

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

РЕЦЕНЗІЯ
на дипломний проект (роботу)

Дослідження технологічних можливостей
матеріалів ^{(вказати тему дипломного проекту (роботи))} карбо-стружкових
пересуваних механізмів з підсилювачем ст-в.
Студент (ка) Давиденко Владислав Петрович

Спеціальність 131 Трикутний механізм
(код, найменування спеціальності)

Обсяг проекту _____

Кількість аркушів креслень _____

Кількість сторінок пояснювальної записки 132 стор

а) короткий зміст проекту (роботи) та прийнятих рішень
спроектовано технологічний процес ви-
роблення динамі, розроблено шкелет
цього багатомеханізмів карбо-
стружкових механізмів.

б) висновок про відповідність проекту (роботи) завданню
зміст роботи повністю відповідає
завданню.

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

Розділ спеціальності та автомобі-
лізації відповідає останнім досягненням
науки та техніки.

г) негативні особливості виконання проекту (роботи) в роботі
відсутній розрахунок існуючого на розробку.
д. Надано застарілі літературні посилання.

д) позитивні особливості душа ново розробки
тема розрахунку на експеримент.

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

графічний матеріал оформлено

WF0Y2h0eXB1JTNkcCUyNm1zbnV0d29yayUzZG8lMjZtc2Nsa2lkJTnkN2E0ZmRINTJhY2Y3MWE0NmM3ZDQ4M2JkMzMyZThjZTg&rlid=7a4fde52acf71a46c7d483bd332e8ce8

[15:44:23] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №467 [3] (200044 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:44:53] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №472 [3] (200042 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:45:12] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №477 [3] (200061 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:45:22] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №487 [3] (200026 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:45:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №482 [3] (200058 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:45:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №492 [3] (200047 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:46:35] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №497 [3] (200015 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:46:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №502 [3] (200035 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:47:34] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №507 [3] (200022 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:47:44] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №512 [3] (200030 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:48:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №517 [3] (200034 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:49:10] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №522 [3] (200036 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:50:09] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №532 [3] (200037 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:50:25] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №527 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:53:52] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №537 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:54:00] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №542 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:54:47] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №547 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:55:12] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №552 [3] (200032 миллисек.): Yandex (Время ожидания операции истекло)

[15:55:12] Тип проверки: *Стандартная*

[15:55:12] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 25%)**

[15:55:12] **Уникальность текста 79%[®] (Проигнорировано подстановок: 0%)**

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

10.12.2019р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування інституту, факультету)

Технології машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ
БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ ПРИ
ОБРОБЦІ ДЕТАЛЕЙ З ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи Мз-118м

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

Давиденко В.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник Логомінов В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Козлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТМБ
Дерес
« 13 » 12 2019 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Давиденко Владислав Денисович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження технологічних можливостей
забезпечення функціональних механіко-фрезерних верстатів при обробці
деталей з титанових сплавів.
керівник проекту (роботи) Логосинюк В.О., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 5 грудня 2019р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі, шматок виртуального керування
лінійно-свердловальною, фрезерною технологією можливостей механіко-
фрезерних верстатів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) технологічне чистиння; конструювання деталей; розробка
автоматизації; розрахунок сил на шпиндель; математичне моделювання
різних операцій крої

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
креслення деталі; креслення заготовки; креслення виготовлення
деталі; креслення робочого приготування; креслення конструкторського
приміщення; шматок автоматизації; змійка свердловальною лінійно-
свердловальною в САМ системі; шматок розрахунку на міцність

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1,2,3,4,5,6	Логашінов В.О., доц. каф. ТММБ	4.02.19	5.12.19
технологічний	Тукмачевська І.В., доц. каф. ТММБ	12.12.19	
з оцінки праці	Шклярко В.І., доц. каф. ОП та НС	25.10.19	29.11.19

7. Дата видачі завдання « 4 » лютого 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Технологічна частина	5 квітня 2019	
2.	Конструкторська частина	9 вересня 2019	
3.	Розрахунок автомобіля	4 листопада 2019	
4.	Розрахунок деталі на міцність	28 листопада 2019	
5.	Синтезально з'єднання	11 листопада 2019	
6.	Оцінка економічної ефективності	5 грудня 2019	
7.	Оцінка праці	11 листопада 2019	

Студент(ка)


 (підпис)

 Давиденко В.Д.
 (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


 (підпис)

 Логашінов В.О.
 (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 133 с., 53 рис., 10 табл., 2 додатки, 31 джерела.

Об'єкт дослідження – кільце внутрішнє переднє компресора середнього тиску двигуна Д-18.

Мета роботи – дослідити технологічні можливості багатофункціональних верстатів при обробці деталі «кільце внутрішнє переднє»

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, вибрано і економічно обґрунтовано метод отримання заготовки, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовані три операції на верстатах з числовим програмним керуванням, спроектовано робоче та контрольне пристосування, розглянуті методи автоматизації в операціях технологічного процесу, виконане спеціальне завдання на тему технологічні можливості багатофункціональних верстатів при обробці деталей із титанових сплавів, деталь розрахована на міцність, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

КІЛЬЦЕ ВНУТРІШНЄ ПЕРЕДНЄ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВИСОКОШВИДКІСНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ, NX САМ, ПРИСТОСУВАННЯ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВОАК	Верстатне обладнання активного контролю
ГТД	Газотурбінний двигун
МОП	Маршрут обробки поверхні
КП	Керуюча програма
ППТК	Послідовність показників точності і якості
МОР	Мастильно-охолоджуюча рідина
ОЦ	Обробний центр
САПР	Система автоматизованого проектування
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес
ТВ	Технічні вимоги
ЧПК	Числове програмне керування
САМ	Computer-aided manufacturing (комп'ютерне виробництво)

ЗМІСТ

Реферат	4
Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	5
Вступ.....	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	11
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	15
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	15
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
4.3 Маршрут виготовлення деталі	21
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	23
1.5.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом	23
1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом	26
1.6 Розрахунок режимів різання.....	30
1.6.1 Операція 15 (токарна з ЧПК)	30
1.6.2 Операція 25 (Комплексна на ОЦ з ЧПК, фрезерування паза)	35
1.6.3 Операція 25 (Комплексна на ОЦ з ЧПК, свердління 68 отворів).....	40
1.6.4 Операція 45 (свердлильна з ЧПК)	46
1.7 Технічне нормування операцій	50
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК	54
1.8.1 Розробка токарної операції	54
1.8.2 Розробка свердлильної операції	60
1.8.3 Розробка фрезерної операції	63
2 Конструкторська частина	64
2.1 Проектування робочого пристосування	64
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	64
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	66

2.1.3	Визначення необхідної сили затиску	68
2.2	Проектування контрольного пристосування	71
2.2.1	Опис конструкції і принципу роботи контрольного пристосування	71
2.2.2	Вибір засобу вимірювання	72
2.2.3	Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань	74
3	Активний контроль деталей на металорізальних верстатах та комплексах	77
4	Розрахунок деталі на міцність	83
5	Спеціальне завдання. Дослідження технологічних можливостей багатфункціональних токарно-фрезерних верстатів	88
5.1	Історичний огляд багатфункціональних верстатів	89
5.1.1	Багатфункціональні токарні верстати	89
5.1.2	Багатфункціональні фрезерні верстати	93
5.2	Приклади та практичне застосування багатфункціональних верстатів	96
5.2.1	Багатфункціональні токарні верстати	96
5.2.2	Багатфункціональні фрезерні верстати	100
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки або заходів	107
7	Охорона праці	112
7.1	Аналіз потенційних небезпек	112
7.2	Заходи по забезпеченню безпеки	113
7.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	118
7.4	Заходи з пожежної безпеки	119
7.5	Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях	121
	Висновок	125
	Перелік посилань	126

ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва в ринкову економіку перед ним постають безліч різних завдань і питань, які потребують негайного і правильного їх вирішення.

Зростаюча конкуренція серед виробників продукції вимагає в мінімальні терміни, максимальної якості з найменшою собівартістю обробки виробу.

Собівартість виробу в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів на виробництві продукції, застосування відповідно прогресивного технологічного обладнання та скорочення тривалості виробничого циклу і виготовлення деталі.

Все вищевказане відноситься також до виготовлення деталей авіаційних двигунів. При цьому, як правило, деталі авіаційних двигунів виготовляються з матеріалів з особливими властивостями, і, тому вони часто є важкооброблюваними. Тому актуальним завданням є забезпечення необхідної якості обробки деталей з одночасним зниженням їх собівартості.

Метою магістерської роботи є дослідження технологічних можливостей багатоцільових верстатів при обробці деталей із титанових сплавів. Для вирішення цих задач треба вирішити наступні завдання; визначити спосіб отримання заготовки, розрахувати припуски, режими різання, призначити обладнання, різальний інструмент, що забезпечить підвищену ефективність виготовлення цих відповідальних деталей авіаційних двигунів.

Титанові сплави ОТ4 та ОТ4-1 в якості легуючих елементів містять алюміній та марганець. Вони мають високу технологічну пластичність (добре деформуються в гарячому та холодному стані) та добре зварюються усіма видами зварювання. Вказаний матеріал йде, в основному, на виготовлення титанових плит та листів, стрічок та полос, а також прутків, поковок, профілів, труб. З титанових сплавів ОТ4 та ОТ4-1 виготовляють з використанням зварювання, штамповки та гнуття деталей, що працюють до температури 350°C.

Хімічний склад титанового сплаву ОТ4-1 показаний в табл. 1.1. Механічні властивості ОТ4-1 наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад, %

Fe	C	Si	Mn	N	Ti	Al	Zr	O	H
не біл. 0,3	не біл. 0,1	не біл. 0,12	0,7-2,0	не біл. 0,05	основа	1,5-2,5	не біл. 0,3	не біл. 0,15	не біл. 0,012

Таблиця 1.2 – Механічні властивості

Вид напівфабрикату	Термообробка	Розмір	σ_b , МПа	δ_5 ,	ψ , %	KCU
Лист відпалений, ГОСТ 22178-76	Відпал		590	13-25		
Пруток, ГОСТ 26492-85		Ø10-150	540	10-12	21-30	400-450
Пруток, підвищеної якості, ГОСТ 26492-85			540-735	13-15	24-35	400-450
Плита, ГОСТ 23755-79		11-150	590-735	8-10	14-18	

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Одним з найбільш важливих факторів, що впливають на проектування технологічного процесу (ТП), є тип виробництва. Від нього також залежить і форма організації виробництва.

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів: одиничне, серійне, масове. Форма організації виробництва визначається за ознакою рівня спеціалізації робочих місць: потокова, не потокова, групова.

Тип виробництва попередньо визначають на початковій стадії розробки технологічного процесу в залежності від річного обсягу випуску і маси деталі по табл. 1.3 [1].

Таким чином, для кільця внутрішнього переднього масою $m = 5,5$ кг та річною програмою випуску $N = 500$ шт/рік попередньо слід вибрати дрібносерійний тип виробництва.

Таблиця 1.3 – Таблиця для попереднього визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік, штук		
	Важкі, масою більш 100 кг.	Середні, масою 10-100 кг.	Легкі, масою до 10 кг.
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5-100	10-200	100-500
Серійне	100-300	200-500	500-5000
Багатосерійне	300-1000	500-5000	5000-50000
Масове	більше 1000	більше 5000	більше 50000

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Всі відомі технологічні схеми виробництва кільцевих заготовок авіаційних двигунів можна поділити на дві основні групи: отримання кільцевих заготовок з листа і розкочуванням з кованої заготовки [2].

Порівнюємо заготовки, які виготовляються двома методами:

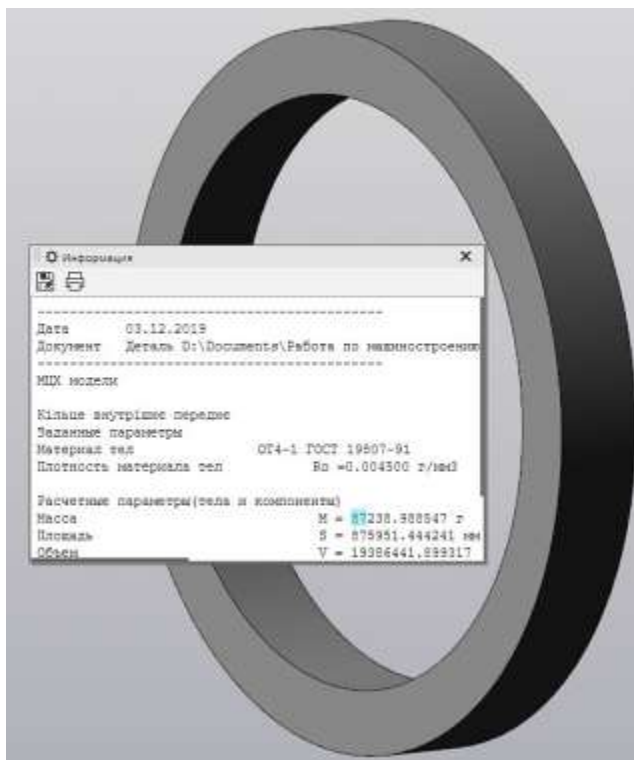
- зварна заготовка, яка отримана з титанового листа (рис. 1.2 а);
- заготовка, яка отримана розкочуванням з кованої заготовки (рис. 1.2 б);

Для правильного вибору обладнання проведемо економічне обґрунтування методу отримання заготовки, при цьому використовуємо два критерії економічної доцільності:

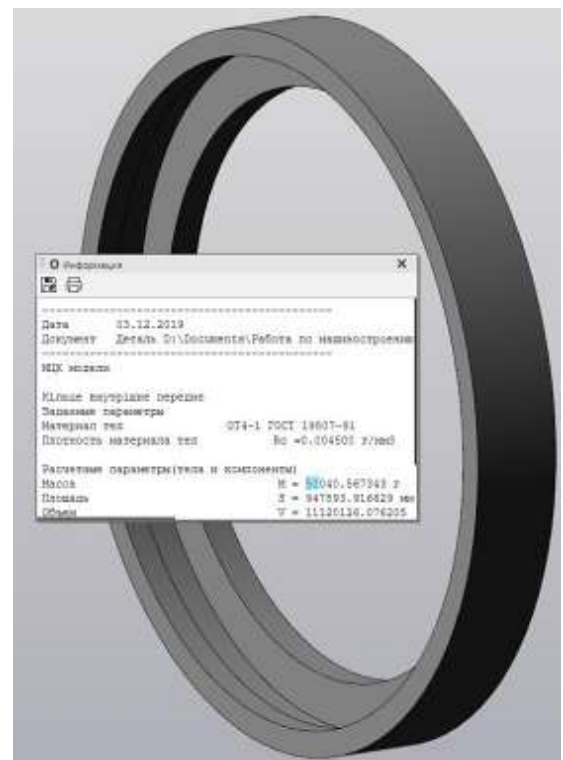
- коефіцієнт використання заготовки, η ;
- собівартість виготовлення заготовки, C_3 .

Вихідні дані для розрахунків:

- маса деталі – 15 кг;
- маса заготовки (рис. 1.2 а), що отримується з листа – 87,2 кг;
- маса заготовки (рис. 1.2 б), що отримується на КГШП – 50,0 кг;



а)



б)

а) заготовка з листа;

б) заготовка, отримана розкочуванням з кованої заготовки.

Рисунок 1.2 – 3D моделі двох варіантів заготовок

Коефіцієнт використання матеріалу визначаємо за формулою:

$$KBM = \frac{q}{Q}, \quad (1.1)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса деталі, кг.

Коефіцієнт використання матеріалу для заготовки, що отримується з листа:

$$KBM = \frac{5,5}{87,2} = 0,06.$$

Коефіцієнт використання матеріалу для заготовки, що отримується розкочуванням з кованої заготовки:

$$KBM = \frac{5,5}{50} = 0,11.$$

Вартість однієї заготовки розраховуємо за формулою [3]:

$$B_3 = \frac{B_B}{1000} M_3 \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} - (M_3 - M_D) \frac{B_{\text{відх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де M_3, M_D – маса заготовки і готової деталі;

B_B – базова собівартість виготовлення заготовок, грн.;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки;

K_{Π} – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки;

$B_{\text{відх}}$ – вартість відходів (стружка).

Дані для розрахунку вартості однієї заготовки наведені в табл. 1.4.

За формулою (1.2) для першого метода, отримуємо:

$$B_{з1} = \frac{12500}{1000} \cdot 87,2 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 0,78 \cdot 0,97 \cdot 1,0 - (87,2 - 5,5) \frac{200}{1000} = 1548 \text{ грн}$$

За формулою (1.2) для другого метода отримуємо:

$$B_{з2} = \frac{13500}{1000} \cdot 50 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 1,12 \cdot 0,97 \cdot 1,0 - (50 - 5,5) \frac{200}{1000} = 1377 \text{ грн}$$

Таблиця 1.4 – Порівняльні показники для двох варіантів заготовок

Показники	Позначення	Од. вим.	Варіант	
			З листа	Розкочуванням
Маса деталі	q	кг	5,5	
Маса заготовки	Q	кг	87,2	50
Коефіцієнт використання матеріалу	η		0,06	0,11
Ціна тони заготовок	B_B	грн	12500	13500
Коефіцієнти	K_T		1,05	1,05
	K_M		1,8	1,8
	K_C		0,78	1,12
	K_B		0,97	0,97
	K_P		1	1
Ціна за тонну стружки	$B_{\text{відх}}$	грн	200	200
Вартість однієї заготовки	$B_з$	грн	1548	1377

Оскільки собівартість заготовки, що отримується з листа вище, ніж заготовки, що отримується розкочуванням, а коефіцієнт використання матеріалу більше у розкатаній заготовки, ніж у заготовки з листа, то в якості методу отримання заготовки вибираю розкатану заготовку.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

На рис. 1.3 показана розмітка основних формотворчих поверхонь деталі «Кільце внутрішнє переднє» кільця упорного. У табл. 1.5 зведені характеристики основних формотворчих поверхонь.

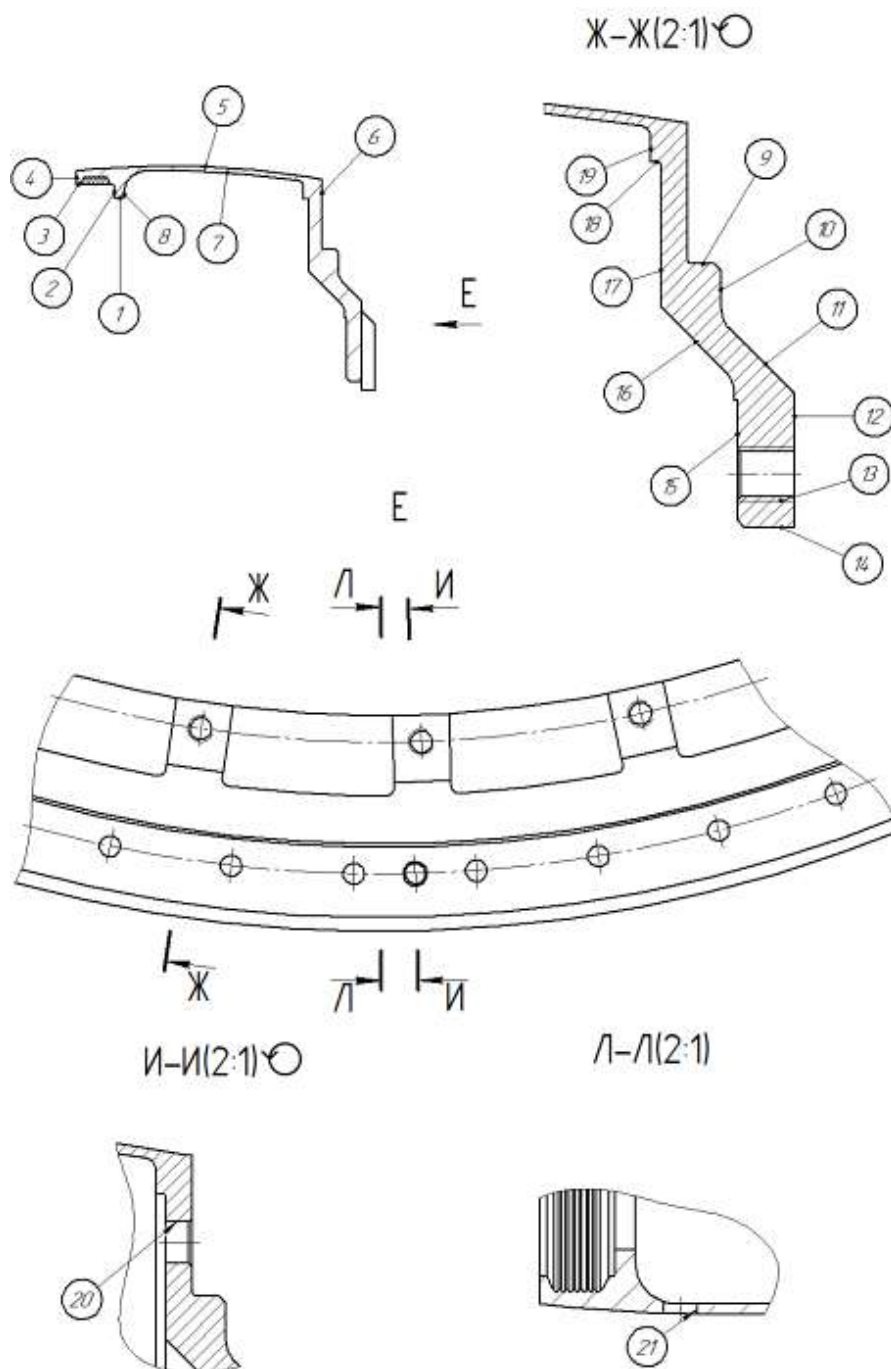


Рисунок 1.3 – Основні формотворчі поверхні деталі «Кільце внутрішнє переднє»

Таблиця 1.5 – Характеристики основних формотворчих поверхонь

№	Розмір поверхні	Квалітет	Допуск на розмір, мм	Шорсткість Ra, мкм
1	Ø812	14	2,3	6,3
2	11,3	14	0,43	6,3
3	Ø820H8 ^(+0,14)	8	0,14	6,3
4	73,5h11 _(-0,19)	11	0,19	1,6
5	R250	14	1,15	0,6
6	73,5h11 _(-0,19)	11	0,19	1,6
7	1,5	14	0,25	6,3
8	3	14	0,25	6,3
9	Ø781h8 _(-0,125)	8	0,125	1,6
10	5H13 ^(+0,16)	13	0,16	6,3
11	51h12 _(-0,12)	12	0,12	6,3
12	16H14 ^(+0,43)	14	0,43	6,3
13	M8×1,25	12	0,15	3,2
14	Ø702H8 ^(+0,14)	8	0,14	1,6
15	7,5js12 ±	12	0,15	6,3
16	Ø758H9 ^(+0,2)	9	0,2	6,3
17	4h13 _(-0,16)	13	0,16	6,3
18	Ø811,6H10 ^(+0,36)	10	0,36	6,3
19	1,5	14	0,25	6,3
20	Ø6,2H7 ^(+0,015)	7	0,015	3,2
21	Ø824	14	2,3	3,2
22	Ø5	14	0,3	3,2

У звичайному випадку конструкція деталі вважається технологічною, якщо вона забезпечує просте і економне виробництво. Загальними критеріями оцінки технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості і технологічної собівартості її виробництва. Оцінити показники трудомісткості і собівартості на початковому етапі проектування ТП неможливо через відсутність необхідних вихідних даних.

Технологічність деталі на початковому етапі проектування ТП можна визначити за допомогою ряду показників.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{m}{M_3}, \quad (1.3)$$

де $m = 5,5$ кг – маса заготовки;

$M_3 = 50,0$ кг – маса заготовки;

Відповідно:

$$\eta = \frac{5,5}{50} = 0,11.$$

За коефіцієнтом використання матеріалу видно, що більша частина матеріалу йде у відходи (стружку). Тому за цим параметром деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструкції елементів деталі:

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (1.4)$$

де: $Q_3 = 32$ – загальна кількість конструктивних елементів.

$Q_{y3} = 26$ – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{ye} = \frac{16}{22} = 0,72,$$

Так як коефіцієнт уніфікації $K_{ye} = 0,72 > 0,6$, то деталь вважається технологічною.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8, \quad (1.5)$$

де: A_{cp} – середнє значення квалітету точності.

$$A_{cp} = \frac{\sum A_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.6)$$

де: A_i – квалітет точності i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість розмірів відповідного квалітету;

$$A_{cp} = \frac{7 \cdot 1 + 8 \cdot 3 + 9 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 9}{22} = \frac{260}{22} = 11,81.$$

$$K_{TO} = 1 - \frac{1}{11,81} = 0,92.$$

Так як $K_{TO} = 0,92 > 0,8$ то деталь можна вважати технологічною за даним показником.

Коефіцієнт шорсткості:

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

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості по робочим кресленням:

$$B_{cp} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (1.8)$$

де B_i – клас шорсткості i -ї елементарної поверхні;

n_i – кількість поверхонь відповідного класу шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{0,6 \cdot 1 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 13}{22} = \frac{101,7}{22} = 4,62.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{4,62} = 0,21.$$

Так як, $K_{ш} = 0,21 < 0,32$ то можна сказати, що за показником коефіцієнта шорсткості деталь є технологічною.

За трьома з чотирьох показників деталь є технологічною. Якщо деталь хоч по одному показнику не є технологічною, то в цілому її можна вважати нетехнологічною.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

В табл. 1.6 наведені характеристики поверхонь деталі і заготовки для яких будемо розробляти маршрут обробки поверхні (МОП).

Таблиця 1.6 – Маршрут обробки поверхні

Розмір поверхні	Характеристика поверхні		Показники точності і якості			
			Допуск, Квалітет		Шорсткість	
	Вид	Тип	Деталь	Заготовка	Деталь	Заготовка
$\varnothing 6,21^{+0,015}$	Циліндр.	Внутр.	TD=15 мкм; H7	—	Ra 0,8	—
$73,5_{-0,19}$	Плоска	Зовн.	Td=190 мкм; h11	Td=5400 мкм; h13	Ra ,6	Ra 6,3
$\varnothing 781_{-0,126}$	Циліндр.	Зовн.	TD=125 мкм; h8	Td=1500 мкм; h13	Ra 1,6	Ra 6,3

Розробимо МОП на отвір $\varnothing 6,21^{+0,015}$. Оскільки в заготовці даного отвору немає, на нього назначається напуск. МОП для отвору $\varnothing 6,21^{+0,015}$ наведено в табл. 1.7.

Розробимо МОП на поверхню $73,5h11_{(-0,19)}$.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні:

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}}, \quad (1.9)$$

$$\varepsilon_{oIT} = \frac{540}{190} = 2,84; \quad \varepsilon_{oRa} = \frac{6,3}{1,6} = 3,93.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник точності, який потребує найбільшої уточнення. За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$k_p = 2 \lg \varepsilon_o, \quad (1.10)$$

$$k_p = 2 \lg 3,93 = 1,2.$$

Приймаємо $k = 2$ переходу.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

– за точністю геометричного розміру: IT13 $\Rightarrow$ h12 $\Rightarrow$ h11;

– за шорсткістю поверхні: $\nabla 4 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 6$, або краще Ra 6,3 $\Rightarrow$ Ra 3,2 $\Rightarrow$ Ra 1,6.

За рекомендацією [4] встановлюємо, що потрібну точність і якість поверхні можна забезпечити чистовим точінням. Це останній перехід механічної обробки. Проміжний перехід: чорнове точіння. Методи обробки записуємо в таблиці МОП (табл. 1.7).

За [4, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і заносимо до табл. табл. 1.7.

Розробимо МОП на поверхню $\emptyset 781_{-0,126}$.

Загальне уточнення за показниками точності і якості поверхні визначаємо за формулами (1.9):

$$\varepsilon_{IT} = \frac{1500}{125} = 12; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{6,3}{1,6} = 3,93.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник точності, який потребує найбільшої уточнення. За найбільшим показником уточнення розрахуємо кількість k переходів по формулі:

$$k_p = 2 \lg 12 = 2,15.$$

Приймаємо $k = 2$ переходи.

Встановлюємо послідовність показників точності і якості – ППТК:

– за точністю геометричного розміру:

IT13 $\Rightarrow$ h10 $\Rightarrow$ h8 $\Rightarrow$ H7 $\Rightarrow$ N6;

– за шорсткістю поверхні:

$\nabla 4 \Rightarrow \nabla 5 \Rightarrow \nabla 5$,

або краще

Ra 6,3 $\Rightarrow$ Ra 3,2 $\Rightarrow$ Ra 1,6.

За [2, табл. 32 с. 192] визначаємо допуски по переходах відповідно до прийнятих ППТК. Розраховуємо уточнення по переходах і заносимо до табл. табл. 1.7.

4.3 Маршрут виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головне завдання технології – забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих впливів на навколишнє середовище. Технологічні основи вирішення цього завдання закладаються при призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП), а організаційні основи – при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МВД).

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, в якому на основі компонування раніше розроблених МОП встановлено склад і послідовність операцій технологічного процесу, зазначені тип і модель верстата, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установок, наведені вхідні і вихідні характеристики оброблюваних поверхонь і т.п.

Даний технологічний процес призначений для виготовлення проміжного зубчатого колеса, заготовка отримується методом штампування в закритих штампах, після чого виробляють попередню чорнову обробку. Виконується нарізання зубчастого вінця, з подальшою чистовою обробкою.

Змінами в технологічному процесі є об'єднання операцій і застосування нового обладнання.

Маршрут виготовлення деталі та поверхні, що оброблюються на операціях, показані на плакаті.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

1.5.1 Розрахунок операційних припусків і розмірів заготовки розрахунково-аналітичним методом

При розрахунку припусків аналітичним методом мінімальний операційний припуск визначається за формулами. При послідовній обробці протилежних поверхонь припуск визначається за формулою:

$$Z_i^{min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i, \quad (1.11)$$

При паралельній обробці протилежних поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2[(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i], \quad (1.12)$$

При обробці діаметральні зовнішніх і внутрішніх поверхонь двосторонній припуск:

$$2Z_i^{min} = 2 \left[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.13)$$

де: Rz – висота нерівностей профілю поверхні на попередній операції;

h_{i-1} – глибина дефектного шару поверхні обробленої на попередній операції;

Δ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на (i-1) операції;

ε_{i-1} – похибка установки заготовки на операції, що виконується.

Розрахуємо припуски та технологічні розміри механічної обробки отвору $\varnothing 781_{-0,125}$ табличним методом.

Параметри заготовки:

$Rz_1 = 160$ мкм, $h=150$ мкм. [2, табл. 1, с. 180];

Сумарна похибка форми і просторового відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (1.14)$$

де: $\rho_{\text{см}} = 0,5$ мм., по [2, табл.4, с.180];

$\rho_{\text{кор}} = \Delta k \cdot l$, де $\Delta k = 0,5$ мкм/мм. [2,табл.4,с.180]

$l = 106$ мм;

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{500^2 + (4 \cdot 22)^2} = 508 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{500^2 + (0,5 \cdot 106)^2} = 503 \text{ мкм.}$$

Точіння чорнове:

$R_z = 32$ мкм, $h = 50$ мкм, [2, табл. 25, с.188].

$\Delta_1 = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y$, $K_y = 0,06$, [2, табл. 29,с.190].

$\varepsilon_1 = 200$ мкм.

$$\Delta_1 = 503 \cdot 0,06 = 30 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$R_z = 10$ мкм, $h = 15$ мкм, [2, табл. 25 , с.188].

$\Delta_2 = \Delta_1 \cdot K_y$, $K_y = 0,05$, [2, табл. 29, с. 190].

$\varepsilon_2 = 100$ мкм.

Розрахуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (5.3).

Точіння чорнове – $2Z_{1 \min} = 2(160 + 150 + \sqrt{503^2 + 200^2}) = 1,702$ мкм.

Точіння чистове – $2Z_{2 \min} = 2(32 + 50 + \sqrt{30^2 + 100^2}) = 0,373$ мкм.

Допуски на розміри беремо з розрахунку МОП та заносимо їх в таблицю 1.7.

Допуск на розмір заготовки залежить від метода її отримання. Для нашого випадку.

$$Td_{\text{заг}} = {}^{+1,0}_{-0,5} = 1,5 \text{ мм.}$$

Розрахуємо технологічні розміри методом розмірних ланцюгів.

Мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки:

$$D_{2 \max} = D_{2 \text{ ном}} + esD_3, \quad (1.15)$$

Відповідно:

$$D_{2 \max} = 781 + 0 = 781 \text{ мм.}$$

Далі максимальні розміри знаходимо за формулою:

$$D_{i \max} = D_{i+1 \max} + 2Z_{i+1 \min} + TD_i, \quad (1.16)$$

$$\begin{aligned} D_{1 \max} &= D_{2 \max} + 2Z_{2 \min} + TD_1 = 781 + 0,373 + 0,36 = 781,733 \text{ мм,} \\ D_{\text{заг} \max} &= D_{1 \max} + 2Z_{1 \min} + TD_{\text{заг}} = 781,733 + 1,702 + 1,5 = 784,935 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Мінімальні розміри поверхонь для переходів розрахуємо за формулою:

$$D_{i \min} = D_{i \max} - TD_i, \quad (1.17)$$

$$\begin{aligned} D_{2 \min} &= D_{2 \max} - TD_2 = 781 - 0,125 = 780,875 \text{ мм,} \\ D_{1 \min} &= D_{1 \max} - TD_1 = 781,733 - 0,36 = 781,373 \text{ мм,} \\ D_{\text{заг} \min} &= D_{\text{заг} \max} - TD_{\text{заг}} = 784,935 - 1,5 = 783,435 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Розрахуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2Z_{i \max} = D_{i-1 \max} - D_{i \min}, \quad (1.18)$$

$$\begin{aligned} 2Z_{2 \max} &= D_{1 \max} - D_{2 \min} = 781,733 - 780,875 = 0,858 \text{ мм,} \\ 2Z_{1 \max} &= D_{\text{заг} \max} - D_{1 \min} = 784,935 - 781,373 = 3,562 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Перевіримо правильність розрахунків, використовуючи нерівність:

$$TZ_O = Z_{O \max} - Z_{O \min} = TA_{\text{заг}} + TA_{\text{дет}}, \quad (1.19)$$

$$\text{де } Z_{O \max} = D_{\text{заг max}} - D_{\text{дет min}} = 784,935 - 780,875 = 4,06 \text{ мм.}$$

$$Z_{O \min} = D_{\text{заг min}} - D_{\text{дет max}} = 783,435 - 781 = 2,435 \text{ мм.}$$

$$4,06 - 2,435 = 1,625 \text{ мм.}$$

$$1,5 + 0,125 = 1,625 \text{ мм.}$$

Визначимо виконавчі технологічні розміри для переходів механічної обробки. Визначимо виконавчий розмір заготовки:

$$\text{Виконавчий розмір заготовки} - \varnothing 784_{-0,5}^{+1,0}.$$

Виконавчі розміри для інших переходів поставимо в системі валу – h, тобто за номінальний розмір приймемо максимальний розмір поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення см. розрахункову табл. 1.8.

1.5.2 Розрахунок операційних припусків та розмірів заготовки табличним методом

Розрахуємо припуски для однієї циліндричної поверхні та однієї торцевої поверхні табличним методом.

Мінімальні припуски для переходів вибираємо по [5, табл. 4.23, с. 58]. Значення допусків вибираємо по [5, табл. 3.10, с. 27].

Розрахунок технологічних розмірів робимо методом розмірних ланцюгів. Обрані значення мінімальних припусків та допусків заносимо до розрахункової таблиці (табл. 1.9).

$$\text{Розрахуємо припуски для отвору } \varnothing 6,21H7^{(+0,015)}.$$

Технологічний маршрут обробки поверхні:

- а) заготовка;
- б) свердління;
- в) зенкерування;
- г) розгортання.

$$\text{Мінімальні припуски по переходах: } 2Z_{2 \min} = 1 \text{ мм, } 2Z_{3 \min} = 0,24 \text{ мм.}$$

Номінальні припуски по переходах, розраховуємо за формулою:

$$\begin{aligned} 2Z_{i \text{ ном}} &= TD_{i-1} + 2Z_{i \text{ min}}. \\ 2Z_{2 \text{ ном}} &= TD_1 + 2Z_{2 \text{ min}} = 0,12 + 1 = 1,12 \text{ мм}, \\ 2Z_{3 \text{ ном}} &= TD_2 + 2Z_{3 \text{ min}} = 0,03 + 0,24 = 0,27 \text{ мм}, \end{aligned} \quad (1.20)$$

Номінальні розміри по переходах:

$$\begin{aligned} 2D_{i \text{ ном}} &= D_{i+1 \text{ ном}} - 2Z_{i+1 \text{ ном}}. \\ 2D_{3 \text{ ном}} &= 6,21 \text{ мм}. \\ D_{2 \text{ ном}} &= D_{3 \text{ ном}} - 2Z_{3 \text{ ном}} = 6,21 - 0,27 = 5,94 \text{ мм}. \\ D_{1 \text{ ном}} &= D_{2 \text{ ном}} - 2Z_{2 \text{ ном}} = 5,94 - 1,12 = 4,82 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (1.21)$$

Максимальні припуски по переходах:

$$\begin{aligned} 2Z_{i \text{ max}} &= TD_{i-1} + 2Z_{i \text{ min}} + TD_i. \\ 2Z_{2 \text{ max}} &= TD_1 + 2Z_{2 \text{ min}} + TD_2 = 0,12 + 1 + 0,03 = 1,15 \text{ мм}. \\ 2Z_{3 \text{ max}} &= TD_2 + 2Z_{3 \text{ min}} + TD_3 = 0,24 + 0,015 + 0,03 = 0,285 \text{ мм}. \end{aligned} \quad (1.22)$$

Загальний припуск дорівнює:

$$2Z_{0 \text{ ном}} = 2Z_{2 \text{ ном}} + 2Z_{3 \text{ ном}} = 1,12 + 0,27 = 1,39. \quad (1.23)$$

Перевірка:

$$D_{1 \text{ ном}} - D_{\text{дет ном}} = 2Z_{0 \text{ ном}} = 6,21 - 4,82 = 1,39. \quad (1.24)$$

Висновок: так як контрольне правило зійшлося, припуски пораховані вірно.

Розраховані значення припусків і технологічних розмірів заносимо до табл. 1.9.

Розрахуємо припуски для торцевої поверхні $73,5h11_{(-0,19)}$.

Технологічний маршрут обробки поверхні:

а) заготовка;

б) точіння чорнове;

в) точіння чистове.

Мінімальні припуски по переходах: $2Z_{1\min} = 3$ мм, $2Z_{2\min} = 1,4$ мм.

Номінальні припуски по переходах, розраховуємо за формулою (1.20):

$$2Z_{1\text{ ном}} = eiTD_{\text{заг}} + 2Z_{2\min} = 0,5 + 3 = 3,5 \text{ мм},$$

$$2Z_{2\text{ ном}} = TD_1 + 2Z_{2\min} = 0,35 + 1,4 = 1,75 \text{ мм},$$

Номінальні розміри по переходах розраховуємо за формулою (1.21):

$$D_{2\text{ ном}} = 73,5 \text{ мм}.$$

$$D_{1\text{ ном}} = D_{2\text{ ном}} + 2Z_{2\text{ ном}} = 73,5 + 1,75 = 75,25 \text{ мм}.$$

$$D_{\text{заг ном}} = D_{1\text{ ном}} + 2Z_{1\text{ ном}} = 75,25 + 3,5 = 78,75 \text{ мм}.$$

Максимальні припуски по переходах розраховуємо за формулою (1.22):

$$2Z_{1\max} = TD_{\text{заг}} + 2Z_{1\min} + TD_1 = 1,0 + 3,5 + 0,35 = 4,35 \text{ мм}.$$

$$2Z_{2\max} = TD_1 + 2Z_{2\min} + TD_2 = 0,35 + 1,4 + 0,22 = 1,97 \text{ мм}.$$

Загальний припуск дорівнює(формула (5.13)):

$$2Z_{0\text{ ном}} = 2Z_{2\text{ ном}} + 2Z_{3\text{ ном}} = 3,5 + 1,75 = 5,25.$$

Перевірка (формула (5.14)):

$$D_{1\text{ ном}} - D_{\text{дет ном}} = 2Z_{0\text{ ном}} = 6,21 - 4,82 = 1,39.$$

Висновок: так як контрольне правило зійшлося, припуски пораховані вірно.

Розраховані значення припусків і технологічних розмірів заносимо до табл. 1.9

Таблиця 1.8 – Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

i	Найменування технологічних переходів	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Допуск T, мкм	Мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мкм	Максимальний припуск $2Z_{\max}$, мкм	Мінімальний розмір, мм	Максимальний розмір, мм	Розрахунковий номінальний розмір, мм	Виконавчий технологічний розмір, мм
		Rz	h	r	e								
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 781_{-0,125}$													
1	Заготовка	160	150	508	0	-	1500	—	—	783,435	784,935	784	$\varnothing 784^{+1,0}_{-0,5}$
2	Точіння чорнове	32	50	31	200	1702	360	1702	3562	781,373	781,733	781,7	$\varnothing 781,7_{-0,36}$
3	Точіння чистове	10	15	1,2	100	373	125	373	858	780,875	781	781	$\varnothing 781_{-0,125}$

Таблиця 1.9 – Розрахунок припусків та технологічних розмірів табличним методом

i	Найменування технологічних переходів			Допуск T, мм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні значення припусків, мм		Виконавчий технологічний розмір, мм
		Припуск 2Z _{min} , мм	Розмір, мм		D _{max}	D _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
	Отвір Ø6,21H7 ^(+0,015)								
1	Заготовка	-	—	—	—	—	—	—	—
2	Свердління	2,35	4,82	0,12	4,82	4,7	2,41	2,35	Ø4,8 _{-0,12}
3	Зенкерування	1	5,94	0,03	5,94	5,91	1,15	1	Ø5,94 _{-0,03}
4	Розгортання	0,24	6,21	0,015	6,21	6,195	0,285	0,24	Ø6,21 _{-0,015}
	Торцева поверхня 73,5h11 _(-0,19)								
1	Заготовка	-	78,75	1,0	79,25	77,75	—	—	78,78 ± 1,0
2	Точіння чорнове	3	75,25	0,35	75,25	74,9	4,35	3	75,25 _{-0,35}
3	Точіння чистове	1,4	73,5	0,19	73,5	73,31	1,97	1,4	73,5 _{-0,19}

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 15 (токарна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.4;
- матеріал – ОТ4-1 ГОСТ 19807-91 гр. ХП.1 по [6, табл. 1, с. 31];
- заготовка – розкатане кільце. Твердість – НВ 197...255;
- Верстат – токарно-карусельний з ЧПК 1А516МФ3.

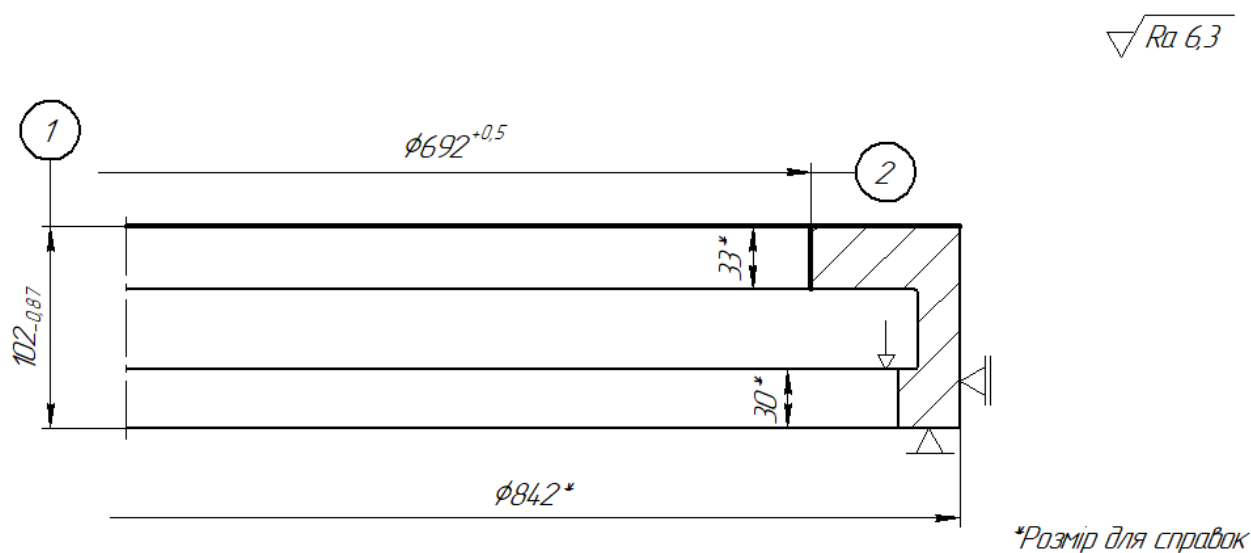


Рисунок 1.4 – Ескіз обробки

Перехід 1

Точити торець, витримуючи розмір 1 за програмою.

Інструмент: різець підрізний з кріпленням змінних пластин прихватом зверху $\varphi = 45^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $r = 1$ мм, ВК 8, ГОСТ 26611-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [6, табл. 24, с. 233].

Назначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 1,5$ мм.

Подача визначається за формулою [6, с. 240]:

$$S_o = S_{от} \cdot K_{So}; K_{So} = K_{сп} \cdot K_{си} \cdot K_{сф} \cdot K_{сз} \cdot K_{сж} \cdot K_{см} \quad (1.25)$$

де S_{om} – табличне значення подачі за оберт, мм;

K_{SoII} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

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

$K_{So\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

K_{So3} – коефіцієнт, що враховує вплив загартування;

$K_{SoЖ}$ – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи;

K_{SoM} – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі.

Табличне значення подачі дорівнює [6, табл. 28, с. 238] – $S_{om} = 0,33$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 30, с. 239]:
 $K_{SoII} = 0,8$; $K_{SoH} = 1,0$; $K_{So\Phi} = 0,7$; $K_{So3} = 1,0$; $K_{SoЖ} = 1,0$; $K_{SoM} = 0,85$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{op} = 0,33 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_o = 0,15$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою [6, с. 240]:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vH} \cdot K_{v\phi} \cdot K_{vT} \cdot K_{vЖ} \cdot K_{vII} \cdot K_{vO} \quad (1.26)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

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

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

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

K_{vII} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vO} – коефіцієнт, що враховує вплив МОР.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [6, табл. 46, с. 249] –
 $v_m = 120$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 48, с. 249-251]:
 $K_{vM} = 0,52$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vm} = 1,0$, $K_{vЖ} = 1,0$, $K_{vII} = 0,8$, $K_{vO} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 120 \cdot 0,52 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 49,92 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot v_p}{\pi \cdot D} \quad (1.27)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 49,92}{3,14 \cdot 842} = 18,9 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 18 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{вст}}}{1000} \quad (1.28)$$

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 842 \cdot 18}{1000} = 47,6 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{\text{р.х}} = L_{\text{рез}} + y, \quad (1.29)$$

де $L_{\text{рез}} = (842 - 692)/2 = 75 \text{ мм}$ – довжина різання; $y = 7 \text{ мм}$ – довжина врізання та перебігу [7, карта 65, с. 165].

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{\text{р.х}}}{S_o \cdot n} \quad (1.30)$$

$$t_{o1} = \frac{75 + 7}{0,15 \cdot 18} = 30,4 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Точити внутрішню циліндричну поверхню, витримуючи розмір 2 за програмою.

Інструмент: різець розточний з кріпленням змінних пластин $\varphi = 45^\circ$, $25 \times 25 \times 150$, $r = 1$ мм, ВК 8, Різець 2140-0289 ГОСТ 26612-85.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [6, табл. 24, с. 233].

Назначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 1,5$ мм.

Подача визначається за формулою (1.25):

$$S_o = S_{от} \cdot K_{So}; K_{So} = K_{СП} \cdot K_{СИ} \cdot K_{СФ} \cdot K_{СЗ} \cdot K_{СЖ} \cdot K_{СМ}$$

де $S_{от}$ – табличне значення подачі за оберт, мм;

$K_{СоП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{СоИ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

$K_{СоФ}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{СоЗ}$ – коефіцієнт, що враховує вплив загартування;

$K_{СоЖ}$ – коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи;

$K_{СоМ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної деталі.

Табличне значення подачі дорівнює [6, табл. 28, с. 238] – $S_{от} = 0,33$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 30, с. 239]: $K_{СоП} = 0,8$; $K_{СоИ} = 1,0$; $K_{СоФ} = 0,7$; $K_{СоЗ} = 1,0$; $K_{СоЖ} = 1,0$; $K_{СоМ} = 0,85$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{ор} = 0,33 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S_o = 0,15$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.26):

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vМ} \cdot K_{vИ} \cdot K_{vФ} \cdot K_{vТ} \cdot K_{vЖ} \cdot K_{vП} \cdot K_{vО}$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

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

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує вид обробки;

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

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vO} – коефіцієнт, що враховує вплив МОР.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [6, табл. 46, с. 249] –
 $v_m = 120$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 48, с. 249-251]:
 $K_{vM} = 0,52$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vm} = 1,0$, $K_{vЖ} = 1,0$, $K_{vП} = 0,8$, $K_{vO} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 120 \cdot 0,52 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 49,92 \frac{\text{м}}{\text{хв}}.$$

Число обертів за формулою (1.27):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 49,92}{3,14 \cdot 842} = 18,9 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 18$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.28):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 842 \cdot 18}{1000} = 47,6 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу за формулою (1.29):

$$L_{p.x} = L_{\text{рез}} + y = 33 + 7 = 40 \text{ мм.}$$

де $L_{\text{рез}} = 33$ мм – довжина різання; $y = 7$ мм – довжина врізання та перебігу [7, карта 65, с. 165].

Основний час за формулою (1.30):

$$t_{o2} = \frac{40}{0,15 \cdot 18} = 14,8 \text{ хв.}$$

Сумарний основний час на операції:

$$t_o = t_{o1} + t_{o2} = 30,4 + 14,8 = 45,2 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 25 (Комплексна на ОЦ з ЧПК, фрезерування паза)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.5-1.6;
- матеріал – ОТ4-1 ГОСТ 19807-91 гр. ХП.1 по [6, табл. 1, с. 31];
- заготовка – розкатане кільце. Твердість – HB 197...255;

Верстат – Обробний центр з ЧПК 20DSC160.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [6, табл. 24, с. 233].

Фрезерувати послідовно 34 пази.

Інструмент: фреза кінцева, $D = 18$ мм, $l = 6$ мм, $z = 6$ (позначення – Фреза 2252-0301 Р9М4К8-МП ГОСТ 18372-73).

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [6, табл. 24, с. 233].

Призначаємо режими різання.

Глибина різання $t = 4$ мм (див. схему [6, с. 392]).

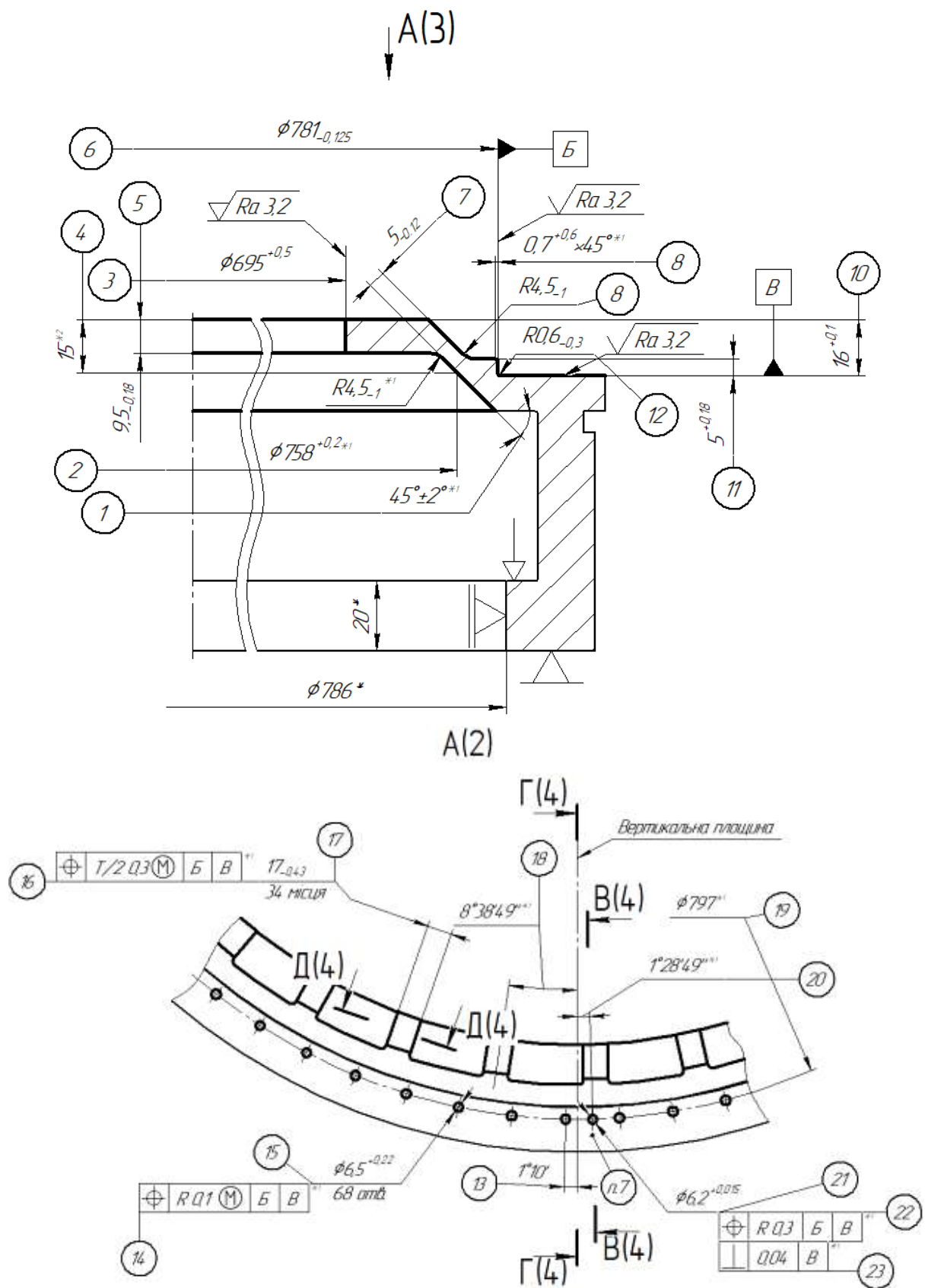


Рисунок 1.5 – Ескіз обробки

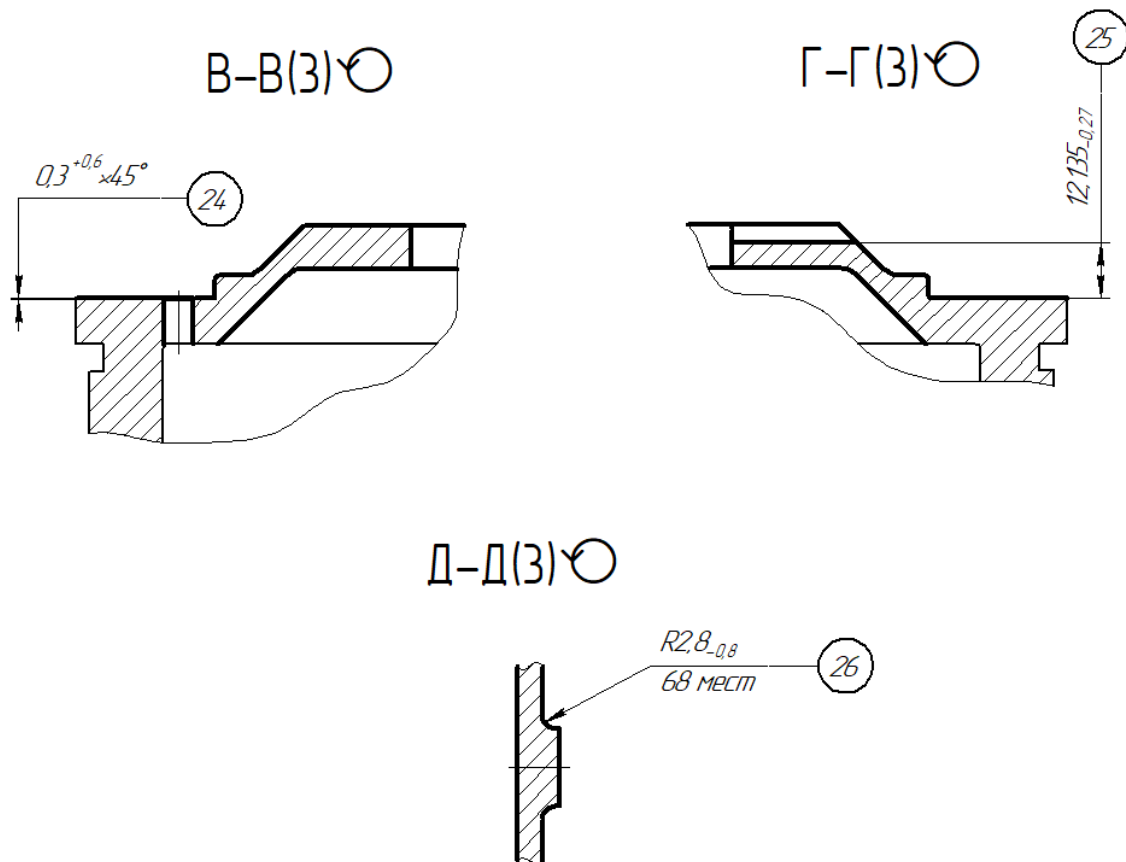


Рисунок 1.6 – Ескіз обробки

Подачу визначається за формулою [6, с. 304]:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ}; K_{SZ} = K_{SZC} \cdot K_{SZH} \cdot K_{SZd} \cdot K_{SZ\Phi}, \quad (1.31)$$

де S_{Zm} – табличне значення подачі на зуб, мм;

K_{SZC} – коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{SZH} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези;

K_{SZR} – коефіцієнт, що враховує шорсткість обробленої поверхні;

$K_{SZ\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні.

Табличне значення подачі дорівнює [6, табл. 111, с. 304] – $S_{Zm} = 0,05$ мм/зуб.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 108, 109, 114, с. 299-305]: $K_{SzC} = 0,7$; $K_{SzH} = 1,0$; $K_{SzR} = 1,0$; $K_{Sz\Phi} = 0,66$. Розрахункове значення подачі на зуб:

$$S_Z = 0,05 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,66 = 0,023, \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vH} \cdot K_{v\Pi} \cdot K_{vC} \cdot K_{v\Phi} \cdot K_{vO} \cdot K_{vB} \cdot K_{v\varphi} \quad (1.32)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

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

$K_{v\Pi}$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{vC} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

$K_{v\Phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

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

K_{vB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної;

$K_{v\varphi}$ – коефіцієнт, що враховує головний кут в плані.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [6, табл. 133, с. 320] – $v_m = 42$ м/хв.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 1, 133, 109, 135, с. 31, 302, 322]: $K_{vM} = 0,75$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{v\Pi} = 1,0$, $K_{vC} = 0,25$, $K_{v\Phi} = 1,0$, $K_{vO} = 1,0$, $K_{vB} = 1,2$, $K_{v\varphi} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 42 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,25 \cdot 1,0 = 8,7 \text{ м/хв.}$$

Число обертів:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 8,7}{3,14 \cdot 18} = 153,2 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 150 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 150}{1000} = 8,5 \text{ м/хв.}$$

Розрахункове значення хвилинної подачі:

$$S_{\text{ХВр}} = S_{\text{Зр}} \cdot z \cdot n \quad (1.33)$$

$$S_{\text{ХВр}} = 0,023 \cdot 6 \cdot 150 = 20,7 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо по верстату – $S_{\text{мв}} = 20 \text{ мм/хв.}$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{\text{рез}} + y, \quad (1.34)$$

де $L_{\text{рез}} = 80 + 12 = 92 \text{ мм}$ – довжина різання;

$y = 12 \text{ мм}$ – довжина врізання і перебігу [7, карта 68, с. 448].

Основний час:

$$t_o = \frac{L_{\text{п.х}}}{S_{\text{ХВ}}} \quad (1.35)$$

$$t_o = 34 \cdot \frac{92}{20} = 156,4 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 25 (Комплексна на ОЦ з ЧПК, свердління 68 отворів)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.5-1.6;
- матеріал – ОТ4-1 ГОСТ 19807-91 гр. ХІІІ.1 по [6, табл. 1, с. 31];
- заготовка – розкатане кільце. Твердість – НВ 197...255;

Верстат – Обробний центр з ЧПК 20DSC160.

МОР: 5%-ий розчин Аквол-10М [6, табл. 24, с. 233].

Перехід 1: центрувати 68 отворів поз. 15. Інструмент – центрувальне свердло 2317-0106, Ø3,15 Р6М5К5 ГОСТ 14952-75.

Перехід 2: свердлити 68 отворів 15 поз. 15. Інструмент – свердло спіральне 2302-0407, Ø6 Р18 ГОСТ 20695-75.

Перехід 3: зенкерувати 68 отворів 15 поз. 15. Інструмент – зенкер спеціальний Ø6,55 Р12.

Розрахуємо режими різання для переходу 1.

Глибина різання дорівнює половині діаметра свердла: $t = 3,15/2 = 1,6$ мм.

Подача визначається за формулою [6, табл. 64, с. 266]:

$$S_o = S_{от} \cdot K_S; K_S = K_{Sl} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SI} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SM}, \quad (1.36)$$

де $S_{от}$ – табличне значення подачі на оборот, мм/об;

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

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

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

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Табличне значення подачі дорівнює [6, табл. 64, с. 267] – $S_{от} = 0,03$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 65, с. 267]: $K_{Sl} = 1$, $K_{SЖ} = 0,5$, $K_{SH} = 1,0$, $K_{Sd} = 0,5$; $K_{Sm} = 0,75$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{Op} = 0,03 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 0,011 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S_o = 0,01 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vd} \cdot K_{vИ} \cdot K_{vo} \cdot K_{vt} \cdot K_{vП} \quad (1.37)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vd} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{vИ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{vo} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [6, табл. 70, с. 273] – $v_m = 36,3 \text{ м/мин.}$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 71, с. 274]: $K_{vM} = 0,65$, $K_{vd} = 1,0$, $K_{vИ} = 1,0$, $K_{vo} = 1,0$, $K_{vm} = 1,0$, $K_{vl} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 36,3 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 23,6, \quad \text{м/хв.}$$

Число обертів за формулою (1.27):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 23,6}{3,14 \cdot 3,15} = 2386 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{вст} = 2000 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.28):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 3,15 \cdot 2000}{1000} = 19,8 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{piz.} + y_{..} = 3 + 3 = 6 \text{ мм,}$$

де: $L_{piz.}=3$ мм – довжина різання;

$y=3$ мм – довжина врізання [7, карта 43, с. 287].

Основний час за формулою:

$$t_{o1} = 68 \cdot \frac{6}{0,01 \cdot 2000} = 20,4 \text{ хв.}$$

Розрахуємо режими різання для переходу 2.

Глибина різання дорівнює половині діаметра свердла: $t = 6/2 = 3$ мм.

Подача визначається за формулою (1.36):

$$S_o = S_{от} \cdot K_S; K_S = K_{Sl} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SH} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SM},$$

де S_{om} – табличне значення подачі на оборот, мм/об;

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

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

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

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Табличне значення подачі дорівнює [6, табл. 64, с. 267] – $S_{om} = 0,08$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 65, с. 267]: $K_{Sl} = 1$, $K_{SЖ} = 0,5$, $K_{SH} = 1,0$, $K_{Sd} = 1,0$; $K_{SM} = 0,75$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{op} = 0,08 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,03 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S_o = 0,03 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.37):

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vd} \cdot K_{vИ} \cdot K_{vo} \cdot K_{vt} \cdot K_{vП}$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vd} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

$K_{vИ}$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту;

K_{vo} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [6, табл. 70, с. 273] –
 $v_m = 34,5 \text{ м/мин.}$

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 71, с. 274]:
 $K_{vM} = 0,65, K_{vd} = 0,9, K_{vИ} = 1,0, K_{vo} = 1,0, K_{vm} = 1,0, K_{vП} = 1,0.$

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 34,5 \cdot 0,65 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 20,2, \quad \text{м/хв.}$$

Число обертів за формулою (1.27):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 20,2}{3,14 \cdot 6} = 1072 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{вст} = 1000 \text{ об/хв.}$

Дійсна швидкість різання за формулою (1.28):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 1000}{1000} = 18,8 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{piz.} + y_{..} = 10 + 5 = 15 \text{ мм,}$$

де: $L_{piz.}$ = 10 мм – довжина різання;

y = 5 мм – довжина врізання та перебігу [7, карта 43, с. 287].

Основний час:

$$t_{o2} = 68 \cdot \frac{15}{0,03 \cdot 1000} = 34 \text{ хв.}$$

Розрахуємо режими різання для переходу 3.

Глибина різання дорівнює:

$$t = \frac{d_{дет} - d_{заг}}{2} = \frac{6,55 - 6,0}{2} = 0,275 \text{ мм.} \quad (1.38)$$

Подача визначається за формулою [6, табл. 64, с. 266]:

$$S_o = S_{от} \cdot K_S; K_S = K_{sd} \cdot K_{sm}, \quad (1.39)$$

де $S_{от}$ – табличне значення подачі на оборот, мм/об;

K_{sd} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;

K_{sm} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Табличне значення подачі дорівнює [6, табл. 73, с. 276] – $S_{от} = 0,7$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 65, с. 267]: $K_{sd} = 1,0$; $K_{sm} = 0,23$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{op} = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,23 = 0,161 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S_o = 0,15$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання за формулою:

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vd} \cdot K_{vH} \cdot K_{vo} \cdot K_{vT} \cdot K_{vП} \quad (1.40)$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vd} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

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

K_{vo} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [6, табл. 84, с. 283] – $v_m = 4,2$ м/мин.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 85, с. 283-284]: $K_{vM} = 0,65$, $K_{vd} = 1,0$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vo} = 1,0$, $K_{vm} = 1,0$, $K_{vП} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 4,2 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,73, \quad \text{м/хв.}$$

Число обертів за формулою (1.27):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 2,73}{3,14 \cdot 6,55} = 132 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{вст} = 100$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.28):

$$v_d = \frac{3,14 \cdot 6,55 \cdot 100}{1000} = 2,1 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{piz.} + y_{..} = 10 + 3 = 13 \text{ мм},$$

де: $L_{piz.}=10$ мм – довжина різання;

$y=3$ мм – довжина врізання і перебігу [7, карта 43, с. 287].

Основний час:

$$t_{o3} = 68 \cdot \frac{13}{0,15 \cdot 100} = 58,9 \text{ хв.}$$

Сумарний основний час дорівнює:

$$t_o = t_{o1} + t_{o2} + t_{o3} = 20,4 + 34 + 58,9 = 113,3 \text{ хв.}$$

1.6.4 Операція 45 (свердлильна з ЧПК)

Вихідні дані:

- операційний ескіз показаний на рис. 1.7;
- матеріал – ОТ4-1 ГОСТ 19807-91 гр. ХІІІ по [6, табл. 1, с. 31];
- заготовка – розкатане кільце. Твердість – НВ 197...255;

Верстат – обробний центр з ЧПК 2В623ПМФ4.

Перехід 1

Центрувати отвір, витримуючи розмір 1.

Інструмент – свердло 2317-0012 ГОСТ 14952-75. Матеріал – Р18.

Глибина різання – $t = 2,0 / 2 = 1,0$ мм.

Подача визначається за формулою (1.36):

$$S_o = S_{от} \cdot K_S; K_S = K_{Sl} \cdot K_{SЖ} \cdot K_{SI} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SM},$$

де S_{om} – табличне значення подачі на оборот, мм/об;

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

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

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

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору;

K_{Sm} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу.

Табличне значення подачі дорівнює [6, табл. 64, с. 267] – $S_{om} = 0,05$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 65, с. 267]: $K_{Sl} = 1$, $K_{SЖ} = 0,75$, $K_{SH} = 1,0$, $K_{Sd} = 0,5$; $K_{Sm} = 0,75$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{op} = 0,05 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 0,75 = 0,014 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S_o = 0,01$ мм/об.

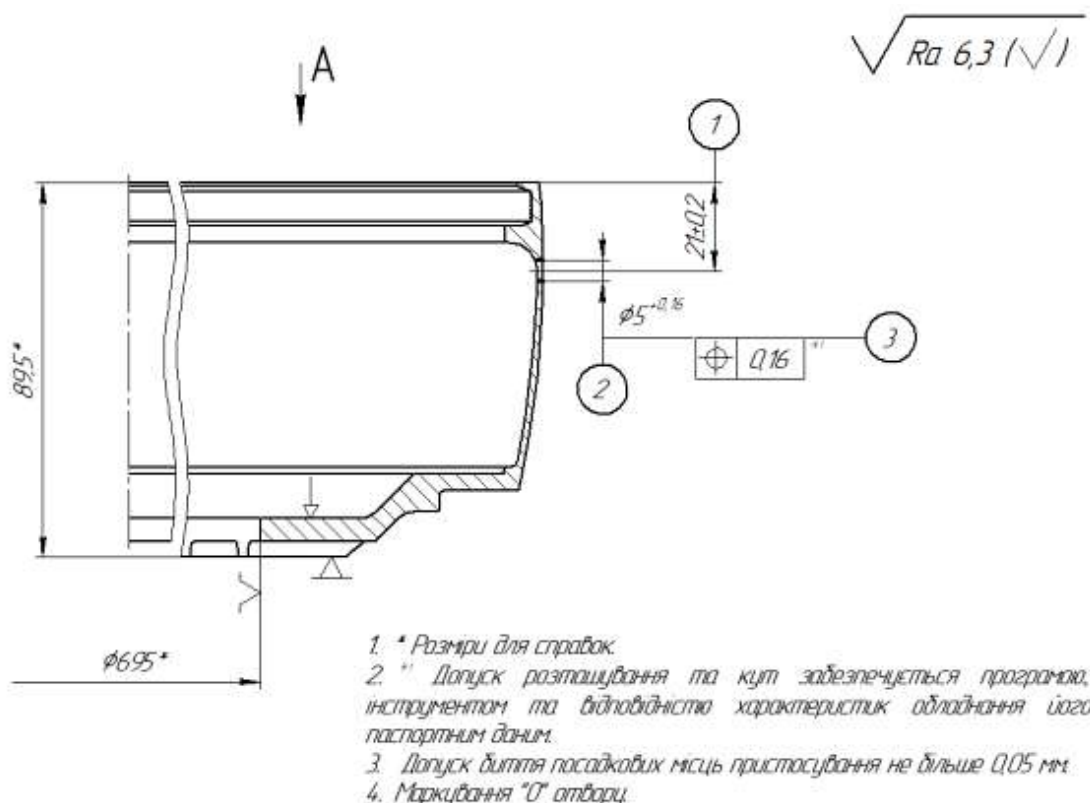


Рисунок 1.7 – Ескіз обробки

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.37):

$$v = v_T \cdot K_v; K_v = K_{vM} \cdot K_{vd} \cdot K_{vH} \cdot K_{vo} \cdot K_{vT} \cdot K_{vП}$$

де v_m – табличне значення швидкості різання, м/хв;

K_{vM} – коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу;

K_{vd} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

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

K_{vo} – коефіцієнт, що враховує шифр типової схеми фрезерування;

K_{vm} – коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні;

$K_{vП}$ – коефіцієнт, що враховує умови обробки.

Табличне значення швидкості різання дорівнює [6, табл. 68, с. 271] – $v_m = 42$ м/мин.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 71, с. 274]:
 $K_{vM} = 0,8$, $K_{vd} = 1,0$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vo} = 1,0$, $K_{vm} = 1,0$, $K_{vП} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 42 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 33,6 \text{ м/хв.}$$

Число обертів за формулою (1.27):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 33,6}{3,14 \cdot 4} = 2673 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{вст} = 2500$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.28):

$$v_d = \frac{3 \cdot 3,14 \cdot 2500}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{p.із.} + y_{..} = 3 + 3 = 6 \text{ мм,}$$

де: $L_{різ}=3$ мм – довжина різання;

$y=3$ мм – довжина врізання [7, карта 43, с. 287].

Основний час за формулою (1.35):

$$t_{o1} = \frac{6}{0,01 \cdot 2500} = 0,14 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Свердлити отвір, витримуючи розміри 1, 2, 3.

Інструмент – свердло 2300-0155 ГОСТ 10902-77. Матеріал – Р6М5.

Глибина різання – $t = 5,0 / 2 = 2,5$ мм.

Подача визначається за формулою (1.36). Табличне значення подачі дорівнює [6, табл. 64, с. 267] – $S_{om} = 0,12$ мм/об.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 65, с. 267]: $K_{Sl} = 1$, $K_{SЖ} = 0,75$, $K_{SH} = 1,0$, $K_{Sd} = 1,0$; $K_{Sm} = 0,75$. Розрахункове значення подачі:

$$S_{Op} = 0,05 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,068 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S_o = 0,06$ мм/об.

Швидкість різання розраховуємо за формулою (1.37). Табличне значення швидкості різання дорівнює [6, табл. 68, с. 271] – $v_m = 36$ м/мин.

Значення поправочних коефіцієнтів вибираємо з [6, табл. 71, с. 274]: $K_{vM} = 0,8$, $K_{vd} = 0,9$, $K_{vH} = 1,0$, $K_{vo} = 1,0$, $K_{vm} = 1,0$, $K_{vl} = 1,0$.

Розрахункове значення швидкості різання:

$$v = 36 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 25,9, \quad \text{м/хв.}$$

Число обертів за формулою (1.27):

$$n_p = \frac{1000 \cdot 25,9}{3,14 \cdot 3} = 2749 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату $n_{\text{вст}} = 1800$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$v_d = \frac{5 \cdot 3,14 \cdot 1800}{1000} = 28,2 \text{ м/хв.}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{p.x} = L_{\text{різ.}} + y = 7 + 5 = 12 \text{ мм,}$$

де: $L_{\text{різ.}} = 7$ мм – довжина різання;

$y = 5$ мм – довжина врізання та перебігу [5, карта 43, с. 287].

Основний час:

$$t_{o2} = \frac{12}{0,06 \cdot 1800} = 0,11 \text{ хв.}$$

Сумарний основний час по операції дорівнює $t_o = t_{o1} + t_{o2} = 0,14 + 0,11 = 0,25$ хв.

1.7 Технічне нормування операцій

Проведемо розрахунок норм часу для операції 15 (токарна з ЧПК)

Розраховуємо допоміжний час за формулою:

$$t_d = t_{d1} + t_{d2} = (t_{\text{вст}} + t_{\text{под}} + t_{\text{хх}}) + (t_{\text{под}} + t_{\text{хх}} + t_{\text{зн}}), \quad (1.41)$$

де t_{d1}, t_{d2} – допоміжний час для першого та другого переходу;

$t_{\text{вст}} = 0,57$ хв – час на установку деталі, хв [8, карта 58, с.148];

$t_{\text{под}} = 0,08$ хв – час на включення або зміну величини подачі, хв [8, карта 61, с.156];

$t_{\text{хх}} = 0,09$ хв – час на холості ходи, хв;

$t_{\text{зн}} = 0,1$ хв – час на зняття деталі, хв.

Таким чином:

$$t_d = (0,57 + 0,08 + 0,09) + (0,08 + 0,09 + 0,1) = 1,01 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби за формулою [8, с.59]:

$$t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} = (t_o + t_d) \cdot \frac{\alpha_{\text{обсл}} + \alpha_{\text{отд}}}{100}, \quad (1.42)$$

де $\alpha_{\text{обсл}} = 2,5\%$ – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця [8, карта 49, с. 136];

$\alpha_{\text{отд}} = 4\%$ – відсоток від оперативного часу на перерви на відпочинок і природні потреби [8, карта 49, с. 136];

Підставивши ці значення у вихідну формулу, отримаємо:

$$t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} = (45,2 + 1,01) \cdot \frac{2,5 + 4}{100} = 3,01 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу:

$$\begin{aligned} t_{\text{шт}} &= t_o + t_d + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}}. \\ t_{\text{шт}} &= 45,2 + 1,01 + 3,01 = 49,22 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (1.43)$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час: для установки деталі в самоцентрувальному патроні при обробці трьома інструментами підготовчо-заклучний час дорівнює [8, карта 50, с. 137] – $t_{\text{п.з}} = 30$ хв.

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт-к}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}, \quad (1.44)$$

де $n = 20$ шт – обсяг партії деталей.

$$t_{\text{шт-к}} = 49,22 + \frac{30}{40} = 50,0 \text{ хв.}$$

Розраховуємо допоміжний час для комплексної операції (25):

$$t_{\text{д}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{под}} + t_{\text{хх}} + t_{\text{вим}} + t_{\text{зн}}, \quad (1.32)$$

де $t_{\text{вст}} = 2,4$ хв – час на установку деталі, хв [8, карта 44, с.288];

$t_{\text{под}} = 0,08 \cdot 12 = 0,96$ хв – час на включення або зміну величини подачі, хв [8, карта 47, с.296];

$t_{\text{хх}} = 1,8$ хв – час на холості ходи, хв [8, карта 47, с. 296];

$t_{\text{вим}} = 0,03 \cdot 69 + 0,02 \cdot 64 + 0,05 + 0,12 + 0,08 = 3,6$ хв – час на вимірювання [8, карта 49, с. 302];

$t_{\text{зн}} = 0,3$ хв – час на зняття деталі, хв [8, карта 47, с. 296].

Таким чином:

$$t_{\text{д}} = 2,4 + 0,96 + 1,8 + 3,5 + 0,3 = 8,96 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби за формулою (1.29):

$$t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} = (124,3 + 156,4 + 113,3 + 8,96) \cdot \frac{2,5 + 4}{100} = 26,2 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу за формулою (1.30):

$$t_{\text{шт}} = 402,96 + 26,2 = 429,2 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час для установки деталі в пристосування, настройки багатошпиндельної головки [8, карта 50, с. 300] – $t_{п.з} = 29$ хв.

$$t_{шт-к} = 429,2 + \frac{40}{20} = 431,2 \text{ хв.}$$

Розраховуємо допоміжний час для свердлильної операції (45):

$$t_d = t_{вст} + t_{под} + t_{вим} + t_{зн}, \quad (1.33)$$

де $t_{вст} = 1,2$ хв – час на установку деталі, хв [8, карта 59, с.426];

$t_{под} = 0,08$ хв – час на включення або зміну величини подачі, хв [8, карта 64, с.442];

$t_{вим} = 0,05$ хв – час на вимірювання [8, карта 49, с. 302];

$t_{зн} = 0,3$ хв – час на зняття деталі, хв [8, карта 64, с. 442].

Підставивши дані значення в формулу (1.33) отримаємо:

$$t_d = 1,2 + 0,08 + 0,05 + 0,3 = 1,63 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби за формулою (1.29):

$$t_{обсл} + t_{отд} = (0,25 + 1,63) \cdot \frac{6 + 4}{100} = 0,19 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу за формулою (1.30):

$$t_{шт} = 0,25 + 1,63 + 0,19 = 2,07 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-заключний час для установки деталі в пристосування, настройки багатошпиндельної головки [8, карта 50, с. 300] – $t_{п.з} = 25$ хв.

$$t_{\text{шт-к}} = 2,07 + \frac{25}{20} = 3,32 \text{ хв.}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.8.1 Розробка токарної операції

Розробимо в системі NX CAM керуючу програму для токарного верстата з ЧПК 1A516МФ3 на операцію 020. Операційний ескіз показаний на рис. 1.8.

Орієнтуємо систему координат верстата відносно деталі (рис. 1.9). Додаємо заготовку (рис. 1.10). Задаємо в геометричній групі WORKPIECE деталь і заготовку. На рис. 1.11 показані перерізи заготовки і деталі, створені системою NX CAM автоматично. В геометричній групі AVOIDANCE задаємо початкову точку і точку повернення. Задаємо частоти обертання шпинделя і подачу (рис. 1.12).

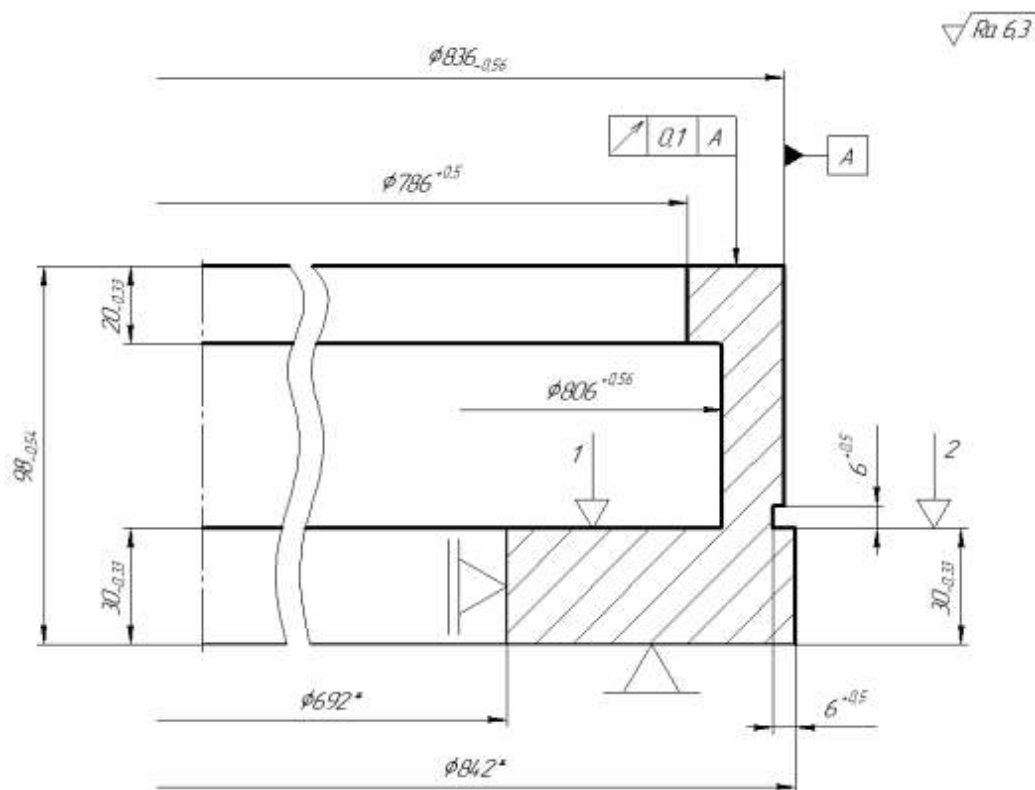


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз

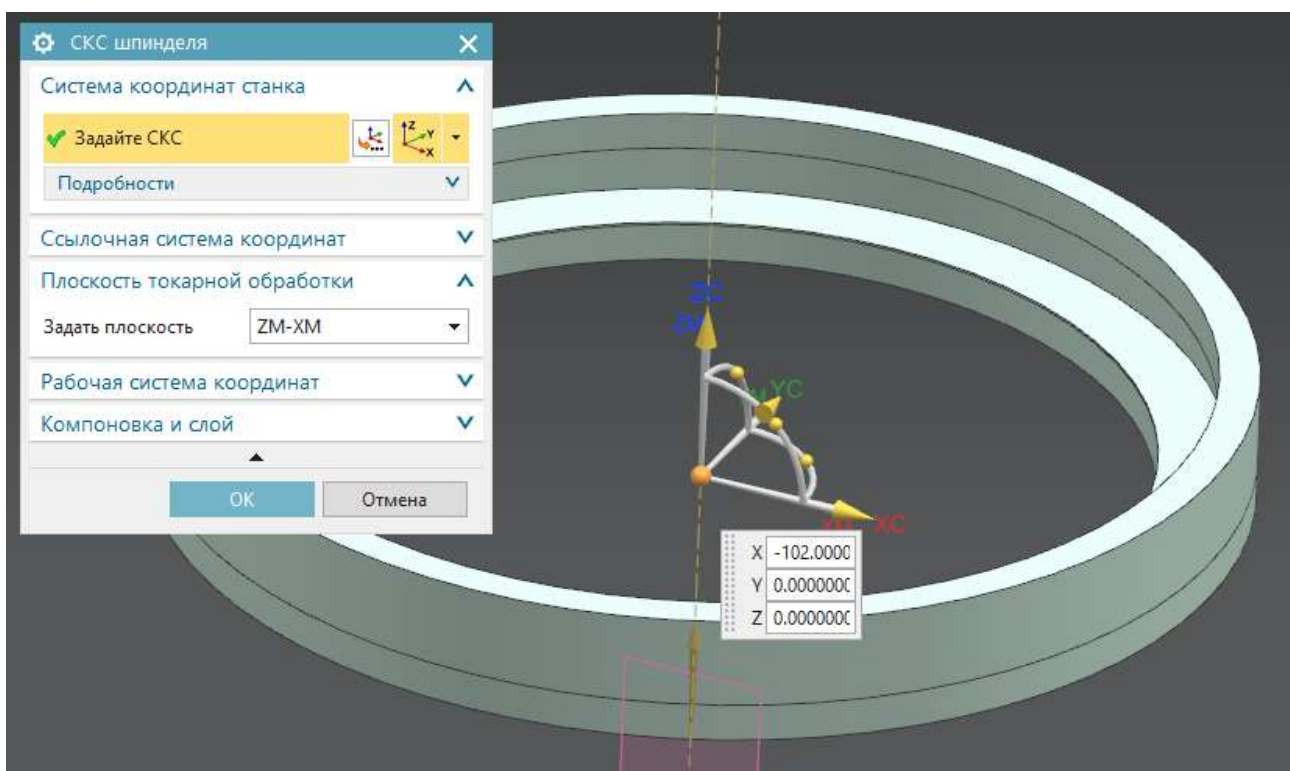


Рисунок 1.9 – Система координат верстата



Рисунок 1.10 – Заготовка і деталь

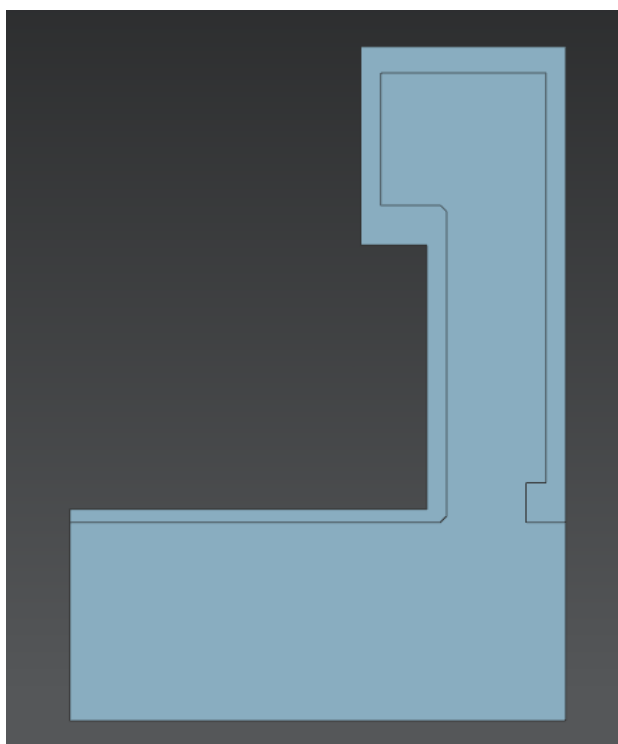


Рисунок 1.11 – Перерізи заготовки та деталі

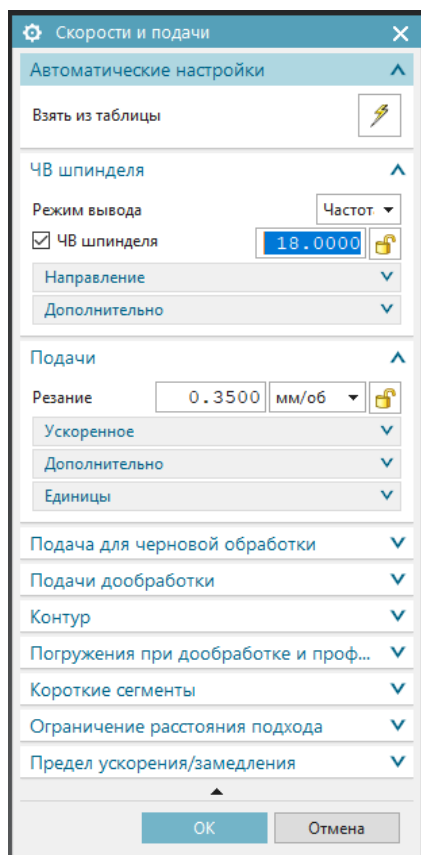


Рисунок 1.12 – Задавання частоти обертання і подачі

В групі CONTAINMENT задаємо розташування площини безпеки. Створюємо інструмент.

Далі створюємо переходи токарної обробки: підрізання торця, чорнове точіння, чорнове розточування, чистове розточування, чистове точіння, чистове нарізання канавки. Генеруємо траєкторію і створюємо керуючу програму за допомоги постпроцесора. Деякі траєкторії руху інструментів показані на рис. 1.13-1.18. Лістинг керуючої програми показаний на рис. 1.19.

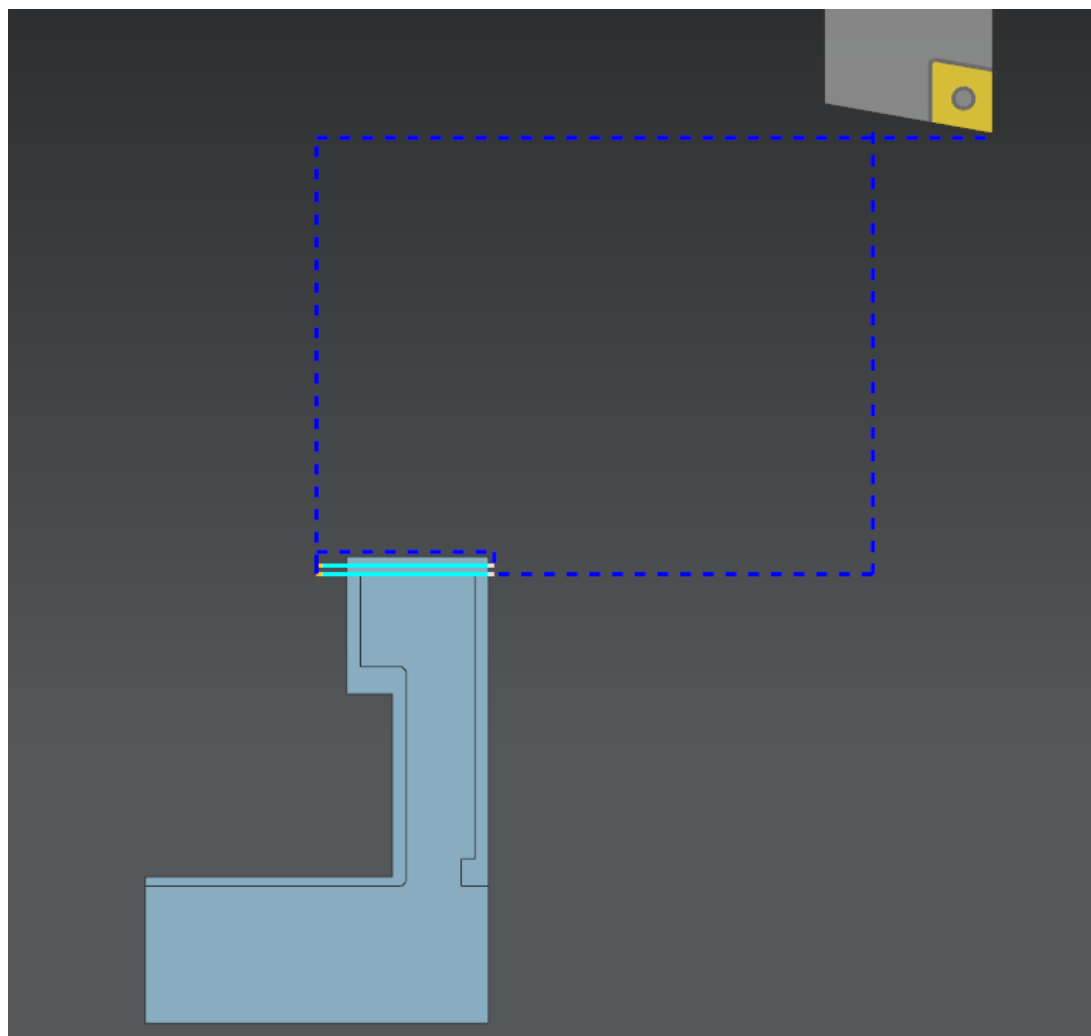


Рисунок 1.13 – Траєкторія руху інструмента

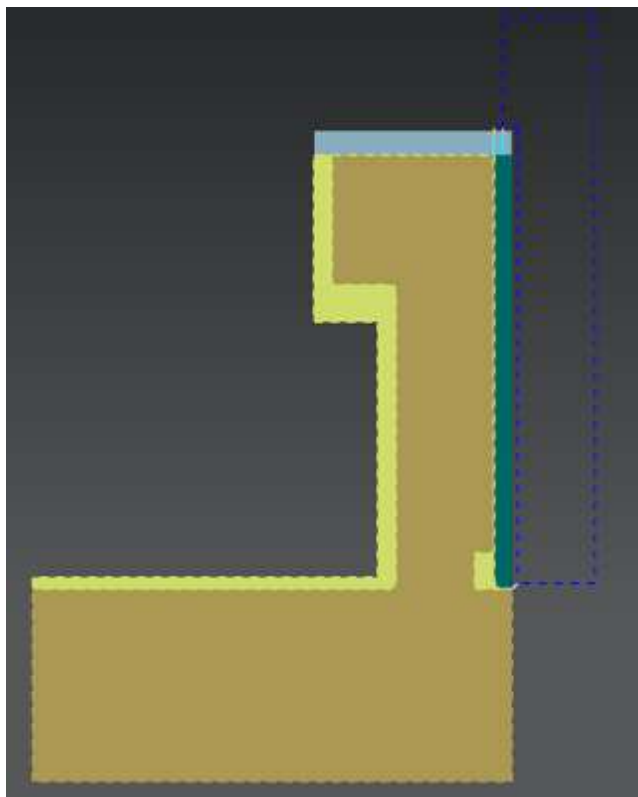


Рисунок 1.14 – Траєкторія руху інструмента

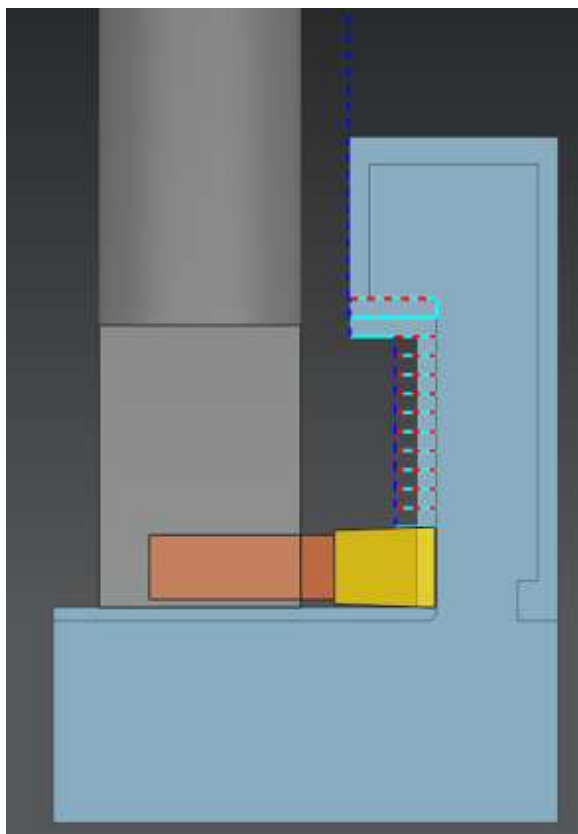


Рисунок 1.15 – Траєкторія руху інструмента

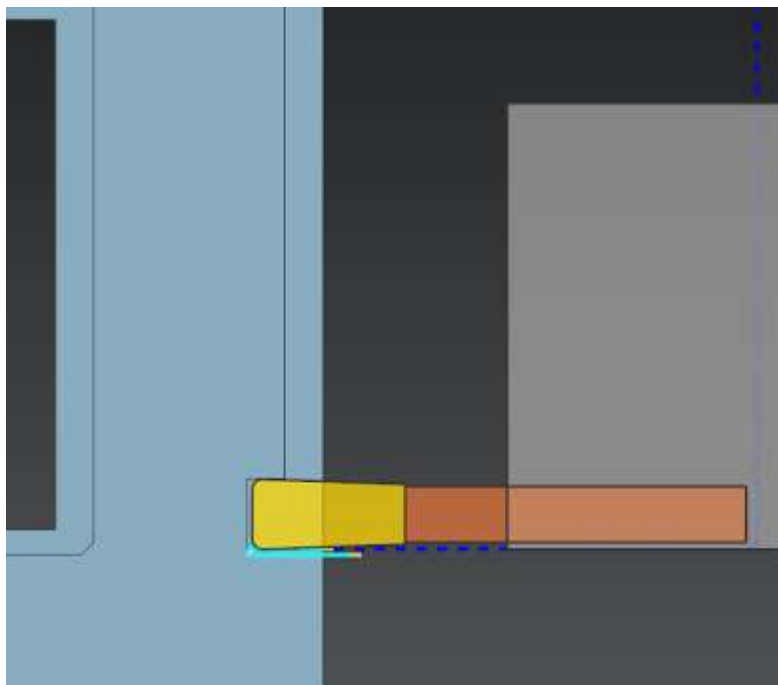


Рисунок 1.16 – Траєкторія руху інструмента

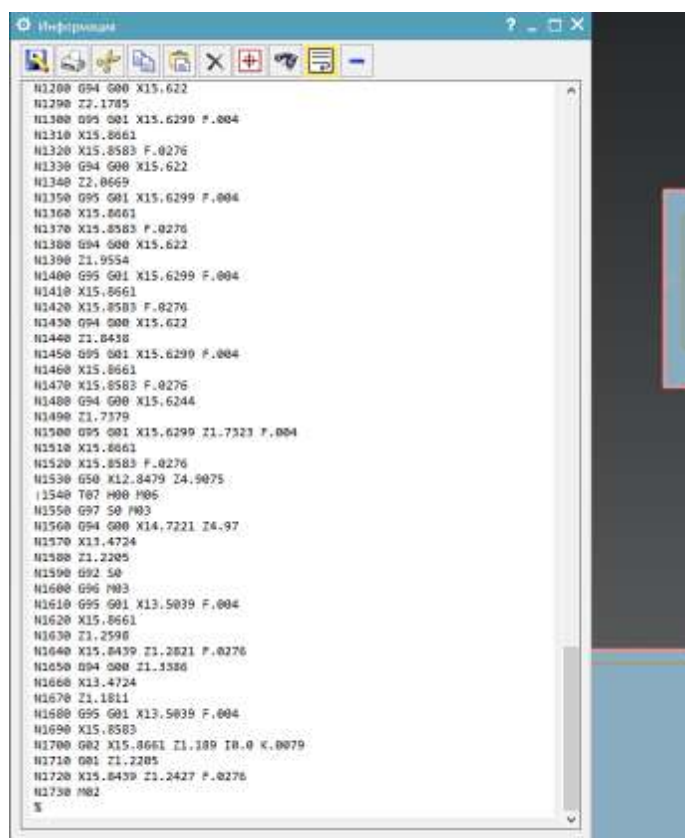


Рисунок 1.17 – Лістинг керуючої програми

1.8.2 Розробка свердлильної операції

Розробимо керуючу програму на свердлильні переходи комплексної операції 25. Операційний ескіз показаний на рис. 1.5-1.6.

Орієнтуємо систему координат верстата відносно деталі (рис. 1.18). Додаємо в файл заготовку. Задаємо в геометричній групі WORKPIECE деталь і заготовку.

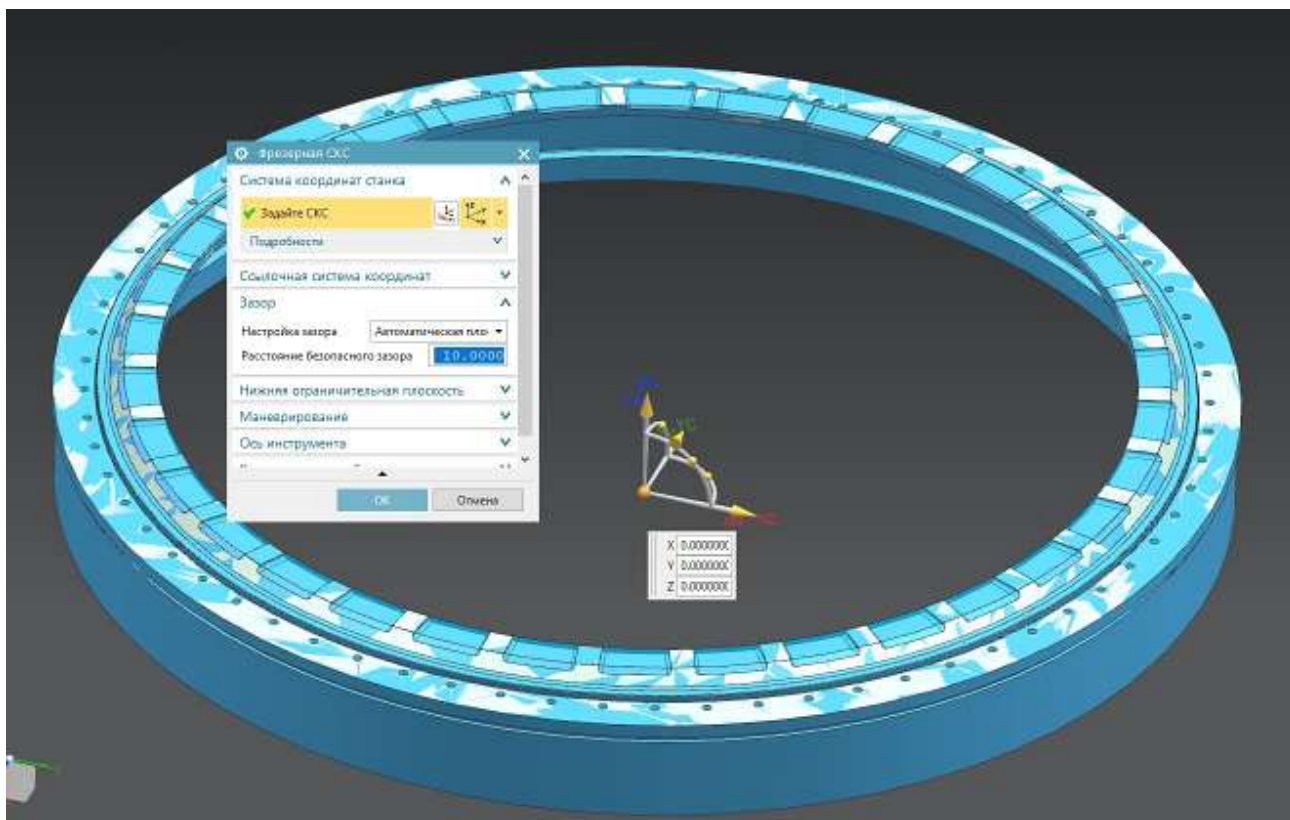


Рисунок 1.18 – Система координат верстата

Створюємо необхідні інструменти інструмента: свердло центрувальне, свердло спіральне та зенкер монолітний (рис. 1.19). Створюємо геометричну групу, в якій вказуємо отвори, що обробляються. Послідовно створюємо три переходи (в термінах NX CAM «Створення операції»). Це облегшить нам створення переходу. Також задаємо параметри врізання та перебігу (рис. 1.20), а також режими різання (рис. 1.21). Далі генеруємо траєкторії для кожного переходу (рис. 1.22) та постпроцесуємо для отримання керуючої програми.

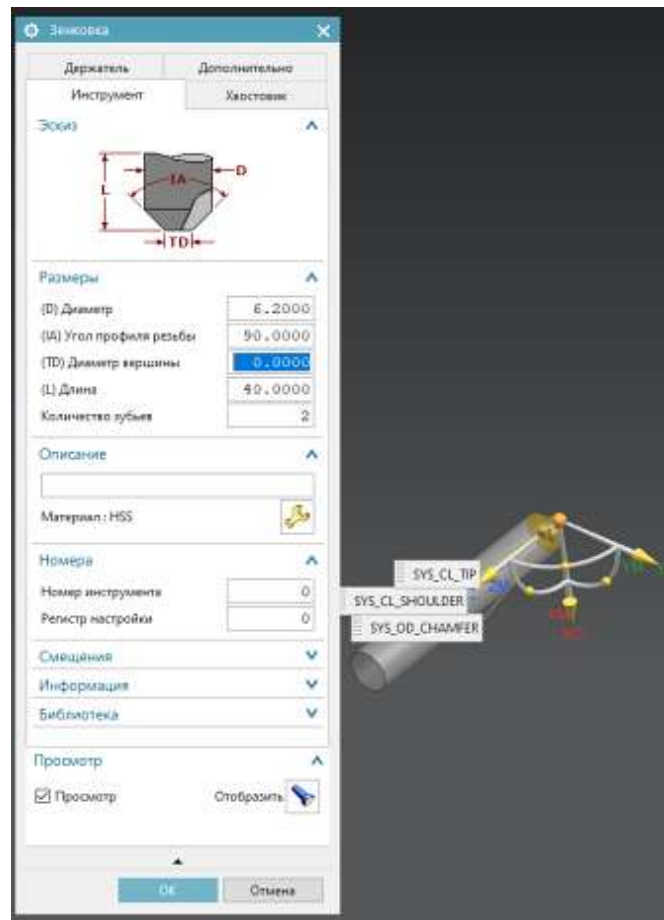


Рисунок 1.19 – Вибір інструмента із бібліотеки інструментів

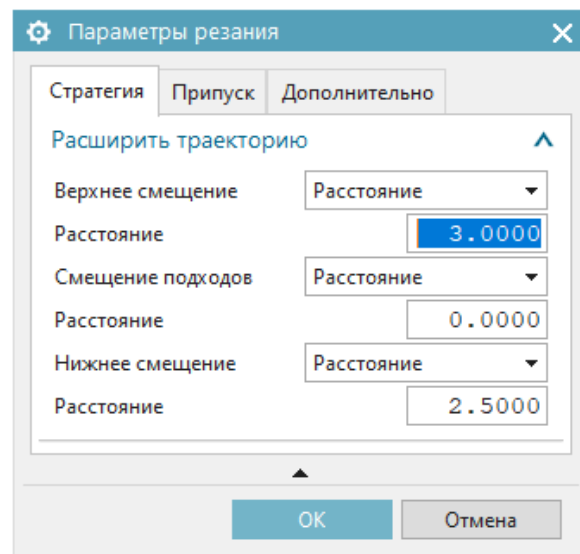


Рисунок 1.20 – Завдання параметри врізання та перебігу

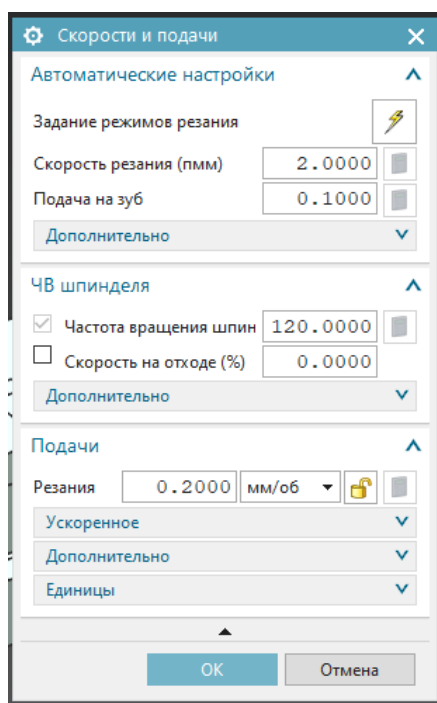


Рисунок 1.21 – Завдання режимів різання

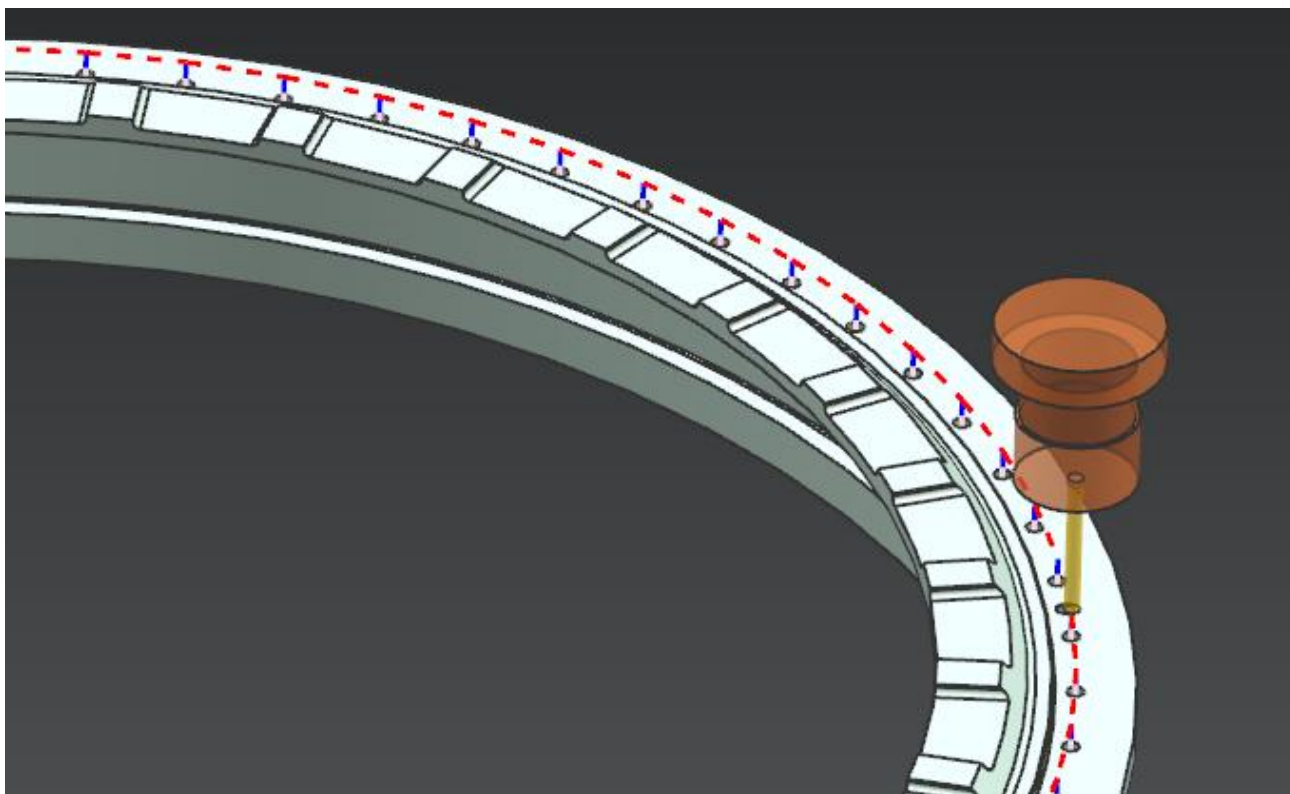


Рисунок 1.22 – Траєкторія руху свердла

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розробимо керуючу програму для фрезерного переходу комплексної операції 25. Операційний ескіз показаний на рис. 1.5-1.6.

Як і при розробці токарної та свердлильної операції в файл, в якому будемо розробляти операцію, додаємо моделі деталі та заготовки, розміщуючи їх в геометричній групі WORKPIECE.

Орієнтуємо систему координат MCS_MILL, відносно деталі (рис. 1.18). Створюємо інструмент – кінцеву фрезу на базі інструмента зі стандартної бібліотеки.

Далі створюємо перехід фрезерування на базі «операції контурної чистової обробки». Задаємо в цій операції геометрію, що обмежує області зняття припуску. Задаємо режими різання. Генеруємо траєкторію руху інструмента. І нарешті виконуємо постпроцесування і отримуємо керуючу програму в G-кодах. На рис. 1.23 показана траєкторія руху фрези.

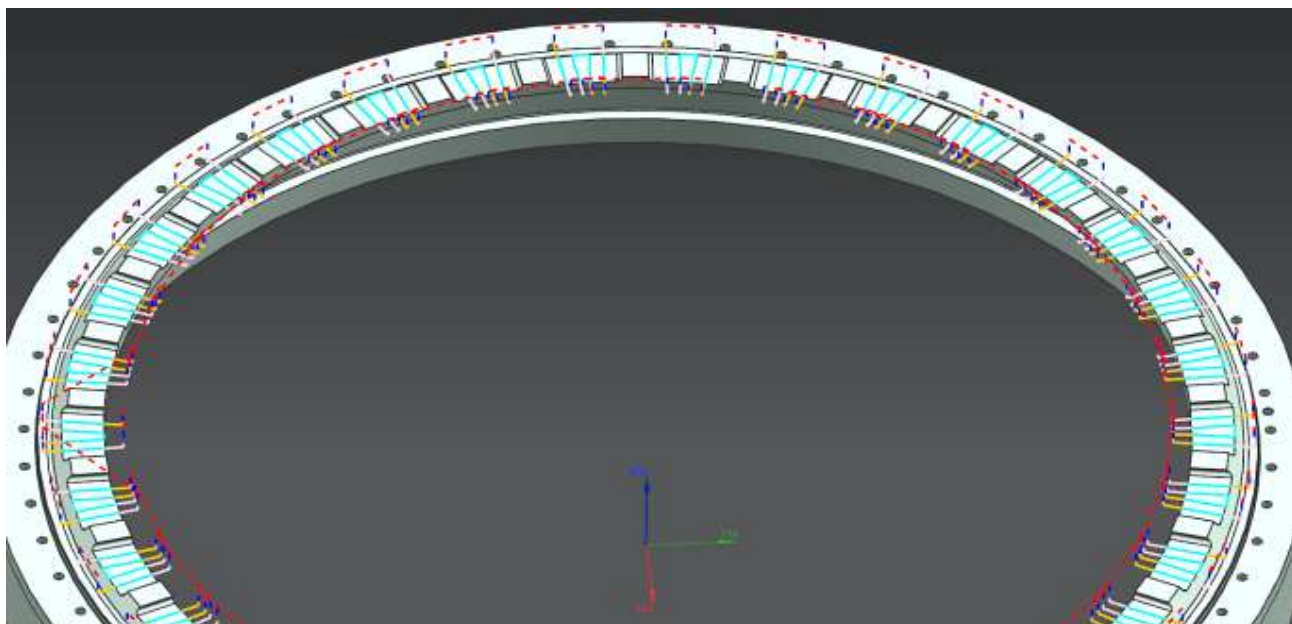


Рисунок 1.23 – Траєкторія руху фрези

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Робоче пристосування призначено для встановлення заготовки на токарно-карусельних верстатах, що оснащенні власним пневматичним приводом. Пристосування встановлюється на обробний центр 20DSC160, виконаний на базі токарно-карусельного верстата.

Пристосування (рис. 2.1) працює наступним чином. Затискне зусилля генерується пневмоциліндром, до якого через систему підводиться стиснуте повітря. Далі через стяжну муфту, болт, тягу зусилля передається на 3 затискачі, що рухаються у втулках. Заготовка встановлюється у встановчий диск. Елементи пристосування складаються у корпусі. Базування пристосування на токарному верстаті здійснюється за допомогою планшайби. Спеціальні пази в прижимах виконані таким чином, щоб при повздовжньому переміщенні вони оберталися навколо власної осі, щоб облегшити зняття деталі з верстата.

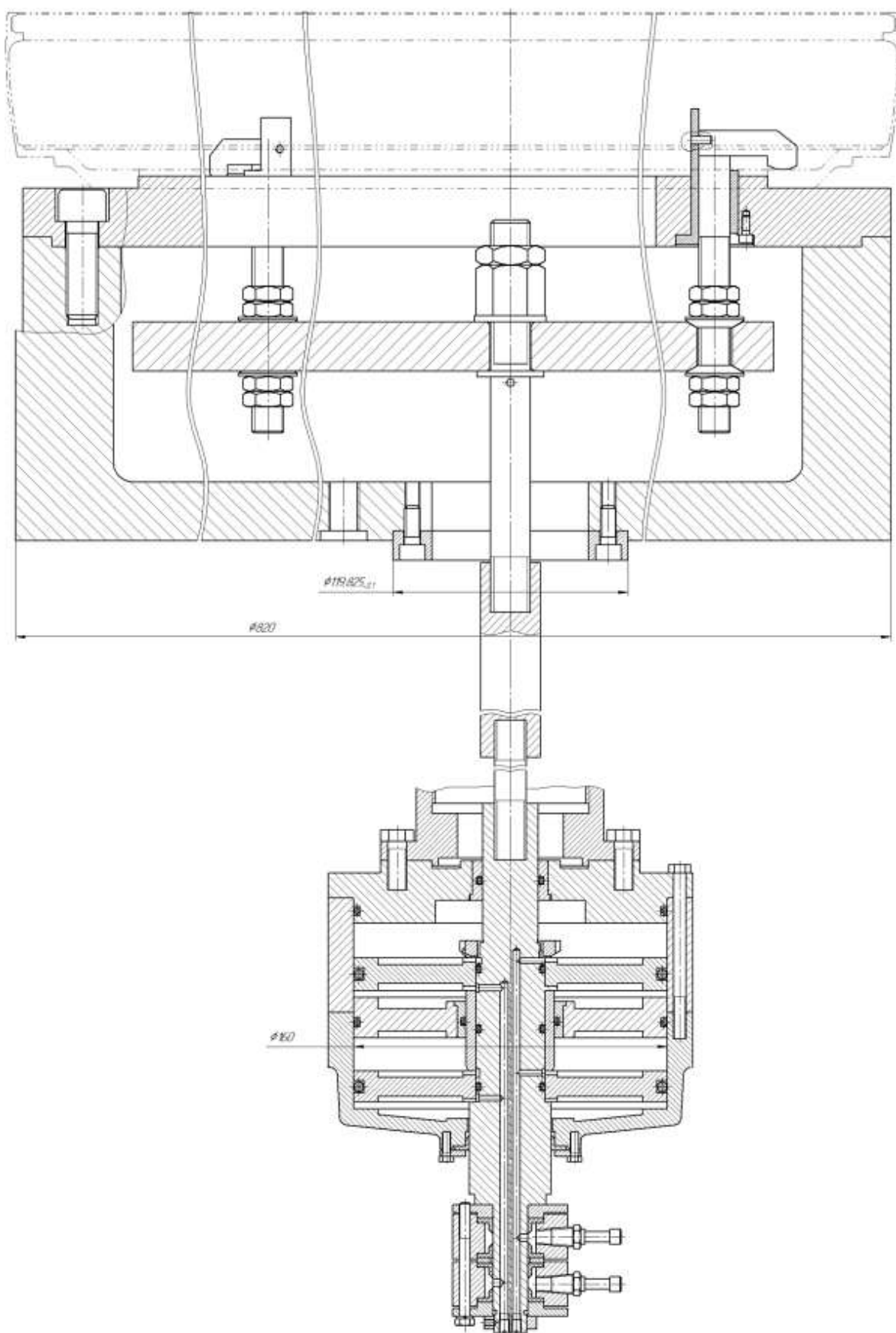


Рисунок 2.1 – Робоче пристосування

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Методика розрахунку пристосування на точність базується на тому, що сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір обробки.

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{вст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{наст}} + \varepsilon_{\text{обр}}, \quad (2.2)$$

де $\varepsilon_{\text{вст}}$ – частина похибки обробки, що залежить від обраної схеми установки заготовки в пристосування. Похибка установки дорівнює нулю, так як настроювальна база співпадає з установчою базою – $\varepsilon_{\text{уст}} = 0$ мм.

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настановних елементів, їх зносу і установки пристосування на металорізальному верстаті.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \Delta_1 + \Delta_2 + \Delta_3 \quad (2.3)$$

де: Δ_1 – похибка, обумовлена неточністю виготовлення установчих елементів;

$$\Delta_1 = T_{\text{у.с.}} = 0,005 \text{ мм [9].}$$

$\Delta_2 = 0,001$ мм – похибка залежить від величини допустимого зношування установчих елементів [9];

Δ_3 – похибка яка виникає при установці пристосування на металорізальному верстаті [9]. В нашому випадку, вона дорівнює $\Delta_3 = 0$ мм, оскільки цанга попередньо проточується на верстаті, в якому буде здійснюватись обробка.

$$\varepsilon_{np} = 0,005 + 0,001 + 0 = 0,006 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{настр}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настроювальних елементів пристосування і процесу настройки, $\varepsilon_{настр} = 0,003 \text{ мм}$ [9].

$\varepsilon_{обр}$ – частина похибки обробки, що залежить від зношування ріжучого інструменту, геометричній неточності виготовлення верстата, пружних і теплових деформацій системи ВПД.

$$\varepsilon_{обр} = \Delta_4 + \Delta_5 + \Delta_6 + \Delta_7 \quad (2.4)$$

де $\Delta_4 = 0,001 \text{ мм}$ – величина допуску зношування ріжучого інструменту [9];
 $\Delta_5 = 0,002 \text{ мм}$ – величина похибки, що залежить від геометричній неточності виготовлення металорізальних верстатів [9];

$\Delta_6 = 0,001 \text{ мм}$ – величина похибки, що залежить від деформацій системи ВПД [9];

$\Delta_7 = 0,001 \text{ мм}$ – величина похибки, що залежить від температурних деформацій системи ВПД [9];

Таким чином, похибка становить:

$$\varepsilon_{обр} = 0,001 + 0,002 + 0,001 + 0,001 = 0,005 \text{ мм.}$$

Сумарна похибка обробки:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0 + 0,006 + 0,003 + 0,005 = 0,014 \text{ мм,}$$

За умовами розрахунку пристосування на точність, сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір.

Виконавчий розмір при точінні $\varnothing 811^{+0,036}$.

Величина допуску на розмір обробки становить $T = 0,036$ мм, сума похибок $\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0,014$ мм.

Дане пристосування дозволяє при токарній обробці витримати заданий розмір з допуском на нього $0,036$ мм.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Перед початком конструювання пневматичного пристосування необхідно визначити діаметр робочої порожнини пневмоциліндра.

Для цього, визначимо окружну силу різання при точінні [10, с. 271]

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \text{ Н} \quad (2.5)$$

де $C_p = 204$ [10, табл. 22, с. 273];

$t = 2$ мм;

$s = 0,12$ мм/об;

$v = 52$ м/хв;

$x = 1,0$ [10, табл. 22, с. 273];

$y = 0,75$ [10, табл. 22, с. 273];

$n = 0$ [10, табл. 22, с. 273];

Загальний поправочний коефіцієнт на силу різання визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \text{ Н} \quad (2.6)$$

де $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{1100}{750}\right)^{0,75} = 1,33$ [10, табл. 9, с. 264];

$K_{\varphi p} = 0,89$ [10, табл. 23, с. 275];

$K_{\gamma p} = 1,1$ [10, табл. 23, с. 275];

$$K_{\lambda p} = 1 [10, \text{табл. 23, с. 275}];$$

$$K_{rp} = 0,87 [10, \text{табл. 23, с. 275}].$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 52^0 \cdot 1,33 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 1604 \text{ , Н}$$

Далі необхідно визначити зусилля Q і силу затиску P . Згідно зі схемою затискають пристрої з сілообразуючими ланками визначимо зусилля:

$$Q = k \frac{P_z}{f_1 + f_2} \quad (2.7)$$

де: $f_1 = 0,15$, $f_2 = 0,15$ – коефіцієнти тертя заготовки о базуючу поверхню і поверхню штока-прихвата [11, табл. 6.4, с. 132];

k – коефіцієнт запаса:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.8)$$

де: k_0 – гарантований коефіцієнт запасу закріплення, $k_0 = 1,5$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_1 – коефіцієнт, що враховує наявність випадкових нерівностей на поверхні деталі, для чистової обробки – $k_1 = 1,0$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання, внаслідок прогресуючого зносу інструменту – $k_2 = 1,2$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_3 – коефіцієнт, що враховує зміни сил, при переривчастому різанні, для фрезерування $k_3 = 1,3$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_4 – коефіцієнт, що враховує вид пристосування, для механізованих пристосувань $k_4 = 1,0$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_5 – коефіцієнт, що характеризує зручність рукоятки для ручних затискачів, для механізованих пристосувань $k_5 = 1,0$ [11, табл. 6.5, с. 133];

k_6 – коефіцієнт, що враховує положення заготовки, $k_6 = 1,3$ [11, табл. 6.5, с. 133].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 3,04$$

Визначимо еквівалентну силу:

$$Q = 3,04 \frac{1604}{0,15 + 0,15} = 16\,268 \text{ Н.}$$

Виходячи з розрахункового зусилля на штоку і прийнятого тиску повітря в мережі – 4 атм., Вибираємо діаметр робочої порожнини циліндра $D=160$ мм. Діаметр штока дорівнює $d = 36$ мм.

Згідно з прийнятими даними, визначимо зусилля на штоку [11, табл. 6.11, с. 151]. Для пневмоциліндра двосторонньої дії сила, що тягне шток, дорівнює:

$$W = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (2.9)$$

де $D = 160$ мм – діаметр робочої порожнини циліндра;

$d = 36$ мм – діаметр штока;

$p = 0,4$ МПа – тиск повітря в мережі;

$\eta = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії;

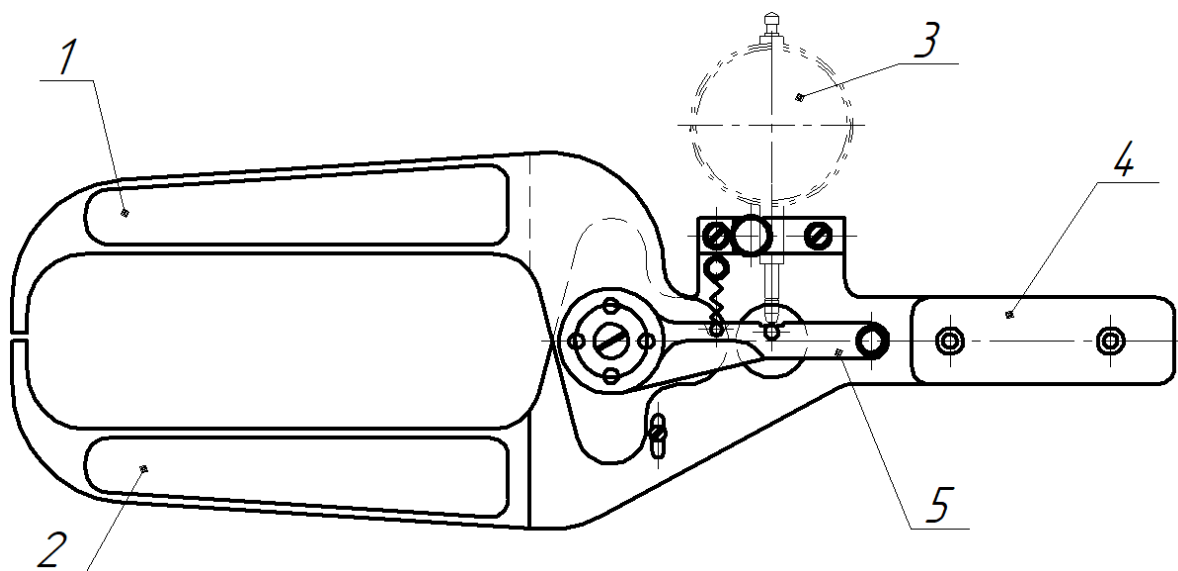
$$W = \frac{3,14}{4} (160^2 - 36^2) \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 17390 \text{ Н,}$$

Порівнюючи отримане значення зусилля на штоку з розрахунковим зусиллям, що залежать від сили різання, видно що $W > Q$, дана умова забезпечує надійне закріплення деталі.

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис конструкції і принципу роботи контрольного пристосування

Для контролю товщини стінки використовується контрольне пристосування «Індикаторний стінкомір на розмір $2,7_{-0,2}$ мм» (рис. 2.2).



1 – ніжка; 2 – державка; 3 – індикатор годинникового типу; 4 – ручка;
5 – важіль

Рисунок 2.2 – Ескіз контрольного пристосування

Стінкомір складається із ніжки (1), державки (2), індикатора з ціною ділення 0,01 мм (3), ручки (4), важілю (5). Контролер налаштовує його на розмір товщини стінки, виставляє індикатор на «0». Тримавши прибор за ручку контролер повільно проводить їм уздовж стінки деталі та дивиться на показники нерівностей по відхиленню стрілки індикатора.

2.2.2 Вибір засобу вимірювання

Вибір засобу вимірювання є відповідальною дією для технологічного процесу обробки деталі. Засіб вимірювання повинен мати найбільш сприятливі метрологічні, ергономічні, експлуатаційні характеристики.

Допустима похибка вимірювання контрольного пристосування визначається за ГОСТ 8.051-81 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм».

Визначаємо допустиму похибку засобу вимірювання, за формулою (мм):

$$|\delta_{\text{вим}}| = k \cdot T_K, \quad (2.10)$$

де k – коефіцієнт, залежить від квалітету або ступеня точності контролюваного параметра [8, с. 72].

T_K – допуск на розмір контролюваної поверхні, вказаний на кресленні деталі (вимірюємо товщину стінки $1,5_{-0,25}$).

Відповідно за формулою (2.10):

$$|\delta_{\text{вим}}| = 0,2 \cdot 0,25 = 0,05 \text{ мм.}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051–81 «Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм» приймаємо допустиму похибку засобів вимірювання у $\delta_{\text{вим}} = 0,01$ мм.

Визначаємо допустиму фактичну похибку засобу вимірювання, за формулою (мм):

$$|\Delta_{\text{вим}}| = 0,7 \cdot |\delta_{\text{вим}}|, \quad (2.11)$$

Виконуємо розрахунки за формулою (2.11):

$$|\Delta_{\text{вим}}| = 0,7 \cdot 0,01 = 0,007 \text{ мм.}$$

Ціну поділки визначаємо в залежності від величини допустимої фактичної похибки засобу вимірювання та приймаємо $|\Delta_{\text{вим}}| = 0,01 \text{ мм}$.

Інтервал поділки шкали $[A]$ приймаємо 2 мм, виходячи з умов праці робітника.

$$[A] = 4 \cdot T_K, \quad (2.12)$$

Відповідно:

$$[A] = 4 \cdot 0,25 = 1 \text{ мм}.$$

Інтервал поділки шкали $[B]$ приймаємо 10 мм, згідно з умовами експлуатації.

Вимірювальне зусилля $P_{\text{зус}}$ визначається характером контрольованих поверхонь та величиною допуску вимірюваного параметра. Приймаємо $|P_{\text{зус}}| = 5 \text{ Н}$. Допустиме коливання вимірювального зусилля приймаємо $\Delta P_{\text{зус}} = 1 \text{ Н}$.

Визначаємо кількість циклів вимірювання з ймовірністю безвідмовної роботи, за формулою (шт):

$$[t(P)] = 2 \cdot N. \quad (2.13)$$

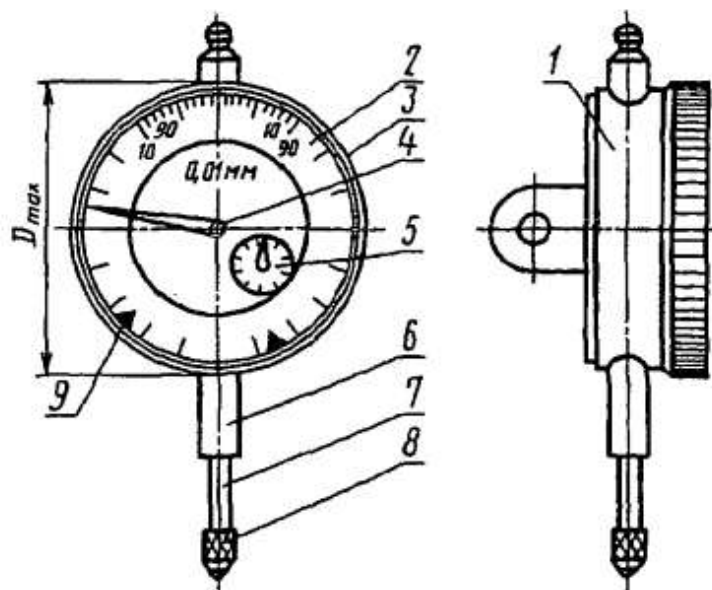
$$[t(P)] = 2 \cdot 500 = 1000 \text{ шт}.$$

Ймовірність безвідмовної роботи приймаємо $|P| = 0,85$.

На підставі виконаних розрахунків, за ГОСТ 577-68 «Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм» обираємо в якості засобу вимірювання індикаторні годинник моделі ИЧ10. Даний прилад зображений на рис. 2.3. Обраний засіб вимірювання характеризується наступними параметрами:

- похибка вимірювання = 0,008 мм;
- найбільше вимірювальне зусилля = 1,5 Н;
- коливання вимірювального зусилля = 0,5 Н;
- межа вимірювання за шкалою $[A] = 2 \text{ мм}$;
- межа вимірювання за шкалою $[B] = 10 \text{ мм}$;
- кількість циклів вимірювання з ймовірністю безвідмовної роботи 0,85, складає 10000 шт.

Головка індикатора виконана суцільним литим силуміновим корпусом. В латунних платах розташований вимірювальний механізм, що складається з трьох важільного кулісного механізму та одноступінчастої зубчастої передачі. Сталевий вимірювальний стрижень, оснащений вимірювальним наконечником, рухається в сталевий направляючої втулці, запресованій в корпусі. Вимірювальне зусилля забезпечується двома пружинами. Для підвищення точності і надійності вимірювань, наконечник вимірювального приладу забезпечений вставкою з твердого сплаву.



1 – корпус; 2 – циферблат; 3 – ободок; 4 – стрілка; 5 – показчик; 6 – гильза; 6 – вимірювальний стрижень; 8 – вимірювальний наконечник; 9 – показчик поля допуску

Рисунок 2.3 – Ескіз індикатора багатооборотного ИЧ10

2.2.3 Розрахунок допустимої сумарної похибки вимірювань

Визначаємо допустиму сумарну похибку вимірювань за формулою:

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2 + \Delta_8^2}, \quad (2.14)$$

де k – коефіцієнт відносного розсіювання; [8, с. 75];

Δ_1 – похибка базування і закріплення;

Δ_2 – частина похибки установки і зносу опорних елементів пристосування;

Δ_3 – частина похибки конструкції пристосування;

Δ_4 – похибка, яка залежить від ціни поділу індикатора годинникового типу;

Δ_5 – похибка настройки пристосування за еталоном;

Δ_6 – похибка від контактних деформацій;

Δ_7 – похибка від температурних деформацій;

Δ_8 – співвісність центрів.

Визначаємо частину похибки установки і зносу опорних елементів пристосування за формулою:

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot a, \quad (2.15)$$

де a – відхилення обробленої поверхні.

Виконуємо розрахунки за формулою (2.15):

$$\Delta_2 = 0,5 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ мм}$$

Визначаємо частину похибки конструкції пристосування за формулою:

$$\Delta_3 = (0,07 \dots 0,1) \cdot a, \quad (2.16)$$

$$\Delta_3 = 0,085 \cdot 0,02 = 0,0017 \text{ мм.}$$

Визначаємо похибку від контактних деформацій за формулою:

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P^2}{r}}, \quad (2.17)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від матеріалу вимірювального наконечника;

r – радіус вершини наконечника, мм;

Виконуємо розрахунки за формулою (2.17):

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,5^2}{5}} = 0,27 \text{ мкм.}$$

Визначаємо похибку від теплових деформацій за формулою:

$$\Delta_7 = l \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_2), \quad (2.18)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення матеріалів вимірювального об'єкта і вимірювального засобу;

l – довжина щупа, який здійснює контакт з деталлю;

t_1, t_2 – температурний діапазон вимірювання.

Відповідно до формули (2.18):

$$\Delta_7 = 10 \cdot 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot (25 - 20) = 0,00067 \text{ мм.}$$

Визначаємо допустиму сумарну похибку вимірювань за формулою (2.14):

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{вим}} &= \\ &= \frac{1}{k} \cdot \sqrt{0^2 + 0,01^2 + 0,0017^2 + 0,01^2 + 0^2 + 0,00027^2 + 0,00067^2 + 0,0005^2} = \\ &= 0,014 \text{ мм.} \end{aligned}$$

$$\Delta_{\text{вим}} = 0,014 \text{ мм} < |\delta_{\text{вим}}| = 0,05 \text{ мм.}$$

Отже, порівнявши фактичну сумарну похибку з допустимою робимо висновок, що умова придатності виконується, пристосування можна використовувати для даної контрольної операції.

З АКТИВНИЙ КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ ТА КОМПЛЕКСАХ

Сучасні металорізальні верстати та комплекси є складною технологічною системою, що включає в себе велику кількість вузлів, які в процесі обробки заготовки змінюють свої властивості, що впливає на отримання заданої точності, якість поверхні і продуктивність. Для постійного контролю і спостереження за станом технологічного процесу обробки заготовки використовуються різні верстатні вимірювальні засоби [11].

На сучасних верстатах застосовують засоби контролю лінійних і кутових розмірів і переміщень [12]:

- на шліфувальних і хонінгувальних верстатах врізного шліфування застосовують прилади для контролю розмірів деталей в процесі обробки;
- на шліфувальних станах, що працюють «на прохід», розточувальних верстатах застосовують прилади для контролю розмірів деталей після обробки;
- на верстатах з ЧПК і обробних центрах застосовують широкодіапазонні перетворювачі для координатних вимірювань переміщень робочих органів верстата;
- на свердлильно-фрезерно-розточувальних верстатах і обробних центрах застосовують індикатори контакту (вимірювальні головки) для контролю розмірів деталей і позиціонування оброблюваних поверхонь і ріжучої кромки інструменту;
- на обробних центрах застосовують пристрої для настройки інструменту поза верстатом.

Перше автоматичне верстатне обладнання активного контролю (ВОАК) забезпечувалося електроконтактними перетворювачами і світлофорними сигнальними пристроями, що забезпечувало повну автоматизацію процесу обробки. З'явився автоматичний зворотний зв'язок по оброблюваного розміру. Однак електроконтактні ВОАК не забезпечувало високої точності, мало великі рухомі маси і велике вимірювальне зусилля, було відчутно до вібрацій,

підвищеної вологості в зоні обробки, електричні контакти піддавалися корозії, швидкому обгоранню.

Пневматична верстатне обладнання активного контролю (контактна і безконтактне) стало першим СОАК [13], яке задовольняло вимогам, необхідним для точної і надійної роботи на металорізальних верстатах. Пневматична оснащення займає мало місця і легко вбудовується в робочу зону верстата, має невеликі рухливі маси при контактному вимірюванні, відсутня вимірювальне зусилля. Спростилася конструкція: пневматична оснащення не вимагає герметизації, не чутлива до мастильно-охолоджуючих рідин і вібрацій. Система має роздільну здатність до 0,5 мкм і забезпечує високу точність обробки. Пневматична СОАК довго домінувало в машинобудуванні. Їм оснащувалися випускаються серійно шліфувальні і хонінгувальні верстати [14]. Пневматичні прилади дешеві, надійні і придатні до ремонту.

Останнім часом технічний прогрес призвів до того, що пневматичні пристрої стали витіснятися індуктивними, наприклад, свого часу широкого поширення набули перетворювачі БВ-6067 і БВ-6240, розроблені в ВАТ «НДІ вимірювання». Багато виробів італійської фірми MARPOSS забезпечені індуктивними перетворювачами [15]. Англійська фірма RENISHAW виробляє вимірювальні головки і тактильні вимірювальні щупи [16], що встановлюються на багатоцільові верстати (рис. 3.1). Наприклад, на верстати Yamazaki з контрольним щупом і програмним забезпеченням фірми RENISHAW або на токарний обробний центр, оснащений вимірювальними зондами для установки інструментів фірми RENISHAW і системою блокової оснащення Sandvik.

З'являються безконтактні лазерні вимірювальні системи (рис. 3.2) [17]. Система являє собою вимірювальний прилад з керуванням від мікропроцесора, службовець для визначення безконтактним методом розмірів оброблюваних деталей або положення кромки різального інструменту.

На виставках «Металообробка» фірма RENISHAW продемонструвала нову систему постійного контролю за станом інструменту за допомогою лазера, встановлену на п'ятикоординатному обробному центрі. Дорожнеча таких приладів ускладнює їх використання в найближчому майбутньому. У

дослідженнях використовуються безконтактні датчики лінійних переміщень вихретокового принципу [18].



Рисунок 3.1 – Безконтактна лазерна вимірювальна система [14]

Разом з тим при роботі систем активного контролю виникають такі проблеми:

- складність активного контролю переривчастих поверхонь, що переміщуються в процесі механічної обробки;
- розширення діапазону вимірювань припусків заготовки;
- лінійність характеристики у всьому діапазоні вимірювань з метою видачі керуючих команд на зміну параметрів технологічного процесу;
- знос наконечників при вимірювальному контакті з контрольованою поверхнею;
- наявність оснащення зменшує надійність всієї системи.

Сучасні проблеми в області технології машинобудування і прикладної метрології акцентуються на кібернетичному підході до вирішення завдань

сучасних наукоємних технологій в техніці і виробництві з залученням інформаційних мереж, зокрема, верстатного обладнання активного контролю віброконтактного принципу вимірювання в різних технологічних операціях механічної обробки [19].

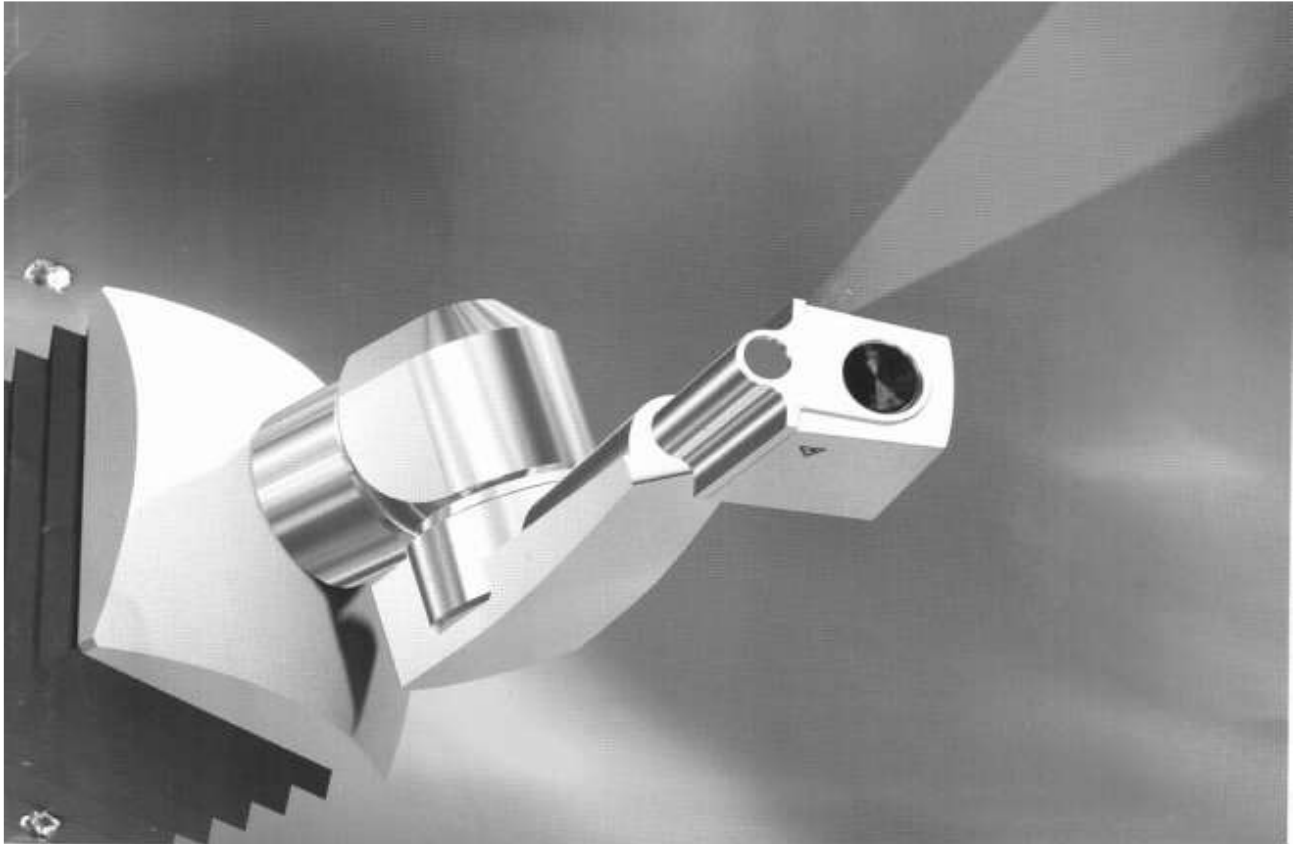


Рисунок 3.2 – Безконтактна лазерна вимірювальна система [17]

Актуальною проблемою є підвищення точності і продуктивності важкоконтрольованих розмірних параметрів заготовок, що переміщуються в процесі їх механічної обробки. Тому протягом останнього часу активно ведеться робота з дослідження і створення верстатного обладнання активного керуючого контролю на основі віброконтактного принципу вимірювання на різних металорізальних верстатах [20, 21]. Застосування верстатного обладнання активного контролю (контактного і безконтактного) є одним з ефективних методів технологічного забезпечення точності і автоматизації процесів обробки. На ряді промислових підприємств впроваджені СОАК на центрів шліфувальних і плоскошліфувальних верстатах вітчизняного і

зарубіжного виробництва, а також в ремонтному виробництві [22, 23]. Особлива увага приділяється створенню ВОАК для багатоцільових, багатфункціональних верстатів і верстатів з паралельною кінематикою.

Аналізуючи конструктивні особливості та промислове використання вимірювальних пристроїв, розроблених в нашій країні (в основному НДІ вимірювань) і в зарубіжних фірмах (в основному Renishaw, Marposs) спроектовані, виготовлені і впроваджені у виробництво різні по конструкції первинні вимірювальні елементи СОАК на обробні центри [24].

Розроблено універсальний ВОАК для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірних параметрів оброблюваних заготовок, комбіновані вимірювальні перетворювачі, що дозволяють видавати аналоговий сигнал і дискретну керуючу команду.

Специфічні умови роботи вимірювальних пристроїв (переміщення з магазину інструментів в шпиндель верстата) привели до створення автоматичних стикувальних вузлів через вимірювальний модуль з пристроєм передачі інформації (рис. 3.3).

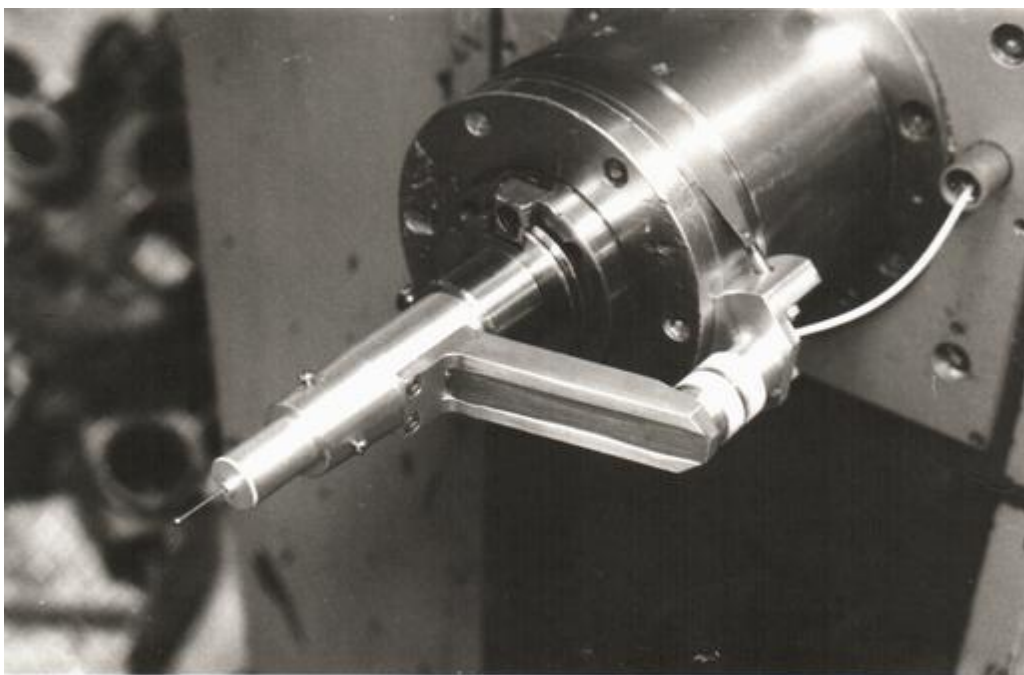


Рисунок 3.3 – Вимірювальний модуль з індуктивною системою передачі сигналу [24].

Вимірювальний модуль керуючого (регулюючого) контролю з індуктивною системою передачі сигналу від первинного перетворювача в систему верстата (або в відліково-командний блок) є компактною конструкцією.

Практика використання СОАК віброконтактного принципу вимірювання показала можливість вимірювання переривчастих поверхонь при їх технологічному переміщенні, використання компенсаційних схем контролю (двоконтактних схем), вимірювання великих припусків, установки на різні моделі верстатів; демпфірування ударів об кромки рухомих деталей і заготовок.

Таким чином, проведений аналіз існуючого верстатного обладнання активного контролю для металообробних верстатів і комплексів виявив, що віброконтактні СОАК поряд з обладнанням іншого принципу дії (лазерні, пневматичні та ін.) можуть з успіхом застосовуватися для контролю деталей в багатофункціональних металорізальних верстатах.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

Проведемо розрахунок напружено деформованого стану деталі кільце внутрішнє переднє. Розрахунок напружено-деформованого стану деталі проведемо в пакеті Siemens NX за допомоги метода скінчених елементів. Оскільки деталь має осесиметричну форму, то для скорочення часу розрахунків і для збільшення їх точності можна розглянути тільки частину кільця внутрішнього переднього (як показано на рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Сектор деталі кільце внутрішнє переднє

Далі розбиваємо даний сектор в препроцесорі на сітку скінчених елементів тетраедральної форми (рис. 4.2). Далі задаємо механічні параметри (рис. 4.3).



Рисунок 4.2 – Розбивання сектору на сітку елементів

Библиотека материалов							
Библиотеки							
Материалы							
Имя	Используемый	Б..	Категория	Тип	Метка	Библиотека	Плотность (RHO)
Polypropylene-GF		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.2e-006кг/мм ³
Polyurethane-Hard		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.2e-006кг/мм ³
Polyurethane-Soft		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.2e-006кг/мм ³
Potassium_Liquid		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан...
Propane_C3H8_Gas		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан...
PVC		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.4e-006кг/мм ³
R134a_C2H2F4_Gas		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан...
R134a_C2H2F4_Liquid		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан...
S/Steel_PH15-5		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	7.81693e-006кг/...
SMC		🔒	PLASTIC	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.4e-006кг/мм ³
Sodium_Liquid		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан...
Steel-Rolled		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	7.85e-006кг/мм ³
Steel		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	7.829e-006кг/мм...
Sulfur_Dioxide_Liquid		🔒	OTHER	Жидкость		physicalmateriallibrary.xml	Табличные дан...
Titanium-Annealed		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	4.5e-006кг/мм ³
Titanium_Alloy		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	4.454e-006кг/мм...
Titanium_Ti-6Al-4V		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	4.43e-006кг/мм ³
Tungsten		🔒	METAL	Изотропный		physicalmateriallibrary.xml	1.93e-005кг/мм ³

Рисунок 4.3 – Вибір матеріалу із бібліотеки

Далі важливим етапом є завдання умов циклічної симетрії. Для завдання цих умов використовуємо команду Автоматичний зв'язок (Automatic Coupling), і задаємо параметри як показано на рис. 4.4.

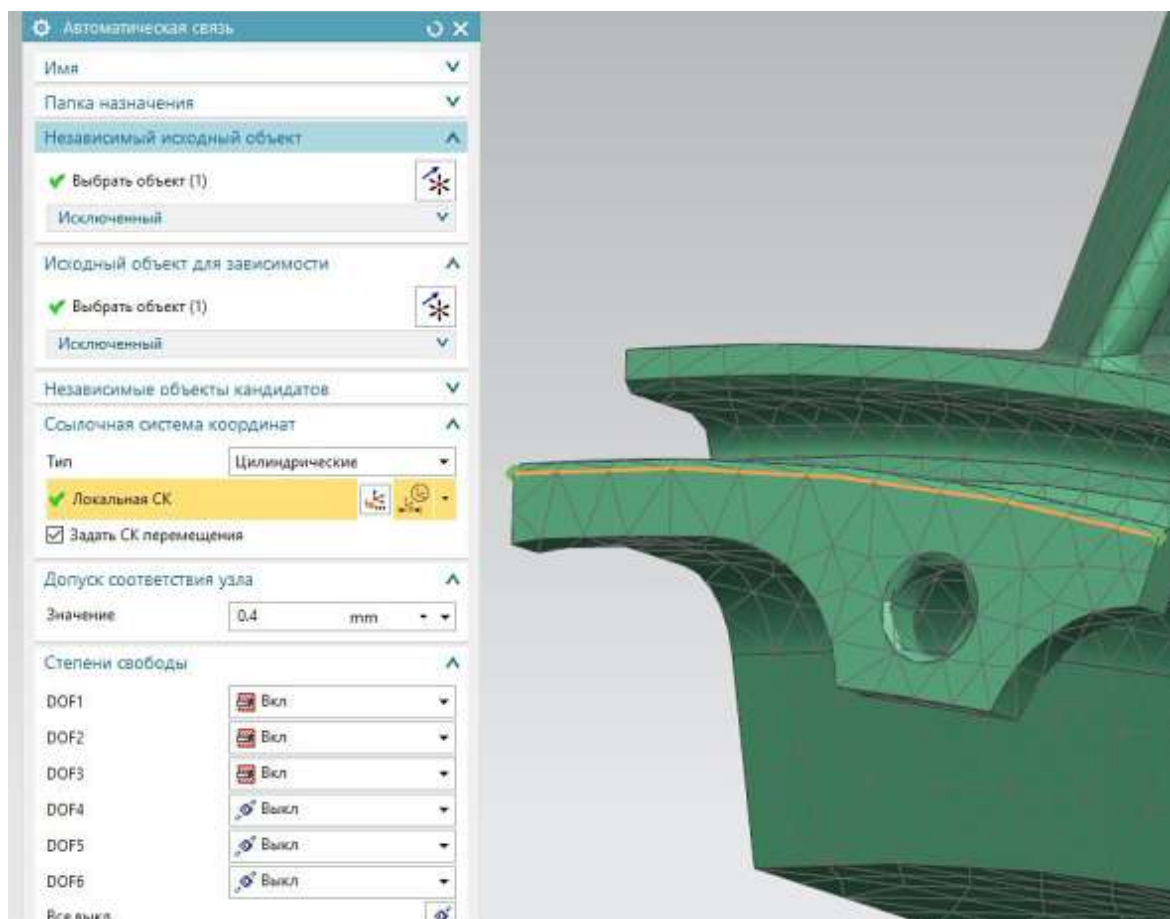


Рисунок 4.4 – Завдання умов циклічної симетрії

Задаємо обмеження на переміщення за допомоги команди Обмеження, що задається користувачем (User Defined Constrained).

Оскільки моноколесо працює в умовах відцентрового навантаження і піддається дії аеродинамічних сил, прикладаємо до моделі моноколеса навантаження у вигляді обертання (Rotation) та розподіленого тиску на корито лопатки (рис. 4.5).

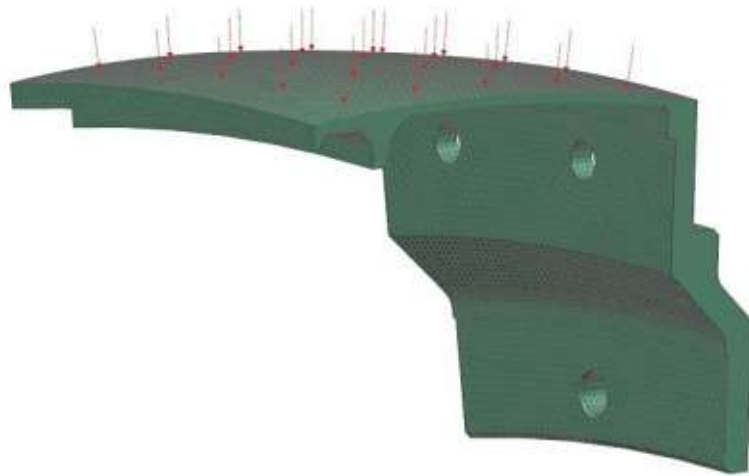


Рисунок 4.5 – Прикладення навантаження до моделі деталі

Проводимо розрахунок навантажень. Отримуємо результати у вигляді діаграми еквівалентних навантажень за Мізесом (рис. 4.6) та у вигляді епюри переміщень (рис. 4.7).

Виходячи з результатів розрахунку робимо висновок, що найбільші напруження спостерігаються в місцях сполучення лопаток і маточини деталі. Тому варто приділити особливу увагу цим місцям концентрації напружень і забезпечити в технології обробки відсутність в даних місцях додаткових концентраторів напружень, таких як риски, забоїни і інші пошкодження які можуть з'явитись в результаті обробки.

fem1, sim1 : Solution 1 Результат
 Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
 Напряжение - По элементам, По Мизесу
 Мин. : 0.15, Макс. : 22.72, Единицы = Н/мм²(МПа)
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина

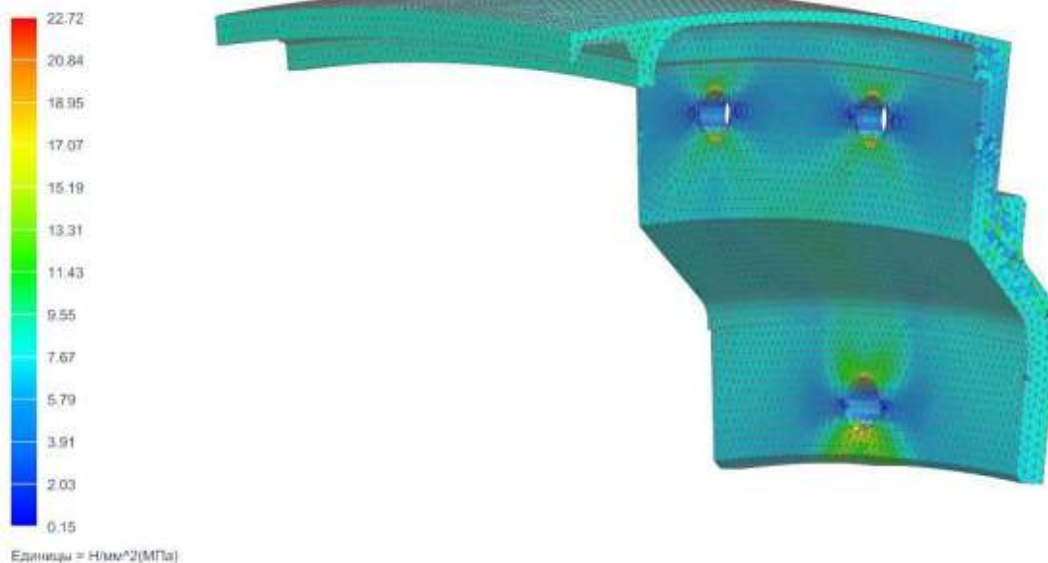


Рисунок 4.6 – Напряжения за Мизесом

fem1, sim1 : Solution 1 Результат
 Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
 Перемещение - По узлам, Величина
 Мин. : 0.0247497, Макс. : 0.0296112, Единицы = мм
 Деформация : Перемещение - По узлам Величина

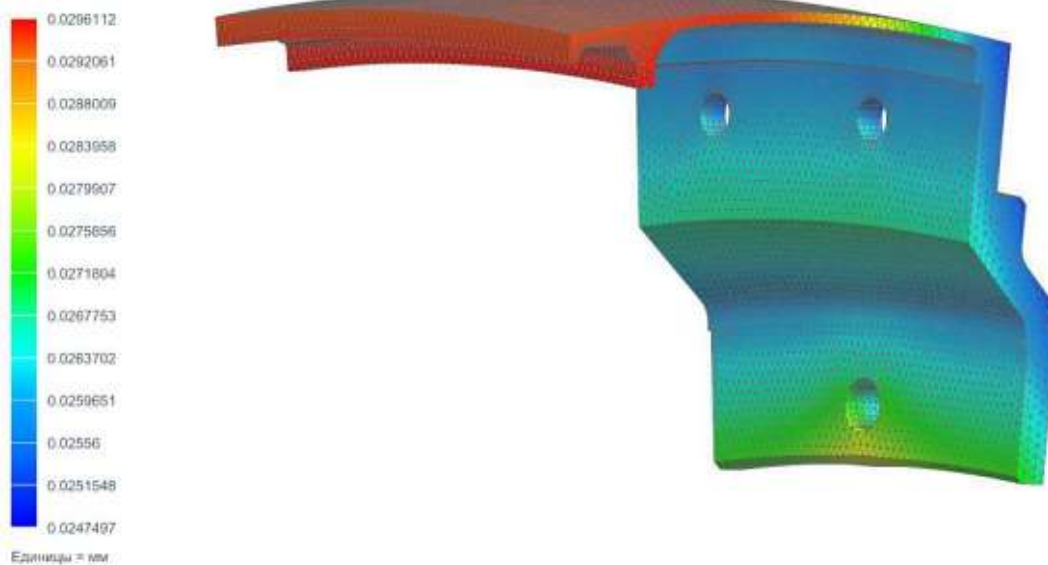


Рисунок 4.7 – Елюра переміщень

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ

Основним завданням металорізальних верстатів є перетворення необроблених матеріалів з заданими механічними властивостями в деталь з заданою геометрією, розмірами та якістю поверхні. Оскільки зростають вимоги до виробництва деталей з високою якістю при низьких затратах, верстати повинні мати високий ступінь точності обробки та швидкості. В останні роки також зростають вимоги до обробки на верстаті важкооброблюваних матеріалів та деталей зі складною геометрією. Оскільки розмір виробничої партії стає меншим, то одинична деталь зі складною геометрією повинна оброблятися без пробного проходу. Для того щоб відповідати таким вимогам, верстати повинні мати багатофункціональність, поряд з модульною та змінною конструкцією.

Багато деталей обробляються послідовністю процесів, які можуть включати в себе різні процеси різання, подрібнення, пластичної деформації, термічної обробки та інше. Для того щоб обробляти такі деталі на невеликій кількості верстатів, необхідно, щоб один верстат міг виконувати різні процеси обробки, замість того, щоб розподіляти операції на серію вузькоспеціалізованих верстатів. Типові комбінації процесів обробки на таких верстатах показані в табл. 5.1 [25].

Об'єднання різних процесів різання було прискорено в останні роки щодо оброблюваних деталей з невеликим розміром партії, але зі складною геометрією, високою точністю та які оброблюються за короткий час. Токарно-фрезерні верстати та багатофункціональні обробні центри – це типові представники таких багатофункціональних верстатів. Розглянемо історичні передумови створення і сучасний стан багатофункціональних верстатів, що використовуються в машинобудівній галузі.

Таблиця 5.1 – Можливий процес об'єднання на багатофункціональних верстатах

Лезова обробка	Токарна обробка
	Свердління
	Фрезерування
	Зубонарізання
	Стругання
Абразивна обробка	Плоске шліфування
	Круглошліфування
	Внутрішнє шліфування
Фінішна обробка	Полірування
	Притирання
Термічна обробка	Лазерне спікання (порошків)
	Лазерне знеміцнення
Електрофізична обробка	Електроерозійна обробка
Контроль	Вимірювання на верстаті

5.1 Історичний огляд багатофункціональних верстатів

5.1.1 Багатофункціональні токарні верстати

Походження сучасних верстатів бере свій початок у тих розробках, які були до моменту або під час індустріальної революції в кінці 18-го сторіччя. Свердлильна машина, розроблена Джон Вілкінсоном, та токарний верстат, розроблений Генрі Модслі, – це типові представники таких верстатів. Базова конфігурація токарного верстата, який оброблює заготовку, що обертається, одиничним точковим інструментом, за довгий час не змінився. Для того щоб підвищити продуктивність був розроблений багатокоординатний верстат, який здатен виконувати кілька токарних операцій одночасно на базі одного верстата, обладнаного декілька ми шпинделями. Також був розроблений револьверний супорт, для того, щоб різноманітні токарні процеси з різним різальним інструментом могли виконуватись, поки заготовка закріплена в основному шпинделі.

Коли завдяки досягненням в області технологій ЧПК стало можливим одночасне керування за декількома координатами, був розроблений токарний верстат з двома револьверними супортами, який здатний одночасно обробляти деталь двома ріжучими інструментами.

Деталі типу тіл обертання з радіальними отворами, шпонковими пазами і іншими поверхнями, що знаходились поза осі обертання зазвичай оброблялись до свого кінцевого вигляду за допомогою свердлильних або фрезерних верстатів. Для того щоб деякі деталі повністю обробити за допомогою одного токарного верстата, до токарного верстата з ЧПК був доданий фрезерний шпиндель. Згодом його назвали Turning Center (ТС) (токарний обробний центр). Функціональні можливості токарного обробного центру зросла зі зростанням числа керованих координат, що функціонують одночасно. Типове одночасне керування координатами – це керування по осі С для індексації позиції обертання заготовки, керування по осі В для нахилу фрезерної головки впритул до заготовки, що обертається, та керування по осі Y для коректування взаємної позиції обертових координат заготовки та інструменту. Деякі токарні центри обладнанні двома шпинделями, які знаходяться один навпроти одного, для того, щоб довга заготовка могла бути затиснута двома шпинделями, та для того, щоб протилежна сторона заготовки могла бути оброблена після обробки в одному шпинделі.

Приклад такого токарного обробного центру, розробленого в 1974, наведений на рис. 5.1. Оскільки ступінь геометричної складності оброблюваних деталей збільшувався, то зростала функціональність та кількість одночасно контрольованих координат токарних обробних центрів. На рис. 5.2 показана стисла історія конфігурації токарних обробних центрів, а на рис. 5.3 – приблизна конфігурація багатофункціонального верстата [26]. Рис. 5.4 показує типові приклади оброблених деталей, геометрія яких змінюються з ростом функціональності токарного центру [26]. Деякі з недавно розроблених токарних з фрезерної головкою високої продуктивності називаються комбінованими багатокоординатними верстатами, так як важко сказати – токарні вони або фрезерні.

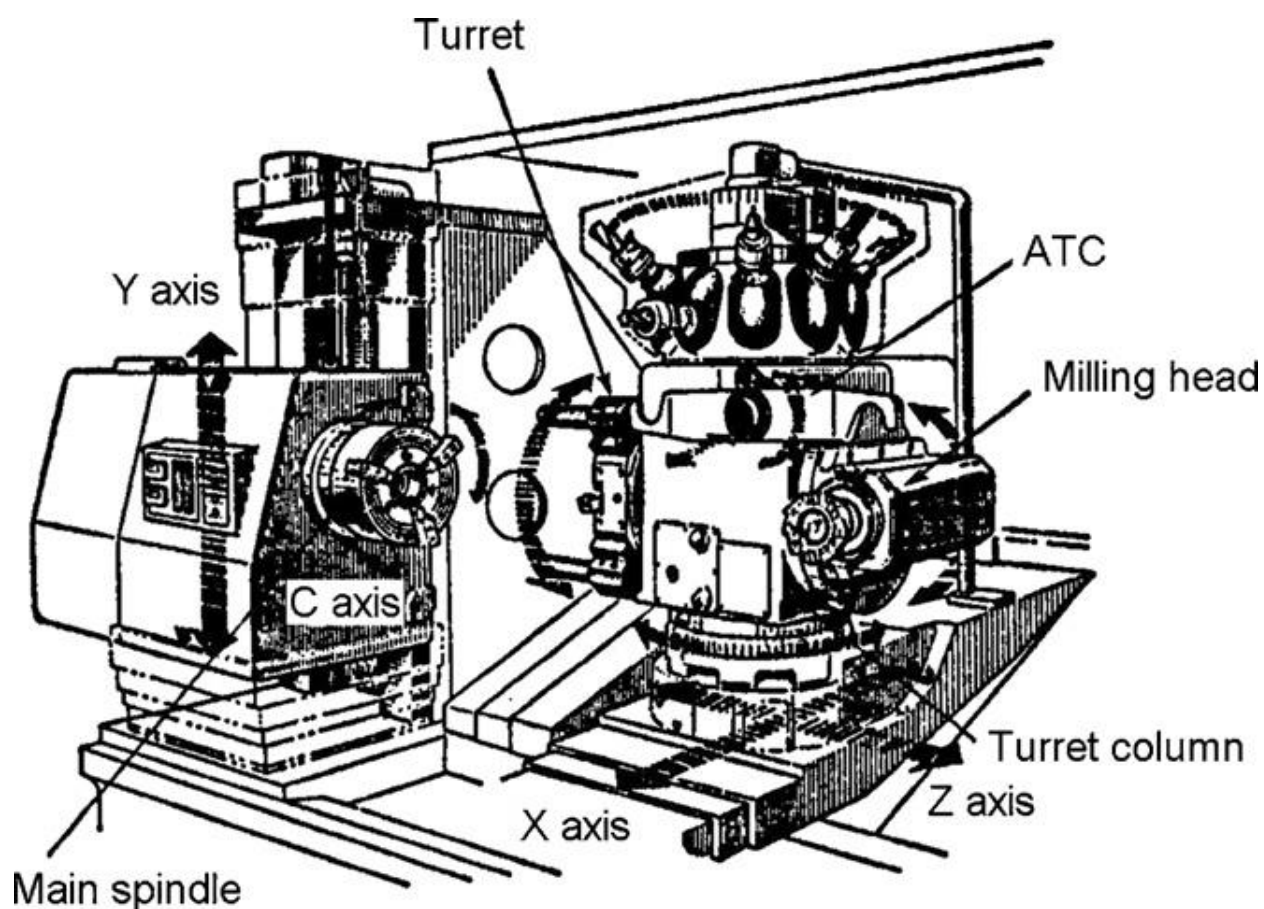


Рисунок 5.1 – Приклад токарного центру, розробленого в 1974 [25]

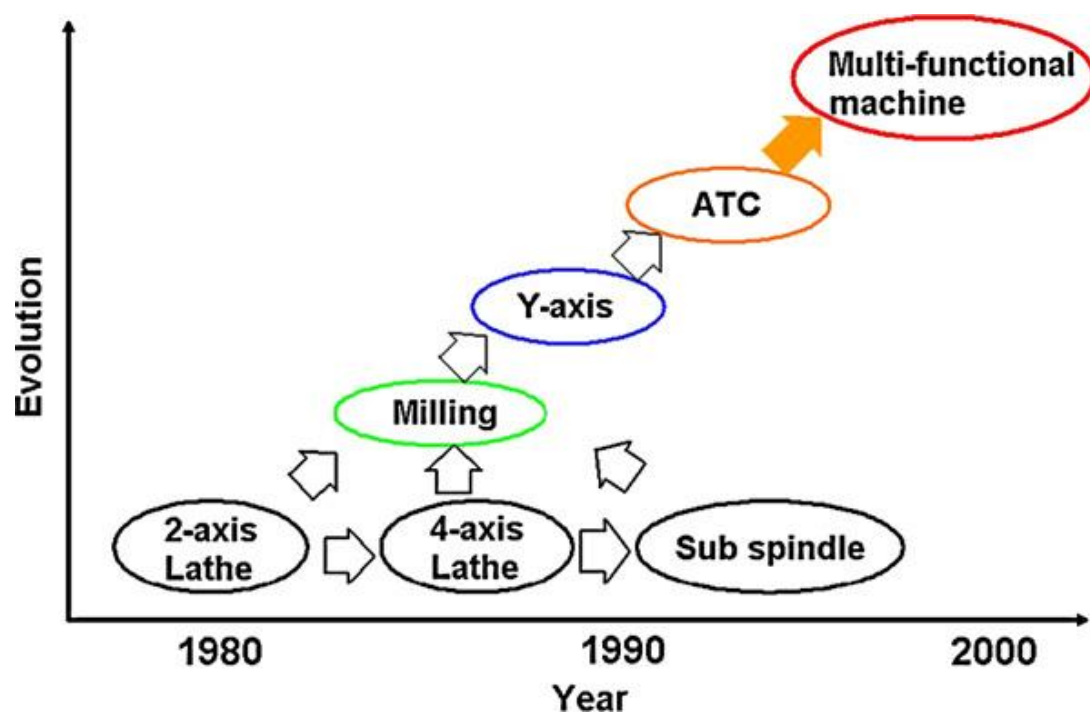


Рисунок 5.2 – Еволюція токарних верстатів [25]

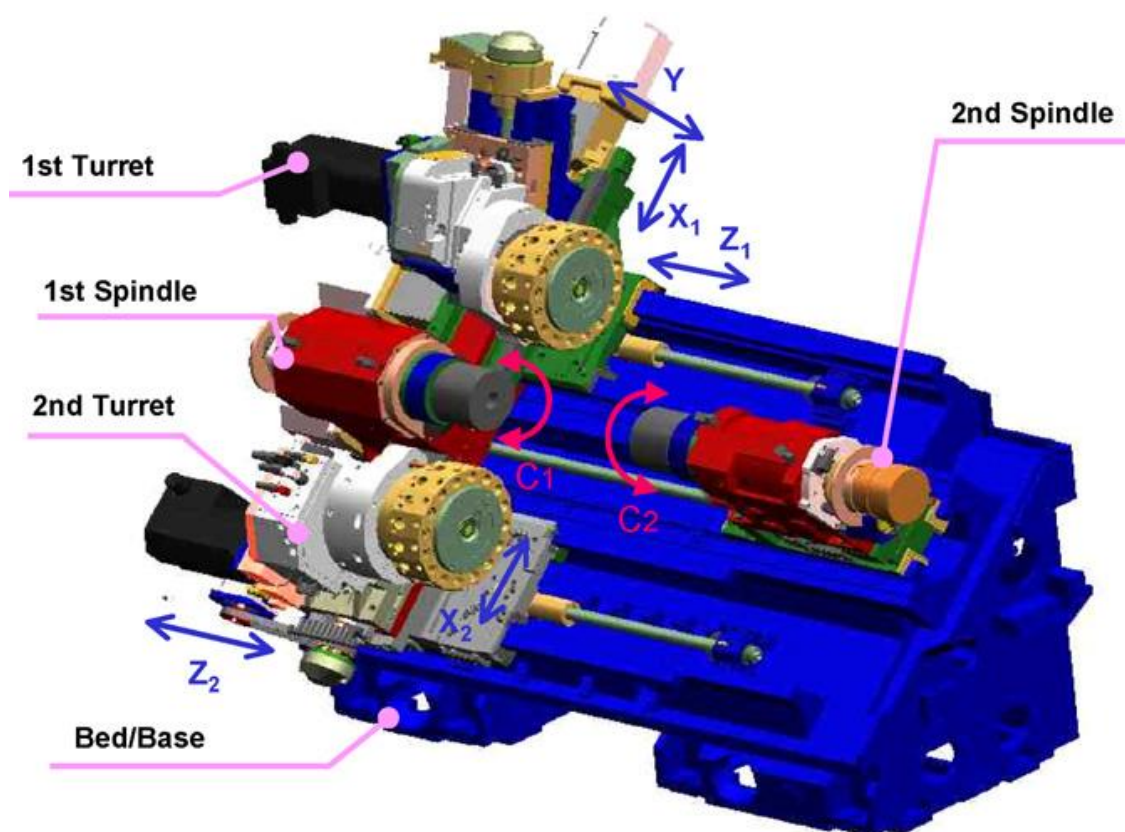


Рисунок 5.3 – Орієнтовна конфігурація сучасного багатофункціонального верстата [25]

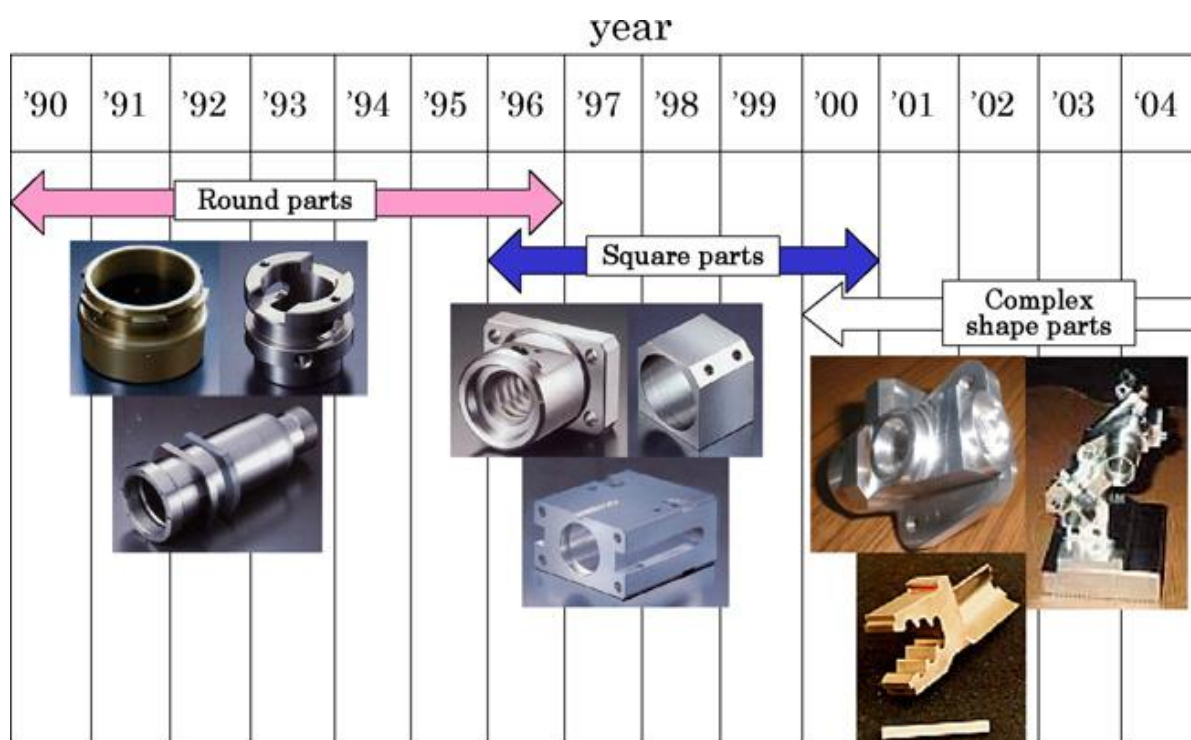


Рисунок 5.4 – Еволюція деталей, оброблюваних на токарних верстатах [25]

5.1.2 Багатофункціональні фрезерні верстати

Фрезерні верстати, які використовують різець зі складними ріжучими крайками, був розроблений Еллі Вітнеєм в 1827 році з США [27]. На самому початку він використовувався в основному для обробки плоских поверхонь. Пізніше область застосування була розширена до двомірних і тривимірних поверхонь. Перший верстат з ЧПК був розроблений Джоном Т. Парсонсом в 1952. Це був трьохкоординатний фрезерний верстат.

Значним прогресом в області фрезерних верстатів з ЧПК була розробка обробного центру (ОЦ) (Machining Center (MC)). Перший ОЦ, який називався Мілуокі-Метік, був розроблений Керні і Трекером в 1958 році (рис. 5.5). Одним із специфічних властивостей токарного центру є автоматичний змінник інструмента. Він створений для того, щоб різні види як фрезерних, так і свердлильних операцій могли бути здійснені при одному і тому ж разовому закріпленні заготовки на столі. Оскільки ОЦ був обладнаний обертовим або індексним столом, то стало можливим обробляти до п'яти поверхонь кубічної заготовки. Крім п'яти поверхонь обробки заготовки, було також впроваджено пристосування для зміни напрямку головного шпинделя з горизонтального в вертикальне або з вертикального в горизонтальне положення. Управління більшої частини ОЦ на цій стадії полягала в одночасному управлінні трьома декартовими координатами (X, Y, Z).

Оскільки вимоги до обробки деталей складної форми підвищувались, наприклад в космічній індустрії, то число одночасно контрольованих координат збільшилось завдяки розробкам технологій ЧПК типу CNC і рухомих вузлів. Більшість ОЦ з додатковими контрольованими координатами в даний час представлені на ринку п'ятикоординатними ОЦ. Типовими додатковими керованими координатами є C – координата для обертового столу, A – координата для нахилу столу і B – керована координата для нахилу основного шпинделя, показані на рис. 5.6. Точність обробки деталей зі складною формою сильно зросла, а час обробки у 5-координатних ОЦ знизився. Деякі ОЦ з обертовим столом, важким режимом роботи і високою швидкістю обертання

можуть використовуватися як для обертання заготовки, так само як вертикальний токарний верстат, так і для здійснення операцій фрезерування. Такі ОЦ розглядаються як поєднання фрезерного і токарного верстатів. Приклад такої одночасної обробки представлений на рис. 5.7.

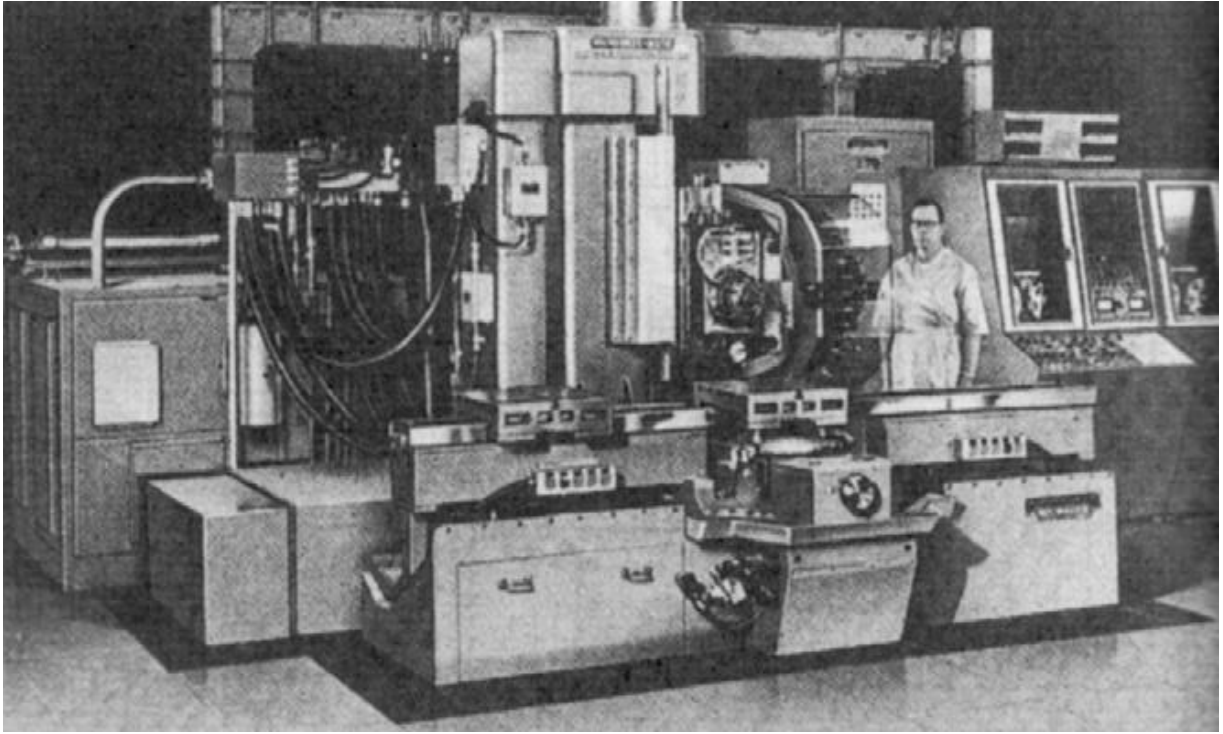


Рисунок 5.5 – Милуоки-Мэтик модель 2, розроблена Керні та Трекером в 1958 году [25]

5.2 Приклади та практичне застосування багатофункціональних верстатів

5.2.1 Багатофункціональні токарні верстати

В даний час багатофункціональні верстати широко застосовуються для механічної обробки деталей зі складною геометрією, що включає поверхні вільної форми як в аерокосмічній, автомобільній та інших областях промисловості, так і для обробки штампів і прес-форм. Багатофункціональні верстати, засновані, на базі токарного верстата в основному використовуються ефективно для обробки деталей зі складною геометрією. На рис. 5.8 показаний приклад високопродуктивного і високо експлуатаційно-гнучкого токарного центру з ЧПК типу CNC, оснащеного системою САПР з інтегрованою експерт-системою для визначення принципу обробки [27]. Для того щоб мінімізувати час виготовлення, з урахуванням технологічних обмежень для верстата і деталі, Експерт-система встановлює інструменти / операції для різних револьверних супортів, визначає режими обробки, визначає принципи різання і обчислює час циклів. Рис. 5.9 показує приклад недавно розробленого комбінованого багатокоординатного верстата, заснованого на базі токарного верстата, який оснащений двома шпинделями і двома люнетами. Один їх люнетів оснащений високопродуктивним фрезеровочного шпинделем, який має X, Y, Z координати, а також В – керовану координату. Для приведення в рух цього люнета використовується принцип центра ваги [29]. Типові реально здійснені операції обробки проілюстровані на рис. 5.10.

На рис. 5.11 показаний 9-координатний токарно-фрезерний верстат для обробки газотурбінної форсунки для збільшення якості та зниження вартості. Цей верстат обладнаний двома шпинделями, двома револьверними супортами, на яких є 28 позицій для ріжучих інструментів і контактної вимірювання деталі, однією фрезерної головкою оснащеної 6-ти позиційним магазином [30]. Завдяки застосуванню цього верстату вдалось знизити час, збільшити якість обробки і знизити собівартість деталі. На рис. 5.12 показаний інший приклад високопродуктивного багатоцільового 5-координатного токарно-фрезерного верстата використовується для обробки великих кованих деталей [30].

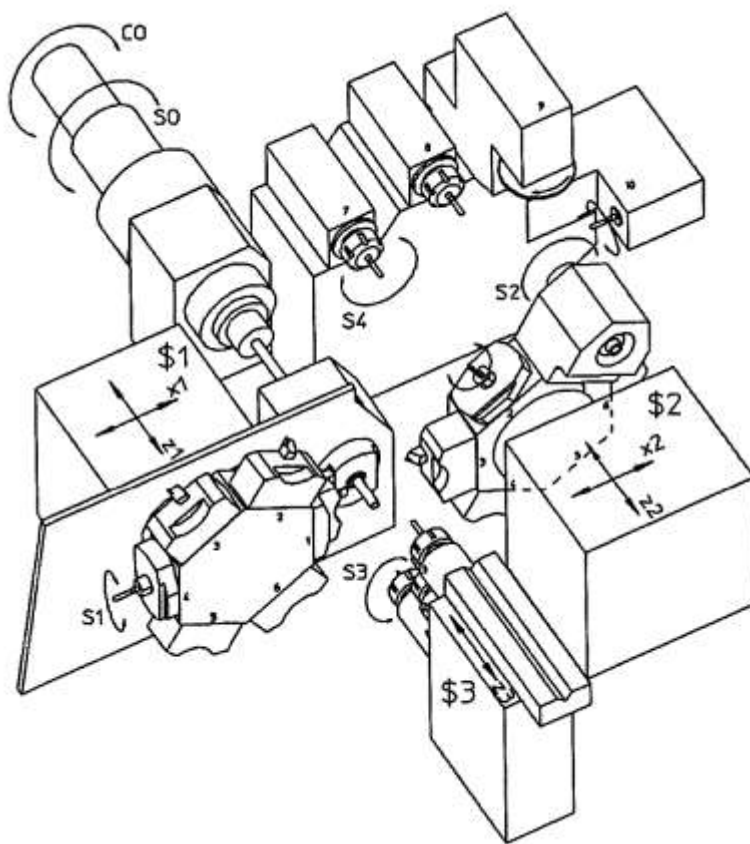


Рисунок 5.8 – Приклад високопродуктивного і високо експлуатаційно-гнучкого токарного центру з ЧПК типу CNC [25]

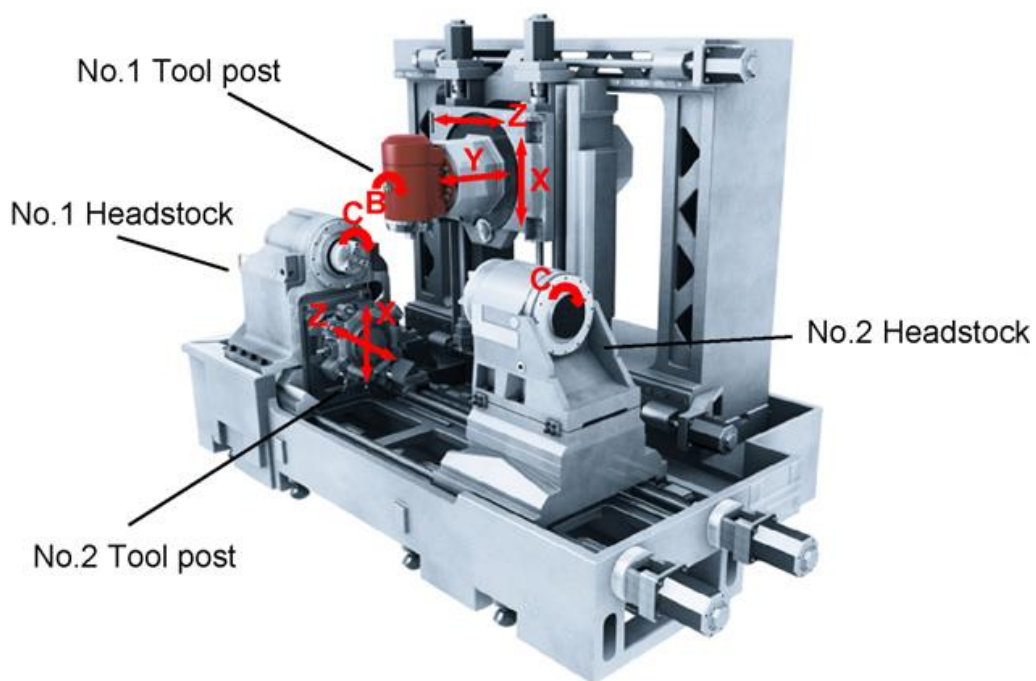
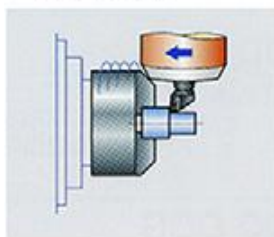
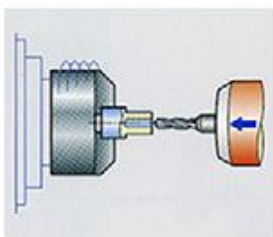


Рисунок 5.9 – Приклад комбінованого багатофункціонального верстата [25]

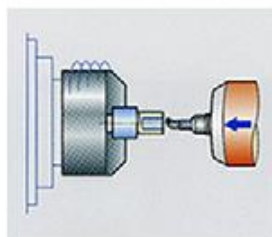
■ Turning



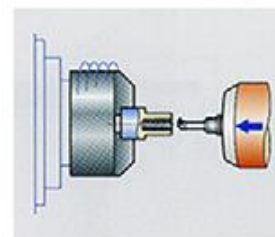
External turning



Drilling

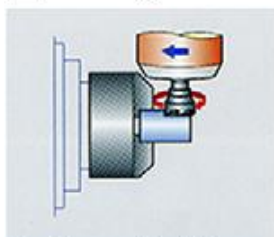


Boring

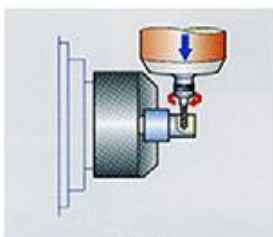


Internal threading

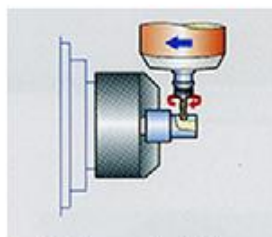
■ Milling



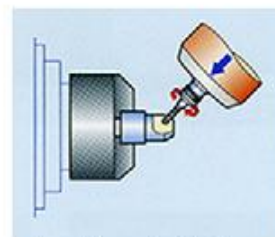
External milling



Drilling

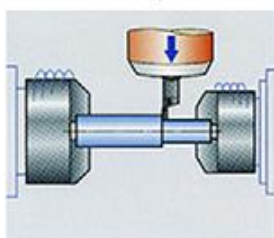


Ball endmilling

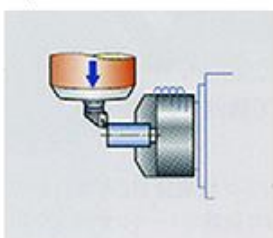


Inclined drilling

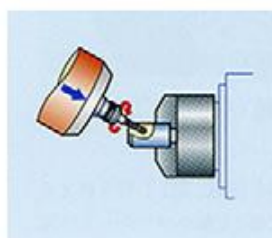
■ Cutting with 2nd Spindle



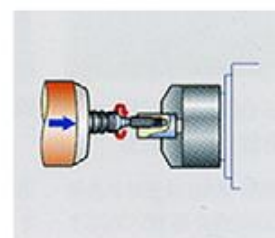
Parting - off



Face turning



Inclined drilling



Drilling and tapping

Рисунок 5.10 – Реально здійсненні операції обробки на комбінованому багатофункціональному верстаті [25]

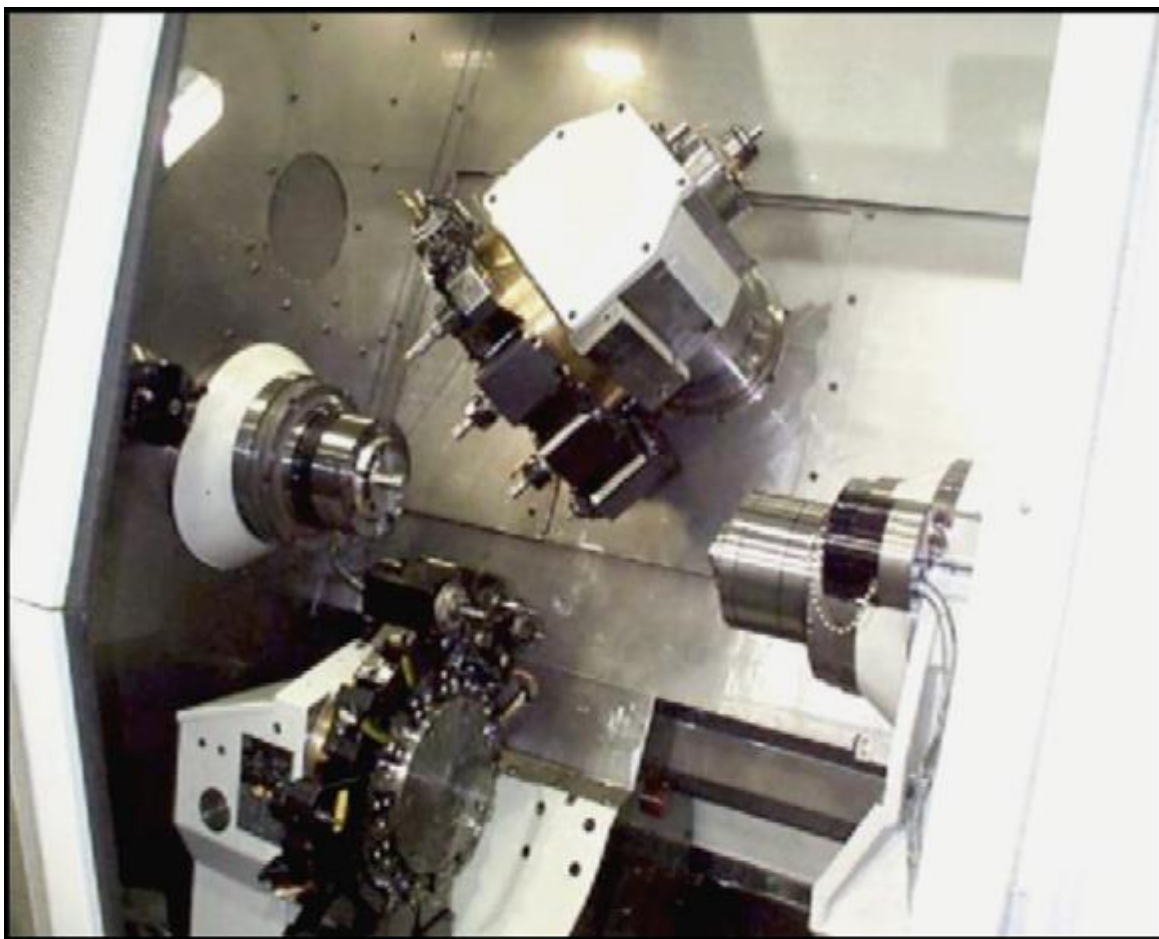


Рисунок 5.11 – Спеціальний 9-ти координатний токарно-фрезерний верстат і виготовлена на ньому форсунка ГТД [30]



Рисунок 5.12 – Високопродуктивний багатоцільовий 5-ти координатний токарно-фрезерний верстат [30]

5.2.2 Багатофункціональні фрезерні верстати

П'ятикоординатні ОЦ широко використовуються для обробки штампів і прес-форм [26]. Проте, завдяки складності програмування, одночасне 5-ти координатне управління не обов'язково використовується в більшості випадків,

а одночасне 3-х координатний управління різанням з 2-ма додатковими автономно керованими координатами використовується для зміни позиції заготовки.

Позиція шпинделя по відношенню до заготовки регулюється контролем двох обертальних рухів, а потім заготовка обробляється традиційним 3-х координатним управлінням. Цей метод різання відомий як $3 + 2$ координатна керована обробка. Головне достоїнство цього методу – це простота програмування. Решта переваг описані нижче, а також показані на рис. 5.13 [31]:

- виступ торцевої фрези може бути зменшений для того, щоб було здійснено високопродуктивне різання;
 - поверхня і отвори можуть бути легко прорізані в товстій стінці і час механічної обробки може бути зменшено;
 - найбільш відповідна частина кромки кінцевої сферичної фрези може бути використана для різання і тому режими різання можуть бути оптимізовані;
- технічне оснащення і пристосування можуть бути спрощені. На рис. 5.14 показане порівняння 5-ти і $3 + 2$ координатного управління.

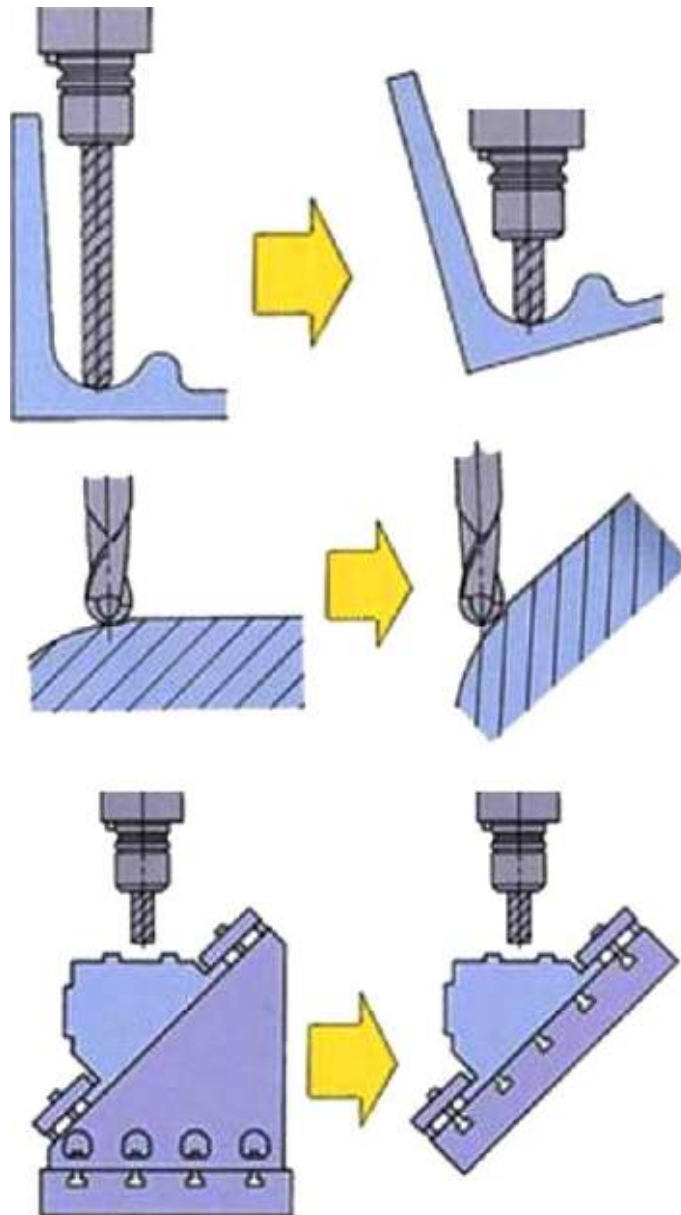
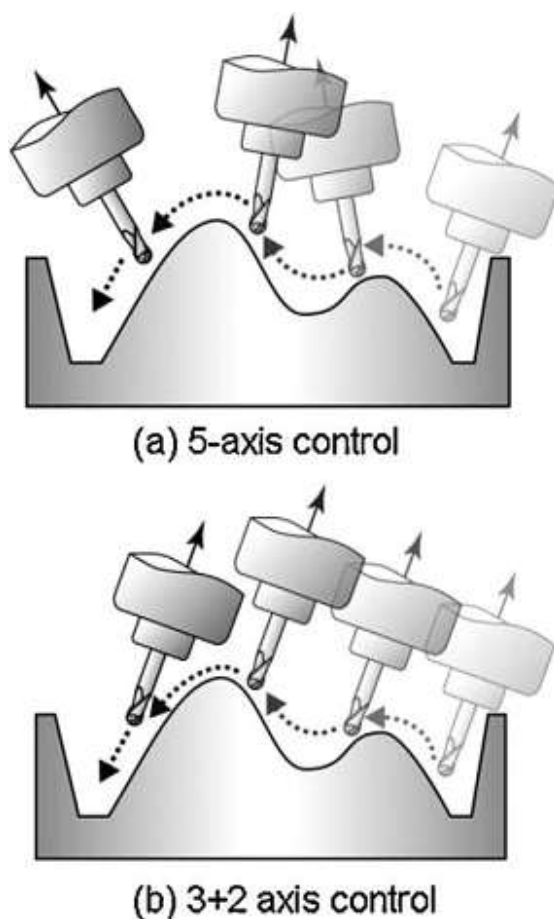


Рисунок 5.13 – Переваги 3 + 2 координатної керованої обробки [31]



а) 5-ти координатна обробка; б) 3 + 2 координатна обробка

Рисунок 5.14 – Порівняння 5-ти та 3 + 2 координатного управління [31]

Найбільш популярним 5-ти координатним ОЦ на ринку є ОЦ з похилим столом, що обертається або гойдається опорою столу, який має дві обертальні керовані координати заготовки і три традиційні поступальні керовані координати. Типовий приклад виконання такого 5-ти координатного ОЦ показаний на рис. 5.15. Оброблювані деталі зі складною формою поверхні обробляються на 5-ти координатному верстаті цього типу. На рис. 5.16 показаний ще один приклад 5-ти координатного ОЦ і виготовлений компресор турбінної частини реактивного двигуна, виготовленого з титанового сплаву. Великі елементи конструкцій для авіабудування, виготовлені з алюмінієвих сплавів, також виробляються на великому 5-ти координатному ОЦ, так, як це показано на рис. 5.17. Структура паралельного кінематичного верстата (ПКС) запозичена тут для управління похилим рухом шпинделя [31].

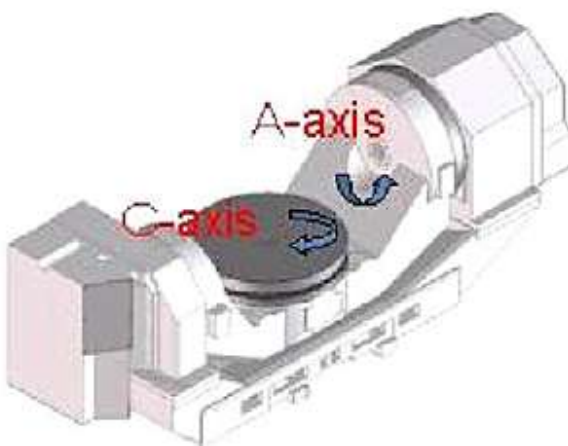


Рисунок 5.15 – 5-ти координатний ОЦ з обертовим похилим столом [26]

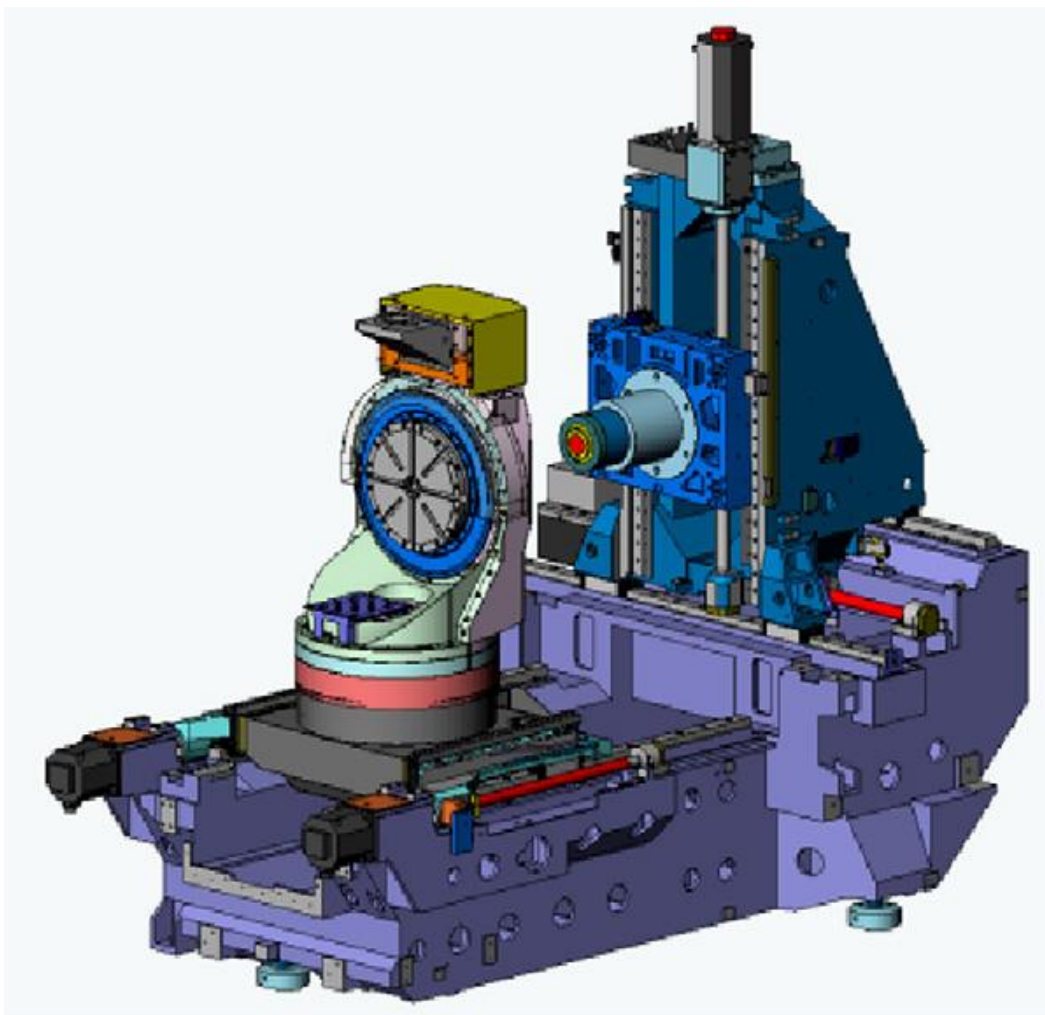


Рисунок 5.16 – Приклад виконання 5-ти координатного ОЦ і обробленої на ньому деталі [26]

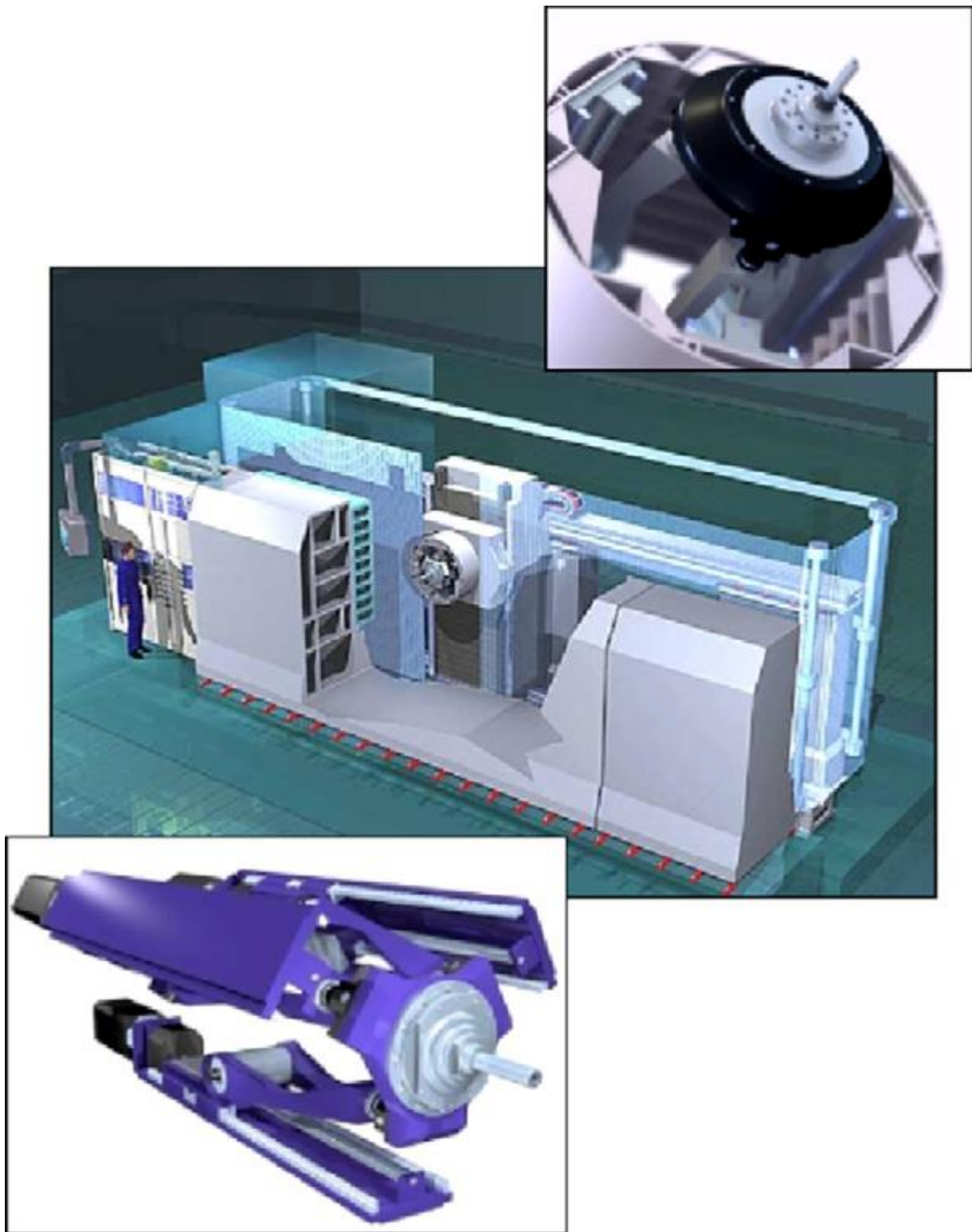


Рисунок 5.17 – Приклад великого 5-ти координатного верстата для обробки елементів конструкцій авіабудування [30]

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

Розробка технологічного процесу складна задача, оскільки деталь може бути виготовлена різними способами, при використанні тих чи інших технологічних процесів, з залученням різноманітного обладнання. Тому часто виникає необхідність в прийнятті рішень щодо оптимального вибору. Одним з критеріїв оптимальності є економічна ефективність.

Проведемо порівняння витрат при обробці заготовок на свердлильній операції 45 при використанні горизонтального координатно-розточного верстата 2A636 або при обробці на обробному центрі з ЧПК 20DSC160.

Визначення економічної ефективності будемо проводити за наступною формулою:

$$E = (C_1 \cdot N + E\phi \cdot \Pi_1 \cdot n_1) - (C_2 \cdot N + E\phi \cdot \Pi_2 \cdot n_2), \quad (6.1)$$

де C_1 та C_2 – технологічна собівартість обробки однієї заготовки по першому та другому варіанту операції;

$E\phi = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності;

$\Pi_1 = 250\,000$ грн – ціна одного верстата 2A636;

$\Pi_2 = 180\,000$ грн – ціна одного верстата 20DSC160;

$N = 500$ – річна програма виготовлення деталей;

n_1 та n_2 – число одиниць обладнання для першого та другого варіанту.

Для розрахунку собівартості обробки однієї заготовки по кожному i -му варіанту використовується формула:

$$C_i = (3p_i + 3n_i + E_i + \Pi_i + I_i + A_i + O_i + P_i) \cdot t_{шт-к}, \quad (6.2)$$

де в дужках стоять норми витрат на одну верстато-хвилину (для спрощення – на одну хвилину норми штучного часу – $t_{шт}$ або $t_{шт-к}$):

– $3p_i$ – заробітна плата основних робочих;

- $З_{Н_1}$ – заробітна плата наладчиків;
- E_i – витрати на електроенергію;
- $П_i$ – витрати на пристосування;
- I_i – витрати на різальний інструмент;
- A_i – амортизація;
- O_i – витрати на обслуговування обладнання;
- P_i – витрати на ремонт обладнання.

Для обробки на верстаті з ЧПК приймемо розряд роботи 4, а для верстата з ручним керуванням – 5. Згідно цих розрядів розраховуємо заробітну плату основних робочих за формулою:

$$З_p = З_t + \frac{\eta}{100} = З_t \cdot К_n, \quad (6.3)$$

де $З_t$ – тарифна хвилинна заробітна плата робочого (прийнятого у проекті розряду) з урахуванням начислень у діючих на базовому підприємстві розцінках. $З_{t_1} = 6,46$ грн/хв, $З_{t_2} = 5,24$ грн/хв,

$К_n$ – коефіцієнт перевиконання норми;

η – відсоток перевиконання норми;

Відповідно для 5-го та 4-го розрядів отримуємо:

$$З_{p_1} = 6,46 \cdot 1,2 = 7,75 \text{ грн/хв.}$$

$$З_{p_2} = 5,24 \cdot 1,2 = 6,29 \text{ грн/хв.}$$

Наладчик для свердлильної групи верстатів матиме 5 розряд, згідно розряду, за формулою (6.3) розраховуємо його заробітну плату:

$$З_{Н_1} = З_{Н_1} = 6,46 \cdot 1,2 = \text{грн/хв.}$$

Проводимо розрахунок витрат на електроенергію, за обома варіантами, за формулою:

$$E_{лi} = \frac{\sum N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot C}{60}, \quad (6.4)$$

де $\sum N$ – сумарна потужність електродвигунів верстата;

$K_1 = 0,7$ та $K_2 = 0,7$ – коефіцієнти, що враховують відповідно використання електродвигунів по потужності та по часу;

$C = 2,11$ грн – вартість 1 кВт·ч електроенергії у діючих на даний час розцінках.

$$E_{л1} = \frac{15 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 2,11}{60} = 0,258 \frac{\text{грн}}{\text{хв}},$$

$$E_{л2} = \frac{13 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 2,11}{60} = 0,224 \frac{\text{грн}}{\text{хв}}.$$

Норми витрат по статтях обладнання:

$$A = \frac{\alpha_1 \cdot 1.15 \cdot Ц}{F_d \cdot 60}, \quad (6.5)$$

$$O = \frac{\alpha_2 \cdot 1.15 \cdot Ц}{F_d \cdot 60}, \quad (6.6)$$

$$P = \frac{\alpha_3 \cdot 1.15 \cdot Ц}{F_d \cdot 60}, \quad (6.7)$$

де A – витрати на амортизацію обладнання;

$\alpha_1 = 15\%$ – процентне відрахування від балансної вартості обладнання;

$Ц$ – балансна вартість обладнання;

O – витрати на обслуговування обладнання;

$\alpha_2 = 0.5\%$ – процентне відрахування від балансної вартості обладнання;

$\alpha_3 = 4.5\%$ – процентне відрахування від балансної вартості обладнання;

P – витрати на ремонт обладнання;

$F_d = 4015$ год/рік – дійсний річний фонд роботи обладнання.

Відповідно витрати на амортизацію обладнання:

$$A_1 = \frac{0,15 \cdot 1,15 \cdot 250000}{4015 \cdot 60} = 17,902 \frac{\text{коп.}}{\text{хв.}}$$

$$A_2 = \frac{0,14 \cdot 1,15 \cdot 180000}{4015 \cdot 60} = 12,889 \frac{\text{коп.}}{\text{хв.}}$$

Відповідно витрати на обслуговування обладнання:

$$O_1 = \frac{0,005 \cdot 1,15 \cdot 250000}{4015 \cdot 60} = 0,597 \frac{\text{коп.}}{\text{хв.}}$$

$$O_2 = \frac{0,005 \cdot 1,15 \cdot 180000}{4015 \cdot 60} = 0,43 \frac{\text{коп.}}{\text{хв.}}$$

Відповідно витрати на ремонт обладнання:

$$P_1 = \frac{0,045 \cdot 1,15 \cdot 250000}{4015 \cdot 60} = 5,370 \frac{\text{коп.}}{\text{хв.}}$$

$$P_2 = \frac{0,045 \cdot 1,15 \cdot 180000}{4015 \cdot 60} = 3,867 \frac{\text{коп.}}{\text{хв.}}$$

Оскільки обробка на даній операції здійснюється за два переходи (центрування, свердління), то витрати на інструмент визначаються за формулою:

$$I = 0,164 + 0,258 = 0,422 \frac{\text{коп.}}{\text{хв.}} \quad (6.8)$$

Відповідно до числа деталей в пристосуванні визначаємо витрати на спеціальне пристосування:

$$- P_1 = 0,0703 \text{ коп/хв};$$

$$- P_2 = 0,0529 \text{ коп/хв};$$

Розраховуємо за формулою (6.2) технологічну собівартість для кожного варіанту операції.

$$C_1 = (7,752 + 7,752 + 0,258 + 0,0703 + 0,422 + 17,902 + 0,597 + 5,37) \cdot 3,9 \\ = 156,482 \text{ коп.}$$

$$C_2 = (6,288 + 7,752 + 0,224 + 0,0529 + 0,42 + 12,889 + 0,43 + 3,867) \cdot 2,7 \\ = 86,196 \text{ коп.}$$

За формулою (6.1) визначаємо економічну ефективність:

$$\Xi = (156,482 \cdot 500 + 0,15 \cdot 250000 \cdot 1) - (86,196 \cdot 500 + \\ + 0,15 \cdot 180000 \cdot 1) = 17528,6 \text{ грн}$$

Проаналізувавши результати розрахунків можливо зробити висновок, що обробка заготовки на обробному центрі з ЧПК 20DSC160 є більш економічно обґрунтованим.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розглянемо потенційні небезпеки, що можуть виникати в процесі роботи на механічній дільниці та заходи по забезпеченню безпеки, виробничої санітарії, гігієни праці і пожежної безпеки у відповідності з методичними вказівками.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час роботи на механічній дільниці ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електорообладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;
- механічні травми, що виникають внаслідок наявності на дільниці рухомих машин і механізмів, рухомих частин виробничого обладнання, заготовок, матеріалів, а також конструкцій, що руйнуються;
- травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;
- пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорсткістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць;
- під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму – порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя;
- неуважність і недбалість персоналу також може привести до травм різного ступеню важкості;
- нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;

- довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального стомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів;
- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;
- підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках – до погіршення слуху.
- незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.
- 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

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній дільниці відповідає вимогам національних стандартів та «Технічному регламенту безпеки». Обладнання не створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017«Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до

проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Знімні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що відкриваються в огороженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує припинення робочого процесу (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору»).

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

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

Червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки, заборони. Ним фарбують заборонні знаки безпеки, вимикальні пристрої машин і механізмів, сигнальні лампи, пожежну техніку, пожежні щити, обладнання та інвентар, кнопку «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання (ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»). Жовтий колір означає попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків безпеки, відкриті рухомі частини обладнання, постійне та тимчасове огороження, огороження драбин, балконів та інше. Синій колір застосовують для запов'язувальних і

вказівних знаків безпеки. Зелений колір сигналізує про нормальний режим роботи машин, позначаються евакуаційні виходи, надписи типу «Виходити тут».

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

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

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

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

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

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

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

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

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м. На ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам Технічного

регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

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

Також 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».

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

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

7.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»).

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Па – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- 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.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

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

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить

200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітлення на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

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

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

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.

7.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки на механічній ділянці 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.)

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

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

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

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

вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у завищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

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

7.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- за місцем роботи - працюючого населення;
- за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- за місцем проживання - непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- працюючого та непрацюючого населення – на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;

– дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту. Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України. Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Навчання працюючого населення згідно Статті 40, включає наступні пункти:

– навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов’язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об’єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту;

– порядок організації та проведення спеціальних об’єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту;

– для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб’єкта господарювання у кожному суб’єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту;

– особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях;

– особи, яких приймають на роботу, пов’язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-

технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки;

- допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

- програми навчання з питань пожежної безпеки погоджуються з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Формування культури безпеки життєдіяльності населення. Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку (Стаття 40):

- а) культура безпеки життєдіяльності населення – це сукупність цінностей, стандартів, моральних норм і норм поведінки, спрямованих на підтримання самодисципліни як способу підвищення рівня безпеки;

- б) популяризація культури безпеки життєдіяльності серед дітей та молоді організовується і здійснюється центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спільно з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, громадськими організаціями шляхом:

- 1) проведення шкільних, районних (міських), обласних та всеукраїнських змагань з безпеки життєдіяльності;

- 2) проведення навчально-тренувальних зборів і польових таборів;

- 3) участі команд – переможниць у заходах міжнародного рівня з цих питань.

- в) Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та правилам пожежної безпеки є обов'язковим і здійснюється під час навчально-виховного процесу за рахунок коштів, передбачених на фінансування навчальних закладів.

- г) Навчання дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем проводиться шляхом

формування у них поведінки, відповідної віку дитини, щодо власного захисту та рятування.

Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях та має право отримувати від органів державної влади, органів місцевого самоврядування, через засоби масової інформації іншу наочну продукцію, відомості про надзвичайні ситуації, у зоні яких або у зоні можливого ураження від яких може опинитися місце проживання непрацюючих громадян, а також про способи захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних такими надзвичайними ситуаціями.

Таким чином, розглянувши та проаналізувавши потенційні небезпеки, що можуть виникнути на механічній ділянці в процесі обробки різноманітних деталей, найголовнішим є дотримання вимог нормативно-правових актів та законів України, проведення навчання та інструктажів з охорони праці, додержання ергономічних та санітарно-гігієнічних вимог. Передбачений комплекс заходів з пожежної безпеки та цивільного захисту забезпечує безпеку персоналу в умовах пожежі, організацію навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на магістерську роботу досліджені технологічні можливості багатоцільових токарно-фрезерних верстатів. Детально розроблений технологічний процес виготовлення деталі «кільце внутрішнє переднє». Вибрана заготовка. Призначені припуски на заготовку. Розраховані режими різання і технічні норми часу, які визначені за рекомендаціями нормативних документів. Розроблені операції фрезерування, свердління та точіння на верстаті з ЧПК з використанням модуля NX CAM системи Siemens NX. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектоване верстатне пристосування, яке дозволяє швидко і надійно закріпити заготовку під час обробки, що в умовах серійного виробництва дуже важливо.

В роботі розглянуті можливості по автоматизації вимірювання деталей безпосередньо на металорізальних верстатах. Використання автоматизованих систем контролю підвищить продуктивність і якість обробки, знизить вплив людського фактору і вірогідність появи браку.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика ділянки механічної обробки з точки зору безпеки проведення робіт, проведена характеристика за ступенем пожежної безпеки, виконаний план евакуації з адміністративних приміщень цеху.

В розділі спецзавдання досліджені технологічні можливості токарно-фрезерних верстатів. Використання даних верстатів при виготовленні деталі «Кільце внутрішнє переднє» знизить собівартість виготовлення даних деталей, та точність їх обробки за рахунок виконання принципів єдності та постійності технологічних баз.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення деталі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) для студентів спеціальностей 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100101 усіх форм навчання / Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Олексєєнко, Д.В. Павленко – Запоріжжя, ЗДТУ, 1999 р. – 78 с.
2. Костышев, В.А., Шитарев И.Л. Раскатка колец [Под общ. ред. В.А. Костышева] / В.А. Костышев, И.Л. Шитарев. – Самар, гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2000. – 208с.
3. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіабудування та машинобудування для студентів спеціальностей “Технологія машинобудування” /8.090202/, та “Двигуни та енергетичні установки літальних апаратів” /7.100.102/, Склали: Яценко В. К., Ципак В. І., Корневский Є. Я., Кононов В. В. та інші. – Запоріжжя, ЗДТУ, 2000 – 244с..
4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 656 с.
5. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.
6. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник [Текст] / В. И. Баранчиков и др.; под. общ. ред. В. И. Баранникова. М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
7. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х т. Т. 2/ Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: МАШГИЗ, 1961. 892 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках

с числовым программным управлением. Часть 1 Нормативы времени. – М.: Экономика, 1990. – 210 с.

9. Богуслаев, В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов. – Запорожье: Мотор Сич, 2000. – 430 с. – ISBN 966-7108-22-8.

10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.

11. Ембулаев, И. В. Станочное оборудование активного контроля для металлообрабатывающих станков и комплексов / И. В. Ембулаев // Молодежь и наука. – 2015. – №4. – С. 47-51.

12. Соболев, М. П. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках / М.П. Соболев, М.И. Этингоф. – Смоленск: Ойкумена, 2005. – 300 с.

13. Волосов С. С., Гейлер З. Ш. Управление качеством продукции средствами активного контроля / С.С. Волосов, З.Ш. Гейлер. – М. : Издательство стандартов, 1989. – 264 с.

14. Активный контроль в машиностроении : справ. / под ред. Е. И. Педя. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.

15. Электронные измерительные приборы. Полный каталог. Обслуживание. – *Apparecchi elettronici Marposs*: Bologna, 2006 – 512 с.

16. RENISHAW. Printed in England. Ref. MTB (R) IK. 288. Part. No. H/2000/3015. – 2008. – 125 p.

17. The Revolution in Optical Metrology. Industrial Metrology from Carl Zeiss. – Oberkochen, Germany, 2008. – 98 p.

18. Юркевич, В. В. Измерение траекторий формообразования при сверлении / В.В. Юркевич, С.Ю. Быков, П.Н. Емельянов // Измерительная техника. – 2006. – № 8. – С. 31–33.

19. Никифоров, А. Д. Современные проблемы науки в области технологии машиностроения / А.Д. Никифоров. – М. : Высш. шк., 2006. – 392 с.

20. Тромпет, Г. М. Разработка системы управляющего контроля с использованием виброконттактных приборов / Г.М. Тромпет, В.А. Александров

// Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2007. – № 2. – С. 71–72.

21. Тромпет Г. М. Точность изготовления деталей на станке с прибором активного контроля / Г.М. Тромпет, В.А. Александров // Вестник машиностроения. – 2012. – № 6. – С. 38–40.

22. Тромпет, Г.М. Результаты использования измерительно-информационной системы для металлорежущих станков / Г.М. Тромпет, В.А. Александров // Инновации в машиностроении: сб. ст. II Всерос. науч.-практ. конф. Пенза, 2002. – С. 101-102.

23. Тромпет Г. М. Управляющий контроль при ремонте автомобилей / Г.М. Тромпет, В.А. Александров, В.М. Иксанов // Современные проблемы машиностроения и транспорта : материалы Всерос. науч.-техн. конф. Ульяновск : УлГТУ, 2003. С. 198–200.

24. Тромпет, Г. М. Заводские испытания измерительного модуля на многоцелевом станке / Г.М. Тромпет, В.А. Федотов, В.А. Александров // Машиностроитель. – 2005. – № 7. – С. 16–18.

25. Moriwaki, Toshimichi. Multi-functional machine tool / Toshimichi Moriwaki // CIRP Annals. – №57(2). – 2008. – P. 736-749.

26. Nakaminami M, Tokuma T, Moriwaki M, Nakamoto K (2007) Optimal Structure Design Methodology for Compound Multiaxis Machine Tools. I. Analysis of Requirements and Specifications / M. Nakaminami, T. Tokuma, M. Moriwaki, K. Nakamoto // International Journal of Automation Technology. – №1(2). – P. 78–86.

27. Woodbury, R.S. Studies in the History of Machine Tools / Woodbury R.S. – MIT Press, 1972. – 124 p.

28. Boer, C.R. A CAPP/CAM Expert System for a High Productivity. High Flexibility CNC Turning Center / C.R. Boer, M. Petitti, F. Lombardi, J-P Simon // Annals of the CIRP. – Vol. 39(1). – 1990. – P. 481–483.

29. Hiramoto, K. A Study on the Drive at Center of Gravity (DCG) Feed Principle and Its application for Development of High Performance Machine Tool Systems / K. Hiramoto, A. Hansel, S. Ding, K. Yamazaki // Annals of the CIRP. – Vol. 54(1). – 2005. – P. 333–336.

30. McIntosh, D.G. Success Stories of 5-axis Machining in North America / D.G. McIntosh // Proceedings of the 12th International Conference on Machine Tool Engineers. – 2006. – P. 157–166.

31. Sato, M. (2006) Design and Performance of 5-axis Machines in Japan. / M. Sato // Proceedings of the 12th International Conference on Machine Tool Engineer's. – 2006. – P. 167–189.

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

[illegible]

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №						Деталі		
				1		Ножка	1	
				2		Державка	1	
				3		Вісь	1	
				4		Гвинт	1	
				5		Ричаг	1	
				6		Штанга	1	
				7		Кнопка	1	
				8		Гайка	2	
				9		Ручка	1	
				10		Ручка	1	
				11		Ушко	1	
				12		Пружина	1	
Подп. и дата				13		Гвинт	1	
				14		Гайка	1	
						Стандартні вироби		
				15		Винт А.М4-6gx8 ГОСТ 1491-80	2	
				16		Винт В.М3-6gx10 ГОСТ 1491-80	1	
				17		Винт А.М5-6gx16 ГОСТ 17475-80	2	
				18		Заклепка 3x16.37 ГОСТ 10300-80	4	
				19		Шайба А.20.37 ГОСТ 11371-78	1	
				20		Шайба 7019-0274 ГОСТ 12218-66	1	
		21		Шарик 5 ГОСТ 3722-2014	1			
Подп. и дата								
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЗНТУ 293326.003	
		Разраб.	Давиденко				Контрольне пристосування	
		Пров.	Логомінов					
		Н.контр.	Пухальська					
		Утв.	Дядя				Лит.	Лист
							1	
					ЗНТУ Гр. Мз-118м			

Копіював

Формат А4