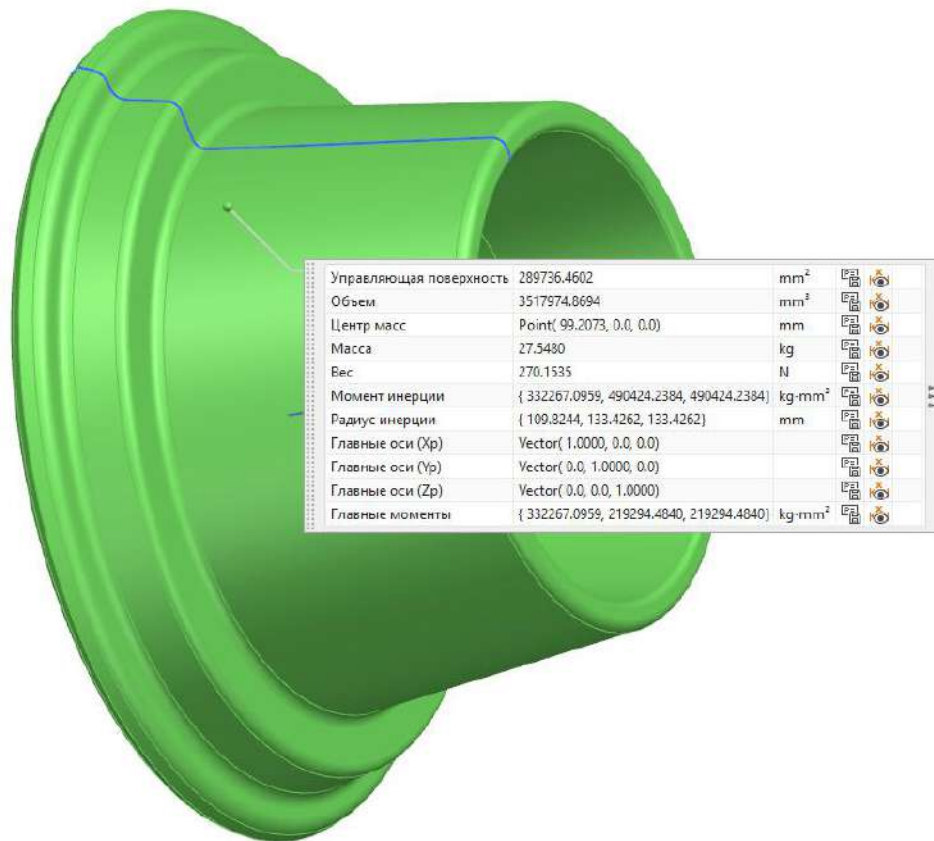


Рисунок 1.4 – Модель заготовки валу переднього КВТ виконаної в системі автоматизованого проектування отриманої штамповкою на КГШП

Данні для розрахунку:

- маса деталі: $Q = 5,75$ кг;
- норма виробітку: $N = 1000$ од.

Розрахуємо параметр використання матеріалу відповідно до формули (1.1):

$$\eta = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки.

$Q_{\text{дет}}$ – маса валу переднього КВТ.

Для заготовки штамповка на молотах та штамповка на КГШП:

$$\eta_1 = \frac{5,75}{40,05} = 0,14.$$

$$\eta_2 = \frac{5,75}{27,55} = 0,21.$$

Вартість заготовки розраховується за формулою (1.3):

$$C = \frac{C_B}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - \frac{(Q - q)}{1000} \cdot S, \quad (1.3)$$

де C_B – вартість 1 т заготовок з відповідного матеріалу, отриманого даним методом виготовлення, грн;

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг;

K_T – параметр, який враховує точність виготовлення заготовки [4];

K_M – параметр, який дозволяє врахувати матеріал виготовлення деталі [4];

K_C – параметр, що враховує геометричні параметри заготовки [4];

K_B – параметр, що враховує масу заготовки валу переднього КВТ [4];

K_{Π} – параметр, що дозволяє врахувати норму виробітку валу переднього КВТ [4];

S – ціна 1 т відходів після обробки, грн [4].

Для штамповки на молотах та КГШП матимемо:

$$C_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 40,05 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,75 \cdot 1 - \frac{(40,05 - 5,75)}{1000} \cdot 140 = 142,6 \text{ грн.}$$

$$C_2 = \frac{3000}{1000} \cdot 27,55 \cdot 1 - \frac{(27,55 - 5,75)}{1000} \cdot 140 = 79,6 \text{ грн.}$$

Ефективність застосування нового методу отримання заготовки визначаємо за формулою (1.4):

$$E_B = (C_2 - C_1) \cdot N, \text{ грн} \quad (1.4)$$

$$E_B = (142,6 - 79,6) \cdot 1000 = 63000 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність за матеріалом від нового методу отримання заготовки визначаємо за формулою (1.4):

$$M_1 = \frac{Q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N, \text{ кг} \quad (1.4)$$

$$M_1 = \frac{5,75 \cdot (0,21 - 0,14)}{0,21 \cdot 0,14} \cdot 1000 = 13690 \text{ кг.}$$

Таблиця 1.3 – Розрахункові значення коефіцієнтів за обома варіантами виготовлення заготовок

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіант заготовки	
			штамповка на молотах	штамповка на КГШП
Маса деталі	Q	кг	5,75	5,75
Припуск	Z	мм	2,5	1,75
Баз. ціна 1 т заготовок	C _Б	грн.	3500	3000
Поправочні параметри	K _Т	-	1,05	1
	K _М	-	1	1
	K _В	-	1,33	1
	K _З	-	1,75	1
	K _П	-	1	1
Ціна 1 т стружки	S	грн.	140	140
Собівартість 1 т заготовок	C	грн.	142,6	79,6
КВМ	η	-	0,14	0,21

Оскільки собівартість за першим варіантом 142,6 грн більше, ніж за другим варіантом 79,6 грн а коефіцієнт використання матеріалу за першим варіантом 0,14 що менше коефіцієнта отриманого за другим варіантом 0,21 за метод отримання

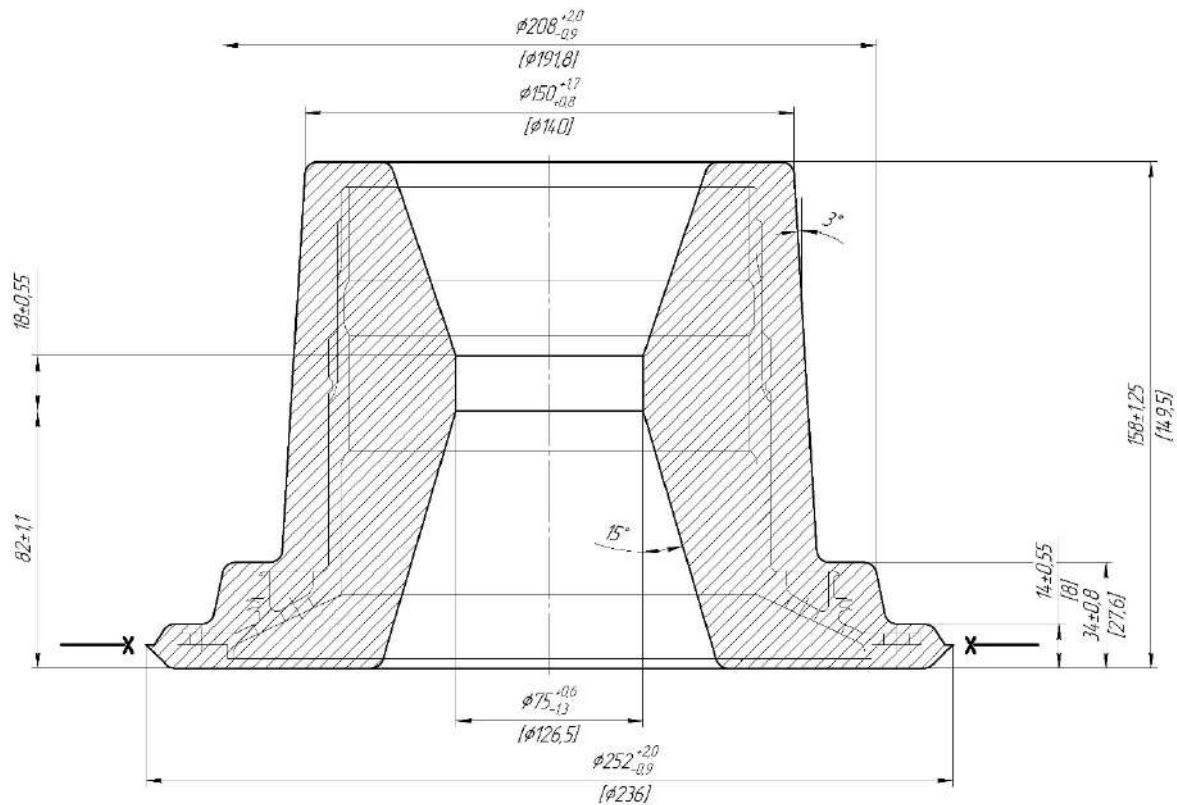


Рисунок 1.7 - Креслення заготовки отриманої штамповкою на молотах

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Сталь використовується в авіаційній промисловості. Температура тривалої експлуатації нікельованих сталей - 750-800 градусів, в залежності від форми виготовлених деталей. Сталь проходить термообробку методикою загартовування, відпалу з охолодженням на відкритому повітрі. Техніка термообробки підвищує зносостійкість вироблених деталей і елементів для авіаційної промисловості і позитивно відбивається на характеристиках стали ХН73МБТЮ [2]. Сталь має добру оброблюваність різанням. Деталь має складну геометрію відноситься до тіл обертання. Має низьку жорсткість внаслідок тонкої стінки. Містить велику кількість отворів, деякі з них розташовані на конусних поверхнях, що ускладнює їх

обробку. Більшість розмірів мають нормальну точність. Геометричні елементи деталі мають високу степінь уніфікації. Більшість поверхонь деталі можна оброблювати стандартним інструментом.

Другим етапом аналізу на технологічність є оцінка кількісних показників.

Параметр використання матеріалу деталі було визначено в пункті вибору методу отримання заготовки, тому приводимо тільки отримані раніше числа:

$$0,21 < 0,8$$

Результат оцінки використання матеріалу при виготовленні завданої деталі є не технологічною, що є типовим для деталей авіаційної промисловості.

Розраховуємо значення уніфікації відповідно до формули (1.6):

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{yэ}}{Q_э} > 0,6, \quad (1.6)$$

де $Q_{y.э.}$ – наявність уніфікованих поверхонь деталі

$Q_э$ – загальна кількість основних поверхонь деталі.

$$K_{y.э.} = \frac{23}{34} = 0,71 > 0,6.$$

За показником який враховує кількість уніфікованих елементів вал передній ВКТ є не технологічним.

Параметр точності враховує точність геометричних розмірів та визначається відповідно до формули (1.7):

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

де A_{cp} – середньоарифметичне значення коефіцієнту точності виготовлення завданої деталі.

За формулою (1.8) визначаємо значення середньоарифметичного коефіцієнту точності виготовлення завданої деталі:

$$A_{cp} = \frac{14 \times n_1 + 13 \times n_2 + \dots + 6 \times n_n}{\Sigma n}, \quad (1.8)$$

де $n_1 \dots n_n$ – розміри, відповідно до завданого квалітету;

Σn – кількість всіх розмірів.

$$A_{cp} = \frac{14 \times 28 + 10 \times 3 + 8 \times 1 + 6 \times 1 + 5 \times 1}{34} = 12,97.$$

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{12,97} = 0,92 > 0,8.$$

За цим показником вал передній КВТ є технологічна.

Показник, що враховує якість геометричних поверхонь на основі аналізу шорсткості поверхонь визначається відповідно до формули (1.9):

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

де B_{cp} – середньоарифметичне значення параметру шорсткості.

Визначається відповідно до формули (1.10):

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

де $K_{5 \dots 8}$ - клас шорсткості;

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

$$B_{cp} = \frac{5 \times 28 + 7 \times 2 + 8 \times 4}{34} = 5,47.$$

$$K_w = \frac{1}{5,47} = 0,18 < 0,32.$$

Відповідно до цього показника деталь є технологічною.

Узагальнюючі отримані результати розрахунків можна зробити висновок, що деталь не технологічна, так як за показником застосування матеріалу вона є не технологічною і велика кількість матеріалу йде у стружку.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Операції механічного оброблення (або застосовані технологічні переходи), які необхідно використати при обробці заданої деталі розташовуються в порядку покращення точності, загалом створюють маршрут обробки поверхні (МОП). На цьому етапі розробки технологічного процесу для кожної поверхні обробки було визначено кількість переходів обробки, величина уточнень за геометричними показниками якості.

Для зовнішньої циліндричної поверхні Ø140h5 шорсткість поверхні заготовки $R_a = 25$ мкм, [3], точність виготовлення заготовки визначається допуском $Td_3 = 2,5$ мм, шорсткість поверхні деталі $R_a = 0,8$ мкм, допуск $Td = 0,018$ мм.

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

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0}, \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_d = \frac{2,5}{0,018} = 138,8.$$

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

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{0,8} = 31,25.$$

Фактором, що визначає якість цієї поверхні є показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. Відповідно до цього показник визначається кількість переходів механічної обробки, що визначається за формулою (1.13):

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

$$k = 2 \cdot \lg 138,8 = 4,28$$

Кількість переходів буде дорівнювати $k = 5$

Розподіл уточнення квалітетів геометричної точності після механічної обробки встановлюємо у наступній послідовності $IT = IT_{16} - IT_5 = 11 = 3 + 3 + 2 + 2 + 1$

Визначаємо розташування показників точності за технологічними переходами: $IT_{16} - IT_{13} - IT_{10} - IT_8 - IT_6 - IT_5$

В результаті встановлюємо технологічну послідовність технологічних переходів: Заготівельна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове – шліфування чорнове – шліфування чистове.

За [3] призначаємо допуски та шорсткість за переходами технологічної обробки і записуємо у таблицю 1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового за формулами (1.11), (1.12):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{2,5}{0,81} = 3,09$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується також.

Результати розрахунків уточнень вносимо до таблиці 1.4.

Для внутрішнього діаметру Ø126,6H10 шорсткість поверхні заготовки $R_a = 25$ мкм, [3], допуск поверхні заготовки $Td_3 = 1,9$ мм, шорсткість поверхні деталі $R_a = 1,6$ мкм, точність розміру $Td = 0,16$ мм.

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

$$\varepsilon_d = \frac{1,9}{0,16} = 11,87.$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{1,6} = 15,62.$$

Головним показником якості даної поверхні буде показник величини шорсткості, оскільки він потребує найбільшого уточнення. Відповідно до цього параметру кількість k переходів механічної обробки визначається відповідно до формули (1.13):

$$k = 2 \cdot \lg 15,62 = 2,39.$$

Приймаємо $k = 3$

Відмінність значень показників шорсткості та їх розподіл $IT = IT16 - IT10 = 6 = 3 + 2 + 1$

Приймаємо послідовність показників точності: IT16-IT13-IT11-IT10. Призначаємо етапи обробки різанням. Заготівельна операція – операція розточування чорнове – операція розточування напівчистове – операція розточування чистове.

За [3] призначаємо допуски та шорсткість за переходами (таблиця 1.4). Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового за формулами (1.11), (1.12):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{1,9}{0,62} = 3,06.$$

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

Для подальших переходів обробки уточнення показників точності розраховується таким же чином.

Результати розрахунків вносимо до таблиці 1.4.

1.4.3 План виготовлення деталі.

При розробці маршруту виготовлення деталі необхідно враховувати наступні чинники [4]:

- 1) заготовки за своєю формою за можливості як умога більше повинні бути наближені до вихідної деталі, це перш за все належить від норми випуску;
- 2) схема базування деталей повинна забезпечувати максимальну простоту, надійність та мінімальні значення похибок при виготовленні заданої деталі;
- 3) раціональний розподіл припусків за переходами механічної обробки;
- 4) операції технологічної обробки повинні забезпечувати мінімальні витрати часу при не великих витратах на застосування даного технологічного рішення;
- 5) повинно застосовуватися сучасне продуктивне металообробне обладнання, яке дає змогу концентрувати найбільшу кількість переходів механічної обробки на одному верстаті;
- 6) повинно застосовуватися обладнання яке витрачає мінімальний час на установку та знімання деталі після обробки;
- 7) ріжучий і вимірювальний інструмент повинен бути стандартним і широко поширеним;
- 8) режими різання необхідно призначати так щоб обробка була максимально швидкою але одночасно призводити до мінімального зносу коштовного інструменту;
- 9) нормування операцій повинно бути максимально невеликим.

В результаті було розроблено маршрут виготовлення деталі вал передній компресору високого тиску що надано на кресленні НУЗП 714003.004.

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на зовнішню діаметральну поверхню розраховуються розрахунково-аналітичним методом.

Зовнішній діаметральний розмір $\varnothing 140h5(-0,018)$

Для заготовки нормативні значення $Rz=150$ мкм и $h=150$ мкм приймаємо в залежності від маси заготовки [3].

Відхилення у просторі оброблюваної заготовки визначаємо, як суму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{см}$ та короблення $\rho_{кор}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво): $\rho_{см}=500$ мкм, $\rho_{кор}=\Delta_k \times l = 3 \times 149,5 = 448,5$ мкм $= 0,449$ мм [3].

Сума значень просторових відхилень визначаємо відповідно до формули (1.18) [3]:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.18)$$

$$\rho_1 = \sqrt{500^2 + 449^2} = 672,01 \text{ мкм} = 0,672 \text{ мм}$$

Результат розрахунків заноситься в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h [3]: $Rz_2=75$ мкм, $h_2=75$ мкм, $\rho_2=k_y \times \rho_1 = 0,06 \times 672 = 40,32$ мкм $= 0,04$ мм, $k=0,06$ – параметр уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо відповідно до формули (1.19) [3]:

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

де $Td_{заг}$ – допуск бази заготовки, 1,9 мм [3].

$$\varepsilon_2 = 0,25\sqrt{1,9^2 + 1} = 0,537 \text{ мм} = 537 \text{ мкм}$$

Для точіння напівчистового значення R_z , h , приймаємо [3]: $R_{z3}=50 \text{ мкм}$, $h_3=50 \text{ мкм}$, $\rho_3= 2,02 \text{ мкм}$, $\varepsilon_3=32,22 \text{ мкм}$.

Для точіння чистового нормативні значення R_z , h , приймаємо [3]: $R_{z4}=25 \text{ мкм}$, $h_4=25 \text{ мкм}$, $\rho_4= 0 \text{ мкм}$, $\varepsilon_3=1,61 \text{ мкм}$.

Для шліфування чорнового нормативні значення R_z , h , приймаємо [3]: $R_{z5}=15 \text{ мкм}$, $h_5=15 \text{ мкм}$, $\rho_5= 0 \text{ мкм}$, $\varepsilon_5=0 \text{ мкм}$.

Для шліфування чистового нормативні значення R_z , h , приймаємо [3]: $R_{z6}=5 \text{ мкм}$, $h_6=5 \text{ мкм}$, $\rho_6= 0 \text{ мкм}$, $\varepsilon_6=0 \text{ мкм}$.

Мінімальні значення припусків визначаємо відповідно до формули (1.20):

$$2Z_{\min_i} = 2 \left(R_{z_{i-1}} + T d_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (1.20)$$

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\min} = 2[150 + 150 + \sqrt{(675^2 + 537^2)}] = 2325 \text{ мкм} = 2,325 \text{ мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\min} = 2[75 + 75 + \sqrt{(40,32^2 + 32,22^2)}] = 703,2 \text{ мкм} = 0,703 \text{ мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\min} = 2[50 + 50 + \sqrt{(2,02^2 + 1,61^2)}] = 205,2 \text{ мкм} = 0,205 \text{ мм}$$

Для шліфування чорнового:

$$2Z_{4\min} = 2[25 + 25 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм}$$

Для шліфування чистового:

$$2Z_{5\min} = 2[15 + 15 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 60 \text{ мкм} = 0,06 \text{ мм}$$

Мінімальні розміри поверхні деталі відповідно до переходів обробки визначається за формулою (1.21):

$$\begin{aligned} d_6^{\min} &= d_6^{\text{НОМ}} + \text{eid}_6 \\ d_6^{\min} &= 140 + (-0,018) = 139,982 \text{ мм} \end{aligned} \quad (1.21)$$

Виконуємо розрахунок максимальних розмірів за формулою (1.22):

$$\begin{aligned} d_i^{\min} &= d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \\ d_5^{\min} &= 139,982 + 0,06 = 140,042 \text{ мм}; \\ d_4^{\min} &= 140,042 + 0,1 = 140,142 \text{ мм}; \\ d_3^{\min} &= 140,142 + 0,205 = 140,347 \text{ мм}; \\ d_2^{\min} &= 140,347 + 0,703 = 141,05 \text{ мм}; \\ d_1^{\min} &= 141,05 + 2,325 = 143,375 \text{ мм}; \end{aligned} \quad (1.22)$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі (1.23):

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i \quad (1.23)$$

$$\begin{aligned}
d_6^{\max} &= 139,982 + 0,018 = 140 \text{ мм}; \\
d_5^{\max} &= 140,042 + 0,025 = 140,067 \text{ мм}; \\
d_4^{\max} &= 140,142 + 0,033 = 140,175 \text{ мм}; \\
d_3^{\max} &= 140,347 + 0,084 = 140,431 \text{ мм}; \\
d_2^{\max} &= 141,05 + 0,81 = 141,86 \text{ мм}; \\
d_1^{\max} &= 143,375 + 2,5 = 145,875 \text{ мм};
\end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки відповідно до формули (1.24):

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.24)$$

$$\begin{aligned}
2z_2^{\max} &= 145,875 - 141,86 = 4,015 \text{ мм}; \\
2z_3^{\max} &= 141,86 - 140,431 = 1,429 \text{ мм}; \\
2z_4^{\max} &= 140,431 - 140,175 = 0,256 \text{ мм}; \\
2z_5^{\max} &= 140,175 - 140,067 = 0,108 \text{ мм}; \\
2z_6^{\max} &= 140,067 - 140 = 0,067 \text{ мм};
\end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність (1.25):

$$\begin{aligned}
2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} &= Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \\
5293 - 3375 &= 1900 + 18
\end{aligned} \quad (1.25)$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки відповідно до формули (1.26):

$$\begin{aligned}
d_{1\text{ном}} &= d_{1\text{мін}} + ei_1 \\
d_{1\text{ном}} &= 143,375 + 0,6 = 143,975 \text{ мм}
\end{aligned} \quad (1.26)$$

Виконавчий розмір заготовки буде рівнятися: $\varnothing 143,9^{+1,3}_{-0,6}$ виконавчі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «валу», за номінальне значення розміру приймаємо максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Розрахунок технологічних розмірів на поверхню $\varnothing 126,6H10$ виконується методом розмірних ланцюгів.

Розточування чорнове $2Z_{2min}=2,5\text{мм}$; розточування напівчистове $2Z_{3min}=0,75\text{мм}$; розточування чистове $2Z_{4min}=0,35\text{мм}$ [3].

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки відповідно до формули (1.27) [2]:

$$d_4^{min} = d_4^{ном} + eid_4 \quad (1.27)$$

$$d_4^{min} = 126,6 + 0 = 126,6\text{мм}$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо відповідно до формули (1.28) [2]:

$$d_i^{min} = d_{i+1}^{min} - 2Z_{i+1}^{min} - Td_i \quad (1.28)$$

$$d_4^{min} = 126,6 - 0,35 - 0,33 = 125,92\text{мм};$$

$$d_3^{min} = 125,92 - 0,75 - 0,62 = 124,55\text{мм};$$

$$d_1^{min} = 124,55 - 2,5 - 1,9 = 120,15\text{мм};$$

Розрахуємо максимальні розміри поверхні для переходів відповідно до формули (1.29) [2]:

$$d_i^{max} = d_i^{min} + Td_i \quad (1.29)$$

$$d_1^{max} = 120,15 + 1,9 = 122,05\text{мм};$$

$$d_3^{max} = 124,55 + 0,62 = 125,17\text{мм};$$

$$d_4^{max} = 125,92 + 0,33 = 127,25\text{мм};$$

Розрахуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки (1.30) [2]:

$$2Z_{imax} = d_i^{max} - d_{i+1}^{min} \quad (1.30)$$

$$2Z_{min1} = 125,17 - 120,15 = 5,02\text{мм};$$

$$2Z_{min3} = 127,25 - 124,55 = 2,7\text{мм};$$

$$2Z_{min4} = 126,76 - 126,92 = 0,66\text{мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючі рівняння (1.31) [2]:

$$2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (1.31)$$

$$6,61 - 4,55 = 1,9 + 0,16$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 120,8_{-1,3}^{+0,6}$ виконавчі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «отвору», за номінальний розмір приймаємо мінімальне значення розміру поверхні плюс допуск на обробку як верхнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків механічної обробки

№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку,		Виконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				Мкм		
											2Z _{max}	2Z _{min}	
Ø140h5	Заготовка	150	150	672	-	-	143,375	2,5	145,875	143,375	-	-	Ø143,9 ^{+1,3} _{-0,6}
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	75	75	40,32	537	2325	141,05	0,81	141,86	141,05	4015	2325	Ø141,9 _{-0,81}
	Точ. напів/чист	50	50	2,02	32,22	703	140,347	0,084	140,431	140,347	1429	703	Ø140,4 _{-0,084}
	Точ. чист	25	25	0	1,61	205	140,142	0,033	140,175	140,142	256	205	Ø140,2 _{-0,033}
	Шліф. Чорн.	15	15	0	0	100	140,042	0,025	140,067	140,042	108	100	Ø140,07 _{-0,025}
	Шліф. Чист.	5	5	0	0	60	139,982	0,18	140	139,982	67	60	Ø140 _{-0,018}
Ø126,6H10	Заготовка					-	120,15	1,9	122,05	120,15	-	-	Ø120,8 ^{+0,6} _{-1,3}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Розточ.чорн.					2500	124,55	0,62	125,17	124,55	5020	2500	Ø124,55 ^{+0,62}
	Розточ. п/чист					750	126,92	0,33	127,25	126,92	2700	750	Ø126,9 ^{+0,33}
	Розточ. чист					350	126,6	0,16	126,76	126,6	660	350	Ø126,6 ^{+0,16}

1.6 Розрахунок режимів різання

З метою підвищення ефективності обробки деталі «Вал передній КВТ» були застосовані сучасні верстати з ЧПК. Виконуємо розрахунок режимів різання на операцію технологічної обробки «Оп. 015 Токарна з ЧПК». Операційний ескіз показано на рис. 1.8.

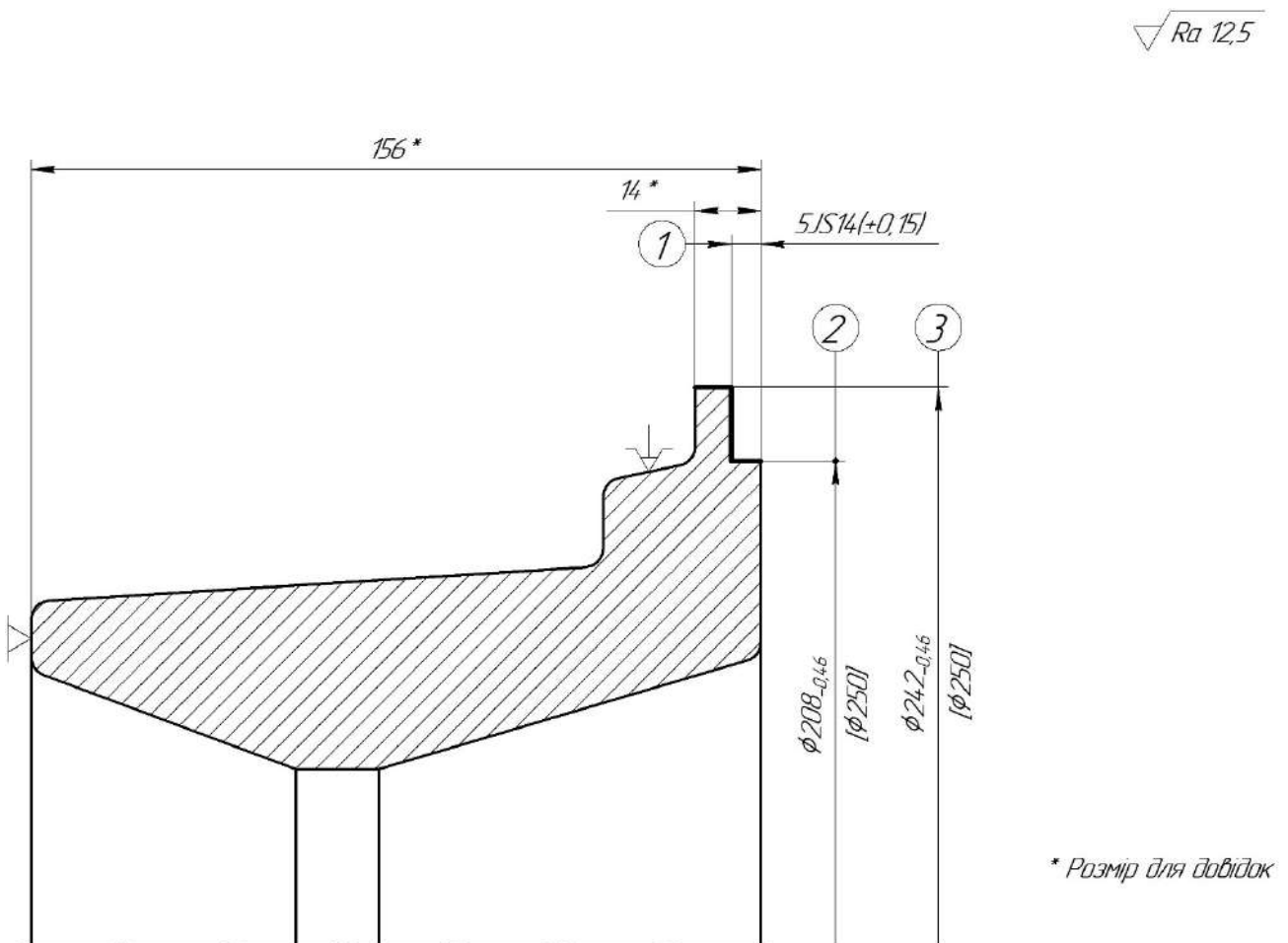


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз токарної операції з числовим програмним керуванням

Для виконання операції застосовується токарний верстат з ЧПУ MoriSeiki SL5A. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Точити поверхні 1,2,3

Інструмент що застосовується на цій операції – різець контурний з пластиною з твердого сплаву ВК10

Глибина різання $t_1=2,0$ мм

Подача визначається за формулами (1.32), (1.33):

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.32)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{\Pi}} \times K_{S_{\Pi}} \times K_{S_{\phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{\text{ж}}} \times K_{S_M} \quad (1.33)$$

де $S_{o_T} = 0,55$ мм/об [6];

$K_{S_{\Pi}}$ – параметр, що враховує стан обраблюваної поверхні, $K_{S_{\Pi}}=0,8$ [6];

$K_{S_{\Pi}}$ – параметр, що враховує матеріал інструменту, $K_{S_{\Pi}}=1,0$ [6];

$K_{S_{\phi}}$ – параметр, що враховує форму обраблюваної поверхні, $K_{S_{\phi}}=0,85$ [6];

K_{S_3} – параметр, що враховує вплив загартування, $K_{S_3}=0,8$ [6];

$K_{S_{\text{ж}}}$ – параметр, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{S_{\text{ж}}}=1,0$ [6];

K_{S_M} – параметр, що враховує матеріал обраблюваної поверхні, $K_{S_M}=0,9$ [6].

$$K_{S_o} = 0,8 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,8 \times 1,0 \times 0,9 = 0,489$$

$$S_o = 0,55 \times 0,489 = 0,092 \approx 0,27 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулами (1.34), (1.35) [6]:

$$V = V_T \times K_V \quad (1.34)$$

$$K_V = K_{V_M} \times K_{V_{\Pi}} \times K_{V_{\phi}} \times K_{V_T} \times K_{V_{\text{ж}}} \times K_{V_{\Pi}} \times K_{V_O} \quad (1.35)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=67$ м/хв, [6];

K_V – узагальнений швидкісний параметр [6];

K_{V_M} – параметр обробляемого матеріалу, $K_{V_M}=0,94$ [6];

$K_{V_{\Pi}}$ – параметр, що враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{V_{\Pi}}=1,0$ [6];

$K_{V_{\phi}}$ – параметр, що враховує вплив головного куту в плані, $K_{V_{\phi}}=0,92$ [6];

K_{V_T} – параметр, що враховує вид обробки, $K_{V_T}=0,75$ [6];

$K_{V_{\text{ж}}}$ – параметр, що враховує жорсткість технологічної системи $K_{V_{\text{ж}}}=1,0$ [6];

K_{VP} – параметр, що враховує стан оброблюємої поверхні, $K_{VP}=1,0$ [6];

K_{VO} – параметр, що враховує вплив змазуючо охолоджуюча рідина (ЗОР),
 $K_{VO}=1,0$ [6].

$$k_v=0,94 \times 1,0 \times 0,92 \times 0,75 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0=0,65$$

$$V = 67 \times 0,65 = 43,45 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю відповідно до формули (1.36):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.36)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 43,45}{3,14 \times 208} = 66,52 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=70 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 70 \times 208}{1000} = 45,72 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання відповідно до формули (1.37):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.37)$$

де, C_p – параметр, що враховує умови обробки, $C_p=204$ [6];

x, y, n – показники степені, що враховують умови обробки $n=0; x=1,0;$

$y=0,75$; [6];

k_p – поправочний параметр, що враховує фактичні умови різання
 визначається відповідно до формули 1.38:

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{qv} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.38)$$

де, k_{MP} - поправочний параметр, що враховує вплив якості оброблююмого матеріалу визначаємо відповідно до формули (1.39):

$$k_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.39)$$

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

$k_{\phi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{\Gamma p}$ - поправочні параметри, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту $k_{\phi p}=1,08$, $k_{\gamma p}=1,15$, $k_{\lambda p}=1,0$, $k_{\Gamma p}=0,93$, [6];

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

$$P_z = 10 \times 204 \times 2,0^{1,0} \times 0,27^{0,75} \times 45,72^0 \times 1,51 = 2307 H$$

Визначаємо потужність різання відповідно до формули (1.40):

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.40)$$

де, P_z - сила різання, Н

V - швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{2307 \times 45,72}{1020 \times 60} = 1,72 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

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

Визначаємо машинний час відповідно до формули (1.41):

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}; \quad (1.41)$$

де, l - довжина оброблюємої поверхні, $l=36$ мм;

y - величина врізання, мм $y=3$ мм;

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

$$T_0 = \frac{31 + 3 + 3}{350 \times 0,1} = 0,89 \text{ хв}$$

Операційний ескіз на розроблювану операцію показано на рис. 1.9.

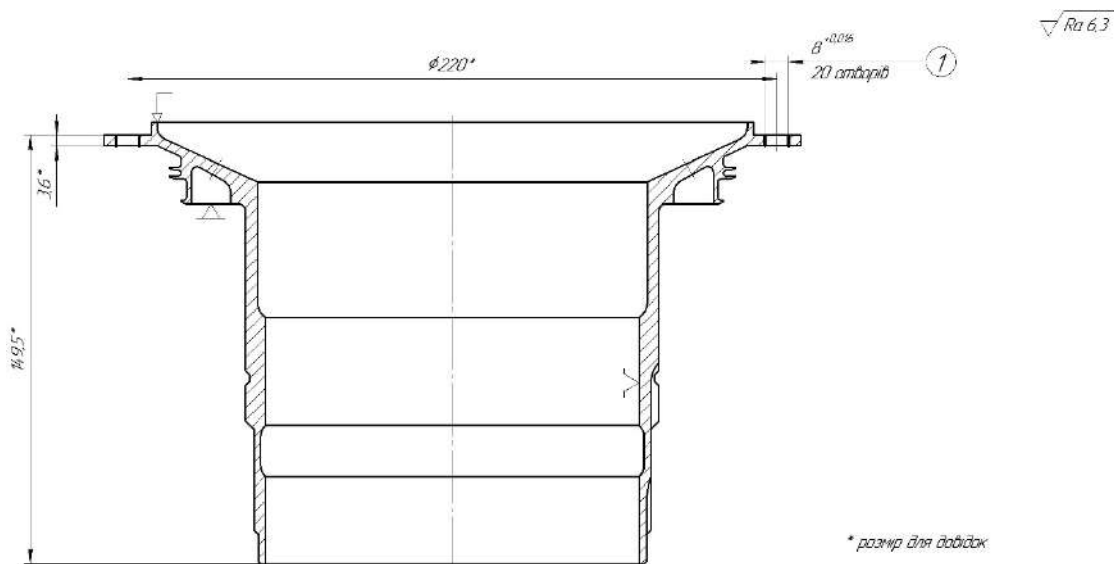


Рисунок 1.9 - Операційний ескіз – операція № 060

Верстат: Свердлильний з ЧПК SCHAUBLIN 130-CNC

Поверхня $\varnothing 8$ $L=4$ мм $Ra=6,3$ мкм;

Інструмент: Свердло спіральне $\varnothing 8$ мм, $L=3,6$ мм, P6M5, ГОСТ12121-77

Свердлить відповідно ескізу двадцять отворів (рис. 1.9):

Довжина робочого ходу визначається відповідно до формули (1.42) [6]:

$$L_p = 2 \cdot (l + y) \quad (1.42)$$

де l -довжина свердління $l=4$ мм;

$y=0,6d_{\text{св}}$ –врізання, мм;

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

$$Lp = 2 \cdot (3,6 + 4,9) = 17\text{мм}$$

Глибина різання: $t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{8}{2} = 4\text{мм}$.

Визначаємо подачу відповідно до формули (1.43) [6]:

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

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

Швидкість різання розраховуємо відповідно до формули (1.44) [6]:

$$v_0 = v_m \times k_{mv} \times k_{nv} \times k_{uv} \times k_{\phi v} \times k_{\phi 1v} \times k_r \quad (1.44)$$

де, k_{mv} – параметр, що враховує матеріал заготовки визначається відповідно до формули (1.45) [6]:

$$k_{mv} = k_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} \quad (1.45)$$

k_r – параметр, що характеризує групу сталі. $k_r=0.8$ [6] [6];

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

n_v - показник степені, $n_v=1.0$ [6];

$$k_{mv} = 0.8 \times \left(\frac{750}{1061} \right)^1 = 0.55$$

k_{nv} – параметр, що характеризує стан поверхні $k_{nv}=0.8$ [6];

k_{iv} – параметр, що характеризує матеріал інструменту $k_{iv}=1.0$ [6];

$k_{\phi v}$, $k_{\phi 1v}$, k_{rv} , - параметри, що характеризують геометричні параметри інструменту $k_{\phi v}=1,0$, $k_{\phi 1v}=0,94$, $k_{rv}=1,03$ [6].

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

Частота обертання деталі визначається відповідно до формули:

$$n = \frac{1000 \times 1,6}{3,14 \times 6,5} = 78,4 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання $n=80$ об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 6,5 \times 80}{1000} = 1,63 \text{ м/хв}$$

Обертний момент, визначається відповідно до формули (1.46) [6]:

$$M_{OB} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P \quad (1.46)$$

$$C_M = 0,041; \quad q = 2; \quad y = 0,7 \quad K_P = 1,04 \quad [6];$$

$$M_{KP} = 10 \times 0,041 \times 6,5^2 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 3,42 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Осьова сила, Н визначається відповідно до формули (1.47):

$$P_0 = 10 \times C_P \times D^q \times S^y \times K_P \quad (1.47)$$

$$C_P = 143; \quad q=1; \quad y=0,7; \quad K_P=1,04 \quad [6]$$

$$P_0 = 10 \times 87 \times 6,5^1 \times 0,1^{0,7} \times 1,04 = 1173,4 \text{ Н}$$

Потужність різання, кВт

$$N_3 = \frac{3,42 \times 80}{9750} = 0,03 \text{ кВт}$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час визначається відповідно до формули (1.48):

$$t_{02} = \frac{l + l_1}{n \times S} \times i \quad (1.48)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору), $l = 4 \text{ мм}$;

l_1 – довжина врізання і перебігу інструменту $l_1 = 3,5 \text{ мм}$, [6];

i – кількість проходів, $i = 1$;

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

S – подання інструменту, мм/об;

$$t_{02} = \left(\frac{17}{80 \times 0,1} \right) \times 3 = 5,92 \text{ хв}$$

Операційний ескіз на розроблювану операцію показано на рис. 1.10.

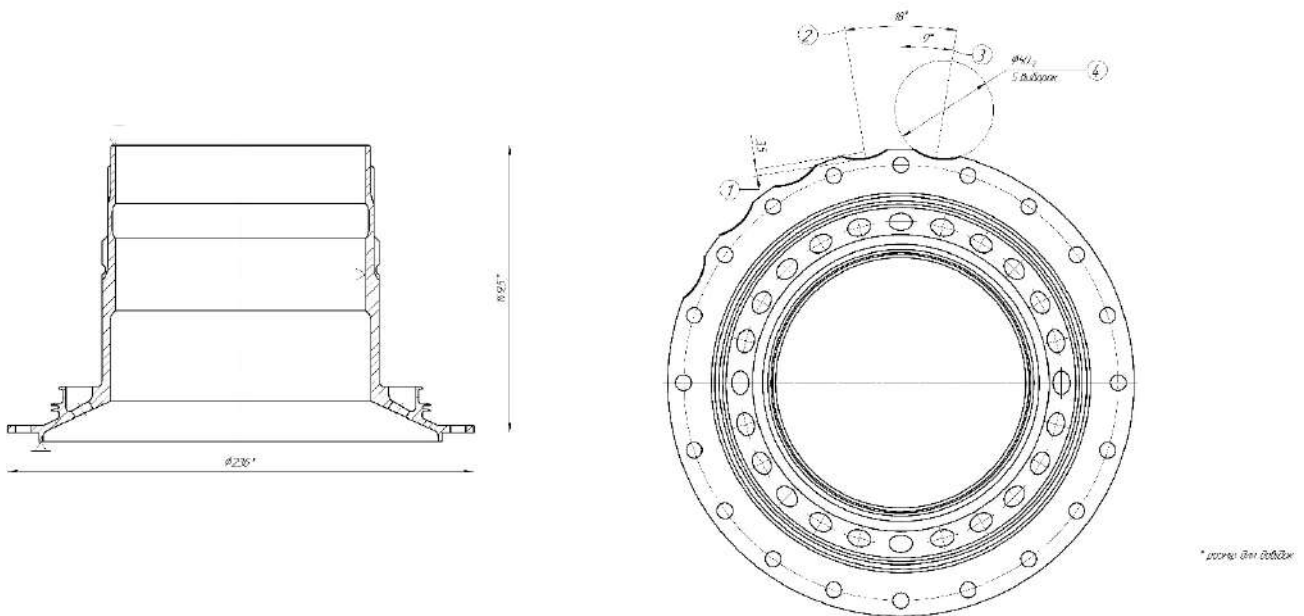


Рисунок 1.10 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза кінцева Ø10 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71

Визначаємо подачу відповідно до формули (1.49):

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ} \quad (1.49)$$

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

K_{so} – параметр, що враховує ряд конструктивних особливостей технологічної системи визначається відповідно до формули (1.50);

$$K_{SZ} = K_{SZH} \cdot K_{SZ\Phi} \cdot K_{SZR} \quad (1.50)$$

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

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

K_{SZR} – параметр, 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 відповідно до формули (1.51) [6]:

$$V = V_T \cdot K_V \quad (1.51)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання $V_m = 8,3$ м/хв [6];

K_V – параметр, що враховує ряд конкретних умов обробки визначається відповідно до формули (1.52) [6]:

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VH} \cdot K_{Vo} \cdot K_{V\Phi} \cdot K_{VB} \quad (1.52)$$

де K_{VM} – параметр, що враховує оброблюваність матеріалу, $K_{VM}=0,81$ [6];

K_{Vn} – параметр, що враховує стан поверхні, $K_{Vn} = 1$ [6];

K_{Vo} – параметр, що враховує умови обробки, $K_{Vo}=1$ [6];

$K_{V\Phi}$ – параметр, що враховує вид обробки, $K_{V\Phi} = 1$ [6];

K_{VH} – параметр, що враховує матеріал інструменту, $K_{VH}=1$ [6];

K_{VB} – параметр, що враховує ширину фрезерування, $K_{VB} = 1$ [6].

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

Обороти визначаємо відповідно до формули:

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

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n=220$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання:

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

Хвилинну подачу визначимо по формулі визначається відповідно до формули (1.53) [6]:

$$S_{\text{хв}} = S_Z \times z \times n_D, \text{мм/хв} \quad (1.53)$$

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

Потужність визначаємо відповідно до формули (1.54):

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{кВт}, \quad (1.54)$$

де $N_H=0,8$ кВт потужність необхідна на різання [6];

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

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

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

$K_\beta=1$ – поправочний параметр, 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 відповідно до формули (1.55):

$$T_o = \frac{l + y}{n \cdot S_o \cdot Z} \quad (1.55)$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=210$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

Z – число зубів фрези, $z=4$.

$$T_o = \frac{210 + 3}{220 \times 0,0275 \times 4} = 8,8 \text{ хв}$$

Режими різання при обробці завданої деталі наведено у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Режими різання

N Опер.	Найменування операції		t, мм	S _o , мм/об	V _д , м/хв	пд, хв ⁻¹	T _о , хв
015	Токарна з ЧПК		2	0,27	45,72	70	0,89
020	Токарна з ЧПК		1,0	0,1	172,7	280	13,25
025	Токарна з ЧПК		3,0	0,15	83,1	330	6,28
030	Токарна з ЧПК		20	0,1	52,1	450	11,9
035	Токарна з ЧПК		1,0	0,15	131,8	300	5,9
040	Токарна з ЧПК		10	0,1	121,3	400	3,45
045	Токарна з ЧПК		0,5	0,08	181,7	300	9,11
050	Токарна з ЧПК	1	0,5	0,1	181,7	650	6,53
		2	0,5	0,1	181,7	750	
055	Токарна с ЧПУ	1	0,3	0,1	211,2	440	14,2
		2	0,3	0,1	211,2	350	
		3	0,3	0,1	211,2	300	
060	Свердлильна з ЧПУ		4,0	0,1	1,63	80	5,92
065	Свердлильна з ЧПУ		0,1	0,08	1,63	80	3,14
070	Фрезерна з ЧПУ		2	32мм/хв	15,1	120	1,54
075	Фрезерна з ЧПУ		1,5	0,0275мм/дв.хід	6,72	220	8,8
080	Шліфувальна		0,05	0,002	15	2000	2,15

1.7 Розрахунок технічної норми часу

Розрахунок норми часу на токарну операцію з ЧПК.

Додатковий час визначаємо відповідно до формули (1.56):

$$t_{\text{всп.}} = t_{\text{в.у}} + t_{\text{м.в.}} \quad (1.56)$$

де, $t_{\text{в.у.}} = 0,2$ хв – час на установку і зняття деталі в патроні з ручним затиском [5];

$t_{\text{м.в.}} = 0,29$ хв - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні [5]

$$t_{\text{всп.}} = 0,2 + 0,29 = 0,49 \text{ хв}$$

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата визначається відповідно до формули (1.57):

$$t_{\text{п.у.}} = t_{\text{о.}} + t_{\text{м.в.}} \quad (1.57)$$

$$t_{\text{п.у.}} = 0,89 + 0,49 = 1,38 \text{ хв.}$$

Час на забезпечення робочого місця визначається відповідно до формули (1.58):

$$t_{\text{обс}} = 10\% \cdot t_{\text{п.у.}} \quad (1.58)$$

$$t_{\text{обс}} = 0,1 \cdot 1,38 = 0,14 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби робітника визначається відповідно до формули (1.59):

$$t_{\text{п}} = 10\% \cdot t_{\text{п.у.}} \quad (1.59)$$

$$t_{\text{п}} = 0,1 \cdot 1,38 = 0,14 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на виконання операції:

$$t_{\text{шт.}} = 1,38 + 0,14 + 0,14 = 1,66 \text{хв.}$$

Визначаємо підготовчо-кінцевий час на виконання проектуємої технологічної операції [5] відповідно до формули (1.60):

$$T_{\text{п-з}} = T_{\text{п-з1}} + T_{\text{п-з2}} \quad (1.60)$$

де, $T_{\text{п-з1}} = 5$ хв – час на витрати по обслуговуванню верстата [5]

$T_{\text{п-з2}} = 7$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи [5]

$$T_{\text{п-з}} = 5 + 7 = 12 \text{хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{\text{шт.-к.}} = \frac{12}{8} + 1,66 = 3,16 \text{хв.}$$

Нормування свердлильної операції, яка виконується на верстаті з числовим програмним керуванням.

Додатковий час:

$t_{\text{в.у.}} = 0,25$ хв – час який витрачається на базування деталі [5];

$t_{\text{м.в.}} = 0,26$ хв – час, який необхідно витратити на виконання додаткових переходів для забезпечення виконання технологічної операції [5]

$$t_{\text{всп}} = 0,26 + 0,25 = 0,51 \text{хв.}$$

Операційний час, який складається з основного та допоміжного часу на обробку розраховується за наступною формулою:

$$t_{\text{оп}} = 5,92 + 0,51 = 6,43 \text{хв.}$$

Час на забезпечення робочого місця та працівника визначаємо відповідно до формули (1.61):

$$\begin{aligned} t_{\text{обс}} &= 8\% \times t_{\text{п.у.}} \\ t_{\text{обс}} &= 0,08 \times 6,43 = 0,51 \text{хв.} \end{aligned} \quad (1.61)$$

Час на відпочинок і природні потреби відповідно до формули (1.62):

$$\begin{aligned} t_{\text{п}} &= 8\% \times t_{\text{п.у.}} \\ t_{\text{п}} &= 0,08 \times 6,43 = 0,51 \text{хв.} \end{aligned} \quad (1.62)$$

Штучний час виконуваної операції розраховується за наступною формулою:

$$t_{\text{шт.}} = 6,43 + 0,51 + 0,51 = 7,45 \text{хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [5] відповідно до формули:

$$T_{\text{п-з}} = 5 + 3 = 8 \text{хв.}$$

де, $T_{\text{п-з1}} = 5$ хв – час на несуттєві витрати верстату з ЧПУ [5];

$T_{\text{п-з2}} = 3$ хв – час на додаткові переходи не пов'язані з обробкою [5].

Калькуляційний час на виконання операції, хв

$$t_{\text{шт.-к.}} = \frac{8}{8} + 7,45 = 8,45 \text{хв.}$$

Розрахунок норми часу на операцію фрезерної обробки, яка виконується на верстаті з числовим програмним керуванням.

Додатковий час:

$t_{0''} = 0,05$ хв - переміщення інструменту у його нульову позицію [5];

$t_{с.б.} = 0,05$ хв – час на зміну інструментального блоку [5];

$t_{в.у.} = 1,2$ хв - час на встановлення та зняття деталі у пристосуванні з пневматичним приводом [5];

$t_{м.в.} = 0,15$ хв – час на допоміжні переміщення при виконанні розрахункової операції [5]

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

Основний час роботи верстату визначається за наступною формулою:

$$t_{оп} = 8,8 + 1,45 = 10,25 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначаємо відповідно до формули:

$$t_{обс} = 0,08 \times 10,25 = 0,82 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби визначаємо відповідно до формули:

$$t_{п} = 0,08 \times 10,25 = 0,82 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{шт.} = 10,25 + 0,82 + 0,82 = 11,89 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію відповідно до формули:

$$T_{п-3} = 3 + 8 = 11 \text{хв.}$$

де, $T_{п-31} = 3$ хв - час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ [5];

$T_{п-32} = 8$ хв - час на витрати додаткові роботи, що враховують [5]

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{11}{8} + 11,89 = 13,26 \text{хв.}$$

Нормуванні операцій обробки деталі «Вал КВТ» надано у таблиці 1.6.

Таблиця 1.7 – Технічна норма часу за операціями

Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{шт-к}$						
		t_o	t_v	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{п}$	$t_{п-3}$	$t_{шт-к}$
015	Токарна з ЧПК	0,89	0,49	1,38	0,14	0,14	12	3,16
020	Токарна з ЧПК	13,25	2,13	15,38	1,54	1,54	18	18,91
025	Токарна з ЧПК	6,28	1,33	7,61	0,61	0,61	18	9,28
030	Токарна з ЧПК	11,9	2,7	14,6	1,17	1,17	18	17,39
035	Токарна з ЧПК	5,9	1,22	7,12	0,71	0,71	18	8,99
040	Токарна з ЧПК	3,45	1,31	4,76	0,48	0,48	14	6,07
045	Токарна з ЧПК	9,4	1,31	10,42	1,04	1,04	15	12,87
050	Токарна з ЧПК	6,53	1,52	8,05	0,81	0,81	15	10,05
055	Токарна з ЧПК	14,2	3,26	17,46	1,75	1,75	18	21,41
060	Свердлильна з ЧПК	5,92	0,51	6,43	0,51	0,51	8	8,45
065	Свердлильна з ЧПК	3,14	1,5	4,64	0,46	0,46	13	5,88
070	Фрезерна з ЧПК	1,54	0,69	2,23	0,18	0,18	20	3,09
075	Фрезерна з ЧПК	8,8	1,45	10,25	0,82	0,82	11	13,26
080	Шліфувальна	2,15	1,45	3,6	0,29	0,29	18	4,63

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

Для виконання операції використовується токарний верстат з ЧПУ MoriSeiki SL5A. Заготовка затискається в спеціальному пристосуванні.

Інструмент для обробки заданих поверхонь – різець контурний з пластиною виконаної твердого сплаву BK10.

Програмування обробки виконується програмне забезпечення Siemens NX.

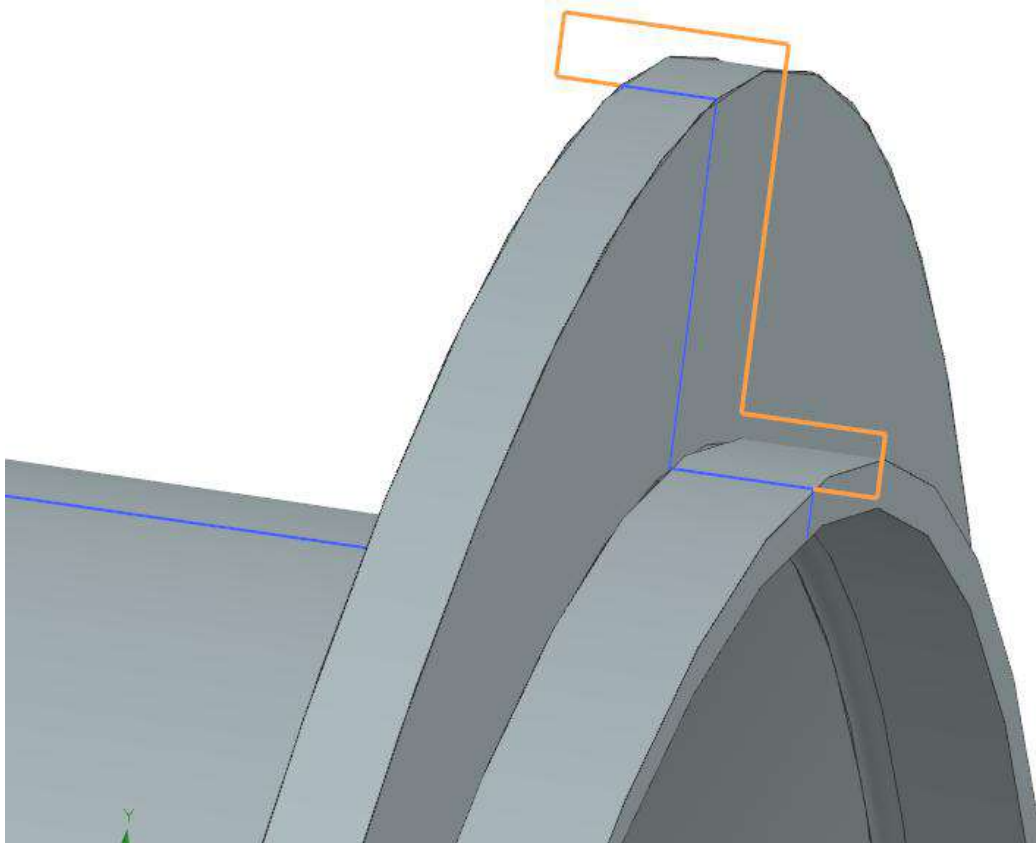


Рисунок 1.11 – Комп’ютерна модель операційного ескізу на токарну операцію з ЧПУ

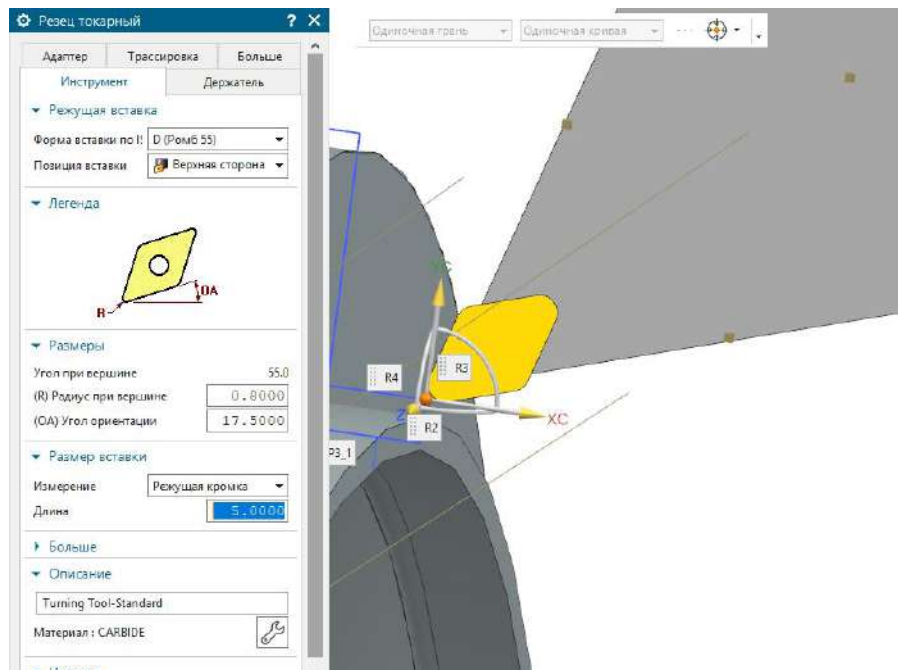


Рисунок 1.12 – Розташування інструменту відносно заданої поверхні обробки

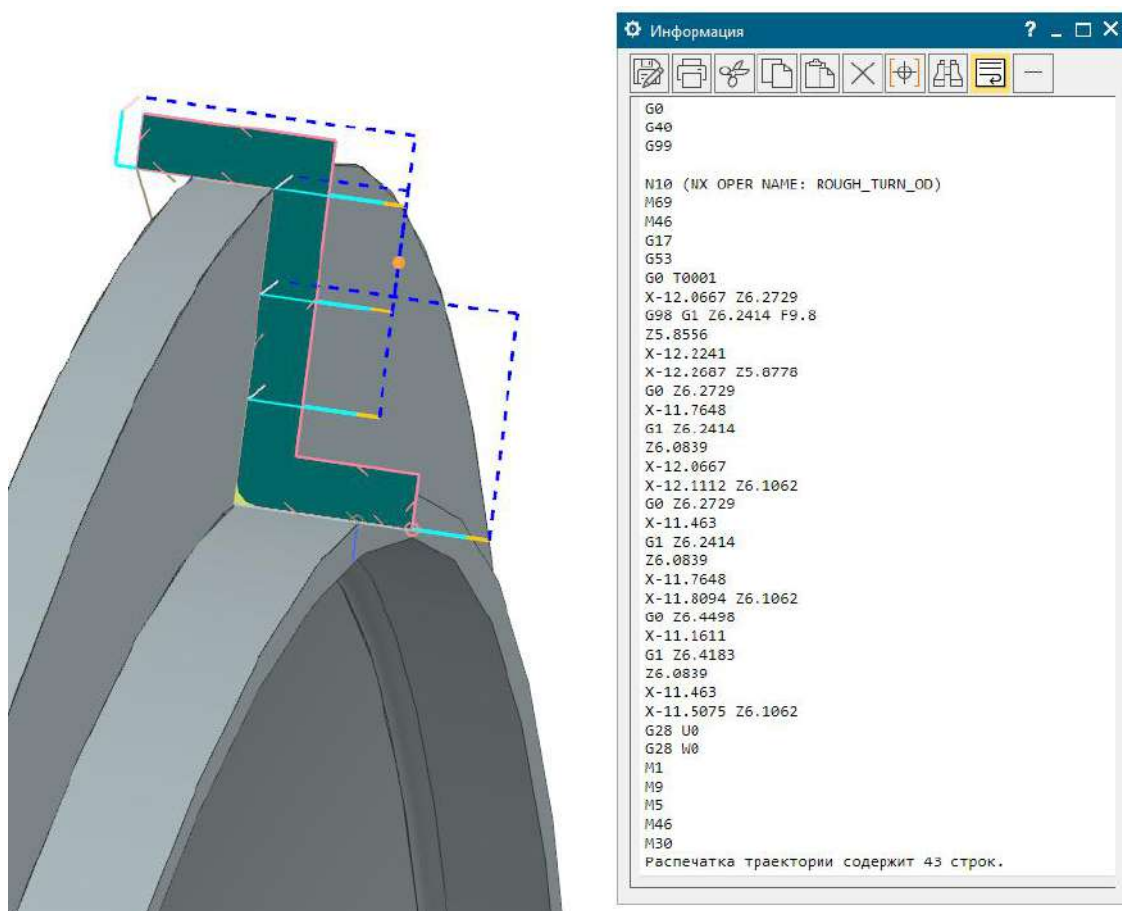


Рисунок 1.13 – Виконувана програма обробки в G кодах

1.8.2 Розробка свердильної операції

Верстат: Свердильний з ЧПК SCHAUBLIN 130-CNC

Поверхня $\varnothing 8$ L=4мм Ra=6,3мкм;

Інструмент: Свердло спіральне $\varnothing 8$ мм, L=3,6мм, P6M5, ГОСТ12121-77

Свердлить відповідно ескізу двадцять отворів (рис. 1.14):

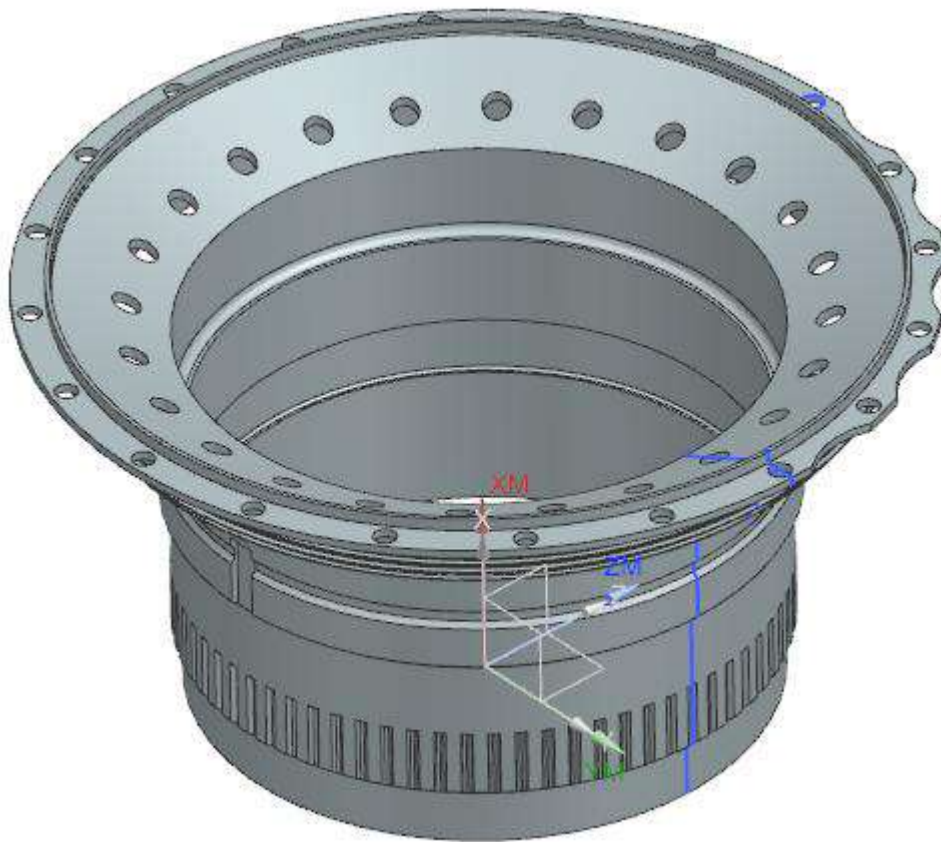


Рисунок 1.14 – Операційний ескіз на свердильну операцію виконаний у системі автоматизованого проектування

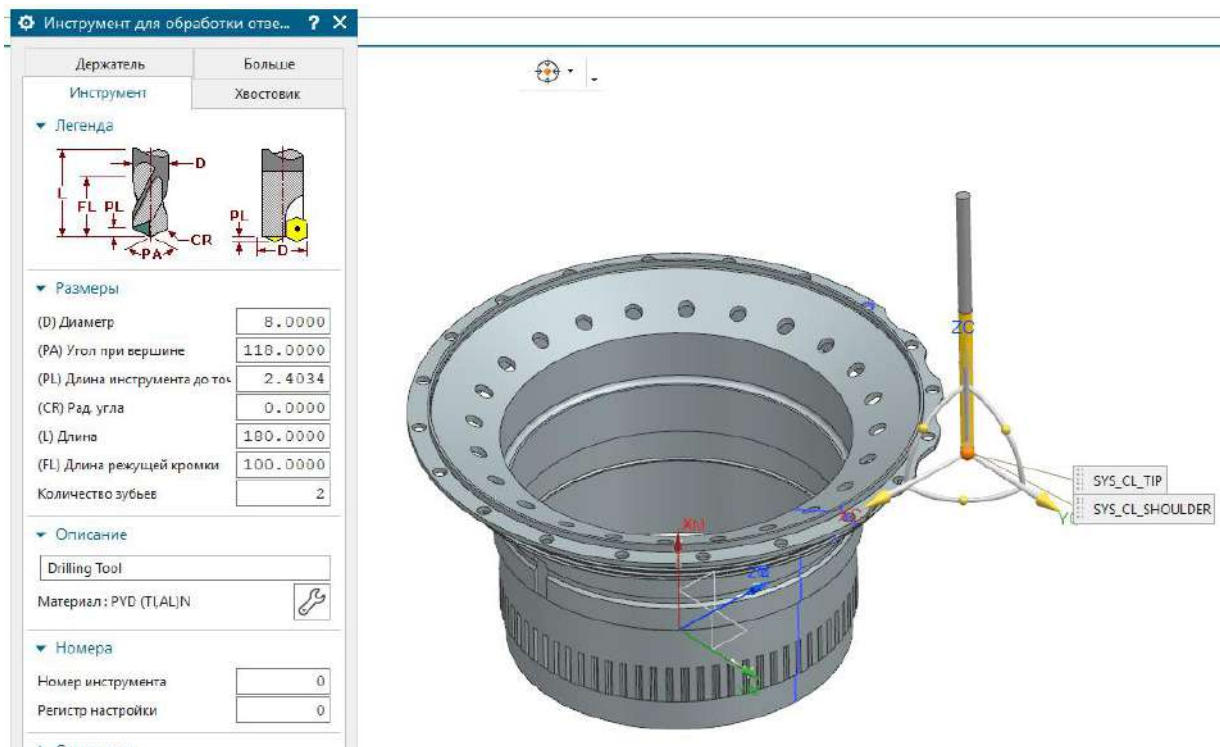


Рисунок 1.15 – Розташування інструменту відносно заданої поверхні обробки

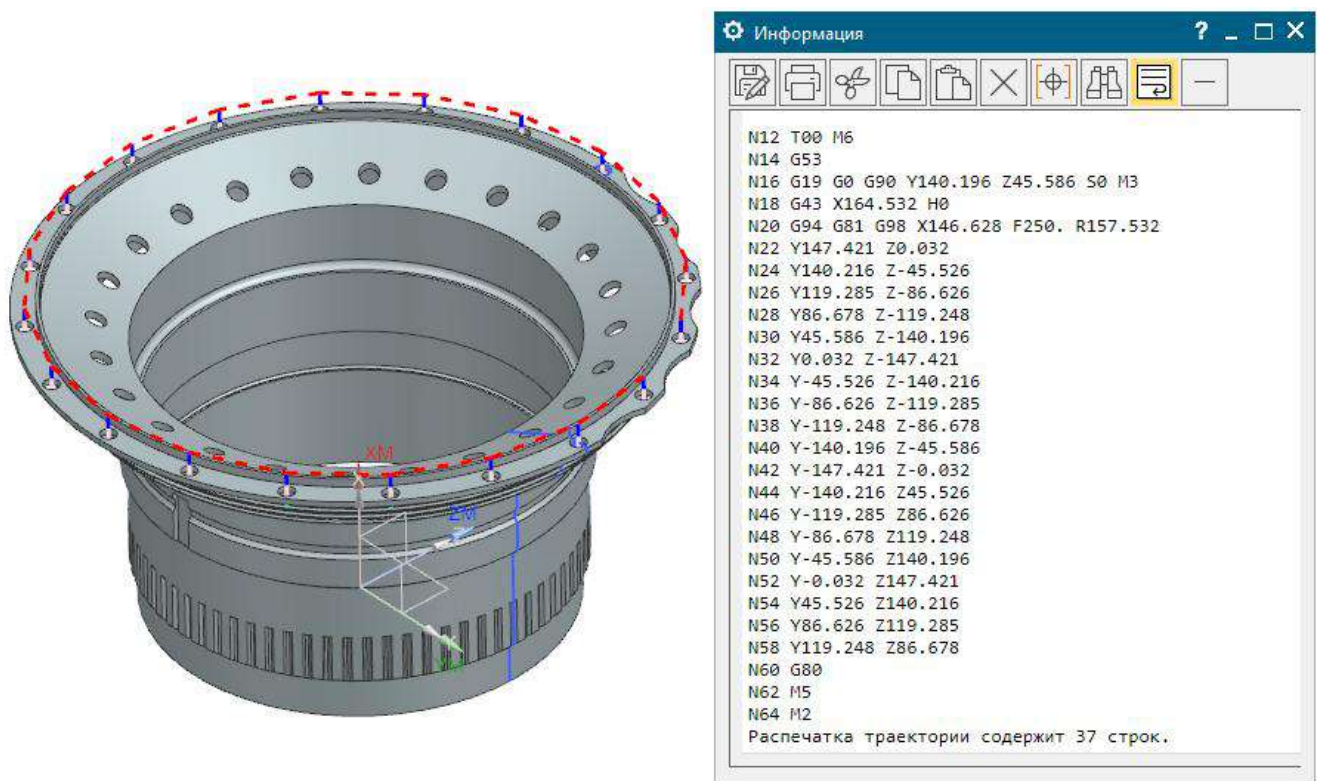


Рисунок 1.16 – Програма обробки на задану операцію

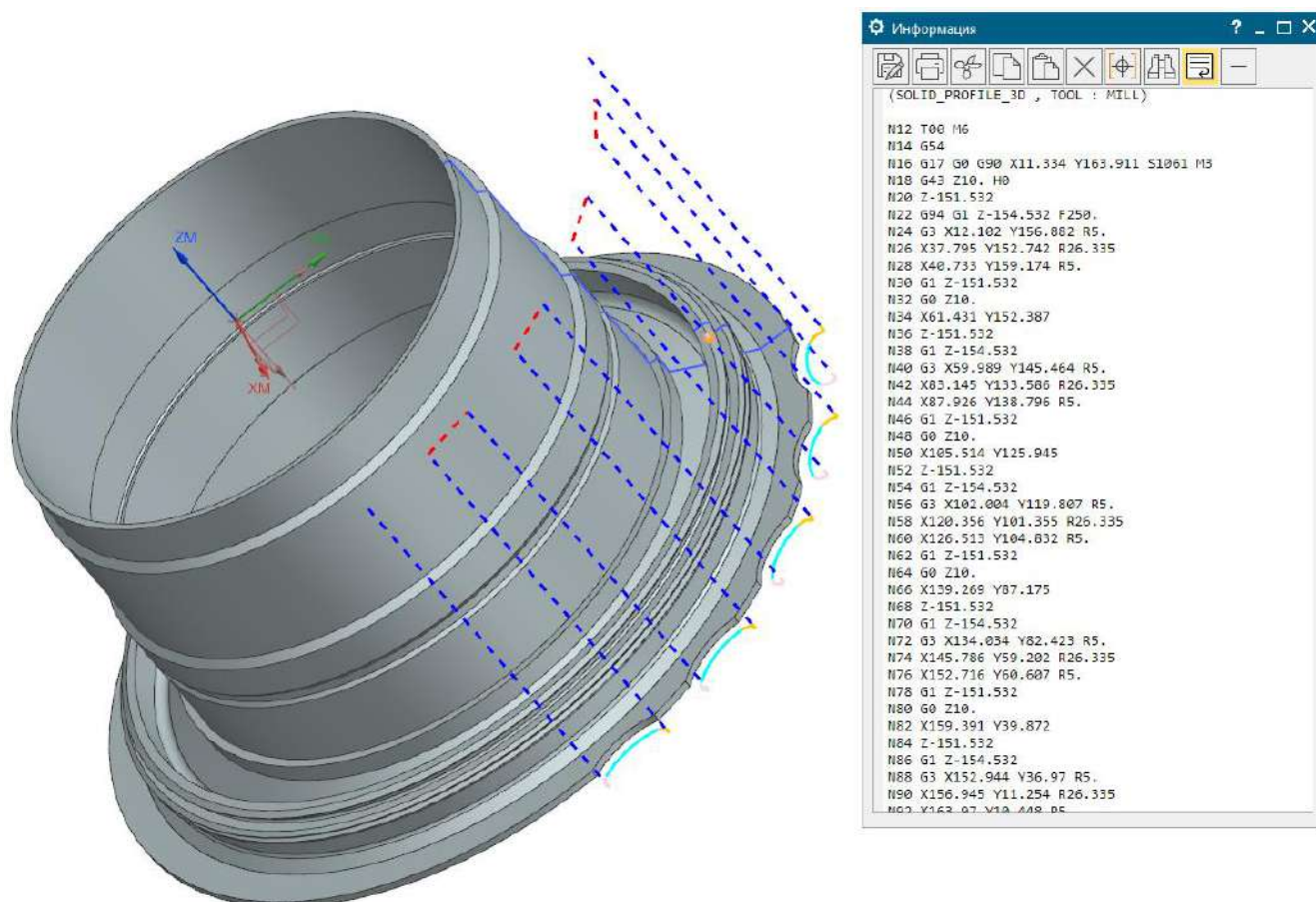


Рисунок 1.19 – Програмування обробки відповідної операції

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Токарний пристрій (рис. 2.1) застосовується при напівчистовій токарній обробці на верстаті з числовим програмним керуванням. Пристрій можна використовувати при обробці різних деталей близьких типорозмірів. Деталь встановлюється Ø236 в кулачках. Обробка деталі проводиться на токарному верстаті з ЧПУ MoriSeiki SL5A. У передній бабці верстата встановлено пневмоциліндр. Закріплення деталі виконується здійснюється у радіальному напрямку за рахунок переміщення кулачків 3. Пристрій на верстаті кріпиться через планшайбу 1. Пневмоциліндр в даному пристрої двосторонньої дії, це забезпечує плавність затиску деталі і оберігає її від пошкодження. Пристрій складається з легких по конфігурації елементів, що полегшує його ремонт. Рекомендується застосовувати у серійному виробництві.

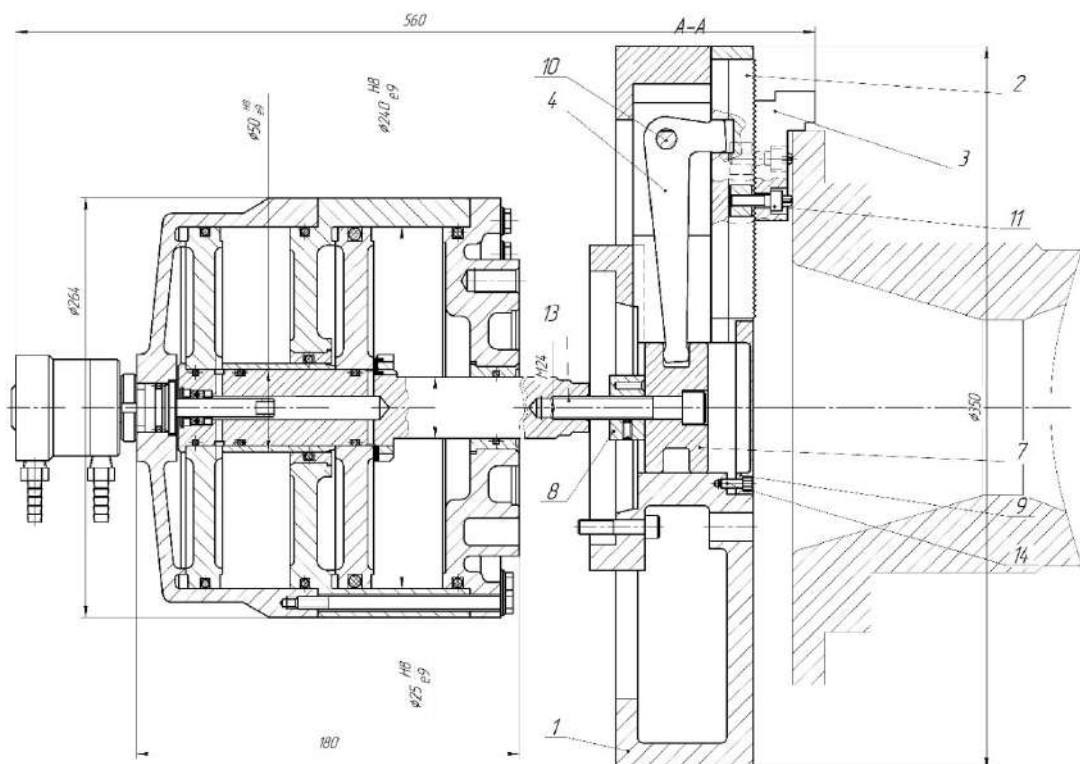


Рисунок 2.1 – Конструкція токарного пристосування

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Похибка встановлення складається з похибки базування та похибки закріплення та розраховується за формулою (2.1):

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.1)$$

де ε_{δ} - похибка базування при встановленні деталі у дане пристосування;

ε_3 – похибка закріплення цього пристосування.

Похибка базування в даному випадку дорівнює гарантованому зазору між кулачками та деталлю, $\varepsilon_{\delta} = 0,05 \text{ мм}$.

Похибка закріплення дорівнює $\varepsilon = 0,02 \text{ мм}$. [10]

В результаті, похибка установки в розроблюваному пристосуванні дорівнює:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0,005^2 + 0,02^2} = 0,025 \text{ мм}$$

При виконанні розроблюваної операції необхідно забезпечити точність контрольованого розміру. Установку заготовки робимо в кулачках.

$$T_{\delta.o.} \leq T_{\delta} - (K_1 \cdot \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_3 + K_2 \cdot \omega) \quad (2.2)$$

де $T_{\delta.o.}$ - биття патрону;

T_{δ} - биття деталі, $T_{\delta} = 0,83$;

$K_1 = 0,8$;

$\varepsilon_{\delta} = 0$; $\varepsilon_3 = 0,02$; $K_2 = 0,2$

$\omega = 0,075$ [10].

$$T_{\delta.o.} \leq 0,83 - (0,8 \cdot 0 + 0,025 + 0,2 \cdot 0,075)$$

$$T_{\bar{o}.} \leq 0.79$$

Так як виконується напівчистова токарна обробка, то досить виготовлення пристосування з невисокою точністю, проте так як передбачається застосування і на чистових операціях, то в технічних вимогах і при виготовленні патрону повинна виконуватися умова, що радіальне биття патрона відносно вісі не повинно перевищувати 0,08 мм.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Розрахунок необхідної сили затиску на токарному пристрої:

$$W = \frac{K \cdot M}{2 \cdot f \cdot d} \quad (2.3)$$

де: K – значення коефіцієнта запасу, $K = 2,5$;

M – момент різання;

f – значення тертя між поверхнею деталі та кулачка, $f = 0,17$;

d – діаметр деталі.

Момент різання визначається відповідно до формули:

$$M = P \cdot \frac{D}{2} \quad (2.4)$$

де: P – результуюча сили різання, $P = 1.12 \cdot P_z = 1.12 \cdot 584 = 654$ н;

D – максимальний обробляючий діаметр деталі, $D = 236$ мм.

$$M = 654 \cdot \frac{0.236}{2} = 771,8 \text{ н} \cdot \text{м}$$

$$W = \frac{2.5 \cdot 771,8}{2 \cdot 0.17 \cdot 0.236} = 24046 \text{ н}$$

Виконаємо розрахунок пристосування відповідно до небезпечного перерізу.

Діаметр цього пневмоциліндра розраховується відповідно до формули:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{um}}{\pi \cdot P_{нов} \cdot \eta_{nc}}}$$

де η_{nc} – КПД пневмоциліндра $\eta_{nc} = 0,9$; $P_{нов} = 0,6$ МПа

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 24046}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,9}} = 0,238 м$$

Із стандартного ряду приймаємо $D = 240$ мм.

Виконаємо перевірку штока пневмоциліндра, розрахуємо значення міцності при розтягуванні:

$$\sigma = \frac{Q_d}{\pi \cdot d^2} = \frac{2404}{3,14 \cdot 0,025^2} = 1,22 \text{ МПа},$$

де Q_d – дійсна сила закріплення, що дорівнює силі на штоці.

$$\sigma \leq [\sigma] = \frac{\sigma_B}{K_{np}} = \frac{800}{2,5} = 320 \text{ МПа},$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

Пристосування призначене для перевірки радіального биття. Дає змогу робити перевірку широкої номенклатури виробів однотипних за розмірами.

Пристосування складається з основи 9 в якій розташована втулка 10 в якій в свою чергу розміщена конусна оправка 8 з поворотним механізмом 6 та

установочним елементом 1 куди базується деталь, що контролюється. Деталь закріплюється для контролю за допомогою важелів 2 та штифта 3 та гайки 4. На стійці 14 розташовані індикаторні годинники які торкаються поверхні деталі яку необхідно контролювати. Деталь за допомогою поворотного механізму 6 обертається і індикаторні годинники показують значення биття.

Для забезпечення мінімальних похибок при вимірюванні, базуючий елемент обертається на конусній оправці яка вибирає зазор та зменшує похибку базування до нуля.

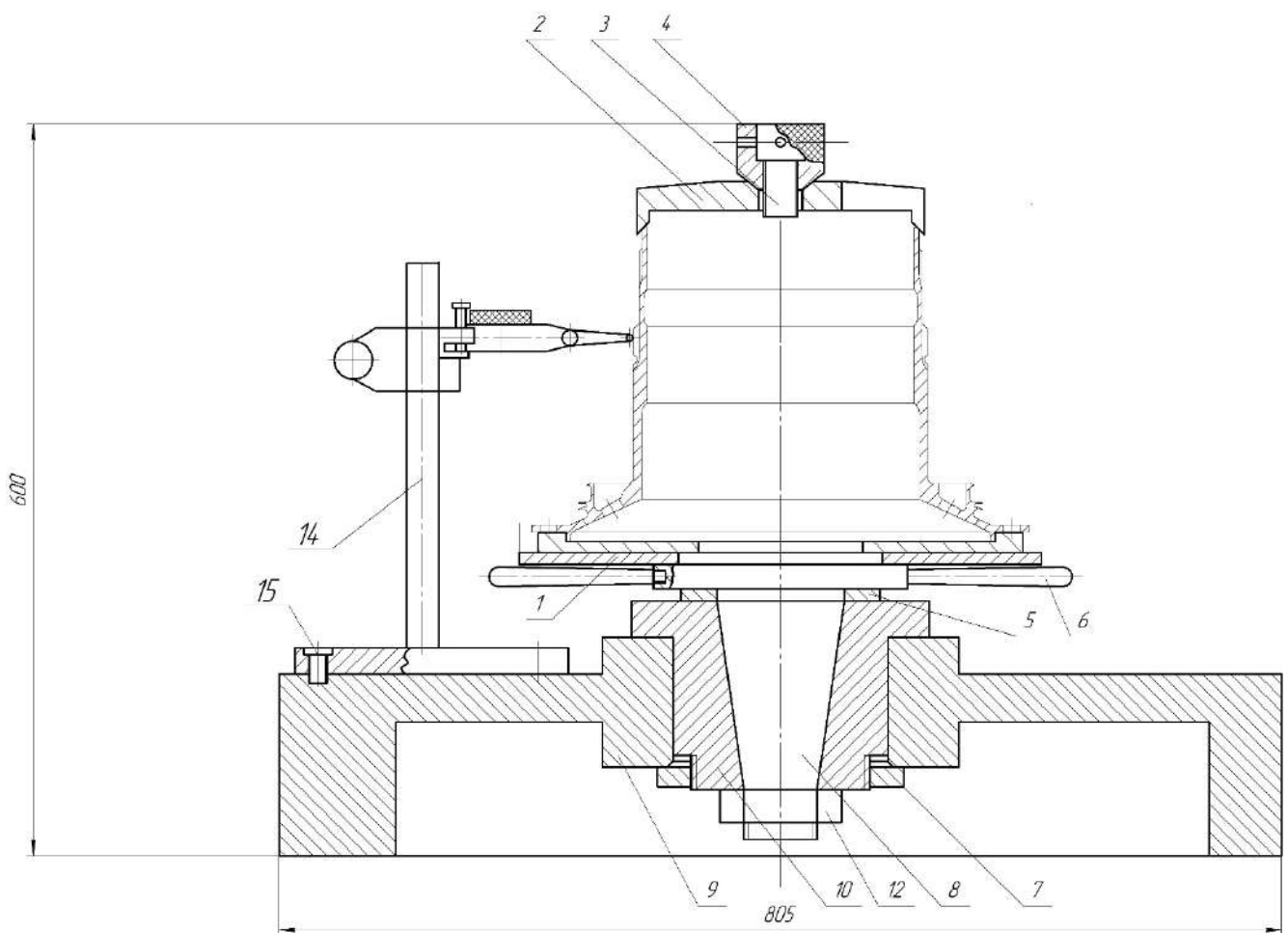


Рисунок 2.2 – Схема контрольного пристосування.

Для визначення доцільності обраного пристосування визначимо похибку пристосування відповідно до формули (2.5) [11]:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (2.5)$$

де $\Delta_1=0$ – похибка зумовлена неточністю виготовлення елементів пристосування, її не враховуємо оскільки поверхні базування шліфуються у зібраному виді [11];

$\Delta_2=0,001$ мм - похибка яка залежить від зносу встановчих деталей пристосування [11];

$\Delta_3=0,005$ мм - похибка зумовлена кваліфікацією контролера [11];

$\Delta_4=0$ похибка яка виникає коли напрямок вимірювання не співпадає з напрямком розміру.

Тоді [11]:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0 + 0,001^2 + 0,005^2 + 0} = 0,005_{мм}$$

Виходячи з того, що на цьому пристосування необхідно проконтролювати радіальне биття 0,01мм а точність пристосування 0,005мм можна зробити висновок, що це пристосування можна використовувати.

3 ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ У ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Системи автоматичного контролю дають змогу виконувати перевірку до або під час обробки. Вони мають різний функціонал: виконують керування верстатом, сортують деталі за розмірами, дають змогу компенсувати знос інструмента тощо [12].

Основним елементом в системах автоматичного контролю є різноманітні датчики, серед яких велике застосування мають електричні датчики. Серед них найбільш простими є електроконтактні датчики які застосовують в системах контролювання розмірів.

У конструкціях датчиків (рис. 3.1 а) переміщення дорівнює переміщенню вимірювального штока. У системах з важелем який має невелике плече (рис. 3.1, б) шток 1, переміщується за напрямними 3 і торкається поверхні контролю, має хомут 2, до якого пружина 5 притискає короткий кінець важеля 6. На довгих кінцях важеля закріплені контакти 4 і 7. При контролі деталей з великими розмірами хомут 5 відходить від важеля 6, це може призводити до помилки при зчитуванні показань датчиком [12].

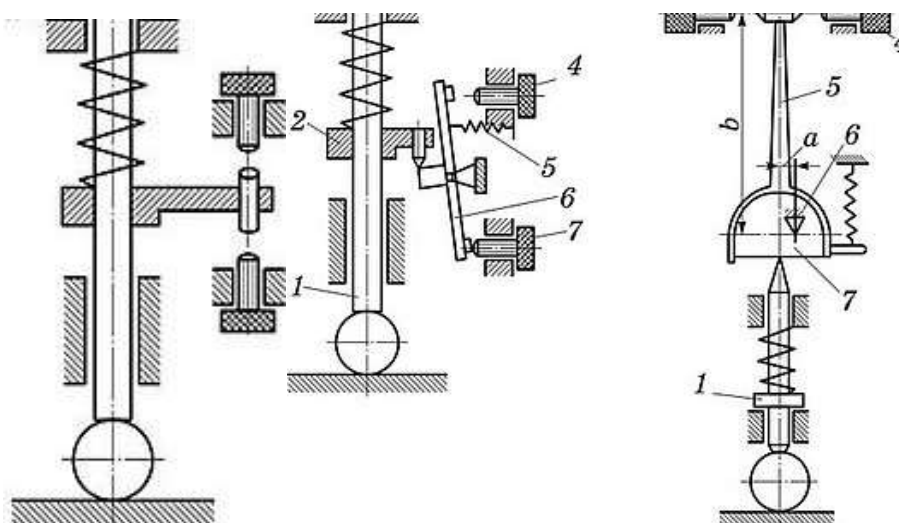


Рисунок 3.1 – Схеми електроконтактних датчиків: а – без важелів; б - важіль з короткими плечами; в — з декількома важелями [12]

На рис. 3.1 в схематично показана вимірювальна головка з системою важелів для передаточного відношення 10:1. Верхній кінець вимірювального штока 1 передає рух на траверсу 7, яка торкається в нерухомій призми 6. Траверса з'єднана з важелем 5, на верху якого розташовані контакти 3. Регульовані контакти 2 і 4 закріплені у корпусі вимірювальної головки [12].

Датчики дозволяють виконувати швидке налаштування за еталонною вий деталлю, величина контрольованого розміру на якій повинна фіксується за індикатором.

Схематично вимірювальна головка з використанням електроконтактного датчика показано на рис. 3.2. Сталева пружина 1, розташована консольна, та притягується електромагнітом 2. Величина прогину пружини залежить від сили електромагніту, яка в свою чергу залежить від величини струму, що протікає через його обмотку. На вільному кінці пружини розташовано контакт 3. На вимірювальному стрижні 6, що упирається у контрольовану деталь 7, розташовано інший контакт 4. Струм, що протікає через обмотку електромагніта, регулюється контролером 8 і контролюється приладом регулювання живлення на схемі умовно позначений 10 [12].

Розмір контрольованого виробу визначає положення контакту 4 а струм, що протікає через обмотку магніту, визначає прогин пружини 1, тобто. положення контакту 3. При певному струмі, що протікає через обмотку, контакти замкнуться. Таким чином, розмір виробу та величина струму, що протікає через обмотку магніту, взаємопов'язані. Це дозволяє сортувати вироби на велику кількість груп із високою точністю.

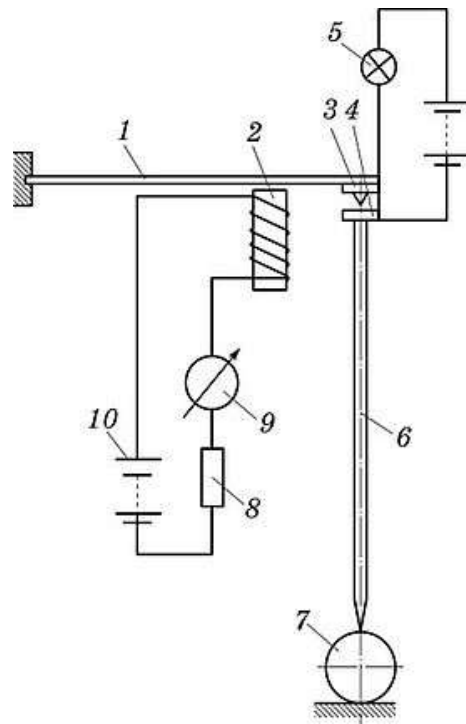


Рисунок 3.2 – Схема сортувального датчика з електромагнітним [12]

Електроконтактні датчики це найпростіші і тому найчастіше застосовані для контролю геометричних розмірів вимірюваної деталі. Однак більшість схем з електроконтактними датчиками не дають можливості визначити дійсний розмір виробу. Індуктивні, ємнісні, пневматичні та інших типів датчиків цього недоліку немає [12].

Принцип дії індуктивних датчиків полягає у трансформації лінійного переміщення до зміну індуктивності котушки датчика. Індуктивні контактні датчики, можуть бути простими або диференційними.

У простих датчиках (рис. 3.3 а) використовується одна індуктивна котушка. При виконанні контролю деталі 1 щуп датчика 2, долаючи жорсткість пружини 5, тисне на якор 3, який розташовано на пружині 4 і може обертатися. Оберт якоря викликає зміну зазору між котушкою і якорем, це викликає зміну індуктивності котушки [12].

У диференційному датчику (рис. 3.3 б) застосовуються дві індуктивні котушки 1 і 2. Дві котушки використовують для компенсування зміни зазору між катушкою і якорем. Внаслідок цього змінюються індуктивність двох котушок, та

дозволяє підвищити чутливість вимірювальної головки [12]. Це ускладнює конструкцію датчика, але значно покращує точність вимірювання.

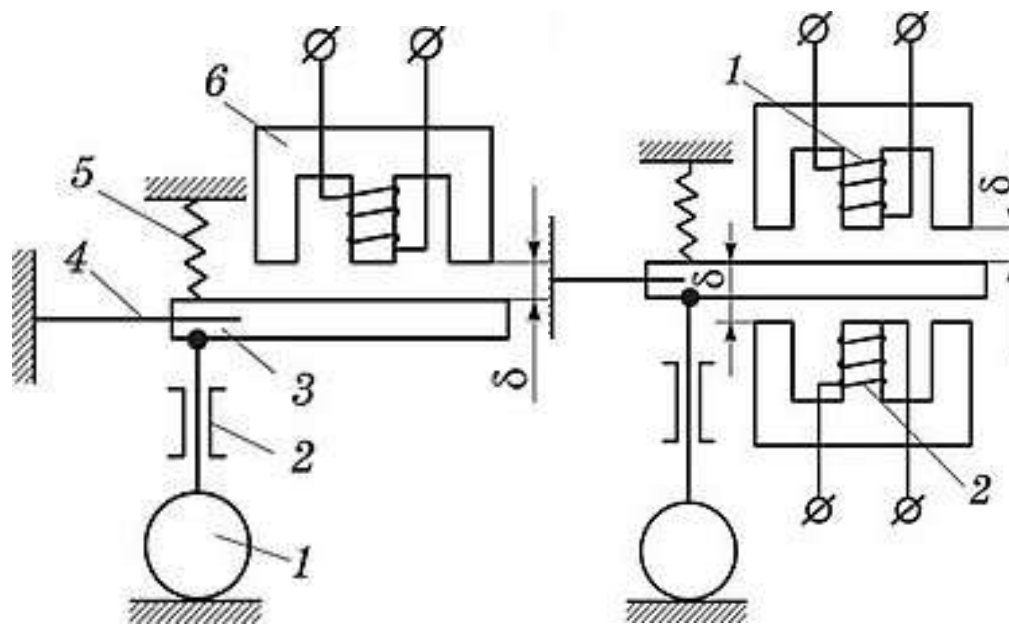


Рисунок 3.3 – Схеми індуктивних датчиків: а – простого; б – диференціального [12]

Більш сучасними та ефективними для контролю складних деталей є фотоелектричні датчики.

Вони виконують контроль розміру деталі внаслідок трансформування енергії променя або напрямку світлового потоку, в електричний сигнал за допомоги фотоелемента.

Оптичні вимірювальні головки на основі перетворення світлового потоку оснований на фіксуванні світлового променя безпосередньо контрольним виробом або спеціальним дзеркалом. Такі системи використовуються, для контролю шорсткості поверхні деталей. Світловий потік падає на поверхню деталі і, відбиваючись від неї, прямують на фотоелемент. Світловий потік за допомоги пристрою в необхідні значення шорсткості [12].

Широкого застосування у машинобудівній галузі набули фотоелектричні вимірювальні головки з діафрагмуванням світлового потоку (рис. 3.4 а). У такій

головки світловий потік від лампи 1 через оптичну систему 2 і діафрагму 3 потрапляє на фотоелемент 4. Діафрагма частково закрыта заслінкою 9, яка розташована на важелі 8. З іншим кінцем важелю пов'язаний вимірювальний щуп 6. Положення заслінки та ступінь закриття нею діафрагми 3, визначаються розміром деталі [12].

Пристрої даного типу сконструйовані на принципі зміни інтенсивності світлового потоку і мають невисоку точність вимірювання. Її можна підвищити застосувавши системи, які фіксують лише є чи ні потік випромінювання. Такі системи мають кілька фотореле, фотоелементи яких висвітлюються або затемнюються при певному положенні регистратору вимірювального пристрою. Конструкція такого пристрою показано на рис. 3.4, б. При встановленні вимірювального щупа 2 на вимірювану деталь 1 важіль 3 розтягує пружинну 4, закріплену на фіксаторі 9, і повертає дзеркало 5. Промінь від джерела 7, проходячи через лінзу 6, відбивається дзеркалом і падає на один з фотоелементів. Величина вимірюваного розміру залежить від кута повороту дзеркала, тобто. від величини контрольованої деталі.

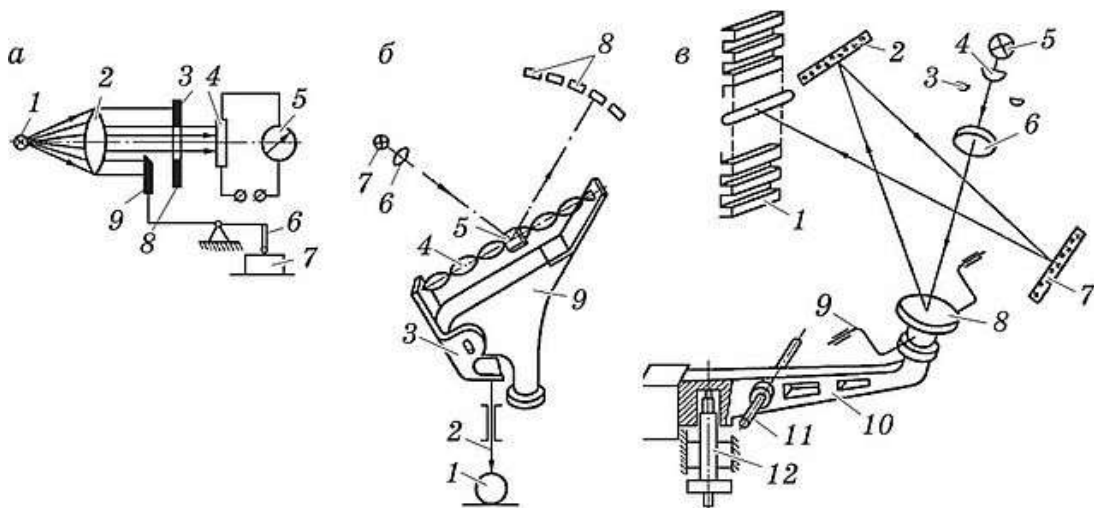


Рисунок 3.4 – Схеми роботи фотоелектричних датчиків [12]

Покращена схема вимірювальної системи подібного типу наведена на рис. 3.4. Світло від джерела 5 через конденсор 4 діафрагму 3 і об'єktiv 6 потрапляє на поворотне дзеркало 8 і, відзеркалившись від нього, а потім від нерухомих дзеркал

2 і 7, фіксується блоком напівпровідникових фотоопорів 1. Дзеркало 8 закріплено на важелі фіксатора 9, на довге плече важеля 10. Важіль повертається навколо осі 11 та торкається вимірювального стрижня 12. Коли виконується вимірювання, стрижень 12 через важіль 10 потрапляє на дзеркало 8, і в залежності від величини визначає розмір проміння світла та зменшує при цьому його омичний опір. Струм, що протікає через фотоопір, зростає і досягає значення, що забезпечує спрацювання реле, послідовно включеного з опором. Поріг чутливості та похибка датчика становлять 0,5 мкм. Усього в датчику 59 фотоопорів, що дозволяє проводити сортування деталей на 59 груп через 1 мкм [12].

Оптична системи сконструйовані на основі фотоелектричних датчиків мають наступні основні різновиди: фіксування просвіту, фіксування зворотнього відображення та фіксування розсіяного відображення. Працюючи на просвіт приймальні та випромінювальні пристосування розташовані один навпроти одного таким чином, що промінь світла від випромінювального пристосування фіксується приймачем. Розташування контрольованої деталі фіксується, коли він перекриває промінь від випромінювача. Налагодження взаємного розташування датчиків при вимірюванні полягає в максимізації кількості світла, яке потрапляє з випромінювача на приймальний пристрій. Все це можливо, якщо розташувати приймач і випромінювач точно один проти одного [12].

Фотоелектричні датчики, що реагують на зворотне відображення, містять випромінювач та приймач в одному корпусі. Поток світла переміщується від випромінювача до відбивального пристрою, та потрапляє на приймальний елемент. Так само як і у фотоелектричних датчиках, що працюють на просвіт, об'єкт виявляється, коли він перетинає світловий промінь. Відбитий промінь зазвичай не сфокусований і тому датчики, що використовують зворотне відображення, застосовують для виявлення великих об'єктів. Коли потрібен малий ефективний розмір променя, те, як і в датчиках, що працюють на просвіт, як джерела світла використовуються лазерні діоди [12].

Зворотні відбивачі мають у своїй конструкції безліч призм, кожна з яких має три взаємно перпендикулярні поверхні, які відбивають світловий промінь. Коли він

потрапляє до призму, поверхні, які його відбивають, відображають його у зворотному напрямку паралельно падаючого світла [12].

Поверхні дзеркала також можуть застосовуватися як відбивач для датчиків. Однак промінь від поверхні дзеркала відбивається під кутом, що і падаючий на нього промінь, але в напрямку протилежному відносно нормалі до поверхні дзеркала. Промінь потрапить назад до датчика тільки тоді коли дзеркало буде перпендикулярно до вектору дії променю. У зворотному напрямку, відбивальний елемент посиляє промінь назад до датчика, навіть при його розташуванні під кутом 20° від перпендикуляра. Ця особливість робить налаштування таких відбивальних елементів швидким та легким.

При аналізі блискучих поверхонь краще рішення забезпечують датчики з зворотним поляризованим відображенням. Ці датчики містять розташовані перед джерелом світла та приймачем поляризаційні фільтри, фази яких взаємно перпендикулярні (рис. 3.5 а). Такий датчик не може виявляти світло, відбите більшістю поверхонь, оскільки поляризоване відбите світло не може пройти через поляризаційний фільтр, поміщений перед приймачем. Блискучі поверхні деполяризують відбите світло (рис. 3.5, б). Деяка частка відбитого деполяризованого світла може пройти через поляризаційний фільтр перед приймачем та виявляється датчиком. Через війну датчик може «бачити» відбиток від відбивача і може «бачити» відбиток з інших об'єктів [12].

Фотоелектричні датчики, що реагують на розсіяне відображення, виявляють розташований перед датчиком об'єкт за відбитим від об'єкта випромінювання самого датчика.

Світло від випромінювального елемента потрапляє на поверхню і відбивається під різними кутами, тому тільки деська частка відбитого світла від поверхні елемента випромінювання потрапить в приймальний елемент датчика. Схема роботи з розсіяним відображенням менш ефективна, як із зворотним, оскільки лише мала частина світла від випромінювача потрапляє у приймач. До того ж подібні датчики схильні до помилкових спрацьовувань від блискучих поверхонь.

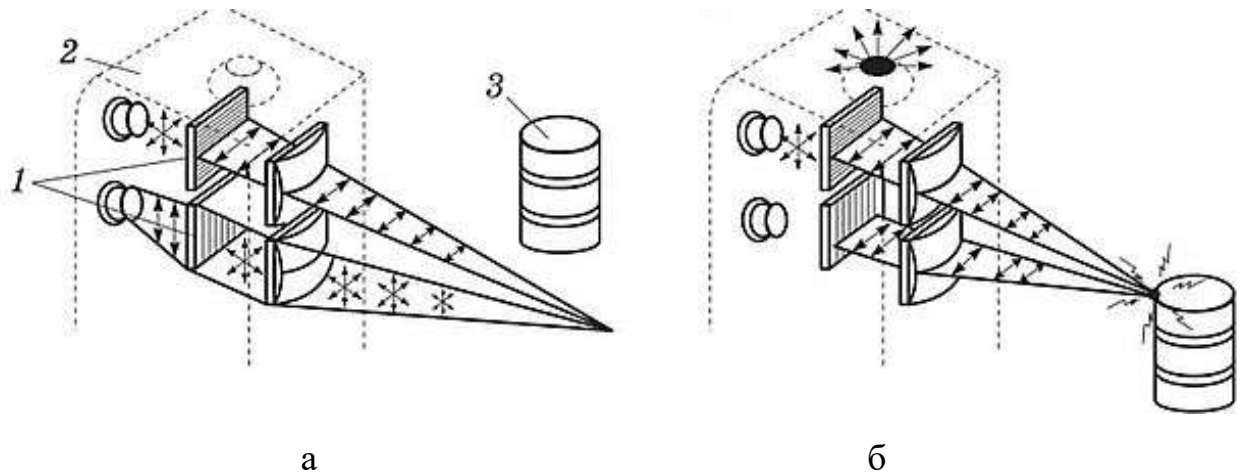


Рисунок 3.5 – Схеми використання датчиків з поляризованим світлом: 1 - поляризаційні фільтри; 2 - фотоелектричний детектор; 3 - блискуча поверхня [12]

Найважливішими функціональними особливостями фотоелектричних датчиків є безконтактний принцип їх роботи та цифровий вихід, що використовується для створення безконтактних фотоелектричних перемикачів, що вирішують на технологічній лінії багато завдань із наданням вихідної інформації у цифровій формі: підрахунок, виявлення, позиціонування об'єктів тощо. Вихідний керуючий сигнал датчика є логічним «так» або «ні».

Фотодатчики можуть випромінювати світло в інфрачервоному, червоному або зеленому спектрі. Завдання датчика — виявити об'єкт на відстані, що варіюється в межах робочого діапазону, залежно від обраного типу датчика та типу оптичної системи. Розрізняють транзисторні, тиристорні чи релейні датчики.

Управління електронним струмом ґрунтується на переміщенні анода у напрямку електричного поля лампи. Це переміщення супроводжується зміною напруженості електричного поля всередині приладу прямо пропорційно до величини зсуву рухомого електрода. Принципова схема електронного датчика розміру з поздовжнім керуванням електронним струмом показано на рис. 3.6. Нерухомий розжарений катод 4 і рухомий анод 3, укріплений на важелі 1, що

проходить через еластичну стінку колби 2 колби датчика, зроблені плоскими. За зміни відстані між електродами анодний струм змінюється.

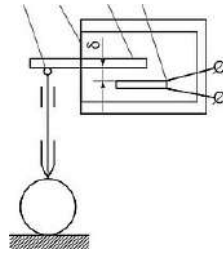
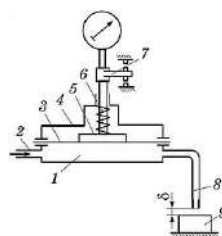


Рисунок 3.6 – Схема механотрону

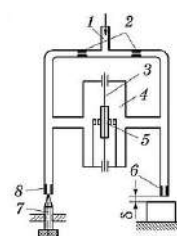
Як якості чутливих елементів в пневматичних приладах з низьким тиском в системі використовують рідинний манометр і мембрану, на противагу до цього в приладах з високим тиском використовують наступне поєднання елементів мембрана, сильфон, манометр [12].

Мембранний датчик (рис. 3.7, а) перетворює зміну тиску повітря, що надходить по трубці 2 в камеру 1 і виходить через вимірювальне сопло 8 до контрольованого виробу 9, переміщення мембрани 3 [12].

Мембрана 3 затиснута між верхньою 4 і нижньою частинами 1 корпусу датчика. На мембрану спирається стрижень з шайбою 5, що віджимаються вниз пружиною 6. Стрижень несе на собі контактну планку 7 і впливає на шток електроконтактного датчика [12].



а



б



в

Рисунок 3.7 - Схеми пневматичних приладів з датчиками безпосередньої (а) та диференціальної (б, в) дії [12]

Тиск вимірювальної камери змінюється в залежності від зміни величини зазору 8 між зовнішнім торцем сопла і поверхнею контрольованої деталі.

Зміна тиску у вимірювальній камері 1 сильфонного датчика (рис. 3.7 б) може перетворюватися в переміщення торцевої частини сильфона 2 і укріпленого на ньому стрижня 3 з контактною планкою 4.

У пневматичних вимірювальних системах диференціального типу чутливий елемент реагує на різницю тиску у двох гілках системи. Застосування чутливого елемента мембрани при диференціальному методі вимірювання може бути проілюстровано схемою автоматичної вимірювальної головки, показаної на рис. 3.7.

Повітря надходить у головку по трубопроводу 1, розділяється по двох напрямках і через вхідні сопла 2 надходить до вимірювального сопла 6 і сопла протитиску 8. Вимірювальний повітропровід і канал протитиску з'єднані з коробкою 4, розділеною мембраною 3 на дві камери. Як тільки мембрана внаслідок різниці в тисках у вимірювальному та порівняльному трубопроводах буде виведена з положення спокою і прогнеться на невелику величину, один із контактів 5 замкнеться, і приведе в дію відповідне реле.

За допомогою регулювального гвинта 7 можна змінювати площу вільного перерізу сопла протитиску і встановлювати такий тиск у каналі протитиску, яке відповідає бажаному зазор перед вимірювальним соплом.

У промисловості замість складних пневматичних систем застосовуються пневмоелектричні датчики, які залежно від конструкції чутливого елемента поділяються на мембранні та сильфонні [12].

Схема пневмоелектричного мембранного датчика показано на рис. 3.8 а. Чутливим елементом датчика є еластична гумова мембрана 1, що розділяє корпус датчика 2 на дві частини, в кожній з яких є конічні камери. На мембрані закріплений грибок 3 з контактом 4, розташованим проти нерухомого контакту на гвинті 5. В обох кришках датчика встановлені вхідні сопла 7. При вимірюванні за схемою з протитиском на корпусі датчика встановлюється вузол регулювання

протитиску, що являє собою клапан з конічним клапаном 6, що полегшує точне регулювання тиску при налаштуванні датчика [12].

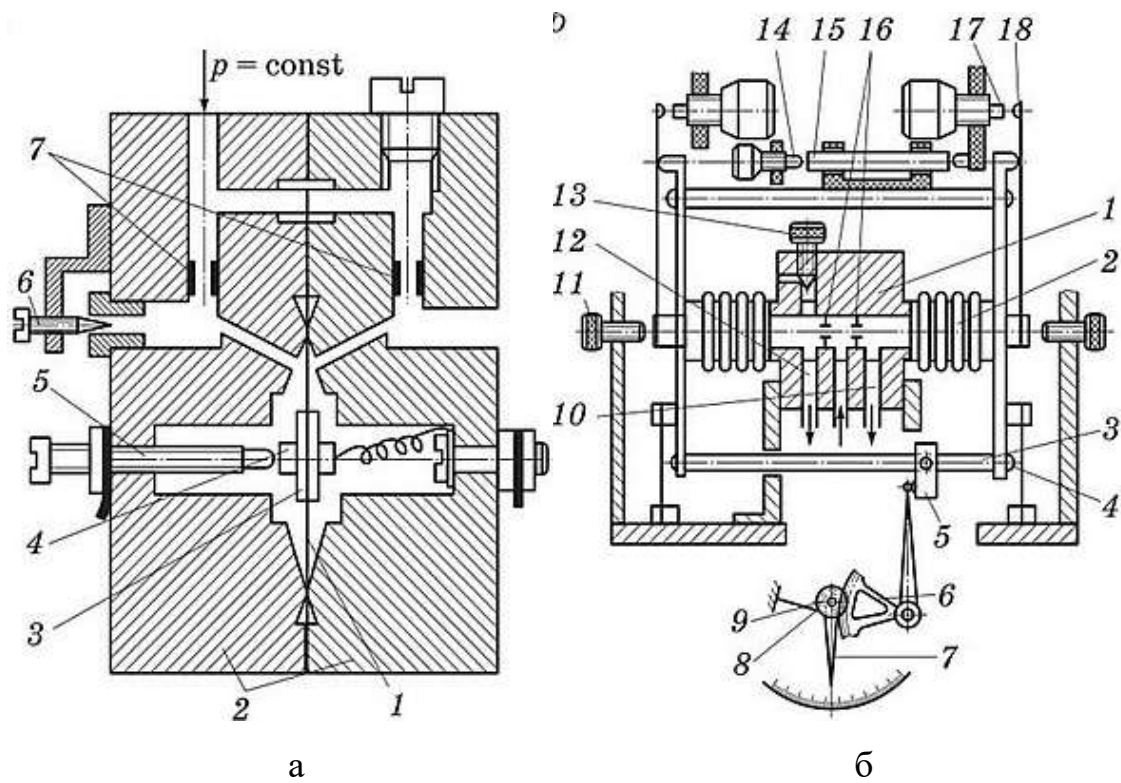


Рисунок 3.8 – Схеми пневмoeлектричних датчиків: а - мембранного; б – сільфоного [12]

Датчик використовуючи еталонну деталь налаштовується на подачу сигналів "брак є" або "браку нема". У першому випадку датчик зпрацьовує при значення контрольованого розміру які більше або менше цієї ж поверхні на еталонній деталі. У іншому випадку контакт датчика зпрацьовує, коли розмір контрольованої поверхні на етеалонній деталі у межах допуску на обробку. Зпрацьовування датчика виконується при майже нульовому тиску на основній мембрані [12].

На рис. 3.8б представлена схема пневмoeлектричного диференціального сільфонного датчика. До корпусу розподільника 1 прикріплені чутливі елементи - сільфони 2, вільні кінці яких жорстко пов'язані стяжками 3. Останні за допомогою планок 4 закріплені на пружинному паралелограмі. Хід сільфонів обмежений

регульованими упорами 11. На планках за допомогою плоских пружин укріплені рухомі контакти 18, проти яких розташовані налаштувальні контакти 17. На нижній стяжці встановлений хомутик 5, що стикається зі сферичним наконечником важільно-зубчастого відрахункового 9, на якому укріплені волосок 8 і стрілка 7. Вхідні сопла 16 встановлені в корпусі розподільника. У разі контролю граничних розмірів датчик працює з протитиском, для цього на корпусі розподільника встановлюється вузол протитиску 13, а 12 канал глушиться. У разі диференціальних вимірювань при контролі відхилень форми та взаємного положення поверхонь вузол протитиску перекривається, а до каналів 12 та 10 підводяться трубки від вимірювальних сопел [12].

На верхній стяжці в призмі поміщається «плаваючий» контакт 15, проти торців якого розташовані з одного боку нерухомий контакт, а з іншого - настроювальний контакт 14. Плаваючий контакт притискається до призми пружиною. Він призначений для контролю правильності геометричної форми та взаємного розташування поверхонь [12].

Вимірювальні пристрої з урахуванням лазерного випромінювання — лазерні інтерферометри — нині широко застосовують у автоматизованих системах контролю геометричних розмірів. Вимірювання розмірів відбувається на основі явища інтерференції світлових хвиль.

Лазерні інтерферометри містять кілька переваг відносно до попередніх систем. До переваг відноситься висока чутливість розташування об'єкту відносно проміння світла, що забезпечує високу роздільну здатність у повздовжньому напрямку.

Окрім зазначених переваг лазерні інтерферометри майже не мають зношення оскільки процес вимірювання відбувається без фізичного контакту між лазерним інтерферометром та контрольованою поверхнею, мають більш високу швидкість виконання вимірювання, мають можливість виводу отриманої інформації у паперовому вигляді, та мають можливість автоматичного введення змін у процес вимірювання відповідно до змінення навколишніх умов вимірювання [12].

На рис. 3.9 показано схему пристрою для безперервного контролю зовнішнього діаметра деталі. З лазера 2 промінь падає на напівпрозоре дзеркало 3. Відбита складова променя потрапляє на дзеркало 1, відбивається від нього і, проходячи знову через дзеркало 3 і діафрагму 4, приходить до фотомножника 5. Промінь лазера, крім того, проходить через дзеркало 3, відбивається оброблюваної поверхні 6, повертається до дзеркала і, відбиваючись від нього, проходить через діафрагму 4 на фотоумножитель 5. Таким чином, як і в звичайному інтерферометрі, на фотоумножитель потрапляють два промені: один - відбитий від нерухомого дзеркала 1, а другий - від поверхні, що обробляється яка відіграє роль пересувного дзеркала. Точність вимірів при використанні лазерних інтерферометрів досягає $\pm 0,01$ мкм [12].

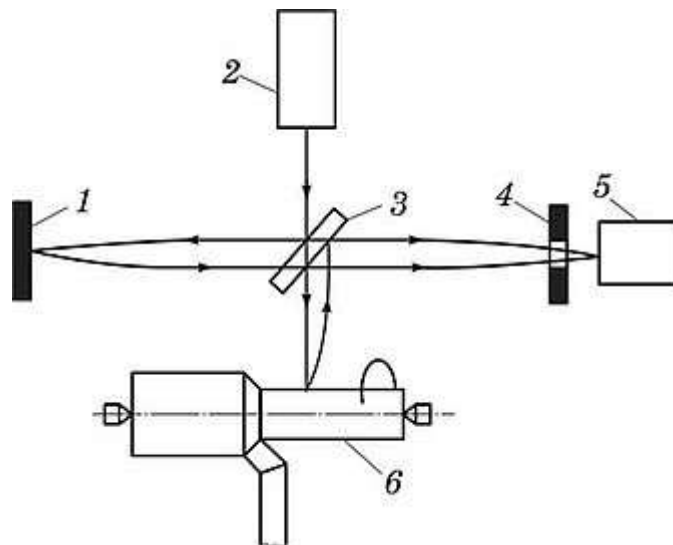


Рисунок 3.9 – Схема безперервного контролю діаметра деталі з використанням лазерного інтерферометра [12]

Схема функціонування лазерного скануючого інтерферометра, що використовується для прецизійних вимірювань різних об'єктів, наведена на рис. 3.10.

Одним із нових напрямків в автоматизації контролю є використання телевізійно-обчислювальної техніки.

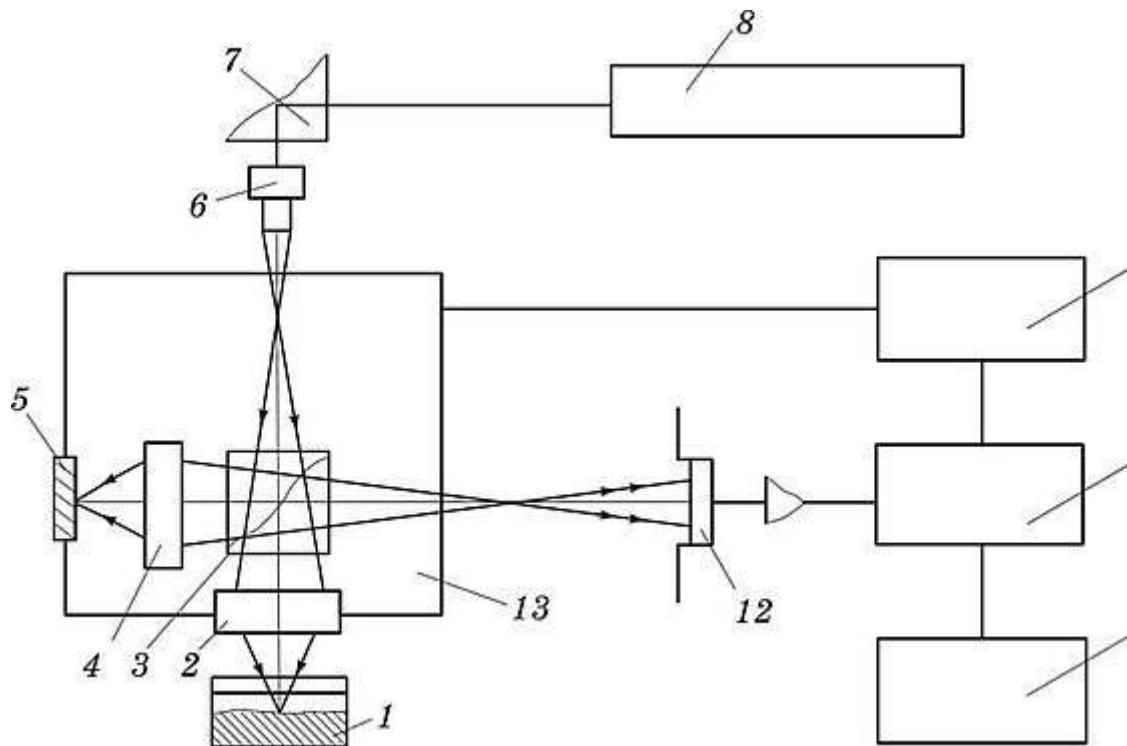


Рисунок 3.10 – Схема скануючого лазерного інтерферометра: 1 - об'єкт; 2,4,6 - мікροоб'єктиви; 3 - ділильний кубик; 5 - опорне дзеркало; 7 - поворотна призма; 8 - лазер; 9 - генератор коливань скануючої платформи; 10 - аналого-цифровий перетворювач вихідного сигналу із синхронізацією від генератора коливань; 11 - комп'ютер; 12 - широкоапертурний фотоприймач; 13 - скануюча платформа [12]

Головним органом телевізійно-обчислювальної системи є фотоелектричний елемент, що сканує (телевізійна трубка).

Блок-схема телевізійного пристрою автоматичного контролю деталі під час обробки наведено на рис. 3.11. Зображення контрольованої деталі 1 проєктується за допомогою оптичної системи 2 на фоточутливий шар телевізійної трубки 3. Пристрій, що відхиляє 4, керує переміщенням розгортаючого електронного променя за певною програмою. Промінь перетинає тінь деталі в заданих перерізах АВ, СІ, ЕР, 04. При вході променя в тінь (точки А, С, Е, С) на виході трубки виробляється імпульс, що надходить через підсилювач 5 логічний блок 8, що відкриває канал для проходження імпульсів генератора 7 один з лічильників 9. Кількість лічильників відповідає кількості контрольованих параметрів деталі 1. Другий

імпульс на виході трубки виробляється при виході скануючого променя з тіні (точки, I, E, H). Під дією цього імпульсу логічний блок 8 замикає канал проходу імпульсів у відповідний лічильник. Таким чином, у лічильниках 9 набирається кількість імпульсів, пропорційне розмірам деталі у відповідних перерізах. Інформація про набрані числа імпульсів передається в логічний блок 11, який порівнює їх із заданими розмірами деталі. При наблизенні розміру до кордону підналагодження блок 11 видає команду на підналагодження верстата, а при виході розміру за межі поля допуску - на зупинку верстата і видалення деталі. Результати контролю видаються на сигнальне табло 10. Блок розгортки 6 здійснює синхронізацію ходу електронного проміння скануючої трубки 3 і логічного блоку 8 [12].

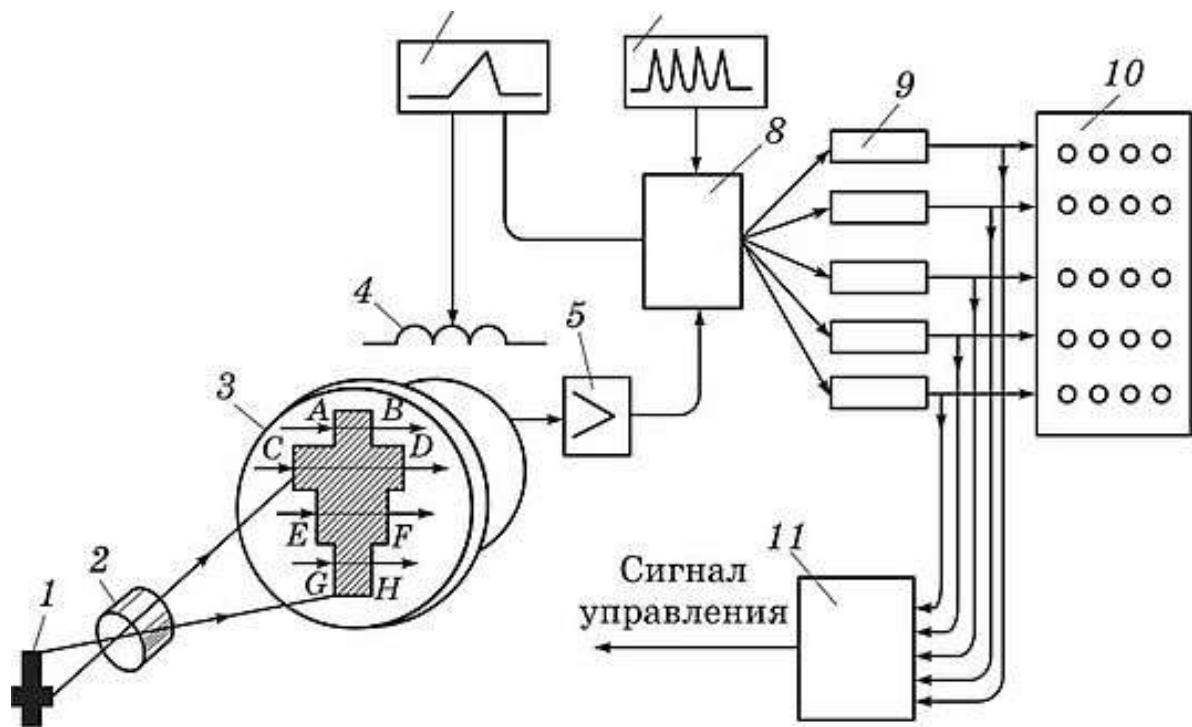


Рисунок 3.11 – Блок-схема телевізійно-обчислювального пристрою контролю розмірів [12]

4 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану є дуже важливим оскільки дозволяє виявити слабкі недостатньо міцні елементи деталі для яких необхідно виконувати зміцнення або змінювати геометричні параметри. Розрахунок напружено-деформованого стану деталі виконуємо у спеціальному програмному забезпеченні. Тривимірна модель надана на рисунку 4.1.

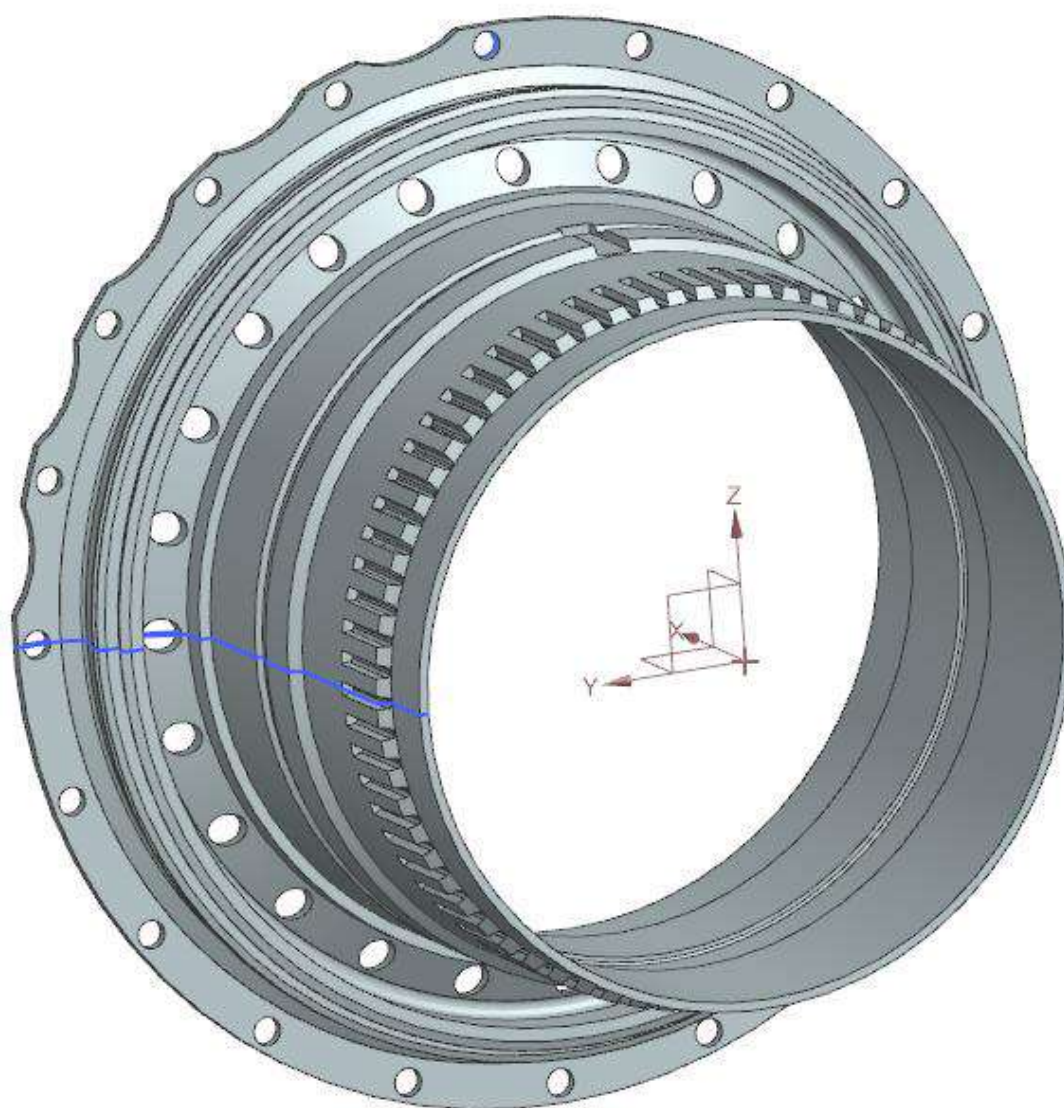


Рисунок 4.1 – Віртуальна модель «валу переднього КВТ»

На наступному етапі виконуємо розбивку віртуальної моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 4.2.

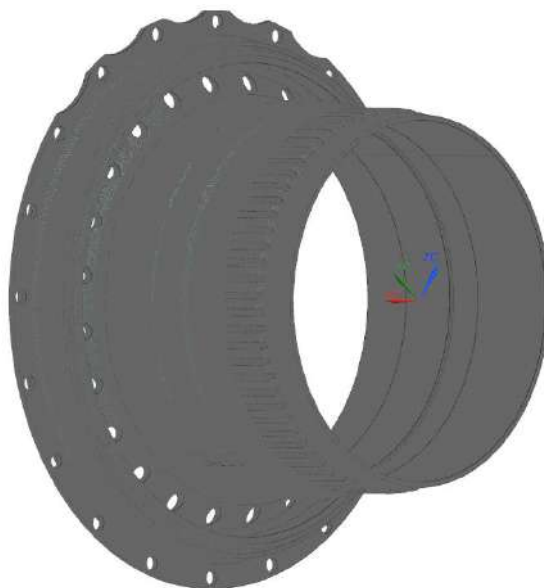


Рисунок 4.2 – Візуалізація моделі розбитої на сітку кінцевих елементів

Далі прикладаємо обмеження, що запобігають переміщенню деталі у напрямках відповідно до службового застосування (рисунок 4.3).

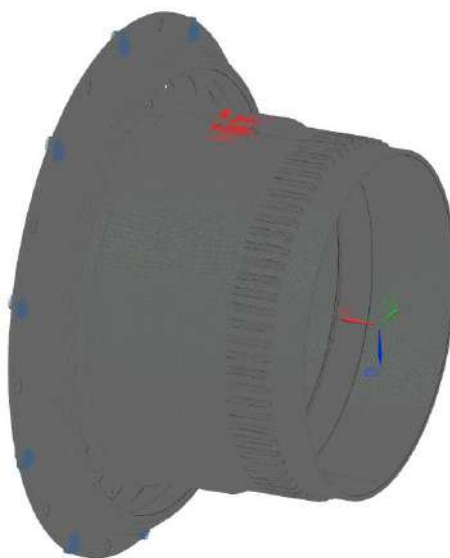


Рисунок 4.3 – Візуалізація прикладення обмежень та навантажень

Подільшим етапом робимо розрахунок напружено-деформованого стану валу переднього КВТ (рисунок 4.4) відповідно до прикладених обмежень та властивостей деталі.

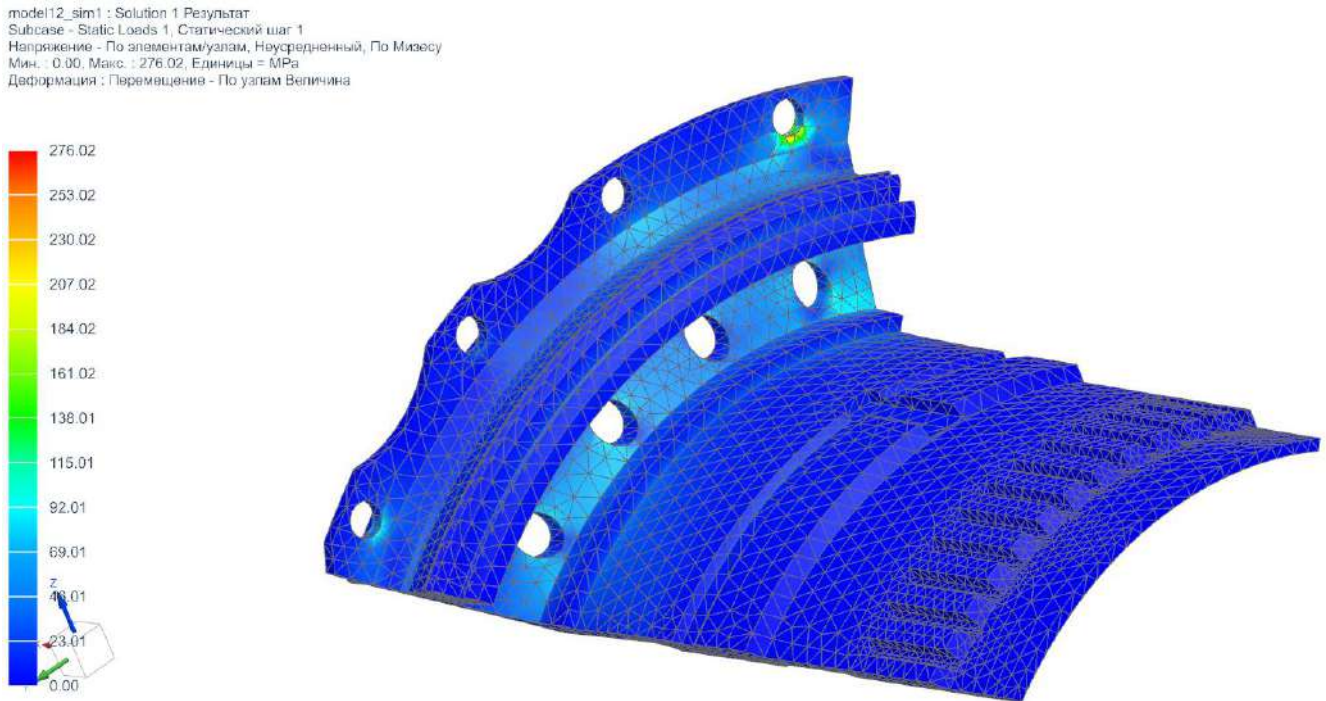


Рисунок 4.4 – Розрахунку напруженого стану відповідно до прикладених обмежень

Виконані розрахунки дають змогу оцінити найбільш напружені елементи деталі, в нашому випадку це крайка отвору, та для підвищення якісних характеристик цієї деталі доцільно виконати її зміцнення або оптимізацію її геометричних параметрів.

5 ВИКОРИСТАННЯ САПР ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ІНСТРУМЕНТУ І ВИРОБНИЦТВА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

В сучасному машинобудуванні широкого поширення набули системи автоматизованого проектування (САПР). Серед них перспективною системою яка швидко розвивається є програмне забезпечення ESPRIT. У останніх версіях програмного забезпечення реалізована нова технологія *profitturning*. Ця опція відноситься до високошвидкісної обробки та формується з комбінації двох видів траєкторії інструменту - трохіодальної та лінійної. Постійні кругові рухи (трохіодальна траєкторія) є більш раціональними при обробці кутів, а лінійне переміщення дугою дозволяє забезпечити раціональний підвод та відвод інструменту вздовж поверхні деталі. Ця стратегія *profitturning* формує рух інструменту під гострим кутом у вигляді округленого переходу, це дозволяє збільшити подачу та скоротити час обробки. Стратегія *profitturning* дозволяє виконувати контроль стабільного навантаження на ріжучий інструмент що в свою чергу дозволяє збільшити його стійкість.

У оновленій версії програмного забезпечення *esprit* традиційні стратегії чорнового точіння *profitturning* розширилися трьома варіантами (рис. 5.1, 5.2): обробка паралельно осі – ненавантажена обробка в кутах, обробка зі зміщенням (при цьому тип інструменту повинен відповідати напрямку та зусиллям різання) кутом [13].

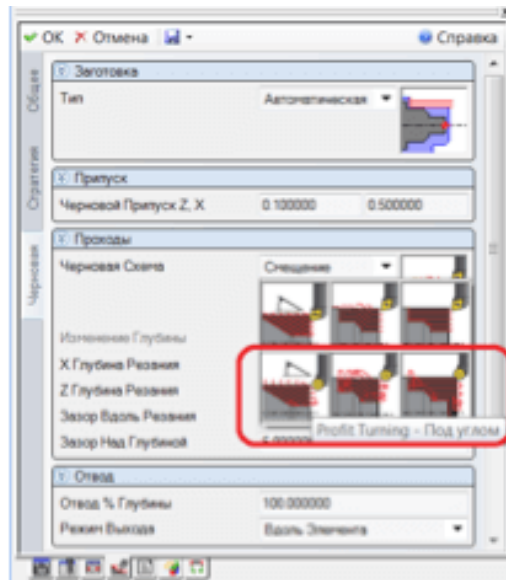


Рисунок 5.1 – Нові варіанти стратегії profitturning для чорнового точіння [13]

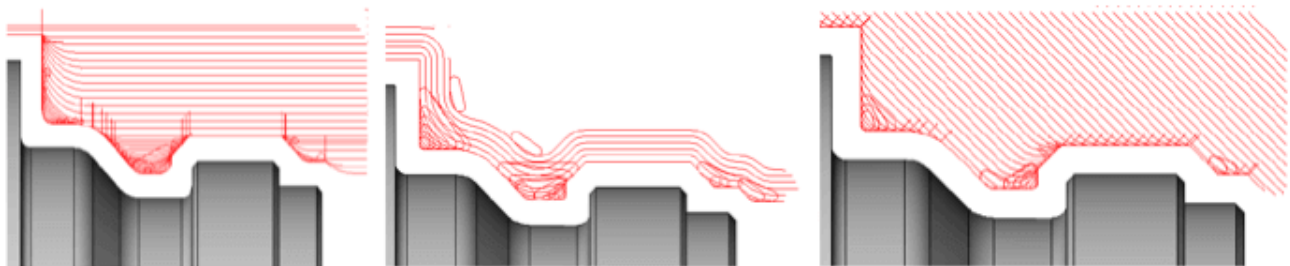


Рисунок 5.2 – Траєкторії обробки: паралельно осі, зі зміщенням та під кутом [13]

Однак, у середовищі даної стратегії є обмеження по геометрії ріжучих пластин - передбачається двостороння обробка інструментом тільки з круглими знімними пластинами (повний радіус для різця канавки, круга пластина для токарного різця і фасонний різець користувача будь-якої геометрії) [13].

Значно збільшити продуктивність обробки дозволяють п'ятикоординатні стратегії обробки ESPRIT — це сучасні та перевірені в заводських умовах рішення для обробляючих центрів та багатокоординатних верстатів, які були сформовані в тісній співпраці з сучасними виробниками прогресивного металообробного обладнання [14].

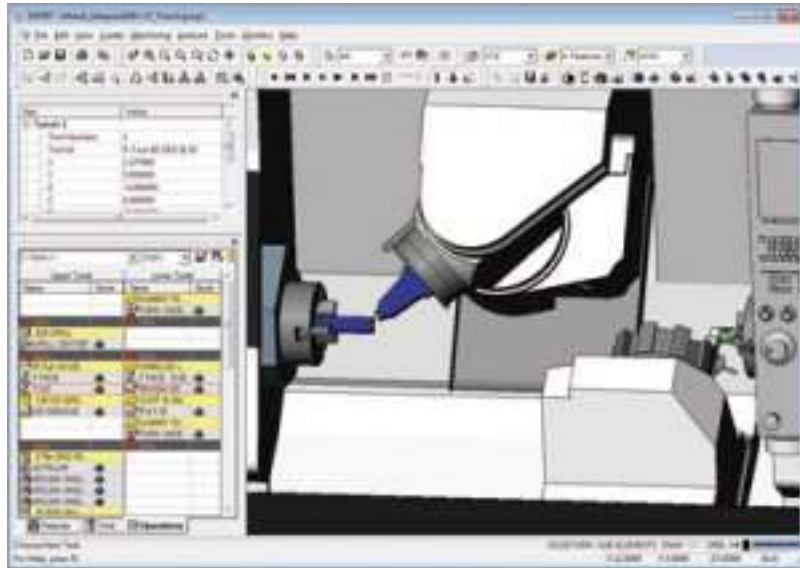


Рисунок 5.3 – Віртуальне токарно-фрезерне обладнання у САМ-системі ESPRIT [14]

При купівлі та введенні в експлуатацію багатокоординатних верстатів, оснащених віссю В, головним виробничим завданням є використання дорогого обладнання з максимальною ефективністю. Це означає, що необхідно у найкоротші терміни задіяти весь технічний потенціал складного токарно-фрезерного обробного центру. Допомога у вирішенні цього питання пропонує американська компанія DP Technology з флагманським продуктом — САМ системою ESPRIT (рис. 5.3), яка має представництво та повноцінний сервіс в Україні. П'ятикоординатні стратегії обробки в ESPRIT - це надійні та перевірені в заводських умовах рішення для багатокоординатних верстатів, розроблені в тісній співпраці з провідними виробниками металорізального обладнання. ESPRIT дозволяє реалізувати всі переваги такого дорогого засобу виробництва, як багатокоординатний обробний центр, включаючи використання осі В, що управляється, при токарно-фрезерній обробці, за рахунок програмних рішень для верстатів цього типу [14].

Технологічні можливості сучасних верстатів, які вони мають при використанні осі В, дозволяють сформулювати їх в окрему групу металообробних

верстатів, призначених для безперервної токарно-фрезерної обробки. Поворотна голова з віссю В може бути використана не тільки як фрезерний шпиндель, але і як тримач для токарного або розточувального інструменту. Вісь В визначається обертанням навколо осі Y, що уможливорює обробку зі складними кутами нахилу, що змінюються по відношенню до основної осі обертання, підтримуючи обробку найскладніших поверхонь. Якщо такий ОЦ має два шпинделі, використання осі В дозволяє призначити фрезерну і токарну обробку заготовки з двох сторін одночасно [14].

На верстатах з віссю В, як правило, виготовляють деталі типу тіл обертання, геометрія яких містить кілька граней та елементів, розташованих під різними кутами осі обертання. Обладнання такого класу може застосовуватися виготовлення валів з пазами і канавками різного типу (прямими, косими), і навіть корпусів і державок ріжучого інструмента [14].

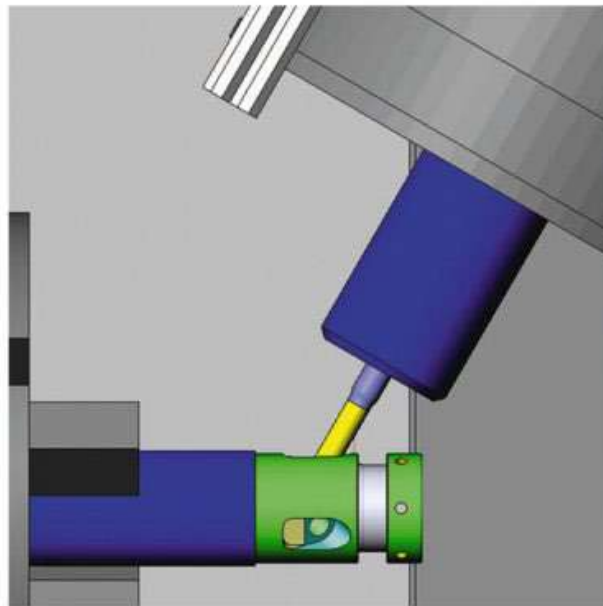


Рисунок 5.4 – Нахил осі В для фрезерування та свердління в зонах з кутом, що змінюється по відношенню до осі обертання [14]

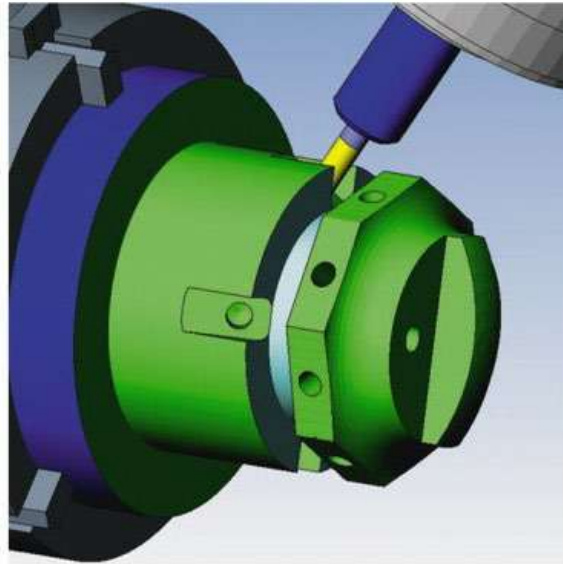


Рисунок 5.5 – Можливість обробки багатогранних деталей декількома способами [14]

ESPRIT дозволяє програмувати неперпендикулярні до поверхні обробки багатокоординатні переміщення інструменту, необхідні обробки важкодоступних зон і кутів переходу в медичних компонентах, деталях складної форми гідро і газодинамічного обладнання, каналів охолодження ріжучого інструменту і т.д. Приклади роботи верстатів із віссю В представлені на рис. 5.6 [14].

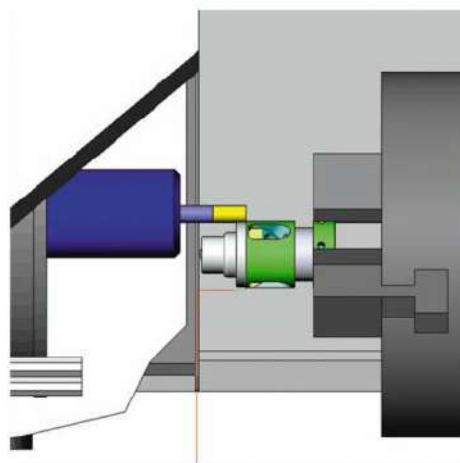


Рисунок 5.6 – Використання двох шпинделів при обробці передньої та задньої сторін заготовки [14]

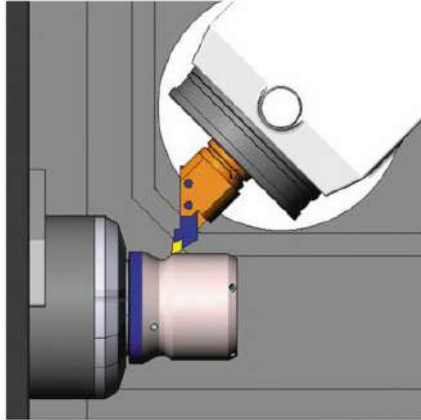


Рисунок 5.7 – Універсальність кріплення токарного та фрезерного інструменту в голові з віссю В [14]

Спочатку робота верстата з віссю В може виглядати трохи лякаюче внаслідок складної конфігурації самого обладнання, а також неперпендикулярного до оброблюваної поверхні переміщення інструменту з одночасним залученням кількох осей координат. ESPRIT має повністю інтегроване середовище програмування токарно-фрезерних операцій, що дозволяє спростити процес підготовки УП та забезпечує виробничу гнучкість, необхідну для ефективного виготовлення деталей із заданими параметрами точності [14].

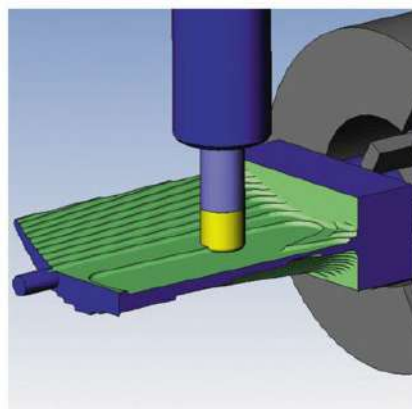


Рисунок 5.8 – Стратегії 3-осьової обробки постійно відстежують матеріал, що залишився, для більш ефективної чорнової обдирки [14]

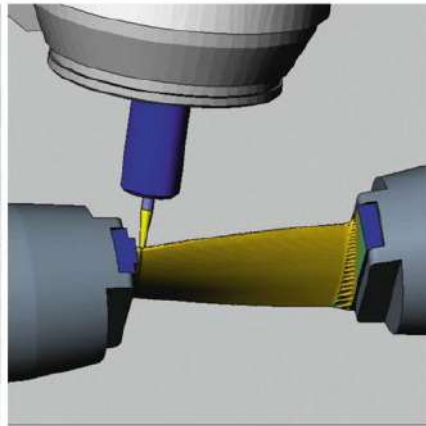


Рисунок 5.9 – Підтримка багатоосьової орієнтації інструменту під час 5-осьової обробки [14]

Для успішного програмування осі В у САМ системі необхідно підтримувати набір верстатних циклів фрезерної обробки з одночасним використанням від двох до п'яти керованих осей координат, включаючи 3- та 5-осьову обробку складних поверхонь, а також підтримувати такі цикли токарної обробки, як торцювання, розточування, обробка канавок та нарізування різьблення [14]. ESPRIT реалізує гнучкість у використанні токарних та фрезерних циклів у будь-яких комбінаціях при обробці складної заготовки за один установ: на головному шпинделі або на субшпинделі із застосуванням верхньої голови з керованою віссю В або нижньої револьверної головки. Приклади методів обробки представлені на рис. 5.10.

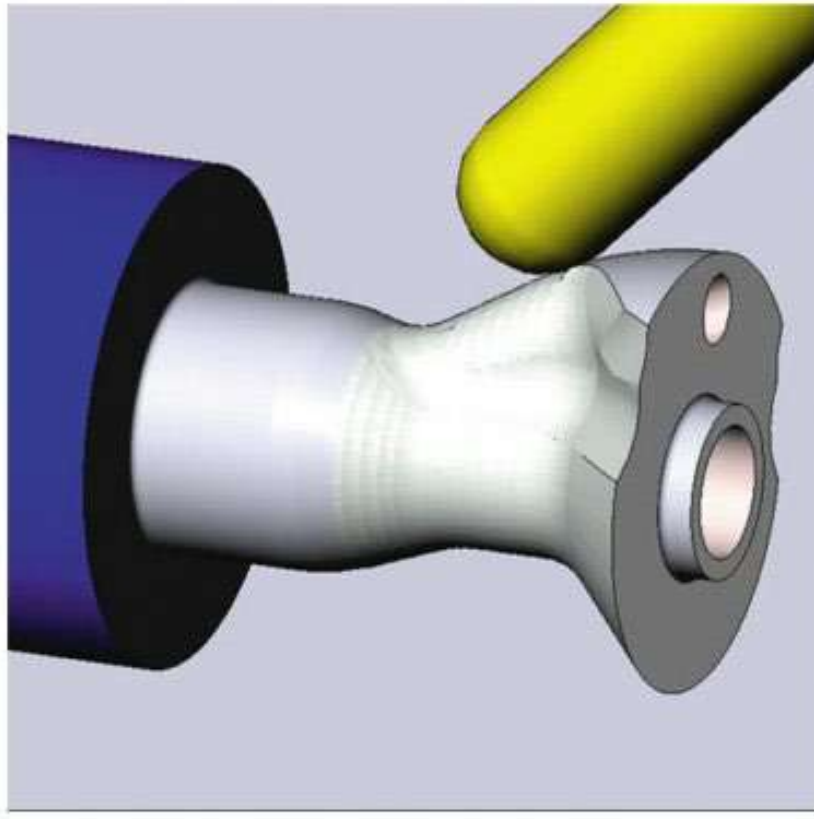


Рисунок 5.10 – Комбінування токарних, фрезерних та 5-осьових операцій за один установ [14]

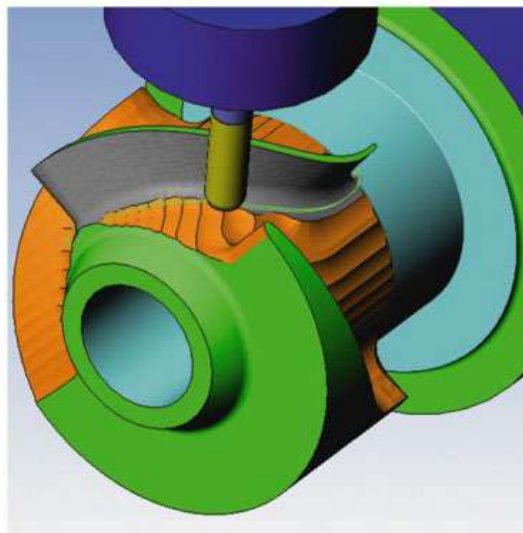


Рисунок 5.11 – Крім стандартних 5-осьових функцій ESPRIT підтримує спеціальні стратегії обробки коліс та лопаток турбін [14]

Робочі площини дуже важливий засіб при програмуванні осі В. ESPRIT використовує орієнтацію осей UVW для контролю позиціонування повороту заготовки, а також для контролю орієнтації осі інструменту. Робочі площини визначають орієнтацію осей С і В, що дозволяє проводити обробку зон з кутом, змінним до осі обертання. Як тільки програміст визначає оброблюваний елемент ESPRIT, кожна зона елемента автоматично асоціюється з відповідною робочою площиною (рис. 5.12). При багатогранному фрезеруванні та свердлінні автоматичне визначення робочих площин скорочує терміни та спрощує процес програмування (рис. 5.13). Приклад: програміст може застосовувати робочу площину певного кута повороту осей С та В для обробки отвору. Таким чином, автоматичне обертання системи координат ZX вимагає від програміста лише керування віссю Z [14].

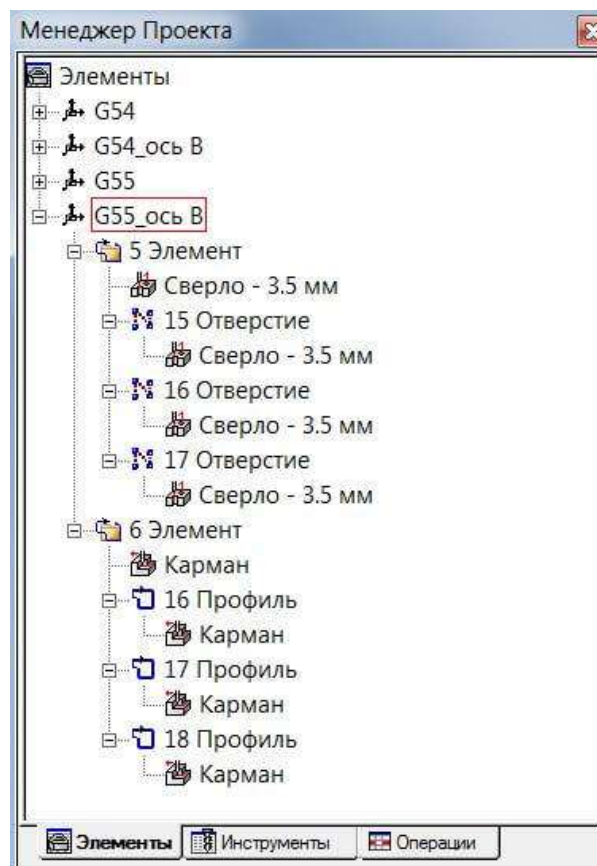


Рисунок 5.12 – Стратегії та елементи обробки автоматично додаються до активної системи координат одразу після їх створення [14]

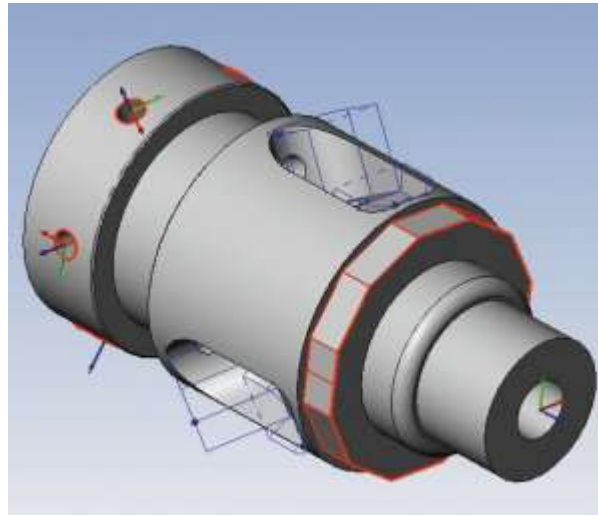


Рисунок 5.13 – Функція розпізнавання елементів обробки автоматично визначає робочі площини, виходячи з особливостей вибраної геометрії [14]

Спеціальні токарні цикли чистової обробки здатні проводити безперервну обробку на внутрішньому та зовнішньому діаметрах одним інструментом за один прохід, за винятком необхідності використання кількох інструментів з різною геометрією [14].

Цикли контурної обробки з віссю В застосовують ефективні переміщення підведення інструменту за допомогою безперервного обертання осі В протягом слідування ріжучого інструменту оброблюваного контуру. Це дозволяє інструменту досягти зон, які було б неможливо обробити через геометрію інструменту (рис. 5.14). Такі цикли обробки зменшують кількість використовуваного інструменту і скорочують час обробки, в той час як поверхня, що обробляється, задовольняє заданим вимогам. Цикли обробки із застосуванням осі В засновані на технологіях ESPRIT для традиційної токарної обробки. Головна відмінність технологій осі В є повний контроль переміщення голови навколо осі В протягом усього циклу обробки. Крім того, на етапі розрахунку траєкторії виключаються всі зіткнення між різальним інструментом та заготівлею. Програміст не потребує створення кількох програм, побудованих за традиційними методиками. Застосування однієї стратегії контурної обробки з віссю В дозволить провести

чистову обробку всього контуру без зупинок та зміни інструменту. Виключення зміни інструменту зберігає дорогоцінні секунди машинного часу та забезпечує відсутність слідів зміни інструменту на деталі у вигляді рисок [14].



Рисунок 5.14 – Безперервна фінішна обробка з використанням осі В без зміни інструменту [14]

Користувачі можуть використовувати дві стратегії орієнтації інструменту під час операції. Першою стратегією є підтримка постійного кута випередження між інструментом та оброблюваною поверхнею. За допомогою цієї стратегії інструмент завжди зберігає початковий кут випередження по відношенню до профілю, що обробляється. На додаток до можливості ESPRIT автоматично відстежувати зіткнення деталі з інструментом, користувач може обмежити нахил інструменту, задавши певний діапазон можливих кутів. Подібний метод реалізує оптимальні умови обробки за рахунок застосування оптимального кута нахилу між інструментом та оброблюваною поверхнею. Друга стратегія орієнтації осі В мінімізує кількість поворотів інструмента за рахунок повороту голови лише у тих випадках, коли це дійсно необхідно. Ця стратегія зберігає початкове становище інструменту до того часу, поки він досягне поверхні, яка може бути оброблена з його поточним становищем. Тільки після цього інструмент повертається на необхідний кут, враховуючи певний користувачем діапазон кутів нахилу інструменту навколо осі В. Ця стратегія обмежує поворот навколо осі В тільки тих ділянках поверхні, які не можуть бути оброблені під заданим кутом нахилу

інструменту. Кожна стратегія підтримує візуальну верифікацію. Користувач може відобразити на екрані вектор інструменту, щоб вибрати оптимальну стратегію обробки на цій ділянці геометрії деталі [14].

Налаштування верстата ESPRIT включають інтерфейс, що дозволяє визначати всі необхідні параметри револьверних головок і шпинделів обладнання для гарантованого забезпечення точної верифікації обробки (рис. 5.15). Налаштування верстата дозволяють імпортувати твердотілі моделі будь-яких компонентів верстата у форматі STL. Кожному компоненту може бути призначено вид руху (лінійний або обертальний) для достовірної динамічної симуляції операцій обробки [14].

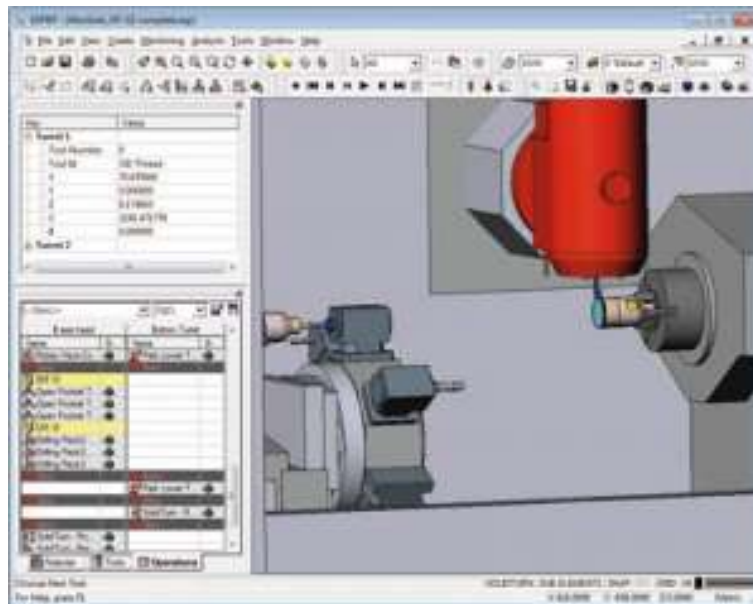


Рисунок 5.15 – ESPRIT показує заготовку на екрані спільно з виконавчими органами верстата або при передачі заготовки з головного шпинделя на субшпиндель [14]

Після того як стратегія обробки створена та перевірена в симуляторі, постпроцесор генерує код G для всіх фрезерних і токарних операцій. Це дає переваги перед CAM системами, де користувач змушений генерувати керуючі

програми для фрезерних та токарних операцій окремо, а потім поєднувати їх в одну програму для відправки на стійку ЧПУ.

Відомо, що ключовим параметром підвищення ефективності є використання засобів автоматизації. Автоматизована САМ система може бути налаштована так, щоб вибір оптимального рішення для обробки здійснював програміст, або щоб вибір найкращого рішення виконувала сама система. Рівень автоматизації повинен бути завжди налаштованим (гнучким). Для полегшення процесу автоматизації програмування ESPRIT реалізує механічну обробку, засновану з урахуванням знань ESPRIT. Це дозволяє задіяти заздалегідь певні методики обробки, які автоматично застосовуються та адаптуються до розпізнаної геометрії деталі. За допомогою технології KBM система ESPRIT пропонує необхідний інструмент та процеси обробки, засновані на заздалегідь визначених методиках. ESPRIT здатна, проаналізувавши твердотільну модель, створити елемент обробки геометрії. Далі програміст може сам призначити операції обробки цей елемент чи дозволити базі знань ESPRIT призначити відповідну технологію, обрану з уже відпрацьованих з виробництва. З часом програміст збільшує та оптимізує «базу знань» механічної обробки, засновану на зворотному зв'язку з виробництвом. Технологічний досвід виробництва закладається у програму і включає лише найкращі рішення, реалізовані з виробництва. Чим більш автоматизований процес програмування, тим більше часу та уваги програміст може приділити оптимізації програми та підвищення ефективності обробки [14].

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

При проектуванні операцій має місце багатоваріантність можливих рішень. З усіх варіантів, забезпечуючих якості та задану програму випуску деталей, необхідно вибрати варіант, який дає найбільший економічний ефект.

При виконанні магістерської роботи з метою підвищення якості верстат АТПр800 було замінено на MARISEIKI SL5A.

Економічний ефект від впровадження нового обладнання розраховуємо за формулою (1.6) [16]:

$$\Xi = (C_1 - C_2) \cdot \Pi \quad (6.1)$$

де C_1, C_2 – собівартість виготовлення по кожному з варіантів;

Π – річна програма випуску

Собівартість по кожному з варіантів виготовлення розраховується відповідно до формули (6.2) [16]:

$$C = 3p + \Xi + A + O + P \quad (6.2)$$

де $3p$ – витрати на заробітну плату відповідно до розряду виконуваних робіт;

Ξ – витрати на електроенергію;

A – витрати на амортизацію обладнання відповідно до його ціни;

O – витрати на використання обладнання;

P – витрати на ремонт обладнання;

Визначимо необхідну кількість обладнання [15] відповідно до формули (6.3):

$$C_p = \frac{t_{\text{шт.к}}}{\Phi_d} \quad (6.3)$$

де $t_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час виконання даної операції;

Φ_d – дійсний річний фонд часу при роботі у дві зміни

$$C_p = \frac{18,91}{4015} = 0,005 \approx 1$$

$$C_p = \frac{10,35}{4015} = 0,0026 \approx 1$$

Визначимо норми витрат по статтях собівартості. Приймаємо розряд робочого 5-й $З_T=1,293$. Приймемо коефіцієнт перевиконання норми $K=1,2$ грн/хв і одержимо $З_p=З_T \times K_N=1,36 \times 1,2=1,632$ грн/хв [17].

Витрати на електроенергію АТПр800 $N=30$ кВт, MARISEIKI SL5A $N=20$ кВт. Для серійного виробництва коефіцієнт $K_1=0,7$ та $K_2=0,7$. Вартість одного кіловату електричної енергії приймаємо $C_e=1,68$ грн [18]. Витрати на електроенергію розраховуємо відповідно до формули (6.4) [16]:

$$\Xi = \frac{N \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot C_\Xi}{60} \quad (6.4)$$

де N – потужність верстату, кВт;

k_1, k_2 – коефіцієнти, які враховують відповідно використання порівнювальних електродвигунів відповідно до потужності та часу використання;

C_Ξ – вартість 1 квт.г. електроенергії у діючих на даний час розцінках;

$$E_{MARISEIKI SL5A} = \frac{30 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,68}{60} = 0,41;$$

$$E_{АТПр800} = \frac{20 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,68}{60} = 0,27$$

Розрахунок амортизації обладнання виконується відповідно до ціни верстату, ціна верстату АТПр800 $\Pi=184501$ грн [17], ціна верстату MARISEIKI SL5A $\Pi=53000$ грн. Амортизація верстатів за обома варіантами розраховується за формулами (6.5, 6.6) [16]:

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

де A_r – нарахування на амортизацію за рік;

$Ц$ – вартість обладнання;

α_1 – процент відрахувань від балансової вартості обладнання;

$$A = \frac{A_r \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.6)$$

де F_d – дійсний фонд роботи обладнання;

$$\sum A_{\text{MARISEIKI SL5A}} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 53000}{100} = 9142,5 \text{ грн}$$

$$A_{\text{MARISEIKI SL5A}} = \frac{9142,5 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 3,79 \text{ грн}$$

$$\sum A_{\text{АТПр800}} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 184501}{100} = 31826 \text{ грн}$$

$$A_{\text{АТПр800}} = \frac{31826 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 13,21 \text{ грн}$$

Витрати на обслуговування обладнання розраховуємо за формулами (6.7, 6.8) [16]:

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

де O_r – нарахування на обслуговування за рік;

$Ц$ – вартість обладнання;

α_2 – процент відрахувань від балансової вартості обладнання;

$$O = \frac{O_r \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.8)$$

де F_d – дійсний фонд роботи обладнання;

$$\sum O_{\text{MARISEIKI SL5A}} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 53000}{100} = 304,75 \text{ грн}$$

$$O_{\text{MARISEIKI SL5A}} = \frac{304,75 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 0,13 \text{ грн}$$

$$\sum O_{\text{АТПр800}} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 184501}{100} = 1060,88 \text{ грн}$$

$$O_{\text{АТПр800}} = \frac{1060,88 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 0,44 \text{ грн}$$

Витрати на ремонт обладнання розраховуємо за формулами (6.9, 6.10) [16]:

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

де P_r – нарахування на ремонт обладнання за рік;

$Ц$ – вартість обладнання;

α_3 – процент відрахувань від балансової вартості обладнання;

$$P = \frac{P_r \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.10)$$

де F_d – дійсний фонд роботи обладнання;

$$\sum P_{\text{MARISEIKI SL5A}} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 53000}{100} = 2742,75 \text{ грн}$$

$$P_{\text{MARISEIKI SL5A}} = \frac{2742,75 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 1,14 \text{ грн}$$

$$\sum P_{\text{АТПр800}} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 184501}{100} = 9547 \text{ грн}$$

$$P_{\text{АТПр800}} = \frac{9547 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 3,96 \text{ грн}$$

Визначимо технологічну собівартість для кожного з варіантів

$$C_{\text{MARISEIKI SL5A}} = 1,632 + 0,41 + 3,79 + 0,13 + 1,14 = 7,102 \text{ грн}$$

$$C_{\text{АТПр800}} = 1,632 + 0,27 + 13,21 + 0,44 + 3,96 = 19,51 \text{ грн}$$

Розрахуємо економічний ефект

$$\mathcal{E} = (C_{\text{АТПр800}} - C_{\text{MARISEIKI SL5A}}) \cdot \Pi = (19,51 - 7,102) \cdot 1000 = 12410 \text{ грн}$$

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Враховуючи складність організації виробничого процесу по випуску деталей в механічному цеху, завжди існує ймовірність виникнення ситуації, що може привести до травм і погіршення здоров'я працівників і завдати матеріальних збитків. Згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація" усі виробничі фактори поділяються на небезпечні та шкідливі. Небезпечний виробничий фактор – фактор, дія якого може призвести до травми або іншого різкого раптового погіршення здоров'я. Шкідливий виробничий фактор – фактор, дія якого може призвести до зниження працездатності, захворювання або професійного захворювання. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори підрозділяються на 4 групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні.[19].

Найбільш небезпечним є ймовірність враження ураження електричним струмом, у наслідок несправності електричного обладнання, порушень правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням.

Згідно статистичних даних аналізу виробничих травм, що трапляються в Україні, найчастіше виникають механічні травми різного ступеню важкості. Причини, що призводять до нещасних випадків можуть бути різні, наприклад:

- а) нерационально спланований робочий простір або його захарашення;
- в) травми та пошкодження шкіряного покрову при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;
- г) низка кваліфікація робочих при закріпленні деталі чи знятті її з верстата;
- д) недотримання правилами безпеки може призвести до порізів гострими кромками на поверхні заготовок, інструментів або обладнання;
- ж) неправильно підібрані чи несправні пристосування для кріплення заготовок,
- з) через недостатню силу закріплення можливий вирив заготовки і травмування працюючих, що знаходяться поруч.

и) падіння робітників різних сфер зайнятості можливе при недостатньому освітленні виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів,

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

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

Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

7.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Проаналізувавши причини виробничого травматизму, основні напрями профілактики травматизму і профзахворювань, а також зниження фізичної стомлюваності працюючих і підвищення продуктивності праці є наступні [20] :

- механізація, автоматизація і роботизація виробництва;
- упровадження безпечної техніки і технології, зокрема застосування засобів колективного захисту (ЗКЗ), забезпечення безпеки будинків і споруджень, а також належних санітарно-гігієнічних умов праці;
- організація безпечного ведення процесу і забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту (ЗІЗ);
- забезпечення оптимальних режимів праці і відпочинку;
- професійний підбір кадрів та контроль за постійним процесом підвищення їх кваліфікації.

Застосування в конструкції машин засобів захисту – одне з основних у даний час напрямів із забезпечення безпеки. Засоби забезпечення безпеки – це конструктивне, організаційне, матеріальне втілення, конкретна реалізація принципів і методів захисту. Для уникнення можливих травм при контакті 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». Способи захисту людини від несприятливих факторів можуть бути активними і пасивними. Способи активного захисту зв'язані з виявленням причин і джерела несприятливого фактору і впливом на нього. При неможливості активного захисту застосовується пасивний. У цьому випадку джерело несприятливого впливу залишається, але здійснюються заходи, спрямовані на виключення чи зниження впливу цих факторів на людину до припустимих рівнів. Пасивний захист може бути загальний (колективний) чи індивідуальний. У першому випадку відбувається захист усього простору, де знаходиться людина (наприклад, вентиляція повітря в приміщенні). У другому випадку використовують засоби захисту [17].

При проектуванні, організації здійснення технологічних процесів для забезпечення безпеки згідно «Технічному регламенту безпеки» передбачено такі заходи: запобігання безпосередньому контакту робітників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, комплектуючими виробами (вузлами, елементами), готовою продукцією, та відходами виробництва, що надають небезпечний та шкідливий вплив. На ділянці, що проектується, використовуються токарний верстати з ЧПУ MoriSeiki SL5F, обробний центр SHAUBLIN 130-CNC та інше обладнання, в яких конструктивно передбачене дистанційне керування, що унеможливорює контакт робітника зі стружкою і СОЖ. Крім того, для мінімізації контакту з працюючим обладнанням, використовуються безпечні системи управління та контролю виробничого процесу, включаючи їхню автоматизацію зовнішньої та внутрішньої діагностики на базі EOM.

Усі заходи з забезпечення електробезпеки розробляються відповідно з категорією приміщення, що зазначена в НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок». Механічний цех належить до приміщення з підвищеною небезпекою, тому що, воно сухе – відносної вологості не більше 60%, але в наявності можливий металевий пил в повітрі, в теплий період року температура до 30°C, залізобетонна підлога). Для запобігання

ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом. [18]

Для попередження про небезпеку та запобіганню випадкових порушень заходів безпеки для визначення робочої зони та зон безпечних для знаходження людей використовують плакати та знаки безпеки різних кольорів. Вони обладнані відповідно рекомендаціям «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118) [19].

В зазначеному документі червоний колір означає заборону, безпосередню небезпеку, пожежні щити, вогнегасники та іншу пожежну техніку. Жовтий колір попереджає про можливу небезпеку. Синій колір використовується для розпоряджень, знаків пожежної безпеки, для позначання інформації. Зелений колір означає безпеку та знаки «Вихід тут».

У пристосуваннях, що використовують у дипломному проекті використовується пневмо- і гідрозатиск деталі у процесі обробки, що дає можливість мінімізувати ймовірність травмування при установці і знятті деталі на верстаті.

Для керування пневмо- та гідро затискачами передбачені ножні органи управління які застосовуються для розвантаження рук, якими в цей момент робочий маніпулює деталлю.

Для виключення випадкових або помилкових натискань кнопок на пульті верстата нанесені написи та символи, які розташовані на кнопках, або в безпосередній близькості від органів управління або на їх приводних елементах. Особливо важливі кнопки «Пуск» і «Стоп» мають круглу форму та збільшений розмір, пофарбовані відповідно в червоний та зелений колір.

З метою зниження втоми працівників від фізичних навантажень, для переміщення деталей між операціями на ділянці передбачені візки у відповідності до вимог ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки.

Пристрої вантажозахоплювальні знімні». На дільниці, що проектується, передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається[20].

Для контролю стану здоров'я робочих обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Працюючих з метою розробки санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, які спрямовані на створення найбільш сприятливих умов праці, забезпечення здоров'я та високого рівня працездатності людини розроблені Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» [21-23].

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість

повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і 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 Па – 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. [24].

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 кондиціювання». 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.

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» в робочих приміщеннях необхідно передбачити природне та штучне освітлення. Для зниження напруги органів зору та комфортної роботи відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення», на всіх верстатних операціях загальна освітленість забезпечена на рівні 300люкс, так як виконується зорова робота малої точності, коли необхідно розрізняти об'єкти від 1 до 5 мм. [25].

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» [27].

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.

7.5 Проектування адміністративних та побутових приміщень

Як вже зазначалось, нераціональне розташування виробничого обладнання, захаращення робочих місць, недостатня ширина проходів між обладнанням, вузькі коридори можуть призводити до незручності при виконанні роботи, перміщенні по території та виникненню різних видів механічних травм.

Для виключення травматизму враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». Ширина проїзду в механічному цеху - 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») [28].

Для зниження психологічного навантаження під час постійного та тривалого перебування на роботі адміністративно-побутові приміщення також проектується з урахуванням вимог ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», а при проведенні розрахунків орієнтуються на можливість зручного виконання робіт.

Визначимо необхідну кількість та площу побутових приміщень в механічному цеху, в якому працює 180 працівників із яких загальна кількість робітників $N_p = 150$, службовців 18 осіб, інженерно-технічних працівників (ІТР)

$N_{\text{ін}} = 12$. Передбачено, що для виконання виробничих обов'язків та ведення документації необхідно 22 комп'ютерів. Для ефективного виконання технологічних обов'язків чинник найчисленнішої зміни — 0,55. Аналізуючи санітарну характеристику виробничого процесу, передбачено, що для механічного цеху характерні групи – 16, 3а. Ймовірне співвідношення чоловіків і жінок становить 50 та 50%).

Визначаємо очікувану кількість чоловіків і жінок у механічному цеху [29]:

$$N_{\text{ч}} = 0,5 \cdot N = 0,5 \cdot 180 = 90 \text{ осіб,}$$

$$N_{\text{ж}} = 0,5 \cdot N = 0,5 \cdot 180 = 90 \text{ осіб.}$$

Кількість чоловіків і жінок серед робітників:

$$N_{p \text{ ч}} = 0,5 \cdot N_p = 0,5 \cdot 150 = 75 \text{ особи,}$$

$$N_{p \text{ ж}} = 0,5 \cdot N_p = 0,5 \cdot 150 = 75 \text{ особи.}$$

Оскільки чинник складу найчисленнішої зміни приймається 0,55, то очікувана кількість жінок та чоловіків у найчисленнішій зміні буде:

$$N^3_{\text{ч}} = k N_{\text{ч}} = 0,55 \cdot 90 = 50 \text{ особи,}$$

$$N^3_{\text{ж}} = k N_{\text{ж}} = 0,55 \cdot 90 = 50 \text{ особи,}$$

$$N^3 = 100 \text{ особи}$$

Серед працівників робітничих професій механічного цеху:

$$N^3_{p \text{ ч}} = k N_{p \text{ ч}} = 0,55 \cdot 72 = 41 \text{ особи,}$$

$$N^3_{p \text{ ж}} = k N_{p \text{ ж}} = 0,55 \cdot 88 = 41 \text{ особи,}$$

$$N^3_p = N^3_{p \text{ ч}} + N^3_{p \text{ ж}} = 82 \text{ особи.}$$

Площі гардеробних повинні становити:

$$\text{для жінок } S_{\text{ж}} = 0,9 \cdot N_{\text{ж}} = 0,9 \cdot 90 = 81 \text{ м}^2,$$

для чоловіків $S_{\text{жч}} = 0,9 \cdot 90 = 81 \text{ м}^2$.

В обох гардеробних планується розмістити відповідно 137 та 112 шафок (1 шафа на 1 працівника).

Загальна площа гардеробних становитиме

$$S_2 = S_{\text{жк}} + S_{\text{жч}} = 81 + 81 = 162 \text{ м}^2.$$

Для механічного цеху, що проектується, характерним є поєднання виробничих процесів різних груп, зокрема 1б, 3а, тому визначаємо необхідну кількість душових сіток та кранів для групи 1б, як з найбільш високими вимогами. [30]:

Враховуючи, що розрахункова кількість працівників робітничих професій на одну душову сітку становить 15 осіб, визначаємо необхідну кількість сіток у жіночій та чоловічій душових:

$$n_{\text{дч}} = N_{\text{рч}}^3 / 25 = 41 / 15 = 2,7, \text{ збільшуємо до 3 штуки.}$$

$$n_{\text{дж}} = N_{\text{рж}}^3 / 25 = 41 / 15 = 2,7 \text{ збільшуємо до 3 штуки}$$

Таким чином, у кожній душовій необхідно встановити по 3 душові сітки, а загальна площа душової визначається з урахуванням нормативного значення (площа на одну душову сітку - $2,0 \text{ м}^2$) [30] і становить:

$$\text{Загальна площа душових } S_{\text{д}} = S_{\text{дж}} + S_{\text{дч}} = 12 \text{ м}^2.$$

При визначенні кількості умивальників також враховуємо характерні для зазначеного виробництва групи виробничих процесів 1б, 3а та відповідні рекомендації будівельних норм [31]. У жіночій умивальні необхідно встановити 6 кранів, а в чоловічій — 4. Площі цих санітарно-побутових приміщень повинні становити відповідно 6 м^2 та 4 м^2 (нормована площа одного умивальника - 1 м^2).

Необхідна кількість унітазів (підлогових чаш) в жіночому та чоловічому туалетах буде:

$$n_{\text{у ж}} = N_{\text{ж}}^3 / 15 = 50 / 15 = 3,3$$

$$n_{\text{у ч}} = N_{\text{ч}}^3 / 15 = 50 / 15 = 3,3$$

Приймаємо 3унітази в жіночому та 3 в чоловічому туалетах, площі яких становитимуть:

$$S_{мж} = 3 * 2,5 = 7,5 \text{ м}^2;$$

$$S_{мч} = 3 * 2,5 = 7,5 \text{ м}^2.$$

Загальна площа відповідно становитиме 15 м^2 .

Для запобігання можливого возгорання під час необережного поводження з вогнем, передбачені спеціальні місця для куріння в тамбурах при туалетах. Оскільки очікувана кількість працівників найчисельнішої зміни більше 100 осіб, то площу обох тамбурів приймаємо по 3 м^2 , тоді загальна площа місць для куріння становитиме $S_k = 6 \text{ м}^2$.

Таким чином, сумарна площа всіх санітарно-побутових приміщень, що проектується буде становити $S_{сн} = 206 \text{ м}^2$ (для жінок — $101,5 \text{ м}^2$, для чоловіків — $104,5 \text{ м}^2$).

Для надання швидкої медичної допомоги на території механічного цеху передбачено приміщення для розміщення пункту охорони здоров'я. Згідно нормативів, якщо спискова кількість працівників становить 180 осіб, то рекомендована загальна площа $S_m = 18 \text{ м}^2$. При цьому пункті пропонується розмістити одну кабінку для особистої гігієни жінок площею 3 м^2 та приміщення для відпочинку в робочий час та психологічного розвантаження працівників окремих професій (наприклад, операторів комп'ютерного набору та інших фахівців, що тривалий час працюють з комп'ютерною технікою).

$$S_e = 0,2 * N_p^3 = 0,2 * 100 = 20 \text{ м}^2.$$

Загальна площа усіх приміщень охорони здоров'я повинна становити:

$$S_{оз} = 18 + 3 + 20 = 41 \text{ м}^2.$$

Для забезпечення харчування працюючих в механічному цеху передбачено буфет з кількістю чотирьохмісних столиків:

$$n_{\text{сидс}} = N_{\text{змчч}} / 4 = 160 / 4 = 40;$$

кількість чотиримісних столиків $100 / 4 = 25$. Враховуючи, що площа одного столика становить 1 м^2 , то загальна площа буфету становитиме :

$$S_{\text{харч}} = n_{\text{сидс}} \cdot 1 = 25 \text{ м}^2.$$

На основі кількості працівників найчисельнішої зміни нормативна площа приміщення для зборів повинна становити $S_{\text{зб}} = 48 \text{ м}^2$

Визначаємо площу адміністративних приміщень.

Особливий склад працівників сфери управління виробництва (інженерно-технічних працівників і службовців), налічує $N_{\text{упр}} = N_{\text{ін}} + N_{\text{с}} = 12 + 18 = 30$, тобто 22 працівників мають комп'ютеризовані робочі місця, інші 8 — некомп'ютеризовані. Згідно ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» мінімальна площа робочого місця без ПК-4м, для комфортної роботи з ПК необхідно- м^2 , а бо об'єм - 20 м^3 . Від так, площа приміщень управлінь становитиме:

$$S_{\text{упр}} = 8 \cdot 4 + 22 \cdot 6 = 164 \text{ м}^2.$$

Оскільки спискова кількість працівників виробничого приміщення перевищує 100 осіб, то проектуємо приміщення профкому площею 12 м^2 та кабінет охорони праці площею 24 м^2 .

Сумарна площа адміністративних приміщень виробничого приміщення повинна становити:

$$S_a = S_{\text{упр}} + S_{\text{проф}} + S_{\text{оп}} = 164 + 12 + 24 = 200 \text{ м}^2.$$

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{сп}} + S_{\text{оз}} + S_{\text{харч}} + S_{\text{зб}} + S_a = 206 + 41 + 25 + 36 + 200 = 508 \text{ м}^2.$$

Таким чином, для забезпечення комфортних та безпечних умов праці в механічному цеху, в якому працює 180 працівників необхідно передбачити адміністративні та побутові приміщення загальною площею 508 м².

7.6 Заходи з пожежної безпеки

Горінням називається складний фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини та окиснювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла. Горюча речовина і окиснювач, за певних умов, утворюють горюче (вибухонебезпечне) середовище. Залежно від агрегатного стану та ступеня подрібненості речовин, горюче середовище може утворюватися твердими речовинами, легкозаймистими, та горючими рідинами горючим пилом та горючими газами за наявності окиснювача. Процес горіння призводить до пожежі. Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі. Для ліквідації пожежі у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, ломи, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів. [32].

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

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої

пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.) [33].

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

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

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежанебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини.

7.7 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Об'єкти, на яких використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються небезпечні радіоактивні, хімічні й біологічні речовини, пожежовибухові, гідротехнічні й транспортні споруди, транспортні засоби, а також інші об'єкти, що створюють загрозу виникнення НС є потенційно небезпечними об'єктами. Особливу небезпеку для людей і навколишнього

середовища становлять радіаційно небезпечні об'єкти (РНО). До РНО належать: атомні електростанції (АЕС), підприємства з виготовлення і переробки ядерного палива, підприємства поховання радіоактивних відходів, науково-дослідні організації, які працюють з ядерними реакторами; ядерні енергетичні установки на об'єктах транспорту та ін. [27].

В Україні діють 5 атомних електростанцій з 16 енергетичними ядерними реакторами, 2 дослідних ядерних реактори та більше 8 тис. підприємств і організацій, які використовують у виробництві, науково-дослідній роботі та медичній практиці різноманітні радіоактивні речовини, а також зберігають і переробляють радіоактивні відходи.

З усіх можливих аварій на РНО найбільш небезпечними є радіаційні аварії на атомних електростанціях з викидом радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Радіаційні аварії - це аварії з викидом радіоактивних речовин або іонізуючих випромінювань за межі, непередбачені проектом для нормальної експлуатації радіаційно небезпечних об'єктів, у кількостях понад установлену межу їх безпечної експлуатації.

Потенційною небезпекою для України є можливі аварії на АЕС інших держав з викидом радіоактивних речовин.

При аваріях на АЕС можуть бути пошкодження конструкцій, технологічних ліній, пожежі, викиди в навколишнє середовище радіоактивних речовин. У 1998 р. на АЕС було 44 надзвичайних подій об'єктового характеру.

Прогноз і оцінювання радіаційної обстановки передбачають два види можливих аварій: гіпотетична аварія і аварія з руйнуванням реактора.

Гіпотетична аварія - це аварія, для якої проектом не передбачаються технічні заходи, що забезпечують безпеку АЕС. Може утворитись небезпечна радіаційна обстановка при викиданні в атмосферу радіоактивних речовин, що може призвести до опромінення населення;

Аварія з повним руйнуванням ядерного реактора може відбутися в результаті стихійного лиха, вибуху боєприпасів, падіння повітряного транспорту

на споруди АЕС та ін. Така аварія може бути з розривом трубопроводів із теплоносієм, ушкодженням реактора і герметичних зон, виходом з ладу систем керування і захисту, що може призвести до миттєвої втрати герметичності конструкцій реактора, сплавлення тепловидільних елементів і викиду радіоактивних речовин з парою в навколишнє середовище, можливе розкидання радіоактивних осколків, уламків конструкцій паливних елементів.

З моменту зруйнування реактора до його накриття проходить тривалий час, який розділяють на 3 етапи - ранній, проміжний і відновний.

1. Ранній - від моменту аварії до кількох годин після її початку.

2. Проміжний - від кількох годин до кількох діб після початку аварії. Більша частина викиду вже відбулася і радіоактивні речовини в основному вже осіли на поверхні ґрунту.

3. Відновний - характеризується поступовою відміною введених раніше засобів захисту і прийняттям рішень пов'язаних з поверненням людей до нормального способу життя.

В результаті аварії на АЕС при викиді радіонуклідів в атмосферу утворюється хмара або факел. В процесі її поширення відбувається розсіювання радіоактивних продуктів, що в ній містяться. Це зумовлює зовнішнє опромінення населення від хмари (факелу), а також надходження радіонуклідів в організм за рахунок вдихування радіоактивних аерозолів.

Осідання радіоактивних аерозолів з хмари (факелу) на поверхню землі і відкриті водоймища створює радіоактивне забруднення цих середовищ, а також людини. Це призводить до зовнішнього опромінення від радіоактивних продуктів, що осіли на ґрунт, а також контактного опромінення за рахунок радіоактивного забруднення одягу та відкритих ділянок тіла. В подальшому радіонукліди включаються в обмінні процеси, що призводить до їх нагромадження в організмі і наступної міграції харчовими ланцюгами.

Основні фактори, що визначають радіаційну ситуацію при ядерній аварії на АЕС наступні:

характер надходження радіоактивних речовин в навколишнє середовище;

- загальна кількість радіоактивних речовин, що потрапили в навколишнє середовище;
- радіонуклідний склад аварійного викиду;
- метеорологічні умови в момент радіоактивного викиду (напрям, швидкість вітру, опади);
- віддаль від джерела аварійного викиду до населених пунктів;
- гідрогеологічні і ґрунтові характеристики місцевості, їх рельєф;
- характер сільськогосподарського використання території, яка зазнала радіоактивного забруднення;
- умови водопостачання і харчування населення, характер його трудової діяльності;
- щільність населення і характер забудови території, що зазнала впливу радіоактивних опадів;
- час, що пройшов з моменту радіаційної аварії.

Масштаби і характер викидів радіонуклідів в значній мірі визначається конструктивними особливостями АЕС, її потужністю, особливістю руйнування будівельних конструкцій, захисної оболонки та ін. факторами, що сильно утруднює задачу прогнозування наслідків аварій.

Тому, розробку заходів із захисту людей в районах розміщення АЕС потрібно проводити на основі розрахунку на найважчий варіант перебігу і розвитку аварії. У відповідності з таким варіантом в атмосферу може бути викинуто до 100 % благородних газів, йоду, цезію і телуру, 10-30 % стронцію і до 3 % таких ізотопів, як рутеній і лантан. Загальна активність викиду при аварії може досягти 10 % від загальної активності реактора на момент його зупинки або руйнування.

Радіаційні аварії на АЕС можуть супроводжуватись як одноразовим (короткочасним) так і багаторазовим (тривалим) викидом радіонуклідів в навколишнє середовище.

При одноразовому викиді радіонуклідів в атмосферу, як правило, потрібний радіаційний захист населення в напрямку руху радіоактивної хмари.

При багаторазових і тривалих викидах радіоактивному забрудненню може піддаватись значна територія. Найбільша кількість радіонуклідів викидається протягом перших годин. Потім можуть бути повторні викиди, але вони, як правило, менш значні. В такій ситуації потрібно провести крупно масштабні заходи з радіаційного захисту населення.

Поширення газоаерозольних сумішей при аваріях на АЕС може привести до ураження незахищеного населення на віддалі до 20-30 км. Окремі вогнища радіоактивного забруднення місцевості можуть відмічатися на віддалі до 80 км і більше.

Біологічна дія викинутих з реактора радіонуклідів різна і зумовлена з одного боку, їх фізичними властивостями (вид і енергія випромінювання, період піврозпаду), а з другого - їх біологічними особливостями (величина резорбції, характер розподілу в організмі та ін.).

Виходячи з цього, розробку заходів захисту населення в районах розміщення АЕС необхідно проводити на основі розрахунків на найважчий варіант розвитку аварії. При такому варіанті в атмосферу може бути викинуто до 100 % благородних газів, йоду, цезію і телуру, 10-30 % стронцію і до 3 % рутенію і лантану. На момент аварійного зупинення або руйнування реактора загальна активність викиду радіонуклідів може становити до 10% загальної активності реактора. [32].

На території України розташовано понад 8000 різних установ і організацій, діяльність яких призводить до утворення радіоактивних відходів (РАВ). Виробниками і місцями концентрації радіоактивних відходів є:

- 1) АЕС (накопичено 70 тис. м³ РАВ);
- 2) уранодобувна і переробна промисловість (накопичено 65,5 млн м³ РАВ);
- 3) медичні, наукові, промислові та інші підприємства і організації. Збирання, транспортування, переробку і тимчасове зберігання радіоактивних відходів та джерел іонізуючого випромінювання (ДІВ) від цих підприємств і організацій незалежно від їх відомчої підпорядкованості здійснює Українське державне об'єднання "Радон" (накопичено 5 тис. м³ РАВ);

зона відчуження Чорнобильської АЕС (понад 1,1 млрд м³ РАВ).

Всі підприємства і організації (крім АЕС) незалежно від відомчої належності передають радіоактивні відходи на міжобласні спеціалізовані комбінати (МСК) державного об'єднання "Радон", яке має у своєму складі 6 спеціалізованих комбінатів: Київський, Львівський, Донецький, Дніпропетровський, Одеський і Харківський. Львівський, Харківський, Одеський і Дніпропетровський спецкомбінати приймають і ховають низько- і середньоактивні радіоактивні відходи. Донецький спецкомбінат не має вільних сховищ для зберігання та поховання РАВ. Київський комбінат може приймати для тимчасового зберігання відходи низької та середньої активності.

На Київському і Харківському державних міжобласних спеціалізованих комбінатах через недосконалі конструкції старих сховищ для радіоактивних відходів виникло забруднення підземних вод поза межами сховищ радіонуклідами тритію. Причиною поширення радіонуклідів поза межами сховищ РАВ, у тому числі законсервованих, є недосконалість конструкції сховищ. Міграція радіонуклідів зі сховищ відбувається внаслідок порушення гідроізоляції. У сховищах радіоактивних відходів і джерел іонізуючого випромінювання накопичується вода, яка проникає з атмосферними опадами та утворюється внаслідок конденсації.

На території України розташовані 2 дослідні реактори (у Києві та у Севастополі) та одна критична збірка (в Харкові), яку на цей час зупинено. Можливі аварії на цих реакторах з радіоактивним забрудненням є загрозою насамперед містам, у яких вони розташовані. Небезпекою є й те, що реактори знаходяться в зоні польотів повітряного транспорту. На Київському реакторі були аварії у 1968, 1969 і 1970 рр.

У 1968 р. у навколишнє середовище було викинуто 40 кюрі радіоактивного йоду, що перевищувало допустиму норму в 400 разів. 4 лютого 1970 р. у результаті аварії на реакторі було опромінено 17 осіб.

Важливим завданням є поховання джерел іонізуючого (гамма-та нейтронного) випромінювання (ДІВ) тільки у спеціалізованих сховищах шляхом

безконтейнерного розвантаження джерел (в Україні ДІВ ховають здебільшого у захисних контейнерах), а також необхідно переховати тверді радіоактивні відходи зі сховищ.

Потребують особливої уваги як потенційно небезпечні об'єкти і підприємства з видобутку і переробки уранових руд, розташованих у Кіровоградській, Миколаївській та Дніпропетровській областях. Видобування уранової руди головним чином проводиться на Жовтоводському, Смолінському та Кіровоградському рудниках. Новокосятинівське, Давлатівське та Братське родовища (Дніпропетровська та Миколаївська області), передані для промислового виробництва, декілька років не експлуатуються.

Для отримання закису-окису урану проводиться переробка уранових руд на гідрометалургійному заводі ВО СГЗК, що розташований у промисловій зоні міста Жовті Води Дніпропетровської області. Характерним для уранодобування є те, що майже всі його відходи є джерелами радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

У сільському господарстві, в медицині, промисловості й наукових дослідях використовуються ДІВ. В Україні є близько 8000 підприємств та організацій (тільки в Києві близько 400), які використовують понад 100 тис. джерел іонізуючого випромінювання.

Експертами Міжнародного Агентства з атомної енергії та Агентства з ядерної енергетики Організації економічного співробітництва та розвитку створена міжнародна школа ядерних подій, яка використовується для оперативного та узгодженого оповіщення про значення з погляду безпеки подій на ядерних установах. [28].

Таким чином, в процесі трудової діяльності кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці. Виконання зазначених правил та вимог дасть можливість зберегти здоров'я протягом всієї трудової діяльності.

ВИСНОВОК

Виконана магістерська робота на тему «Особливості обробки тонкостінного валу компресору високого тиску з важкооброблюємої сталі», відповідно до якої розроблено технологічний процес виготовлення валу компресору високого тиску. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки.

Робота виконана з врахування всіх особливостей обробки завданої деталі. З метою підвищення ефективності обробки використано сучасне обладнання од високопродуктивні верстати з ЧПК.

Відповідно до поставленого завдання виконанні всі етапи та розрахунки. Розроблено сучасні верстатні пристосування, які дозволяють виконувати обробку та контроль з високою якістю.

Розглянуті питання з використання систем автоматизованого проектування для підвищення стійкості інструменту і виробництва технологічних операцій.

Виконано розділ з охорони праці у якому розглянути питання безпечної роботи та поведження людини при виникненні надзвичайної ситуації.

Складено альбом технологічної документації обробки валу компресору високого тиску.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. <https://msk-metall.com/marki-stali/zharostoykie-i-zharo-prochnye-stali-i-splavy/splavy-na-nikelevoj-osnove/hn73mbtyu-ei698.html>
2. <https://inzhenier-info.ru/razdely/materialy/zharoprochnye-stali-i-splavy/splavy-na-nikelevoj-osnove/zharoprochnye/splav-ei698-khn73mbtyu-zharoprochnyj-na-nikelevoj-osnove.html>
3. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
4. Расторгуев, Д.А. Разработка плана изготовления деталей машин : учеб.-метод. пособие / Д.А. Расторгуев. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2013. – 52 с. : обл.
5. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика. М.: Машиностроение, 1961.-Т.2.- 890 с.
6. Баранчиков В.И. «Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов»: Справочный. – М.: «Машиностроение», 1990г. – 400с.
7. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін “ Технологія машинобудування» (розділ проектування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260, усіх форм навчання./Укл. В.Д. Хорошков.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 93 с.
9. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова.- М.: Машиностроение.1988.-736 с., ил.
10. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
11. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461

12. Фельдштейн, Е. Э. Автоматизация производственных процессов в машиностроении : учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн. — Минск : Новое знание, 2011. — 265 с. — ISBN 978-985-475-443-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.

13. <https://varitec.com.ua/publikacii/razrabotchiki-sad-sam-sistem-predlagajut-novye-strategii-obabotki-povyshajushhie-stojkost-instrumenta-i-proizvoditelnost-tehnologicheskikh-operacij/>

14. <https://varitec.com.ua/publikacii/luchshaja-cam-sistema-dlja-upravlenija-osju-b-v-tokarno-frezernyh-operacijah/>

15. https://ozlib.com/882737/tehnika/raschet_kolichestva_stankov_koeffitsient_ov_zagruzki_nepotochnom_proizvodstve

16. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.090260) усіх форм навчання. / Склали: Яценко В.К., Ципак В.І., Коренєвський Є.Я., Хорошков В.Д., Кононов В.В., Смирнов О.С., Сахно О.Г., Зінкевич К.В., Гончар Н.В. Пухальська Г.В., Алексеєнко О.В., Каліуш В.І., Савчук Н.О. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2003. 245с..

17. <https://krm.gov.ua/posadovi-oklady-taryfni-stavky-pratsivnykiv-byudzhetnoyi-sfery-za-yedynoyu-taryfnoyu-sitkoyu-na-2021-rik-ta-doderzhannya-derzhavnyh-garantij-v-oplati-pratsi-2/>

18. <https://index.minfin.com.ua/tariff/electric/>

19. <https://secondtool.ru/catalog/tokarnyie-obrabatyvaiushchiie-tsientry/stanok-atpr-800n/>

20. ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація"

21. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. 432

~

22.

22. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
23. Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).
24. 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).
25. 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>.
26. 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.
27. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, [Електронний ресурс] Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
28. 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.
29. Методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок площ адміністративних та побутових приміщень» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх форм навчання /Укл. В.І. Шмирко, Ю.В. Якімцов – Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019.– 22 с.
30. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 зл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

31. 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).

32. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.

ДОДАТОК А СПЕЦИФІКАЦІЯ РОБОЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
A1				Документація		
				Складальне креслення		
				Деталі		
Справ. №		1		Корпус	1	
		2		Ріпка	3	
		3		Кулачок	3	
		4		Плече	3	
		5		Планка ліва	3	
		6		Планка права	3	
		7		Шайба	1	
		8		Кільце	1	
		9		Кришка	1	
		10		Вісь	3	
Подп. и дата				Стандартні вироби		
		11		Гвинт 8×20		
				Гост 174 73-80	6	
Инв. № д-л.		12		Гвинт 6×35		
				Гост 174 73-80	3	
Взам. инв. №		13		Гвинт 12×45		
				Гост 174 73-80	1	
Подп. и дата		14		Гвинт 6×15		
				Гост 174 73-80	1	
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	НУЗП 292244.004 Патрон пневматичний
	Разраб.	Кудря І.О.				
	Пров.	Вишнепальський				
	Н.контр.	Дядя С.І.				
Утв.	Дядя С.І.					Лист Лист Листов 1 НУЗП гр. М-110м

Копіював

Формат А4

ДОДАТОК Б СПЕЦИФІКАЦІЯ КОНТРОЛЬНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

[illegible]