

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ**  
**«Сумський державний університет»**

*Факультет технічних систем та енергоефективних технологій*  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

*Кафедра технологій машинобудування, верстатів та інструментів*  
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

перший (бакалаврський)  
(освітньо-науковий рівень)

на тему *Проєктування технологічного процесу виготовлення деталі*  
*цанфа ліва 1.1650-41.101-02*

Виконав: студент *IV* курсу, групи *ТМ-91-1*  
спеціальності: \_\_\_\_\_

*131 «Прикладна механіка»*  
(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: \_\_\_\_\_

*«Технології машинобудування»*  
(назва освітньої програми)

*Денис СОЛОВІЙОВ*  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник *Віталій КОЛЕСНИК*  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент *Анна НЕШТА*  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Суми – 2023 року

# ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

## «Сумський державний університет»

Інститут, факультет Кафедра	<i>технічних систем та енергоефективних технологій технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>перший (бакалаврський)</i> (назва)
Спеціальність	<i>131 «Прикладна механіка»</i> (шифр і назва)
Освітня програма	<i>«Технології машинобудування»</i> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

*Віталій ІВАНОВ*

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 року

## ЗАВДАННЯ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

*Соловійов Денис Андрійович*  
(прізвище, ім'я, по батькові)

<b>1. Тема проєкту (роботи)</b>	<i>Проектування технологічного процесу виготовлення цанфи лівої 510041–100.13</i>
<b>Керівник проєкту</b>	<i>Колесник Віталій Олександрович, канд. техн. наук</i> (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 04.04.2023 року № 0338-VI

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) | 10.06.2023 року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) |

3.1 Робоче креслення деталі «Цанфа ліва 510041–100.13».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 600 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення «Цанфа ліва 510041–100.13».

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) |

4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі

4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі

4.3 Визначення типу виробництва та форми організації робіт

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання вихідної заготовки, розроблення технічних вимог на її виготовлення

4.6 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою для установки заготовки

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення заготовки

5.2 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.3 Креслення операційного налагодження

5.4 Креслення верстатного пристрою для установки заготовки

6. Інша конструкторська та технологічна документація

Комплект документів на технологічний процес виготовлення деталі

«Цапфа ліва 510041–100.13»

5. Консультанти розділів роботи (проекту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	15.05.2023	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	20.05.2023	
3	Оформлення пояснювальної записки	25.05.2023	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	30.05.2023	
5	Оформлення креслень та презентації	10.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Денис СОЛОВЙОВ**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проекту)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Віталій КОЛЕСНИК**

\_\_\_\_\_ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
**Факультет технічних систем та енергоефективних технологій**  
**Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Віталій ІВАНОВ

\_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_ . 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»**

зі спеціальності **131 «Прикладна механіка»**  
освітньо-професійної програми **«Технології машинобудування»**  
на тему:

**ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ**  
**ЦАПФИ ЛІВОЇ 510041–100.13**

Здобувача групи **ТМ-91-1**

**Соловйова Дениса Андрійовича**

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.  
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на  
відповідне джерело.

**Денис СОЛОВЙОВ**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

**доцент, канд. техн. наук, доцент Артем ЄВТУХОВ**

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант

\_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Суми – 2023**

## РЕФЕРАТ

Записка: 77 с., 10 рисунків, 18 таблиць, 10 джерел.

Об'єкт роботи: «цапфа ліва 1.1650-41.101-02» центрифуги ОГШ-32, технологічний процес виготовлення цапфи лівої.

Предмет роботи: структура та параметри технологічного процесу виготовлення «цапфи лівої 1.1650-41.101-02».

Мета роботи: підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення «цапфи лівої 1.1650-41.101-02».

Проводиться аналіз цілей обслуговування машин, вузлів і компонентів, а також аналіз технічних вимог до конструкції компонентів. Визначається тип виробництва і форма організації праці. Проводиться аналіз технологічності конструкції деталі. Вибирається раціональний метод отримання заготовки. За допомогою розрахунку та аналізу визначено припуски та розміри на обробку зовнішньої циліндричної поверхні. Проаналізовано операції точіння, нарізання різьби та фрезерування на верстаті з ЧПК. Обґрунтовано вибір схем базування та закріплення заготовки, вибір обладнання та технологічного оснащення. Для проаналізованих операцій елементи режиму різання визначалися розрахунково-аналітичним методом, а технічне нормування операцій проводилося табличним методом.

ЦЕНТРИФУГА, ЦАПФА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПЕРАЦІЯ, ФРЕЗЕРУВАННЯ, ТОЧІННЯ

## ЗМІСТ

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	4
2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ УМОВ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ.....	7
3 ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАДАНОГО ТИПУ ВИРОБНИЦТВА .....	10
4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ.....	12
5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ.....	24
6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	28
6.1 Розрахунок припусків на механічну оброблення поверхні обертання...	34
6.2 Аналіз та обґрунтування вибору схем базування заготовки.....	39
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	46
6.5 Розрахунок режимів різання .....	47
6.6 Технічне нормування операції.....	61
7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ .....	65
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ.....	76

					<i>ТМ 215100041-00.ПЗ</i>						
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проектування технологічного процесу виготовлення цапфи лівої 1.1650-41.101-02.			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>	
<i>Розроб.</i>		<i>Соловійов</i>								3	77
<i>Перевір.</i>		<i>Колесник</i>									
<i>Реценз.</i>											
<i>Н. Контр.</i>		<i>Євтухов</i>						СумДУ, гр. ТМ-91-1			
<i>Затверд.</i>		<i>Іванов</i>									

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Деталь «Цапфа ліва» входить до складу вузла, який є основним вузлом центрифуги ОГШ-32 (див. рисунок 1.1).

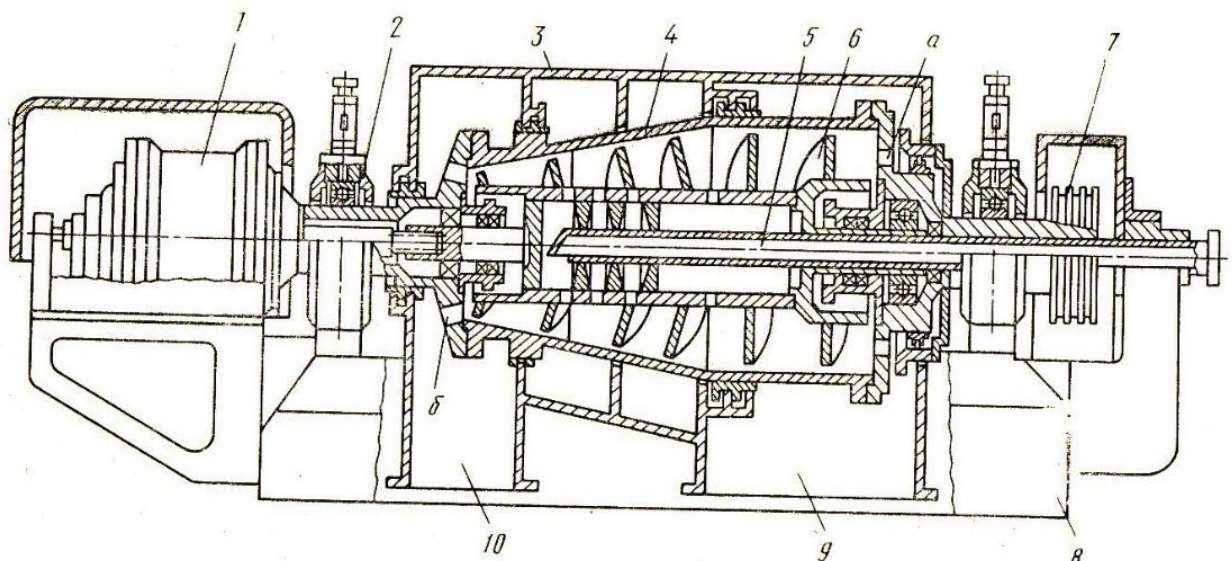


Рисунок 1.1 – Схема горизонтальної центрифуги типу ОГШ:

1-планетарний редуктор - роздвоювач приводу; 2 - корінні підшипники; 3 - кожух;  
4 - ротор; 5 - живильна труба; 6 - шнек; 7- ведений шків клиноремінної передачі;  
8 - станина; 9- збірник фугату; 10 - приймач осаду; а - отвір для виходу фугату;  
б - вікна для вивантаження осаду.

Основна конструктивна особливість центрифуг ОГШ полягає в тому, що ось неперфорованого конічного або циліндричного ротора розташована горизонтально, і всередині нього знаходиться шнек. Ротор і шнек обертаються в одному напрямку, але з різними швидкостями, що дозволяє переміщати утворений осад шнеком вздовж ротора. Ротор утримується на двох опорах і приводиться в рух за допомогою електродвигуна через клиноремінну передачу, а шнек обертається за рахунок планетарного редуктора, який приводиться в рух від

						ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
							4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ротора. Ротор закритий кожухом з нижніми відводами для осаду і рідини. Суспензія подається через живильну трубу внутрішньою порожниною шнека, а потім через вікна шнека потрапляє в ротор. Під дією центробіжної сили відбувається розділення суспензії, і тверді частинки осідають на стінках ротора. Залишок транспортується шнеком до вивантажувального вікна, розташованого вузькою частиною ротора. Очищена рідина тече в протилежному напрямку до зливних вікон, переливається через зливний поріг і виходить з кожуху. Центрифуги ОГШ використовуються для розділення суспензій з вмістом твердої фази від 1 до 40% з розміром частинок понад 5 мкм і різницею між густинами твердої і рідкої фаз більше 0,2 кг/дм<sup>3</sup>, а також для класифікації суспензій за розміром твердих частинок. Залежно від технологічного призначення, центрифуги ОГШ умовно поділяються на три групи: освітлюючі, класифікуючі, універсальні, зневоднюючі. Всі центрифуги ОГШ мають такі переваги: висока продуктивність при компактних розмірах і безперебійному технологічному процесі; відсутність фільтруючого елемента, який швидко зношується або забивається; можливість обробки дуже тонких суспензій різної концентрації; зміна концентрації суспензій під час роботи; простота обслуговування. До недоліків машини можна віднести невисокий рівень зневоднення осаду, неможливість якісного промивання осаду у машині та швидке зношування шнека і ротора при обробці абразивних матеріалів. Центрифуга ОГШ (рис.1.1) має горизонтальний електродвигун, планетарний редуктор 1, ротор 4, корінні підшипники 2, кожух 3, шнек 6, станину 8. Ротор обертається від електродвигуна через шків 7; планетарний редуктор 1 змінює частоту обертання, завдяки чому шнек обертається зі швидкістю, що відрізняється від швидкості ротора на 2-3 %. Конструкція планетарного редуктора 1 аналогічна конструкції редуктора в центрифугах ФГШ.

По живильній трубі 5 суспензія подається до приймальної камери, розташованої всередині шнека, звідки через вікна потрапляє до ротора, в циліндричній частині якого відбувається осадження частинок; фугат виливається через зливні отвори "а" в крищі ротора до збірки 9 фугату. Відстань від зливних

						ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
							5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



отворів до осі обертання визначає ступінь заповнення ротора, його продуктивність і якість осадження: що більший ступінь заповнення, то більша продуктивність по осаду і вологість осаду.

Цапфа ротора слугує одночасно дном, що закриває кінець ротора, і опорою шнека. Вона також служить опорою шнека. Ліва цапфа ротора має вікно для вивантаження осаду. На ній є фланець для кріплення шнека. На роторі є фланець для кріплення планетарного редуктора. Зліва. Ліва цапфа ротора має по центру наскрізний отвір, через який шнек з'єднується з другою цапфою ротора. Шліцьовий вал з'єднаний з другим ступенем планетарного редуктора. Чотири вікна в цій секції служать для викиду осаду з ротора, тобто робоче середовище проходить через ці вікна. Робоче середовище проходить через ці вікна. Основна конструкція лівої цапфи полягає в наступному. Правий торець цапфи є контактною поверхнею між ротором і цапфою, оскільки поверхня  $\varnothing 205H7$  є базовою поверхнею для з'єднання ротора і цапфи. ДКБ є поверхня  $\varnothing 90JS6$  також служить для кріплення головного підшипника кочення,  $\varnothing 85k6$ , використовується як елемент для кріплення фланця планетарного редуктора;  $\varnothing 110H7$ - поверхня, на яку монтується підшипники.  $\varnothing 140H7$ , бо на поверхні по центру розташовані гвинт і кришка ротора; Поверхня  $\varnothing 150H6$ , тому що на цій поверхні монтується лабіринтове кільце корпусу. Робочі поверхні включають: чотири вікна для викиду шлаку; Отвори для передачі крутного моменту від планетарного редуктора до цапфи:  $\varnothing 10$  і  $\varnothing 5$ , 8 отворів  $\varnothing 14$ , два отвори  $\varnothing 11$ . Решта поверхонь виконують роль вільних поверхонь.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ УМОВ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Цапфа ліва виготовляється зі сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72. Маса деталі 15.5 кг. Сталь корозійно-стійка, жаростійка і жароміцна аустенітного класу. Застосовується для виготовлення деталей, що працюють до 600 С, зварних апаратів і посудин, що працюють в розбавлених розтворах азотної, фосфорної кислот, розчинах лугів солей і інших деталей, що працюють під тиском при температурі від -196 до +600 °С, а при наявності агресивних середовищ до +350 °С. Хімічний склад сталі 12Х18Н10 ГОСТ 5632-72 представлений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 12Х18Н10Т

Досліджуваний метал	Склад									Умови випробувань на тривалу міцність		Час до руйнування, год
	Вуглець (С)	Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Мідь (Cu)	Нікель (Ni)	Сірка (S)	Титан (Ti)	Фосфор (P)	Хром (Cr)	T, °C	$\sigma$ , МН/м <sup>2</sup>	
Сталь 12Х18Н10Т	До 0.12	До 0.8	До 2.0	До 0.3	9.0-11.0	До 0.02	0.6-0.8	До 0.035	17.0-19.0	600	300	41

Таблиця 2.2 – Загальні відомості сталі 12X18H10T

<b>Замінник</b>
Сталі: 08X18Г8Н2Т, 10X14Г14Н4Т, 12X17Г9АН4, 08X22Н6Т, 08X25Т, 12X18Н9Т.
<b>Вид поставки</b>
Сортовий прокат, в тому числі фасонний: ГОСТ 5949-75, ГОСТ2590-71, ГОСТ 28-69. Калібрований пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-75. Шліфований пруток та сребрянкa ГОСТ 14955-77, ГОСТ 18907-73. Лист товстий ГОСТ 7350-77. Лист тонкий ГОСТ 5582-75. Стрічка ГОСТ 4986-79. Дріт ГОСТ 18143-72. Поковки і ковани заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 25054-81. Труби ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81, ГОСТ 14162-79.
<b>Призначення</b>
Деталі працюючи до 600 °С. Зварні апарати та судини, працюючі в розбавлених розчинах азотної, оцтової, фосфорної кислот, розчинах лугів і солей та інші деталі, що працюють під тиском при температурі від -196 до +600 °С, а при наявності агресивний середовищ до +350 С. Сталь корозійностійка аустенітного класу.

Деталь “Цапфа ліва” має такі допуски форми й взаємного розташування:



- допуск торцевого биття 15 відносно осі поверхні H (Ø85k6) становить 0.02 мм. Досягається на операції 055 Фрезерування з ЧПК, з шорсткістю Ra 6,3.



- допуск радіального биття внутрішнього циліндру 3 (Ø110K7) відносно поверхні H (Ø85k6) становить 0.02 мм. Досягається на операції 035 Токарна з ЧПК, з шорсткістю Ra 1,6.

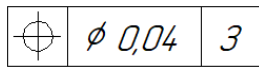
					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



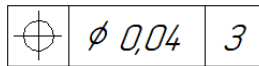
- допуск радіального биття внутрішнього циліндру Ж ( $\varnothing 205H7$ ) відносно поверхні Н ( $\varnothing 85k6$ ) становить 0.02 мм. Досягається на операції 035 Токарна з ЧПК, з шорсткістю Ra 1,6.



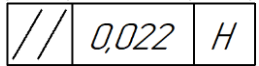
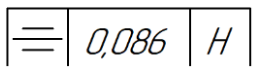
- допуск радіального биття внутрішнього циліндру ( $\varnothing 140H7$ ) відносно поверхні ( $\varnothing 85k6$ ) становить 0.02 мм. Досягається на операції 035 Токарна з ЧПК, з шорсткістю Ra 1,6.



- позиційний допуск осей шести різьбових отворів М6 7Н відносно внутрішнього циліндра З ( $\varnothing 110K7$ ) становить 0.04мм. Досягається на операції 055 Фрезерування з ЧПК, з шорсткістю Ra 6,3.



- позиційний допуск осей восьми отворів  $\varnothing 14$  мм відносно внутрішнього циліндра З ( $\varnothing 110K7$ ) становить 0.04мм. Досягається на операції 055 Фрезерування з ЧПК, з шорсткістю Ra 6,3.



- допуск симетричності паза 16N9 щодо бази Н ( $\varnothing 85k6$ ) дорівнює 0,086 мм та допуск паралельних паза 16N9 щодо бази Н ( $\varnothing 85k6$ ) дорівнює 0,022 мм. Досягається на 070 Комплексна на обробному центрі, з шорсткістю Ra 6,3.

										Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 215100041-00.ПЗ					

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАДАНОГО ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

З огляду на масу деталі і заданий обсяг виробництва 600 шт, визначаємо тип виробництва - середнє.

Тип виробництва і відповідна йому організація робіт визначають характер технологічного процесу та його структуру.

Коефіцієнт закріплення операцій  $K_{3.0}$  визначимо за формулою :

$$K_{3.0} = \frac{\sum O}{\sum P} \quad (3.1)$$

де  $\sum O$  – сумарна кількість різних операцій;

$\sum P$ - кількість робочих підрозділів , що виконують операції.

Кількість деталей у виробничій партії визначається за формулою

$$m_p = \frac{N_p \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.м}} \quad (3.2)$$

де  $T_{шт}$  – штучний час на операцію, хв.

$\eta_{з.м} = 0,8$  нормативний елемент завантаження устаткування;

Кількість деталей у виробничій партії визначається за формулою

$$n = \frac{N_p \cdot a}{254} \quad (3.3)$$

Розрахунки приведені в додатку

Середньосерійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених або рекомендованих періодично повторюваними партіями, і порівняно великим обсягом випуску.

Коефіцієнт закріплення операцій визначається відношенням числа всіх різних операцій, виконаних або підлягають виконанню протягом місяця, до числа робочих місць. Відповідно до ГОСТ 3. 1108-74 коефіцієнт закріплення операцій для среднесерійного виробництва становить понад 20 і до 40 включно. За всіма

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічними і виробничими характеристиками серійне виробництво займає проміжне положення між єдиним і масовим виробництвом.

У середньосерійному виробництві використовується універсальне, спеціалізоване і частково спеціальне обладнання. Широко використовуються верстати з ЧПУ, обробні центри знаходять застосування гнучкі автоматизовані системи верстатів з ЧПУ, пов'язаних транспортуючими пристроями і керованими за допомогою ЕОМ. Устаткування розставляються по технологічним групам з урахуванням напрямку основних вантажопотоків цеху предметно - замкнутим ділянкам. Однак, одночасно використовуються групові потокові лінії і предметно потокові лінії.

Технологічне оснащення в основному універсальне, однак у багатьох випадках створюється високопродуктивне оснащення спеціальне; при цьому доцільність її створення повинна бути попередньо обґрунтована техніко-економічними розрахунками. Велике поширення має універсально - збірна, переналагоджуване технологічне оснащення, що дозволяє істотно підвищити коефіцієнт оснащеності серійного виробництва.

В якості вихідних заготовок використовуються гарячий і холодний прокат, лиття в землю і під тиском, точне лиття, поковки і точні штампування і пресування, доцільність застосування також обґрунтовується техніко-економічними розрахунками. Необхідна точність яка досягається методом автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних ходів і промірів з частковим застосуванням розмітки. Середня кваліфікація робітників вище, ніж в масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, Працюючими на складних універсальних верстатах і налагоджують, використовуються робітники-оператори, що працюють на настроєних верстатах.

Технологічна документація та технічне нормування докладно розробляється для найбільш складних і відповідальних заготовок при одночасному застосуванні спрощеної документації та нормування найпростіших заготовок.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз технологічності конструкції деталі має на меті поліпшення продуктивності праці, зменшити витрати і скоротити час, необхідний для проектування, технологічної підготовки виробництва, виготовлення, технічного обслуговування та ремонту виробу. Водночас важливо забезпечити необхідну якість виробу, дотримуючись безпечних умов праці і екологічних стандартів. Технологічність виробу буде в рази більшою, якщо трудомісткість і собівартість виготовлення менша. Матеріалом деталі є корозійностійка сталь 12Х18Н10Т, що є повністю обґрунтованим рішенням, оскільки деталь працює в середовищі в якому піддається значним циклічним навантаженням та зношенню поверхонь. Цей матеріал володіє достатньою міцністю, але його важкооброблюваність знижує технологічність конструкції деталі. З іншого боку, використання інструменту на основі однокарбідних твердих сплавів (ВК6, ВК8) дозволяє обробляти поверхні з високою геометричною точністю та чистотою. Вихідна заготовка деталі згідно базової технології - поковка Гр. I ДСТУ ГОСТ 7505-89. Поковки сталеві штамповані. Допуски, припуски і ковальські напуски.. Мінімальні вимоги, що ставляться до поковки I-ї групи, є технологічними, оскільки не потребують додаткових витрат на випробування, виготовлення зразків тощо. Запропонований метод отримання заготовки - штампуванням на КГШП, адже воно дозволяє отримати властивості , які необхідні нам за структурою, а також , ми отримуємо мінімальні припуски та напуски , що спрощує обробку, що в свою чергу зменшує витрати і відповідає технологічним вимогам.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

ГОСТ	Стан поставки, режими термообробки	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	$\sigma_{\text{в}}$ (МПа)	$\delta_5$ (%)	$\psi$ %
ГОСТ 5949-75	Прутки. Загартування 1020-1100 °С, повітря, масло або вода.	60	196	510	40	55
ГОСТ 18907-73	Прутки шліфовані, оброблені на задану міцність. Прутки загартовані.	- До 5	- -	590-830 930	20 -	- -
ГОСТ 7350-77 (Образцы поперечные) ГОСТ 5582-75 (Образцы поперечные)	Листи гарячекатані і холоднокатані: - гарт 1000-1080 °С, вода або повітря. - м 1050-1080 °С, вода або повітря. - загартовані	Св. 4 До 3,9 До 3,9	236 205 -	530 530 880-1080	38 40 10	- - -
ГОСТ 25054-81	Поковки. Загартування 1050-1100 °С, вода або повітря.	До 1000	196	510	35	40
ГОСТ 18143-72	Дріт термооброблений.	1,0-6,0	-	540-880	20	-
ГОСТ 9940-8	Труби безшовні гарячедеформовані без термообробки	3,5-32	-	529	40	-

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 215100041-00.ПЗ

Арк.

13



Таблиця 4.2 – Конструктивні елементи деталі

Конструктивні елементи	Кількість	Розмір	Точність	Якість	Інші вимоги
1	2	3	4	5	6
Зовнішній циліндр					
d250	1	Ø250	h14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
d150	1	Ø150	h6	$\sqrt{Ra\ 1.6}$	
d104	1	Ø104	h14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
d101.2	1	Ø101,2	h11	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
d85	1	Ø85	k6	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
Внутрішній циліндр					
D205	1	Ø205	H7	$\sqrt{Ra\ 1.6}$	
D195	1	Ø195	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
D140	1	Ø140	H7	$\sqrt{Ra\ 1.6}$	
D110	1	Ø110	H7	$\sqrt{Ra\ 1.6}$	
D100	1	Ø100	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
D68	1	Ø68	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
D58	1	Ø58	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	

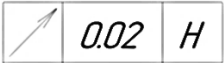
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 215100041-00.ПЗ

Арк.

14

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
Паз	1	170	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
		R8			
		h6	H12	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
		b16	N9	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
Фаска	1	125	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
		15			
		R5			
		Ø5			
		Ø120			
	1	2*45°	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	2	1*45°	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	1	2*30°±1°	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
Різьба	1	M85*2	8g	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
Проточка	1		H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	


Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 215100041-00.ПЗ

Арк.

15

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
Різьбовий отвір	1	M10*1; 112 137	7H	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
	4	18±0.5 1*45° M8 115 118 14	7H	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
	6	1.6*45°; 114±0.5;	7H	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
	1	122±0.5; M6; L10; 112; 1*45°; Ø120 M10*1; 112; 115; 18±0.5; 1*45°	7H	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
Ступеневий отвір	2	M10; Ø11; 123; 128; ∠3°30'	7H	$\sqrt{Ra\ 3.2}$	
Галтель	2	R10	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	3	R5	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	2	R1	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	

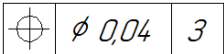
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

TM 215100041-00.ПЗ

Арк.

16

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
Отвір					
D14	8	Ø14;	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
D11		14°±30°;			
	2	Ø228	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	1	Ø11; 128;	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	1	3°30'	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
		R5; Ø40		$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
		R5; Ø120			
Лиска					
	1	1144; 172	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	1	1248; 1124	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
Канавка	1	b3; Ø111	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
Карман	4	R18;	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
		∠22°30';			
		∠45°; 1172			
Паз					
	8	R16; 110	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	1	R35; Ø5;	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
		b10; 116; 14;			
		140			
Конус					
	1	114; Ø58;	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
	1	Ø100	H14	$\sqrt{Ra\ 6.3}$	
		117; Ø68;			
		Ø58			

Конструкція деталі містить елементи , які підвищують собівартість виготовлення , такими нетехнологічними елементами є:

Деталь "Цапфа ліва" працює в важких умовах і має постійне навантаження.

Опишемо призначення поверхонь деталі:

- поверхня  $\varnothing 90js6$  має високий квалітет, тому що вона призначена для установки на неї корінного підшипника кочення. Посадочні місця під підшипники зміцнені для забезпечення тривалого терміну дії і вузла в цілому.

- поверхня  $\varnothing 85$  і шпонковий паз служать елементами кріплення і фіксації фланця планітарного редуктора, тому дана поверхня повинна бути виконана з відповідною точністю. Змонтовані деталі (фланець і цапфа) стопоряться гайкою по різьбі M76 \* 2-8g;

- поверхня  $\varnothing 110K7$  служить для установки підшипника шнек, тому для якісної установки підшипника поверхня повинна бути виконана з відповідною точністю;

- поверхня  $\varnothing 140H7$  має досить високу точність тому по ній центрирується кришка ротора; до даної поверхні пред'являються досить високі вимоги;

- посадкова поверхня  $\varnothing 205H7$  є базуючою при приєднанні цапфи до корпусу ротора, тому вона має сталь високої точності виготовлення

- поверхня  $\varnothing 58$  є отвором, через який проходить щіцевий вал приводу шнека від планетарного редуктора, до цієї поверхні немає сенсу пред'являти дуже високі вимоги по якості поверхні;

- поверхня  $\varnothing 101,2h11$  служить елементом лабіринтного ущільнення корінного підшипника, тому вона має більш низький квалітет;

- висока точність розміру  $\varnothing 150H6$  обгрунтована, так як на неї встановлюється лабіринтове кільце кожуха;

- при складанні маршруту обробки необхідно врахувати, що 7 квалітет при розточуванні можна досягти тільки тонким розточуванням;

- два отвори  $\varnothing 10$  і  $\varnothing 5$  служать для подачі мастила в підшипник шнека, а різьблення M10 \* 1-7H служать для закручування пресс-масленок і пробок;

- чотири отвори M8-7H служать для кріплення скребків;

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вісім отворів Ø14 служать для кріплення цапфи до корпусу ротора, а два отвори М10-7Н є віджимними;

- шість отворів М6-7Н призначені для кріплення кришки вузла підшипника і ущільнень шнека;

- два отвори Ø11 є базою для виконання отворів під штифти;

- радіуси на деталі служать для зменшення концентрації напруги;

- канавка шириною 3 мм на Ø111мм служить для виходу різця при обробки поверхні Ø110 К7, а канавка шириною 4 мм на 73 - для виходу різця при нарізуванні різьби;

- фаска 2 \* 45 на поверхні М76 \* 2-8г необхідна для притуплення гострої кромки, плавного входу різця в метал і для відсутності задирок при нарізанні різьби;

- на поверхнях Ø90js6 і Ø85k6 фаски 1 \* 45 необхідні для притуплення крайок і зручності запрессовки корпусу і підшипників кочення;

- фаски в різьбових отворах служать для входу мітчика в отвір при нарізанні різьби;

- на поверхнях Ø90js6 і Ø85k6 фаски 1 \* 45 необхідні для притуплення крайок і зручності запрессовки корпусу і підшипників кочення;

- фаски в різьбових отворах служать для входу мітчика в отвір при нарізанні різьби;

- на супінчастих поверхнях деталі передбачені галтелі, які потрібні для усунення концентратів напруги.

Базування та закріплення технологічно, тому що просте і не вимагає спеціальних складних пристроїв. Крім того, деталь має достатню кількість поверхонь з розвиненими розмірами.

Допуски форми та розташування виконані правильно, і їх значення відповідають стандартним.

Конструкція деталі передбачає ряд нетехнологічних елементів галтелі, що ускладнюють програмування обробки поверхностей, поверхні з високою

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шорсткістю і точністю, які вимагають багато стадій обробки і, відповідно, великий час на обробку; фаски ускладнюють програмування обробки поверхонь, різьбові отвори, що вимагають спеціального інструменту і несучі за собою малу продуктивність, шпоночні пази, отвори, що вимагають глибокого свердління.

Кількісні показники технологічності.

Для розрахунку коефіцієнта шорсткості і коефіцієнта точності складена таблиця 1.2.

1) Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{Ш}} = \frac{1}{B_{\text{CP}}} \quad (4.1)$$

де B - середня шорсткість поверхонь, мкм.

$$K_{\text{Ш}} = \frac{1}{5,51} = 0,18$$

Розраховане значення коефіцієнта шорсткості менше допустимого ( $0.31 < 0.32$ ), отже за цим параметром деталь технологічна.

2) Коефіцієнт точності:

$$K_{\text{ТЧ}} = 1 - \frac{1}{A_{\text{CP}}} \quad (4.2)$$

де A - середня точність поверхонь.

$$K_{\text{ТЧ}} = 1 - \frac{1}{12,43} = 0,92$$

Розраховане значення коефіцієнта точності більше необхідного ( $0.9 > 0.8$ ), отже за цим параметром деталь технологічна.

3) У базовому технологічному процесі деталі "Цапфа ліва" методом отримання заготовки було кування.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При відомій масі деталі  $m_d=15.5\text{кг}$  і масі заготовки  $m_3=31\text{ кг}$  знаходять коефіцієнт використання заготовки -  $K_3$

$$K_3 = m_d/m_3 = 0,5 \quad (4.3)$$

4) Знаходять також коефіцієнт використання матеріалу -  $K_M$

$$K_M = m_d/(m_3 * m_{опз}) \quad (4.4)$$

де  $m_{опз}$  – маса відходів при виготовленні заготовки.

$$K_M = 15,5/(31 * 1,05) = 0,48,$$

$$K_{Тч} = 1 - \frac{1}{12,43} = 0,92$$

Розраховане значення коефіцієнта точності більше необхідного ( $0.9 > 0.8$ ), отже за цим параметром деталь технологічна.

3) У базовому технологічному процесі деталі "Цапфа ліва" методом отримання заготовки було кування.

При відомій масі деталі  $m_d=15.5\text{кг}$  і масі заготовки  $m_3=31\text{ кг}$  знаходять коефіцієнт використання заготовки -  $K_3$

$$K_3 = m_d/m_3 = 0,5. \quad (4.5)$$

4) Знаходять також коефіцієнт використання матеріалу -  $K_M$

$$K_M = m_d/(m_3 * m_{опз}), \quad (4.6)$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



де  $m_{\text{опз}}$  – маса відходів при виготовленні заготовки.

$$K_M = 15,5 / (31 * 1,05) = 0,48$$

Таблиця 4.3 – Кількісна оцінка технологічності

Найменування поверхні	Кількість	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості Ra, мкм
1. Циліндри			
D205h7	1	7	1.6
D195H14	1	14	6.3
D140H7	1	7	1.6
D111H14	1	14	6.3
D110K7	1	7	1.6
D100H14	1	14	6.3
D104h14	1	14	6.3
D150h6	1	6	1.6
D101,2h11	1	11	6.3
D90js6	1	6	1.6
D85k6	1	6	1.6
D85H14	1	14	6.3
D58H14	1	14	6.3
D68H14	1	14	6.3
M85*2-8g	1	8	3.2
2. Отвори			
D5	2	14	6.3
D11	4	14	6.3
D14	8	14	6.3
M6-7H	6	7	3.2
M8-7H	4	7	3.2
M10-7H	2	7	3.2
3. Галтелі	7	14	6.3
4. Фаски	22	14	6.3
5. Лінійні (торці)	10	14	6.3
6. Різні:			
- шпоночний паз	1	9	3.2
- виточка	10	14	6.3
Разом	91	1131.13	501.7

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 215100041-00.ПЗ

Арк.

22

В цілому деталь нетехнологічна, так як матеріал деталі дорогий, важко обробляється різанням і має не дуже хороші технологічні показники; коефіцієнти шорсткості і точності в межах допустимих ЕСТП. Конструкція деталі містить ряд нетехнологічних, але при правильному розрахунку заготовки коефіцієнти використання матеріалу і заготовки можна збільшити.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОДЕРЖАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

В заводському технологічному процесі заготовку отримують методом прокату, при цьому коефіцієнт використання заготовки і коефіцієнт використання матеріалу заготовки (0,135 та 0,32) дуже малі. Крім того, метод прокату використовується в одиничному виробництві, що недозволено для серійного типу виробництва. Тому в пропозовому технологічному процесі заготовку виконуємо на КГШП.

Розробка заготовки – поковки, отримуваної штампуванням зі сталі 12Х18Н10Т. Заготовку виконуємо на КГШП.

Згідно з ГОСТ 7505-89 маємо:

- 1) Клас точності заготовки – Т4.
- 2) Група сталі – М3.
- 3) Ступінь складності заготовки С4 (Додаток 2)(формула (1.4):

$$C = \frac{m_{\text{пор}}}{m_{\text{ф}}} \quad (5.1)$$

Розрахунок маси поковки (Формула 5.2):

$$m_{\text{пор}} = m_{\text{д}} * K_{\text{р}} \quad (5.2)$$

де  $K_{\text{р}}$  - розрахунковий коефіцієнт  $K_{\text{р}} = 1,5$

$$m_{\text{пор}} = 15,5 * 1,5 = 23,25 \text{ (кг)}$$

Маса описуємої поковки фігури (Формула 5.3)

$$M_{\text{оп}} = \frac{(d*k)^2 * \pi}{4} * l * k * \rho \quad (5.3)$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{\text{оп}} = (0.248 - 1.05)^2 * 0.265 * 1.05 * 7850 = 148.11 \text{ (кг)}$$

де 1,05 – поправочний коефіцієнт.

Відношення розрахункової маси поковки до маси описуємої фігури (формула 5.4):

$$\frac{M_p}{M_{\text{оп}}} = \frac{23,25}{148,11} = 0,157 \quad (5.5)$$

Таблиця 5.1 – Розрахунок розмірів заготовки, в міліметрах

Розмір поверхні	Шорсткість	Загальний припуск на розмір	Додаткові припуски	Остаточний розмір	Граничне відхилення
<b>Діаметральні розміри</b>					
D90js6	Ra1.6	3.2	0.7+0.6	D99	+3.3 -1.7
D104H14	Ra6.3	3.5	0.7+0.6	D113.5	+3.7 -1.9
D150h6	Ra1.6	3.5	0.7+0.6	D159.5	+3.7 -1.9
D250H14	Ra6.3	3.8	0.7+0.6	D260	+4.7 -2.9
D195H14	Ra6.3	3.8	0.7+0.6	D185	+2.1 -4.2
D140H7	Ra1.6	3.5	0.7+0.6	D130.5	+1.9 -3.7
D110K7	Ra6.3	3.5	0.7+0.6	D100.5	+1.9 -3.7
D100H14	Ra1.6	3.2	0.7+0.6	D91	+1.7 -3.3
<b>Лінійні розміри</b>					
265	Ra6.3	4,3	0.7+0.6	276	+4,7 -2,4
51	Ra6.3	3,2	0.7+0.6	61	+3,3 -1,7
99	Ra6.3	3,2	0.7+0.6	109	+3,7 -1,9
132	Ra6.3 (3,2)	3,5	0.7+0.6	142,5	+3,7 -1,9
31	Ra6.3	3,0	0.7+0.6	31,5	+3,0 -1,5
39	Ra6.3	3,0	0.7+0.6	40,5	+3,3 -1,7
67	Ra6.3	3,2	0.7+0.6	68	+3,3 -1,7
73	Ra6.3	3,2	0.7+0.6	74	+3,3 -1,7

5) Визначимо коефіцієнти використання заготовки і матеріалу.

Масу заготовки визначаємо як суму мас елементів (циліндрів):

$$M_z = \frac{3,14}{4} * 7850(0,099^2 * 0,1325 + 0,1135^2 * 0,0345 + 0,1595^2 * 0,048 + 0,26^2 * 0,082 - 0,185^2 * 0,0315 - 0,1305^2 * 0,009 - 0,1005^2 * 0,0275 - 0,091^2 * 0,006) = 42,82(\text{кг})$$

Коефіцієнт використання заготовки (Формула 5.6):

$$K_z = \frac{M_d}{M_z} \quad (5.6)$$

$$K_z = \frac{15,5}{42,82} = 0,36$$

Коефіцієнт використання матеріалу (Формула 5.7):

$$K_M = \frac{M_d}{M_z + M_{\text{озп}}} \quad (5.7)$$

де  $M_{\text{озп}}$  – маса відходів при виробництві заготовок.

При виконанні штампованих поковок це значення становить 3-5% від мас заготовки. Приймаємо  $M_{\text{озп}} = 5\%$ .

$$K_M = \frac{15,5}{42,82 + 42,82 * 0,05} = 0,34$$

Запропонований метод отримання заготовки має більш високі коефіцієнти використання матеріалу і заготовки, ніж метод поковки (заводський метод). Для отримання заготовки приймаємо метод отримання заготовки штампуванням.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

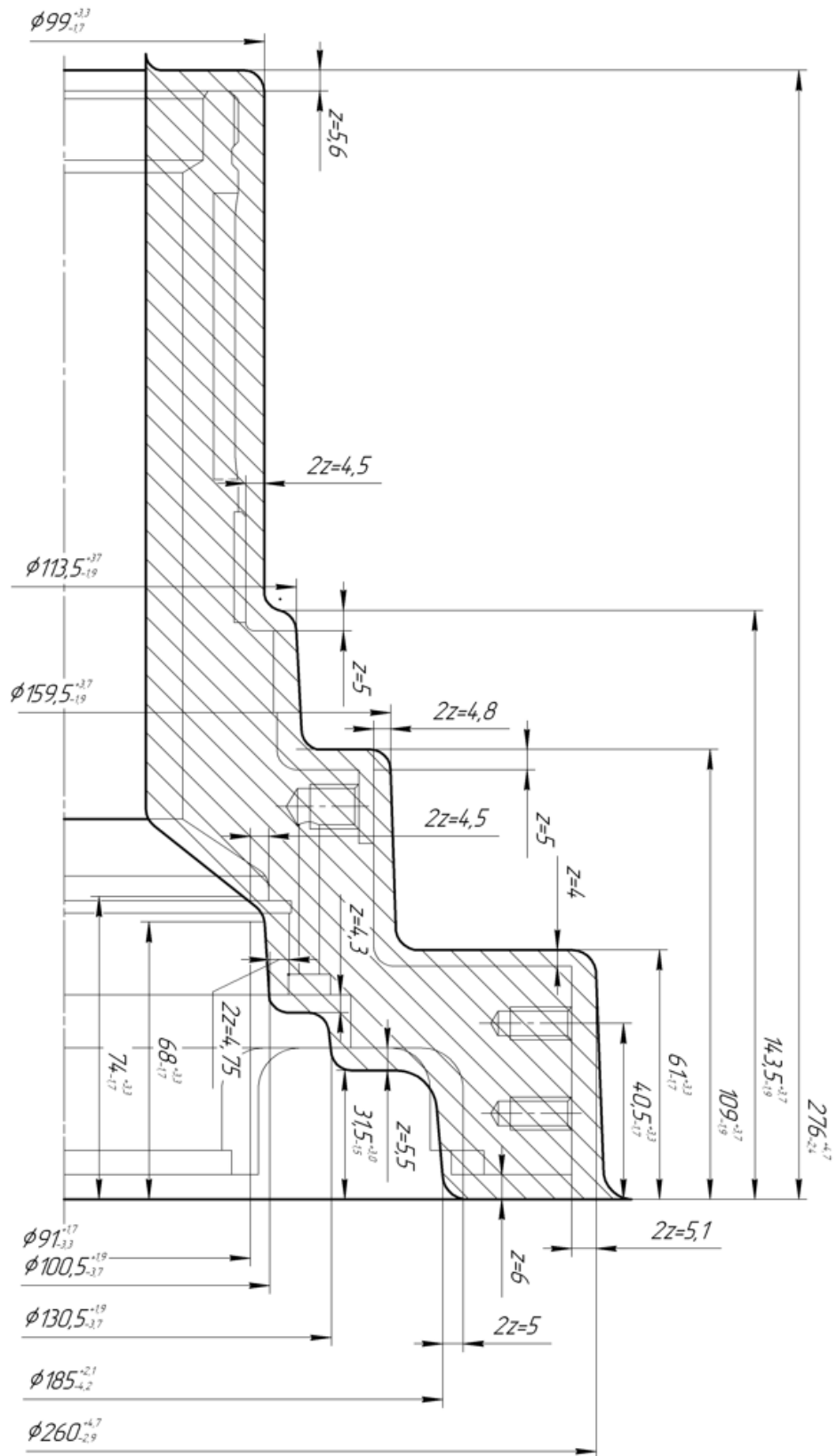


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 215100041-00.ПЗ

Арк.

27

## 6 АНАЛІЗ БАЗОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Складемо порівняльну таблицю базового і пропонованого маршрутних технологічних процесів (ТП) (таблиця 1.6.2).

Таблиця 6.1 - Порівняльна таблиця базового і пропонованого МТП.

№ операції	Найменування	№ операції	Найменування
1	2	3	4
Базовий ТП		Пропонований ТП	
005	Кувальна	005	Заготівельна
010	Токарно-гвинторізна (чорнова праворуч)	010	Технічний контроль
015	Токарно-гвинторізна (чорнова зліва)	015	Термічна
020	Токарно-гвинторізна (напівчистова праворуч)	020	Технічний контроль
025	Токарно-гвинторізна (напівчистова зліва)	025	Токарно-гвинторізний
030	Токарно-гвинторізна (чистове зліва)	030	Токарно-гвинторізний
035	Токарно-гвинторізна (чистове праворуч)	035	Токарна з ЧПУ
040	Контроль ВТК (ОТК)	040	Термічна
045	Розмічальна	045	Токарна з ЧПУ
050	Вертикально-фрезерна	050	Технічний контроль
055	Розмічальна	055	Фрезерна з ЧПУ
060	Вертикально-фрезерна	060	Фрезерна з ЧПУ
065	Розмічальна	065	Технічний контроль
070	Вертикально-свердлувальний	070	Комплексна на обробному центрі
075	Розмічальна	075	Технічний контроль
080	Вертикально-свердлувальний	080	наплавка
085	Розмічальна		
090	Горизонтально-розточна		
095	Слюсарна		
100	Контроль ВТК (ОТК)		

Наведемо базовий технологічний процес обробки деталі за операціями.

005 Кувальна - отримання заготовки прокату.

010 Токарно-гвинторізна.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62.

Заготовка встановлюється в патрон. Виконується чорнова обробка всіх поверхонь деталі справа.

Технологічне оснащення: патрон 4-х кулачковий 7103-0014 ГОСТ3890-82; ріжучий різець токарний упорний прямий з пластиною з швидкорізальної сталі Р6М5; різець Р6М5 ГОСТ 18882-78; свердло 12 ГОСТ 10902-77; свердло 40 23000721 ГОСТ 10902-77; штангенциркуль ШЦ- I - 125-0,1; ГОСТ 166-89, ШЦ - III - 400-0.1 ГОСТ 166-89.

015 Токарно-гвинторізна.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62.

Заготовка встановлюється в патрон. Виконується чорнова обробка всіх поверхонь деталі зліва.

Технологічне оснащення патрон 4-х кулачковий 7103-0014 ГОСТ3890-82; ріжучий різець токарний упорний прямий з пластиною з швидкорізальної сталі Р6М5; різець Р6М5 ГОСТ 18882-78; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1; ГОСТ 166-89, ШЦ-III-400-0.1 ГОСТ 166-89.

020 Токарно-гвинторізна.

Обладнання токарно-гвинторізний верстат 1К62.

Заготовка встановлюється в патрон. Виконується напівчистова обробка всіх поверхностей деталі справа.

Технологічне оснащення: патрон 4-х кулачковий 7103-0014 ГОСТ3890-82; ріжучий різець токарний упорний прямий з пластинною зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ18882-78; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, ШЦ -III-400-0,1 ГОСТ 166-89.

025 Токарно-гвинторізна.

Обладнання токарно-гвинторізний верстат 1К62.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Заготовка встановлюється в патрон. Виконується напівчистова обробка всіх поверхностей деталі зліва.

Технологмческа оснащення: патрон 4-х кулачковий 7103-0014 ГОСТ3890-82; ріжучий різець токарний упорний прямий з пластііной зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ18882-78; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, ШЦ -Ш-400-0,1 ГОСТ 166-89.

030 Токарно-гвинторізна.

Обладнання токарно-гвинторізний верстат 1К62.

Заготовка встановлюється в патрон. Виконується чистова обробка всіх поверхонь деталі справа.

Технологмческа оснащення: патрон 4-х кулачковий 7103-0014 ГОСТ3890-82; ріжучий різець токарний упорний прямий з пластііной зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ18882-78; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, ШЦ -Ш-400-0,1 ГОСТ 166-89.

035 Токарно-гвинторізна.

Обладнання токарно-гвинторізний верстат 1К62.

Заготовка встановлюється в патрон. Виконується чистова обробка всіх поверхностей деталі зліва.

Технологмческа оснащення: патрон 4-х кулачковий 7103-0014 ГОСТ3890-82; ріжучий різець токарний упорний прямий з пластііной зі швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ18882-78; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89, ШЦ -Ш-400-0,1 ГОСТ 166-89.

040 Контроль ВТК.

На столі ВТК виконується контроль всіх розмірів, отриманих на операціях точіння.

045 Розмічальна.

Виконується розмітка ліній пазів для фрезерування на операції 050 Вертикально-фрезерна.

050 Вертикально-фрезерна.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обладнання: вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13.

На операції виконується обробка пазів на фланцевої частини деталі.

Технологічних оснащення: фреза 6PM5 ГОСТ9140-78, штангенциркуль ШЦ-III -400-0,1 ГОСТ 166-89; шаблон спеціальний.

055 Розмічальна.

Виконується розмітка пазів для фрезерування на операції 060 Вертикально-фрезерна.

060 Вертикально-фрезерна.

Обладнання: вертикально-фрезерний верстат моделі 6P13.

На операції виконується обробка пазів на фланцевої частини деталі.

Технологічних оснащення: фреза 6PM5 ГОСТ9140-78, штангенциркуль ШЦ-III -400-0,1 ГОСТ 166-89; шаблон спеціальний.

065 Розмічальна.

Виконується розмітка пазів для фрезерування на операції 060 Вертикально-фрезерна.

070 Вертикально-свердлувальний.

Обладнання: вертикально-свердлильний верстат моделі 2Г175.

На операції виконується обробка отворів на фланцевої частини деталі.

Технологічне оснащення: свердло 5 ГОСТ 10903-71, свердло14 ГОСТ 10903-71, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

075 Розмічальна.

Виконується розмітка центрів отворів для обробки на операції 080 Вертикально-свердлильний.

080 Вертикально-свердлувальний.

Обладнання: вертикально-свердлильний верстат моделі 2Г175.

На операції виконується обробка отворів на фланцевої частини деталі.

Технологічне оснащення: свердло 11 ГОСТ 10903-71, штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

085 Розмічальна.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконується розмітка центрів отворів для обробки на операції 090 Вертикально-свердлильний.

090 Горизонтально-розточна.

Устаткування: горизонтально-розточний верстат моделі 2459.

095 Слюсарна.

На слюсарному верстаті виконується обробка різьбових отворів деталі, зачищаються задирки і усуваються інші недоліки, отримані на механічних операціях.

Технологічне оснащення: мітчик Р6М5 М8-7Н ГОСТ 3266-81; мтчік Р6М5 М10-7Н ГОСТ 3266-81.

100 Контроль ВТК.

На столі ВТК виконується контроль всіх розмірів і вимог, до неї пред'явлених.

Проводячи аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення даної деталі можна визначити, що послідовність операцій визначена правильно. Але існуючий технологічний процес забезпечує якість продукції.

Недоліком цього технологічного процесу є застосування універсального устаткування. Заготовка не забезпечує високої КИМ, а, отже, збільшені припуски на механічну обробку, що призводить до великих затратам на обробку. У пропонуваному ТП використовується інший спосіб отримання заготовки (штампування на КГШП), який має великі коефіцієнти використання заготовки і матеріалу і є більш економічним.

При застосуванні універсального обладнання велика кількість часу потрібно для переналагодження обладнання. Робітник не може обслуговувати понад одного верстата.

При розробці ж нового технологічного процесу більш доцільним було б використання верстатів з ЧПУ, і недоліки, які були вказані вище, в новому технологічному процесі можна Устроня.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При довантаженні верстатів однотипними деталями доцільно застосувати більш продуктивне обладнання і точне, високопродуктивний ріжучий інструмент, обґрунтовані режими різання, механізовані пристосування, точні контрольно-вимірювальні пристрої. Це збільшує продуктивність і забезпечує якість виготовленої продукції.

Для автоматизації процесу обробки в цеху на певних операціях доцільно застосовувати верстати з ЧПУ, що в свою чергу також дозволить полегшити працю робітників. Шляхом застосування верстатів з ЧПУ можна істотно скоротити застосовуються в цеху норми часу практично на всіх операціях. Це дозволить зменшити число операцій, час на транспортування заготовки на наступній операції, час на установку заготовки і час на зміну інструменту, тому що деталь буде оброблятися на одному верстаті з однієї установки. Також доцільним було б застосування комбінованого інструменту і пневмопріспособлень.

В запропонованому технологічному процесі використовується ріжучий інструмент з механічним кріпленням пластин, що дає зменшення витрат на інструмент (так як проводиться закупівля тільки ріжучих пластин). Крім того, по можливості, використовується інструмент з твердого сплаву, який забезпечує підвищення стійкості інструменту при обробці, а також більш високі режими різання з підвищеною вироблених, що також спосодствує зменшення витрат на інструмент і деталь в цілому.

У запропонованому технологічному процесі також пропонується виключити операції розмітки та слюсарну, так як правильне розташування отворів деталі забезпечується застосуванням протягання (більш точного інструменту).

Крім того, для упорядкування структури матеріалу і поліпшення його оброблюваності перед механічною обробкою деталі вводиться термообробка - повний отжиг заготовки

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.1 Розрахунок припусків на механічну оброблення поверхні обертання

Зробимо розрахунок припусків та допусків на діаметральний розмір  $d = 150h6$  мм.

Таблиця 6.1 Маршрут обробки поверхні  $d = 150h6$  мм

№	Найменування операції	Точність	Шорсткість, (Ra)
0	Заготівельна	IT16	25
1	Чорнова	h14	12.5
2	Напівчистова	h12	6.3
3	Чистова	h8	3.2
4	Оздоблювальна	h6	1.6

Вибираємо елементи припусків по переходах:

а) висота мікронерівностей  $Rz$  і глибина дефектного шару  $T$  для заготовки і по переходах наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Параметр шорсткості і глибина дефектного шару по переходах

№	Найменування операції	Параметр шорсткості $Rz$	глибина дефектного шару $T$
0	Заготівельна	-	-
1	Чорнова	80	50
2	Напівчистова	80	50
3	Чистова	20	20
4	Оздоблювальна	5	5

б) значення просторових відхилень форми  $\rho$  для заготовки – виливки:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{екс}}^2}, \quad (6.1)$$

де:  $\rho_{\text{зм}}$  – допустима похибка щодо зміщення фігур;

$\rho_{\text{екс}}$  – ексцентричність отворів.

При подальшій механічній обробці отвору величина просторових відхилень визначається з урахуванням коефіцієнта уточнення  $K_y$ .

$$\rho = K_y \cdot \rho_{\text{заг}} \quad (6.2)$$

Значення просторового відхилення для відповідних переходів складають:

$$\rho_{\text{чор.}} = 6 \text{ мкм} = 0,006 \text{ (мм)}$$

$$\rho_{\text{н/ч.}} = 5 \text{ мкм} = 0,005 \text{ (мм)}$$

$$\rho_{\text{чис.}} = 4 \text{ мкм} = 0,004 \text{ (мм)}$$

$$\rho_{\text{озд.}} = 2 \text{ мкм} = 0,002 \text{ (мм)}$$

в) похибка установки на даному переході  $\epsilon_{yi}$ , мкм.

$$\epsilon_{\text{чор.}} = 130 \text{ мкм} = 0,130 \text{ (мм)}$$

$$\epsilon_{\text{н/ч.}} = 125 \text{ мкм} = 0,125 \text{ (мм)}$$

$$\epsilon_{\text{чис.}} = 120 \text{ мкм} = 0,120 \text{ (мм)}$$

$$\epsilon_{\text{озд.}} = 80 \text{ мкм} = 0,080 \text{ (мм)}$$

3) Виконаємо схему допусків та припусків для  $\varnothing 150h6$  мм – малюнок 6.1

4) Розраховуємо мінімальні, номінальні і максимальні припуски по переходам, а також розміри заготовки поп переходах:

Оздоблювальна операція:

$$d_{\text{min озд.}} = d_{\text{ном озд.}} - e_i \text{ озд.};$$

$$d_{\text{min озд.}} = 150 - 0,025 = 149,975 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{ном озд.}} = d_{\text{мак озд.}} = 150 \text{ (мм)};$$

$$T_d \text{ озд.} = e_s \text{ озд.} + e_i \text{ озд.} = 0 + 0,025 = 0,025 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{min озд.}} = 2 (Rz_{(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \epsilon_{yi}^2});$$

$$2Z_{\text{min озд.}} = 2 (5 + 5 + \sqrt{2^2 + 80^2}) = 0,180 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{ном озд.}} = 2Z_{\text{min озд.}} + e_i \text{ чис.};$$

$$2Z_{\text{ном озд.}} = 0,180 + 0,063 = 0,243 \text{ (мм)};$$

$$2Z_{\text{мак озд.}} = 2Z_{\text{min озд.}} + T_d \text{ озд.} + e_i \text{ чис.};$$

$$2Z_{\text{мак озд.}} = 0,180 + 0,025 + 0,063 = 0,268.$$

Чистове точіння:

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 215100041-00.ПЗ

$$D_{\min} \text{чис.} = d_{\text{ном озд.}} + 2Z \text{ мин озд.};$$

$$d_{\min} \text{чис.} = 150 + 0,180 = 150,180 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{ном чис.}} = d_{\text{мах чис.}} = d_{\min} \text{чис.} + e_i \text{чис.};$$

$$d_{\text{ном чис.}} = d_{\text{мах чис.}} = 150,180 + 0,063 = 150,243 \text{ (мм)};$$

$$Td \text{чис.} = e_s \text{чис.} + e_i \text{чис.} = 0 + 0,063 = 0,063 \text{ (мм)};$$

$$2Z \text{ мин чис.} = 2 (Rz_{(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \epsilon y_i^2})$$

$$2Z \text{ мин чис.} = 2 (20 + 20 + \sqrt{4^2 + 120^2}) = 0,320 \text{ (мм)};$$

$$2Z \text{ ном чис.} = 2Z \text{ мин чис.} + e_i \text{н/ч.};$$

$$2Z \text{ ном чис.} = 0,320 + 0,4 = 0,72 \text{ (мм)};$$

$$2Z \text{ мах чис.} = 2Z \text{ мин чис.} + e_i \text{чис.} + e_i \text{н/ч.}$$

$$2Z \text{ мах чис.} = 0,320 + 0,063 + 0,4 = 0,783 \text{ (мм)}.$$

Напів чистове точіння:

$$D_{\min} \text{н/ч} = d_{\text{ном чис.}} + 2Z \text{ мин чис.}$$

$$d_{\min} \text{н/ч} = 150,243 + 0,320 = 150,563 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{ном н/ч}} = d_{\text{мах н/ч}} = d_{\min} \text{н/ч} + e_i \text{н/ч.};$$

$$d_{\text{ном н/ч}} = d_{\text{мах н/ч}} = 150,563 + 0,4 = 150,963 \text{ (мм)};$$

$$Td \text{н/ч} = e_s \text{н/ч} + e_i \text{н/ч} = 0 + 0,4 = 0,4 \text{ (мм)};$$

$$2Z \text{ мин н/ч.} = 2 (Rz_{(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \epsilon y_i^2})$$

$$2Z \text{ мин н/ч} = 2 (50 + 35 + \sqrt{5^2 + 125^2}) = 0,420 \text{ (мм)};$$

$$2Z \text{ ном н/ч} = 2Z \text{ мин н/ч} + e_i \text{чор.};$$

$$2Z \text{ ном н/ч} = 0,420 + 1 = 1,420 \text{ (мм)};$$

$$2Z \text{ мах н/ч} = 2Z \text{ мин н/ч} + e_i \text{н/ч} + e_i \text{чор.};$$

$$2Z \text{ мах н/ч} = 0,420 + 0,4 + 1 = 1,82 \text{ (мм)};$$

Чорнове точіння:

$$d_{\min} \text{чор.} = d_{\text{ном н/ч}} + 2Z \text{ мин н/ч.};$$

$$d_{\min} \text{чор.} = 150,963 + 0,420 = 151,383 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{ном чор.}} = d_{\text{мах чор.}} = d_{\min} \text{чор.} + e_i \text{чор.};$$

$$d_{\text{ном чор.}} = d_{\text{мах чор.}} = 151,383 + 1 = 152,383 \text{ (мм)};$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Td \text{ чор.} = es + ei = 0 + 1 = 1$$

$$2Z \text{ min чор.} = 2 (Rz_{(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \epsilon y_i^2})$$

$$2Z \text{ min чор.} = 2 (80 + 50 + \sqrt{6^2 + 130^2}) = 0,520 \text{ (мм);}$$

$$2Z \text{ ном чор.} = 2Z \text{ min чор.} + ei \text{ заг.};$$

$$2Z \text{ ном чор.} = 0,520 + 2,5 = 3,02 \text{ (мм);}$$

$$2Z \text{ max чор.} = 2Z \text{ min чор.} + ei \text{ чор.} + ei \text{ заг.};$$

$$2Z \text{ max чор.} = 0,520 + 1 + 2,5 = 4,02 \text{ (мм);}$$

Чорнове точіння:

$$d_{\text{min чор.}} = d_{\text{ном н/ч}} + 2Z \text{ min н/ч};$$

$$d_{\text{min чор.}} = 150,963 + 0,420 = 151,383 \text{ (мм);}$$

$$d_{\text{ном чор.}} = d_{\text{max чор.}} = d_{\text{min чор.}} + ei \text{ чор.};$$

$$d_{\text{ном чор.}} = d_{\text{max чор.}} = 151,383 + 1 = 152,383 \text{ (мм);}$$

$$Td \text{ чор.} = es + ei = 0 + 1 = 1$$

$$2Z \text{ min чор.} = 2 (Rz_{(i-1)} + h_{(i-1)} + \sqrt{\rho_{(i-1)}^2 + \epsilon y_i^2})$$

$$2Z \text{ min чор.} = 2 (80 + 50 + \sqrt{6^2 + 130^2}) = 0,520 \text{ (мм);}$$

$$2Z \text{ ном чор.} = 2Z \text{ min чор.} + ei \text{ заг.};$$

$$2Z \text{ ном чор.} = 0,520 + 2,5 = 3,02 \text{ (мм);}$$

$$2Z \text{ max чор.} = 2Z \text{ min чор.} + ei \text{ чор.} + ei \text{ заг.};$$

$$2Z \text{ max чор.} = 0,520 + 1 + 2,5 = 4,02 \text{ (мм);}$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37



Заготовка:

$$D_{\min} \text{ заг.} = d_{\text{ном чор.}} + 2Z \text{ min чор.};$$

$$d_{\min} \text{ заг.} = 151,383 + 0,520 = 151,903 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{ном заг.}} = d_{\text{max заг.}} = d_{\min \text{ заг.}} + e_i \text{ заг.};$$

$$d_{\text{ном заг.}} = d_{\text{max заг.}} = 151,903 + 2,5 = 154,403$$

$$T_d \text{ заг.} = e_s + e_i = 0 + 2,5 = 2,5.$$

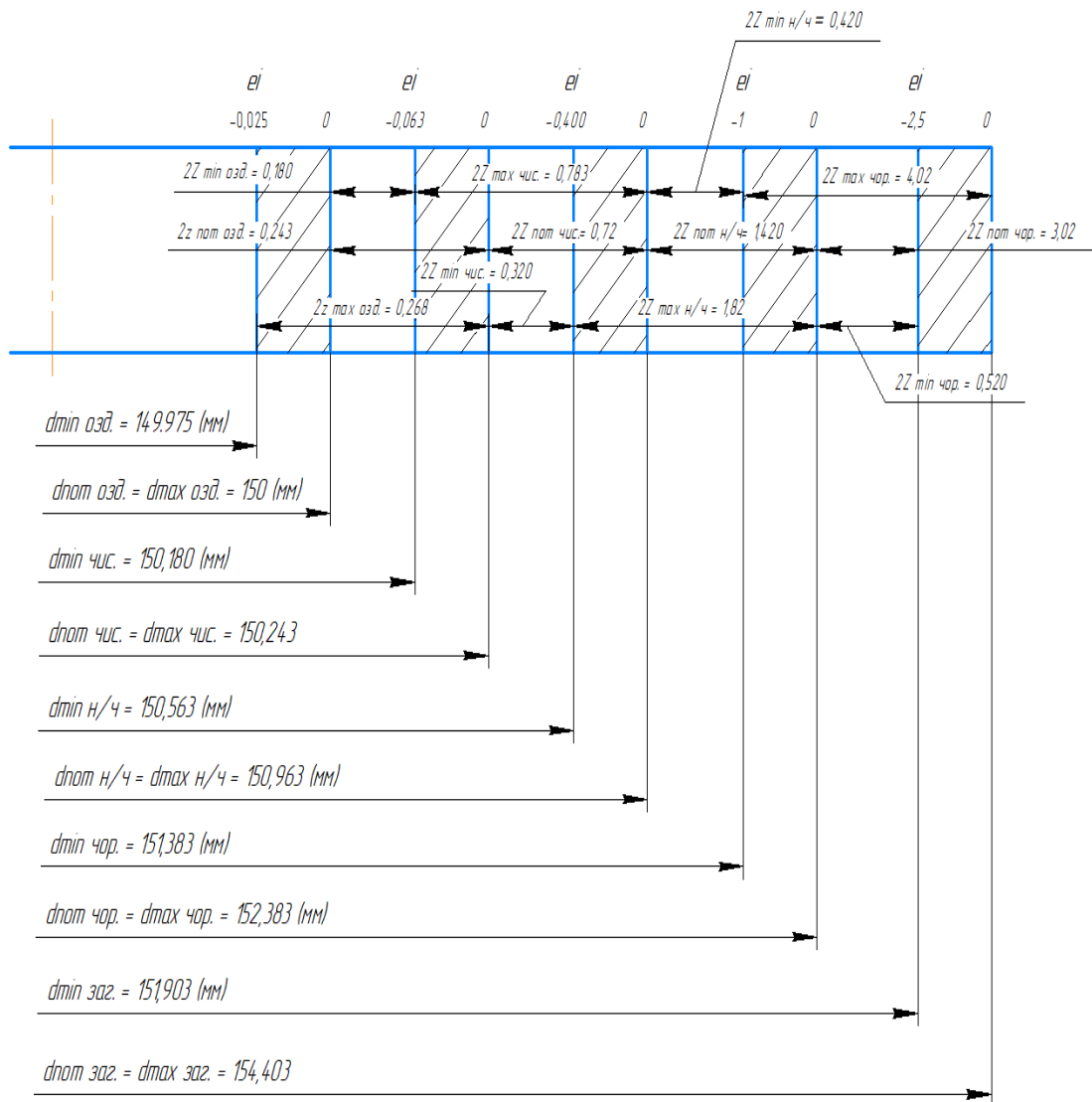


Рисунок 6.1 - Схема допусків та припусків для Ø150h6 мм.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 215100041-00.ПЗ

Арк.

38

Таблиця 6.3 - Вихідні та розрахункові дані на заданий розмір

Технологічні операції (переходи)	Елементи припуску, мкм				Розрахунок припусків, мм			Розрахунок розмірів, мм		
	Ry <sub>i</sub>	hy <sub>i</sub>	ρy <sub>i</sub>	εy <sub>i</sub>	2Z <sub>min</sub>	2Z <sub>nom</sub>	2Z <sub>max</sub>	d <sub>min</sub>	d <sub>nom</sub>	d <sub>max</sub>
Заготівельна	-	-	-	-	-	-	-	151,90 3	154,40 3	154,40 3
Чорнова	80	50	6	13 0	0,52 0	3,02	4,02	151,38 3	152,38 3	152,38 3
Напівчистова	50	35	5	12 5	0,42 0	1,42 0	1,82	150,56 3	150,96 3	150,96 3
Чистова	20	20	4	12 0	0,32 0	0,72	0,78 3	150,18 0	150,24 3	150,24 3
Оздоблювальна	5	5	2	80	0,18 0	0,24 3	,268	149,97 5	150	150

## 6.2 Аналіз та обґрунтування вибору схем базування заготовки

030 Токарна з ЧПК.

Виконується повна чорнова обробка всіх поверхонь, що підлягають точінню зліва на кресленні.

Заготовка встановлюється на токарний самоцентруючий патрон. При базуванні мають місце дві технологічні бази: установка (торець заготовки), позбавляє деталь трьох ступенів свободи, подвійна опорна (зовнішня циліндрична поверхня), позбавляє деталь двох ступенів свободи. В цілому в пристосуванні деталь позбавляється п'яти ступенів свободи.

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 215100041-00.ПЗ					

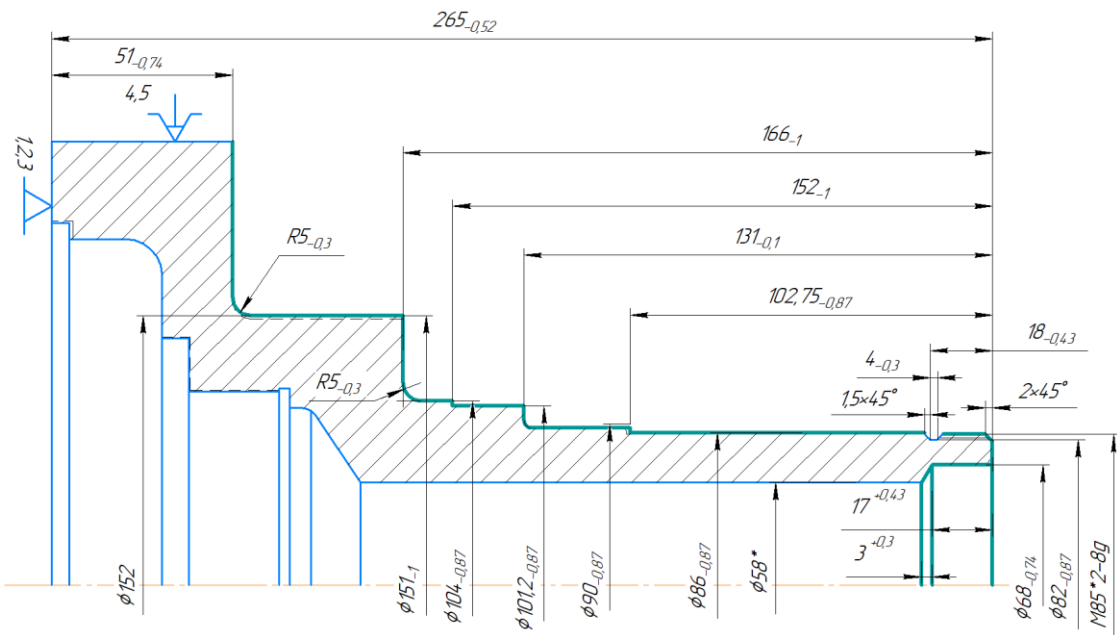


Рисунок 6.2 - Ескіз обробки до операції 030 Токарна з ЧПК

Таблиця 6.4 – Таблиця зв'язків

№ точки	Ступінь свободи	База
1, 2, 3	I, V, VI	УБ
4, 5	II, III	ПОБ

Таблиця 6.5 – Матриця зв'язків

База	X	Y	Z	Міри волі
УБ	1	0	0	↕
	0	1	1	↻
ПОБ	0	1	1	↕
	0	0	0	↻

Глибина різання 2,5 мм, лучистовий прохід – 1 мм.

Виконується повна обробка всіх поверхонь, що підлягають точінню справа на кресленні.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

TM 215100041-00.ПЗ

Арк.

40

055 Фрезерна з ЧПК.

Устаткування: фрезерний верстат з ЧПУ моделі HAAS VF-3SSYT.

На операції виконується обробка викружок, отворів діаметром 5 і 14 мм.

Заготівля встановлюється в пристосування спеціальне. При базуванні мають місце дві технологічні бази: установча (торець заготовки), позбавляє деталь трьох ступенів свободи, подвійна опорна (зовнішня циліндрична поверхність), позбавляє деталь двох ступенів свободи. В цілому в пристосуванні деталь позбавляється п'яти ступенів свободи.

Глибина різця по переходах:

- свердління отвору діаметром 5 мм: 2,5 мм;
- свердління отвору діаметром 14 мм: 7мм;
- свердління отвору діаметром 4,8 мм: 2,4 мм;
- нарізування резбюи М6-7Н 0,6 мм;
- фрезерування викружок: 4 мм.

Технологічне оснащення: пристосування спеціальне; фреза Р6М5 кінцева ГОСТ 9140-78; свердло 5 ГОСТ 10903-71; свердло 14 ГОСТ 10903-71; свердло 4,8 ГОСТ 10903-71; мітчик М6-7Н ГОСТ 3266-81; калібр-пробка М6-7Н ПР / НЕ ГОСТ 14826-854 штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, шаблон спеціальний.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

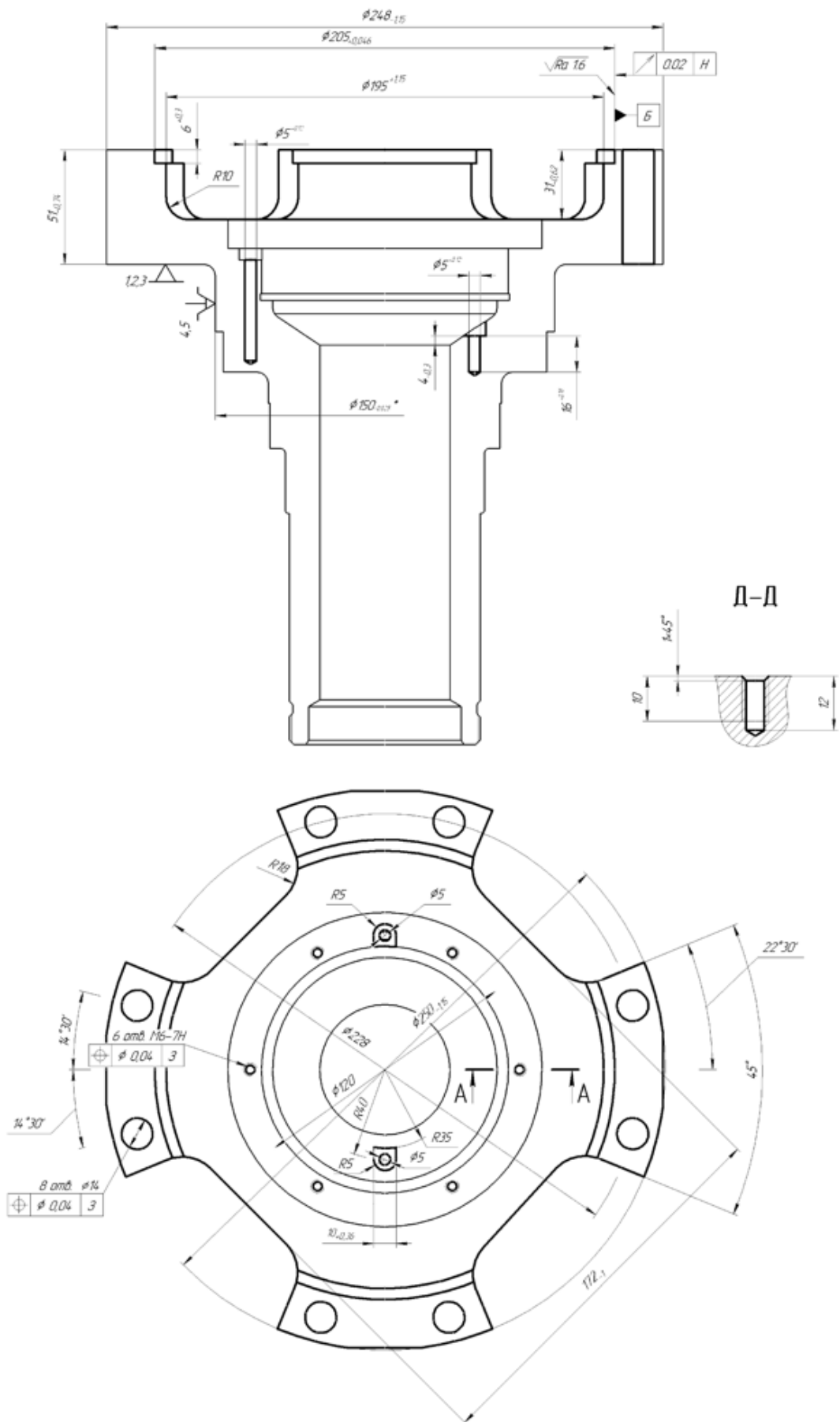


Рисунок 6.3 - Ескіз обробки до операції 055 Фрезерування з ЧПК

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 215100041-00.ПЗ

Арк.

42

Таблиця 6.4 – Таблиця зв'язків

№ точки	Ступінь свободи	База
1, 2, 3	III, IV, V	УБ
4, 5	I, II	ПОБ

Таблиця 6.5 – Матриця зв'язків

База	X	Y	Z	Міри волі
УБ	0	0	1	↔
	1	1	0	↻
ПОБ	1	1	0	↔
	0	0	0	↻

Виконується контроль відповідності готової деталі її кресленням.

Вимірювальний інструмент: калібр-скоба 150h6 ПР / НЕІ ГОСТ 18362-84; калібр-скоба 90js6 ПР / НЕ ГОСТ 18362-84; калібр-скоба 85k6 ПР / НЕ ГОСТ 18362-84; ; калібр-пробка М10-7Н ПР / НЕ ГОСТ 14826-85; калібр-пробка М8-7Н ПР / НЕ ГОСТ 14826-85; калібр-пробка М6-7Н ПР / НЕ ГОСТ 14826-85; калібр-пробка 110K7 НЕ ГОСТ 14822-69; калібр-пробка 110K7 ПР ГОСТ 14822-69; калібр-пробка 140H7 НЕ ГОСТ 14822-69; калібр-пробка 140H7 ПР ГОСТ 14822-69; калібр-пробка 205H7 НЕ ГОСТ 14822-69; калібр-пробка 205H7 ПР ГОСТ 14822-69; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89. шаблони спеціальні; індикатор 2МІГ ГОСТ 9696-82; стійка для вимірювальної головки ГОСТ 10197-87; образці шорсткості по ГОСТ 9378-75.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів Операція 030

У базовому технологічному процесі для токарної операції використовують універсальний токарний верстат 1К62. Пропонуємо токарний верстат з ЧПК НААС ST-15, який має такі переваги: – використання токарного верстата з ЧПК дозволяє зменшити час виготовлення деталі; – завдяки наявним засобам автоматизації та механізації орієнтований на використання в умовах

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



Виробник	HAAS
Модель	VF-3 SS
Рік виробництва	2007
Система управління	Haas
Переміщення по осі X (мм)	1016
Переміщення по осі Y (мм)	508
Переміщення по осі Z (мм)	635
Розмір столу (мм)	1219 x 457
Макс. навантаження на стіл, кг	1588
Автоматично змінних інструментів (шт)	40
Тип інструментального конуса	BT 40
Оберти шпинделя (про/хв)	12000
Потужність приводу шпинделя (кВт)	22,4
Прискорений хід X/Y/Z (м/хв)	35,6
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В)	3530x2795x3035
Вага верстата (кг)	5000

Рисунок 6.5 – Технічна характеристика верстата мод. HAAS VF-3SSYT

					TM 215100041-00.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

При виборі оснащення перевага віддається стандартній і нормалізованій, що пов'язано з тим, що деталь випускається в умовах середньосерійного виробництва.

Операція 030 Токарно-гвинторізна.

На операції 030 заготовку встановлюємо у токарний трьох кулачковий патрон , він же виступає у ролі верстатного пристосування для установки та закріплення .

Ріжучий інструмент:

PI 1 – прохідний упорний з ромбічною пластиною із твердого сплаву T15K6.  $t_{max} = 0.7$  (мм), кодування PI по ISO - PCLNR2525M12, головний кут в плані -  $95^\circ$ , Змн. Арк. № докум. Підпис Дата Арк. 35 ТМ 20510107-00.ПЗ кут при вершині –  $80^\circ$ , довжина PI - 170 мм.

PI 2 – розточувальний з ромбічною пластиною із твердого сплаву T5K10,  $t_{MAX} = 1,5$  мм, Позначення PI : K.01.4983.000-04, головний кут в плані –  $93^\circ$ , кут при вершині –  $55^\circ$ .

PI 3 – розточувальний з ромбічною пластиною із твердого сплаву T15K6,  $t_{MAX} = 0,7$  (мм), позначення PI : K.01.4983.000-04, головний кут в плані -  $93^\circ$ , кут при вершині -  $55^\circ$ .

Вимірювальний інструмент: – штангенциркуль ШЦ-ІІ з ціною поділки 0,05 мм

Операція 055 фрезерна з ЧПК

На операції 055 використовуємо спеціальне верстатне пристосування

Ріжучий інструмент:

PI 1 фреза P6M5 кінцева ГОСТ 9140-78;

PI 2 свердло 5 ГОСТ 10903-71;

PI 3 свердло 14 ГОСТ 10903-71;

PI 4 свердло 4,8 ГОСТ 10903-71;

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

PI 5 мітчик М6-7Н ГОСТ 3266-81;

Вимірювальний інструмент: - калібр-пробка М6-7Н ПР / НЕ ГОСТ 14826-854  
штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, шаблон спеціальний.

### 6.5 Розрахунок режимів різання

Визначення режимів різання для операції 030 токарний з ЧПУ.

Розрахунок режиму різання проізовдїм для чистового точіння Ø20Н7.

Глибина різання  $t = 0,5$  мм.

Подачу для чистового точіння вибираємо в залежності від необхідних параметрів шорсткості і радіусі при вершині різця  $S = 0.07$

Швидкість різання при чистовому точінні визначається за формулою

$$V = \frac{C_V}{T^m * t^x * S^y} * K_V \text{ (м/мин)} \quad (6.3)$$

де  $T$  – період стійкості інструменту, мм,  $T = 60$  мин.

Коефіцієнт для даної формули визначається по [3. стор. 269, табл. 17] та є рівними  $C_V = 420$ ;  $x = 0,15$ ;  $m = 0,2$ ;

$K_V$  - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} * K_{PV} * K_{IV} \quad (6.4)$$

де  $K_{MV} = 0,6$  (3, стор. 262, табл. 3) - коефіцієнт враховує якість оброблюваного матеріалу.

$K_{PV}$  - коефіцієнт що враховує стан поверхні заготовки:  $K_{PV} = 1,0$ ;

$K_{IV}$  - коефіцієнт що враховує матеріал інструменту :  $K_{IV} = 1,9$ .

$$K_V = 0.6 * 1.0 * 1.9 = 1.14;$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{420}{60^{0.2} * 0.5^{0.15} * 0.07^{0.2}} * 1.14 = 392 \text{ (м/мм)}$$

При обробці жароміцних сталей вводимо поправочний коефіцієнт на швидкість різання 0,8.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = 392 * 0.8 = 314 \text{ (м/мм)}$$

Визначення сили різання:

Основною складовою сили різання є тангенціальна складова, яку розраховуємо за формулою з підручника Залога, В. О. Робоча програма та методичні вказівки до обов'язкового домашнього завдання з дисципліни «Теорія різання»:

$$P_z = 10 * C_p * t^x * S^y * V^n * K_p ; \quad (6.5)$$

Коефіцієнти для даної формули визначаються

$$C_p = 204; x = 1; y = 0,75; n = 0.$$

Поправочний коефіцієнт  $K_p$  є проізведеєнє ряду коефіцієнтів:

$K_p = K_{MP} * K_{\varphi P} * K_{\lambda P} * K_{rP}$ . Чисельні значення цих коефіцієнтів визначаємо по (3, стор 275, табл. 23):

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (6.6)$$

$$K_{MP} = \left( \frac{600}{750} \right)^{0.75} = 0.8$$

$$K_{\varphi P} = 1,0; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 1,0.$$

$$K_p = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 0,8$$

Тангенціальна сила дорівнює:

$$P_z = 10 * 204 * 0,5^{1,0} * 0,07^{0,75} * 314^0 * 0,8 = 114;$$

Радіальну  $P_y$  і осьову  $P_x$  складові сили різання визначимо з відомих співвідношень з силою  $P_z$ :

$$P_z : P_y : P_x = 1 : 0,4 : 0,3;$$

$$P_y = 0,4 * 114 = 46(\text{Н});$$

$$P_x = 0,3 * 114 = 34(\text{Н});$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z * V}{60 * 1020} \text{ (кВт)} \quad (6.7)$$

$$N = \frac{114 * 314}{60 * 1020} = 0,6 \text{ (кВт)}$$

						ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
							48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Режими різання для інших переходів операції визначаємо за нормативами (9).

Припуск на обробку: поверхню 1 ( $\varnothing 140H7$ ) -  $\Pi = 0,5$  мм.

поверхню 2 ( $\varnothing 110K7$ ) -  $\Pi = 0,5$  мм.

поверхню 3 (торець) -  $\Pi = 0,25$  мм.

поверхню 4 (торець) -  $\Pi = 0,25$  мм.

Зміст операції:

1 точити поверхню 1;

2 точити поверхню 2;

3 підрізати торець 3;

4 підрізати торець 4.

Вибір стадій обробки.

Визначаємо необхідну кількість стадій обробки. Для отримання розмірів деталі, відповідний 7 квалітету, необхідно вести обробку в одну стадію: чистова.

Вибір глибини різання.

Для поверхні 1 і 2.

досить обробки за один хід:

$$t = 0,5 \text{ мм.}$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхня 3 і 4 обробляється за один робочий хід.

$$t = 0,5 \text{ мм.}$$

Вибір подачі:

Рекомендовані значення подач чистової стадії обробки вибираємо.

Подачу для обробки поверхонь 1 і 2 вибираємо:

$$S_T = S_{OT} * K_{SM} * K_{SU} * K_{SK} * K_{SR} \quad (6.8)$$

вибираємо поправочні коефіцієнти залежно від:

твердості оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 0,8$ ;

схеми установки заготовки  $K_{SU} = 1,2$ ;

квалитета точності оброблюваної деталі  $K_{SK} = 0,85$ ;

радіуса вершини різця  $K_{SR} = 1$ .

$$S_T = 0,09 * 0,8 * 1,2 * 0,85 * 1 = 0,07 \text{ мм/об.}$$

Подача для поверхні 3 і 4 приймається по карті 6.

$$S_{OT} = 0,11 \text{ мм/об.}$$

вибираємо поправочні коефіцієнти залежно від:

твердості оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 0,8$ ;

схеми установки заготовки  $K_{SU} = 1,2$ ;

квалітетеа точності оброблюваної деталі  $K_{SK} = 0,85$ ;

радіуса вершини різця  $K_{SR} = 1$ .

$$S_T = 0,11 * 0,8 * 1,2 * 0,85 * 1 = 0,09 \text{ мм/об.}$$

Вибір швидкості різання.

Швидкість вибирають по карті 22 з урахуванням поправочних коефіцієнтів в залежності від:

інструментального матеріалу  $K_{VU} = 0.55$ ;

групи оброблюваності матеріалу  $K_{VC} = 0.5$ ;

виду обробки  $K_{VO} = 1.0$ ;

жорсткості верстата  $K_{VJ} = 0.75$ ;

механічних властивостей оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 0.7$ ;

геометричних параметрів різця  $K_{V\phi} = 1.15$ ;

										Арк.
										50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 215100041-00.ПЗ					

періоду стійкості різального інструменту  $K_{VT} = 0.8$ ;

наявності охолодження  $K_{VЖ} = 1,0ж$

Табличні значення швидкості різання:

Для поверхонь 1 і 2:

$$V_T = 430 \text{ м/мин (карта 22);}$$

Для поверхонь 3 і 4:

$$V_T = 487 \text{ м/мин (карта 22);}$$

Для поверхонь 1 і 2:

$$V = V_T * K_V = 430 * 0.55 * 0.5 * 1.0 * 0.75 * 0.7 * 1.15 * 0.8 * 1.0 = 56 \text{ м/хв;}$$

Для поверхонь 3 і 4:

$$V = V_T * K_V = 487 * 0.55 * 0.5 * 1.0 * 0.75 * 0.7 * 1.15 * 0.8 * 1.0 = 63 \text{ м/хв;}$$

Швидкість різання призначаємо 63 м /хв.

Частоту обертання шпинделя визначаємо по формулі:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 * 63}{3.14 * 140} = 143 \text{ об/хв;} \quad (6.9)$$

За паспортом верстата приймаємо найближче значення

Визначення мінуьной подачі.

Хвилину подачч розраховуємо за формулою:

$$S_M = n_{\phi} * S_O, \text{ мм/хв;} \quad (6.10)$$

Для поверхонь 1 і 2:

$$S_M = 200 * 0,07 = 14 \text{ мм/хв;}$$

Для поверхонь 3 і 4:

$$S_M = 200 * 0,09 = 18 \text{ мм/хв;}$$

Визначення часу автоматичної роботи верстата за програмою.

Визначення режимів різання для операції 055 фрезерної з ЧПУ.

Розрахунок режиму різання виробляємо для чорнового фрезерування вікон.

Виходячи з конфігурації заготовки, вибираємо ирезу кінцеву діаметром 32 мм (за стандартом з першого ряду).

					<i>TM 215100041-00.ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з оброблюваного матеріалу, вибираємо матеріал фрези - твердий сплав Т15К6.

Розрахунок:

Глибина фрезерування  $t = 19$  мм на чорновому проході. Ширина фрезерування  $B = 17$  мм. Подача на один зуб  $S_z = 0.09$

Швидкість різання при фрезеруванні визначається за формулою

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V \text{ (м/хв)} \quad (6.11)$$

де  $T$  – період стійкості інструменту, мм,  $T=90$  хв.

Коефіцієнти для даної формули визначаються по та є рівними  $C_V = 145$ ;  $x = 0.24$ ;  $y = 0.26$ ;  $m = 0.37$ ;  $u = 0.1$ ;  $q = 0.44$ ;  $p = 0.13$ .

$K_V$ - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV} \quad (6.12)$$

де  $K_{VM} = 0,6$  [3, стор. 262, табл 3] - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу.

- $K_{PV}$  коефіцієнт враховує стан поверхні заготовки:  $K_{PV} = 1,0$ ;
- $K_{IV}$  коефіцієнт що враховує матеріал інструмента:  $K_{IV} = 1,9$ .

$$K_V = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,9 = 1,14;$$

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{145 \cdot 32^{0,44}}{90^{0,37} \cdot 19^{0,24} \cdot 0,09^{0,26} \cdot 17^{0,1} \cdot 4^{0,13}} \cdot 1,14 = 91 \text{ (м/хв)};$$

Визначення частоти обертання фрези за формулою:

$$n_{III} = \frac{1000V}{\pi \cdot D} \quad (6.13)$$

$$n_{III} = \frac{1000 \cdot 91}{3,14 \cdot 32} = 906 \text{ (об/хв)}$$

Коригуємо частоту обертання фрези по паспорту верстата  $n_{III} = 800$  (об/хв).

Визначення сили різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}}{D^q \cdot n^w}; \quad (6.14)$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнти для даної формули визначаються :

$$C_p = 12.5; x = 0.85; y = 0.75; u = 10; q = 0,73; w = -0,13.$$

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n \quad (6.15)$$

$$K_{MP} = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,94$$

Тангенціальна сила різання дорівнює:

$$P_z = \frac{10 * 12,5 * 19^{0,85} * 0,09^{0,75} * 17^1 * 4 * 0,94}{32^{0,73} * 800^{-0,13}} = 3095 \text{ Н}$$

горизонтальна складова  $P_h = 0,8 * 3095 = 2476 \text{ Н}$

Вертикальна  $P_v = 0$ .

Радіальна  $P_y = 0,4 * P_z = 0,4 * 3095 = 1238 \text{ Н}$

Осьова  $P_x = 0,2 * P_z = 0,2 * 3095 = 619 \text{ Н}$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{KP} = \frac{P_z * D}{2 * 100} = \frac{3095 * 32}{2 * 100} = 495 \text{ Н м} \quad (6.16)$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_z * V}{60 * 1020} \text{ (кВт)} \quad (6.17)$$

$$N = \frac{3095 * 91}{60 * 1020} = 4,6 \text{ (кВт)}$$

$$N_T = 7,5 \text{ (кВт)}$$

$$N_P = 7,5 * 0,8 = 6 \text{ (кВт)}$$

Режими різання для інших переходів операції визначаємо за нормативами

Припуск на обробку: поверхню 1 (вікна) -  $\Pi = 1 \text{ мм}$ .

поверхню 2 (лиски) -  $\Pi = 1 \text{ мм}$ .

поверхню 3 (пази) -  $V \times H = 10 \times 6,5; 10 \times 5$ ; (В якості розрахункового беремо паз із більшою кількістю фрезерування).

Вибір стадії обробки.

По карті 72, лист 1 вибирають складові показника кількості стадій обробки для поверхонь 1 і 2 в залежності від:

										Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

TM 215100041-00.ПЗ



Твердості оброблюваного матеріалу  $K_{\delta M} = 1$ ;

Числа зубів фрези  $K_{\delta Z} = 1$ ;

Відносини вильоту фрези до діаметру  $K_{\delta L} = 0,3$ ;

Відносини ширини фрезерування до діаметру фрези  $K_{\delta B} = 0,5$ .

Виходячи з допуску на виконуваний розмір, визначають показник кількості стадій обробки:

Для поверхонь 1 і 2 -  $K_{C0} = \delta * K_{\delta M} * K_{\delta Z} * K_{\delta L} * K_{\delta B}$

$$K_{C0} = 1 * 1 * 1 * 0,3 * 0,5 = 0,15$$

Отримане значення показника кількості стадій обробки є критерієм вибору необхідної кількості стадій обробки:

Для поверхонь 1 і 2:

$$\frac{P_{\max}}{D} = \frac{P_{\min}}{D} = \frac{1}{32} = 0,03$$

оскільки 0,15 0,03, то необхідна точність може бути досягнута за одне стадо обробки. Поверхноть 3 обробляється за одну стадію обробки.

Вибір глибини різання.

Для поверхні 1 і 2.

По карті 74 для (ПХВ) = 1x51 = 51 мм достатньо обробки за один робочий хід:

$$t = K_i * P_{\max} = 1 * 1 = 1 \text{ мм.}$$

Поверхня 3 обробляється за один робочий хід.

Вибір подачі.

Подачу на зуб для обробки поверхонь 1 і 2 вибирають по карті 80.

$$S_{zT} = 0,05 \text{ мм/зуб.}$$

Вибране значення подачі коректують з урахуванням поправочних:

$$S_z = S_{zT} * K_{SM} * K_{SU} * K_{SZ} * K_{SL} \quad (6.18)$$

по карті 82 вибирають поправочні коефіцієнти для змінених умов роботи в залежності від:

твердості оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 1$ ;

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

матеріалу ріжучої частини фрези  $K_{SU} = 0,8$ ;

відносини фактичного числа зубів до нормативного  $K_{SZ} = 1$ ;

відносини вильоту фрези до діаметру  $K_{SL} = 1$ ;

$$S_Z = 0,05 * 1 * 0,8 * 1 * 1 = 0,04 \text{ мм/зуб.}$$

Подача, допустима по шорсткості обробленої поверхні

$$S_Z = 0,1 \text{ мм/зуб (карта 83).}$$

Остаточно приймаємо мінімальне значення  $S_Z = 0,4 \text{ мм/зуб.}$

Подача на зуб для поверхні 3 приймається по карті 81  $S_{zT} = 0,03 \text{ мм/зуб.}$

По карті 82 вибирають поправочні коефіцієнти для змінених умов роботи в залежності від:

твердості оброблюваного матеріалу  $K_{SM} = 1$ ;

матеріалу ріжучої частини фрези  $K_{SU} = 0,8$ ;

відносини фактичного числа зубів до нормативного  $K_{SZ} = 1$ ;

ставлення фрези до діаметру  $K_{SL} = 1$ .

$$S_Z = 0,03 * 1 * 0,8 * 1 * 1 = 0,02 \text{ мм/зуб.}$$

Вибір швидкості і потужності різання.

Швидкість і потужність різання вибираємо по картах 84 і 87 з урахуванням поправочних коефіцієнтів (карта 84) в залежності від:

Групи оброблюваного матеріалу  $K_{V0} = K_{N0} = 0,5$ ;

Твердості оброблюваного матеріалу  $K_{VM} = 1$ ;  $K_{NM} = 1$ ;

Матеріалу ріжучої частини фрези  $K_{VU} = K_{NU} = 2,8$ ;

Періоду стійкості ріжучої частини фрези  $K_{VT} = K_{NT} = 0,8$ ;

Відносини фактичної ширини фрезерування до нормативної:

Для поверхонь 1 і 2:  $K_{VB} = K_{NB} = 0,75$ ;

Для поверхні 3:  $K_{VB} = K_{NB} = 1,2$ ;

Стану поверхні заготовки:  $K_{Vn} = K_{Nn} = 1,0$ ;

Наявності охолодження  $K_{Vж} = K_{Nж} = 1,0$ .

										Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 215100041-00.ПЗ

Перевірку обраних режимів різання по потужності привода головного руху верстата виробляють тільки для першого робочого ходу.

Табличні значення швидкості і потужності різання:

Для поверхонь 1 і 2:

$$V_T = 40 \text{ м/мин (карта 84);}$$

$$N_T = 0,73 \text{ кВт (карта 84);}$$

Для поверхні 3:

$$V_T = 40 \text{ м/мин (карта 84);}$$

$$N_T = 0,73 \text{ кВт (карта 84);}$$

Для поверхонь 1 і 2:

$$V = V_T * K_V = 40 * 0,5 * 1 * 2,8 * 0,8 * 0,75 * 1 * 1 = 34 \text{ м/ хв;}$$

$$N = N_T * K_N = 0,73 * 0,5 * 1 * 2,8 * 0,8 * 0,75 * 1 * 1 = 0,61 \text{ кВт;}$$

Швидкість різання призначаємо 34 м / хв.

Частоту обертання шпинделя визначаємо по формулі:

$$n_{Ш} = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 34}{3,14 * 32} = 338 \text{ об/ хв;}$$

За паспортом верстата приймаємо найближче значення  $n_{\phi} = 315 \text{ об/хв.}$

З огляду на це фактична швидкість різання

$$V_{\phi} = \frac{\pi * D * n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 * 32 * 315}{1000} = 32 \text{ м/ хв.} \quad (6.19)$$

Фактичну потужність різання визначають за формулою:

$$N_{\phi} = N * \frac{V_{\phi}}{V} = 0,61 * \frac{32}{34} = 0,57 \text{ кВт.} \quad (6.20)$$

Для поверхні 3:

$$V = V_T * K_V = 30 * 0,5 * 1 * 2,8 * 0,8 * 0,75 * 1 * 1 = 40 \text{ м/ хв;}$$

$$N = N_T * K_N = 0,44 * 0,5 * 1 * 2,8 * 0,8 * 0,75 * 1 * 1 = 0,59 \text{ кВт;}$$

Швидкість різання призначаємо 40 м / хв.

Частоту обертання шпинделя визначають за формулою:

$$n = \frac{1000V}{\pi * D} = \frac{1000 * 40}{3,14 * 10} = 1274 \text{ об/ хв;}$$

					<b>ТМ 215100041-00.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

За паспортом верстата приймаємо найближче значення  $n_{\phi} = 1250$  об/хв.

З огляду на це фактична швидкість оезанія

$$V_{\phi} = \frac{\pi * D * n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 * 10 * 1250}{1000} = 39 \text{ м/хв}$$

Фактичну потужність різання визначають за формулою:

$$N_{\phi} = N * \frac{V_{\phi}}{V} = 0,61 * \frac{32}{34} = 0,58 \text{ кВт}$$

Розрахунок режиму різання виробляємо для свердління отворів  $\varnothing 14$  мм.

Глибина різання  $t = D/2 = 14/2 = 7$  мм. Подача.

Швидкість різання при свердлінні визначається за формулою

$$V = \frac{C_V * D^q}{T^m * S^y} * K_V (\text{м/хв}) \quad (6.21)$$

де  $T$  - період стійкості інструменту, мм;  $T = 15$  хв.

Коефіцієнти для даної формули визначаються по та є рівними:  
 $C_V = 3,5$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,12$ ;  $q = 0,5$ .

$K_V$  - загальний коефіцієнт на швидкість різання, визначається за формулою:

$$K_V = K_{MV} * K_{LV} * K_{IV}$$

де  $K_{MV} = 1$ . - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу.

- коефіцієнт що враховує стан поверхні заготовки :  $K_{LV} = 0,85$ .

- коефіцієнт що враховує матеріал інструменту [3, стор. 263, табл 6].  $K_{IV} = 1,0$ ;  $K_V = 1,0 * 1,0 * 0,85 = 0,85$ .

Визначаємо швидкість різання:

$$V = \frac{3,5 * 14^{0,5}}{15^{0,12} * 0,36^{0,45}} * 0,85 = 12,7 \text{ (м/хв)}$$

Визначаємо частоти обертання шпинделя по формулі:

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000V}{\pi * D}$$

										Арк.
										57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 215100041-00.ПЗ

де  $D_0$  - діаметр оброблюваної заготовки;

$$n_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot 12,7}{3,14 \cdot 14} = 289 \text{ (об/хв)}$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортом верстата: . Визначимо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{ш}}}{1000};$$
$$V = \frac{3,14 \cdot 14 \cdot 250}{1000} = 13 \text{ (м/хв)}$$

Визначимо крутний момент,  $M_{\text{кр}}$  і осьову силу  $H$ :

$$M_{\text{кр}} = 10 C_M \cdot D^q \cdot S^Y \cdot K_p \quad (6.22)$$

де  $C_M = 0,041$ ;  $q = 2,0$ ;  $Y = 0,7$  [3, стор. 281, табл 32].

$$K_p = K_{\text{MP}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (6.23)$$

$$K_p = K_{\text{MP}} = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,041 \cdot 14^{2,0} \cdot 0,36^{0,7} \cdot 0,85 = 33 \text{ Нм}$$

$$P_0 = 10 C_p \cdot D^q \cdot S^Y \cdot K_p, \quad (6.24)$$

де  $C_p = 143$ ;  $q = 1,0$ ;  $Y = 0,7$  [3, стор. 281, табл 32].

$$P_0 = 10 \cdot 143 \cdot 14^{1,0} \cdot 0,36^{0,7} \cdot 0,85 = 596 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою [3, стор. 271]

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ш}}}{9750}, \text{ (кВт)} \quad (6.25)$$

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ш}}}{9750}, \text{ (кВт)}$$

Перевіряємо достатність потужності приводу верстата

$$N \leq N_d \cdot \eta$$

$N_d = 3,7$  кВт (За паспортом верстата)

$$\eta = 0,8$$

$1 < 2,96$  - умова виконується.

Режими різання для інших пререходов свердління визначаємо за нормативами

										Арк.
										58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 215100041-00.ПЗ

Нормовані переходи:

- свердлити 2 отвори  $\varnothing 5\text{мм}$ ;
- нарізати різьбу М6-7Н.

Вибір подачі.

При діаметрі  $D = 5$  мм відносини довжини робочої частини свердла до діаметру  $l/D = 10$  найближчі великі табличні значення  $D_T = 6$  мм  $l/D = 12$ . Для цих значень визначаємо  $S_{0T} = 0,07\text{мм/об}$ ;  $V_T = 30,2$  м/мин;  $N_T = 0,22$  кВт;  $P_T = 708$  Н.

Подачу корегуємо за формулою.

$$S_0 = S_{0T} * K_{SM}, \quad (6.26)$$

де  $K_{SM} = 1,04$

$$S_0 = 0,07 * 1,04 = 0,073 \text{ мм/об}$$

Вибір швидкості різання.

Швидкість корегуємо за формулою:

$$V = V_T * K_{VM} * K_{V3} * K_{VЖ} * K_{VT} * K_{VW} * K_{VU} * K_{VI} \quad (6.27)$$

Обираємо коефіцієнти:

$$K_{VM} = 1,04$$

$$K_{V3} = 1,0$$

$$K_{VЖ} = 1,0$$

$$K_{VT} = 1,0$$

$$K_{VW} = 1,0$$

$$K_{VU} = 1,0$$

$$K_{VI} = 1,0$$

$$V = 30,2 * 1,04 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 * 1,0 = 31 \text{ м/хв.}$$

Скорегуємо частоту обертання шпинделя:

$$n_{III} = \frac{1000*V}{\pi*D} = \frac{1000*31}{3,14*5} = 1975 \text{ об/хв.}$$

Визначення хвилинної подачі.

Значення хвилинної подачі  $S_M$  визначаємо за формулою:

$$S_M = S_0 * n = 0,073 * 1975 = 144 \text{ мм/хв.}$$

									Арк.
									59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

TM 215100041-00.ПЗ

За паспортом верстата приймаємо:

$$n_{\phi} = 2000 \text{ об/хв}; S_{0\phi} = 150 \text{ мм/хв.}$$

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 2000}{1000} = 31,4 \text{ м/хв};$$

Вибираємо матеріал мітчика - швидкоріжуча сталь Р6М5.

Вибираємо:  $V_T = 8,7 \text{ м/хв}$ ;  $N_T = 0,13 \text{ кВт}$ ;  $P_T = 6 \text{ Н}$ ;  $M_{\text{крт}} = 0,4 \text{ Нм}$ .

Швидкість корегуем за формулою

$$V = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VK}$$

Вибираємо коефіцієнти:

$$K_{VM} = 1,3$$

$$K_{VK} = 0,8$$

$$V = 8,7 \cdot 1,3 \cdot 0,8 = 9 \text{ м/хв};$$

Скорегуємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 9}{3,14 \cdot 6} = 477,7 \text{ об/хв}$$

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 500}{1000} = 9,42 \text{ м/хв};$$

Визначення часу автоматичної роботи верстата за програмою.

Основний час автоматичної роботи верстата за програмою визначають за формулою:

$$T_0 = \frac{l_0 + l_1 + l_2 + l_3}{S_M} \quad (6.28)$$

де  $l_0$  - довжина траєкторії фрези уздовж оброблюваної поверхні;

$l_1$  - довжина підвода інструмента;

$l_2$  - довжина врізання;

$l_3$  - довжина перебігаючи;

$S_M$  - хвилинна подача.

Для поверхні 1:

$$l_0 = 90 \text{ мм}; l_1 = 5 \text{ мм}; l_2 = l_3 = \frac{D \cdot l_1}{2} = 18,5 \text{ мм.}$$

									Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

TM 215100041-00.ПЗ

$$T_0^1 = \frac{90+5+18,5+18,5}{50} = 2,64 \text{ хв.}$$

Так як обробляють 4 вікна, то  $T_0^1 = 4 * 2,64 = 10,56 \text{ хв}$

Для поверхні 2:  $l_0 = 32 \text{ мм}; l_1 = 5 \text{ мм}; l_2 = l_3 \frac{D * l_1}{2} = 18,5 \text{ мм.}$

$$T_0^2 = \frac{32+5+18,5+18,5}{50} = 1,48 \text{ хв.}$$

Так як обробляють 2 лиски, то  $T_0^2 = 2 * 1,48 = 2,96 \text{ хв.}$

Для поверхні 3:  $l_0 = 5 \text{ мм}; l_1 = 2 \text{ мм}; l_2 = l_3 \frac{D * l_1}{2} = 6 \text{ мм.}$

$$S_M = S_Z * Z * n = 0,02 * 4 * 1250 = 100 \text{ мм/хв}$$

$$T_0^3 = \frac{5+2+6}{100} = 0,13 \text{ хв.}$$

Так як обробляють 2 паза, то  $T_0^3 = 2 * 0,13 = 0,26 \text{ хв.}$

Свердління отворів діаметром 5 мм:  $T_0^4 = \frac{45+16+3}{150} = 0,43 \text{ хв.}$

Свердління отворів діаметром 4 мм:  $T_0^5 = 8 * \frac{51}{0,36 * 250} = 4,53 \text{ хв.}$

Нарізування різьби М6-7Н:  $T_0^6 = 6 * \frac{13}{1,2 * 500} = 0,13 \text{ хв.}$

Виходячи з умов мінімізації неодружених переміщень і дотримання техніки безпеки, відстань від точки 0 до точки виходу фрези на еквідистанту вибираємо  $\Delta X = 200 \text{ мм}; \Delta Y = 200 \text{ мм}; \Delta Z = 50 \text{ мм.}$  При переміщенні в точку зміни інструменту фреза одночасно рухається по всіх осях. Переміщення інструменту від однієї оброблюваної поверхні до іншої здійснюється з максимальною подачею  $S_M = 1200 \text{ мм/мин.}$

$$T_{\text{ца фрез}} = \sum T_0 + \sum T_{\text{МВ}} = 18,87 + 2,05 = 20,92 \quad (6.29)$$

## 6.6 Технічне нормування операції

Основний час автоматичної роботи верстата по программе визначають по загальній частині.

Час фіксації револьверної головки  $T_{\text{иф}} = 2 \text{ с}$  і час повороту револьверної головки на одну позицію  $T_{\text{ип}} = 1$  з вибираємо з додатка 46.

$$T_{\text{ца}} = \sum T_0 + \sum T_{\text{МВ}} = 4,35 + 0,25 = 4,6 \text{ хв.} \quad (6.30)$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Технічне нормування для операції 035 токарний з ЧПУ.

Опредееленіє норми штучного часу.

Норму штучного часу визначають за формулою:

$$T_{ш} = (T_{ца} + T_{в}) * \left(1 + \frac{a_{тех}+a_{орг}+a_{отл}}{100}\right) \quad (6.31)$$

Допоміжний час складається зі складових, вибір яких здійснюється за ч. 2 нормативів.

$$T_{в} = T_{уст} + T_{в.оп} + T_{из} \quad (6.32)$$

Допоміжний час на установку і зняття деталі  $T_{уст} = 0,37$  мин

Допоміжний час, пов'язане з операцією, включає в себе час на включення і виключення верстата, перевірку повернення інструменту в задану точку після обробки, установку і зняття щитка, що оберігає від забрізгівання емульсії, определяют.

$$T_{в.оп} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на контрольне вимірювання містить час на п'ять вимірів штангенциркулем

$$T_{из} = 0,11 + 0,11 + 0,13 + 0,13 + 0,18 = 0,66 \text{ хв.}$$

$$\text{Сумарний допоміжний час } T_{в} = 0,37 + 0,18 + 0,66 = 1,21 \text{ хв.}$$

Час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби наведено у відсотках від оперативного часу

$$a_{орг} + a_{тех} + a_{отл} = 8\%.$$

Остаточнo норма штучного часу дорівнює:

$$T_{ш} = (4,6 + 1,21) * 1,08 = 6,3 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час знаходимо за формулою:

$$T_{шт.к} = T_{шо} + \frac{T_{п.з}}{n}$$

де  $T_{п.з}$ . – пілготовчо-заключний час;

$$T_{п.з}. = 10 + 2 + 2 + 5 + 1 + 2 + 0,3 + 0,2 + 1 + 0,5 + 0,8 + 4 + 1,1 + 0,3 = 30,2 \text{ хв.}$$

$n$  - обсяг виробничої партії, шт.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічне нормування для операції 055 Фрезерній з ЧПУ.

Визначення норми штучного часу:

Норму штучного часу визначають за формулою

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ца}} + T_{\text{в}}) * \left(1 + \frac{a_{\text{тех}} + a_{\text{орг}} + a_{\text{отл}}}{100}\right) \quad (6.33)$$

Допоміжний час складається зі складових

$$T_{\text{в}} = T_{\text{уст}} + T_{\text{воп}} + T_{\text{из}} \quad (6.34)$$

Допоміжний час на установку і зняття деталі  $T_{\text{уст}} = 0,43$  хв

Час на закріплення і відкріплення деталі  $T'_{\text{уст}} = 0,03$  хв

Допоміжний час, пов'язане з операцією, визначають по

$$T_{\text{воп}} = 0,6 * 1,33 + 0,04 + 0,3 + 0,2 + 0,35 + 0,04 = 1,73 \text{ хв}$$

Допоміжний час на контрольне вимірювання містить час на три виміри штангенциркулем, 2 вимірювання штангенглибиномір і 4 контролю контурів за шаблоном

$$T_{\text{из}} = 0,13 + 0,13 + 0,18 + 0,11 + 0,12 + 4 * 0,09 = 1,03 \text{ хв}$$

Сумарне допоміжний час  $T_{\text{в}} = 0,43 + 0,03 + 1,73 + 1,03 = 3,22$  хв.

Час на організаційне і технологічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби наведено у відсотках від оперативного часу  $a_{\text{орг}} + a_{\text{тех}} + a_{\text{отл}} = 9\%$ .

Остаточна норма штучного часу дорівнює:

$$T_{\text{ш}} = (20,92 + 3,22) * 1,09 = 26,31 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час знаходимо за формулою:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{ш}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} \quad (6.35)$$

де  $T_{\text{п.з}}$  - підготовчо-заклучний час,

$$T_{\text{п.з}} = 10 + 2 + 2 + 5 + 1 + 2 + 0,3 + 0,2 + 1 + 0,5 + 0,8 + 4 + 1,1 + 0,3 = 30,8 \text{ хв.}$$

- обсяг виробничої партії, шт.

$$T_{\text{шт.к}} = 26,31 + \frac{30,8}{47} = 26,95 \text{ хв}$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Норми часу на інші операції технологічного процесу вибираємо за нормативами.

Результати усіх розрахунків режимів різання і технічних норм часу переносимо в операційні і маршрутні карти механічної обробки (див. рисунок 6.6).

№ опер.	Найменування операції	Перехід	t, мм	S, мм/об (мм/хв)	n, хв <sup>-1</sup>	V, м/хв	T <sub>0</sub> , хв	T <sub>в</sub> , хв	T <sub>ш</sub> , хв	T <sub>пз</sub> , хв	T <sub>шк</sub> , хв
035	Токарна з ЧПУ	1. Розточування чистове	0,5	0,09	200	128,74	1,98	1,21	6,3	30,2	6,9
		2. Розточування тонке	0,25	0,07	200	128,75	2,62				
055	Фрезерна з ЧПУ	1. Фрезерування окол	19	(50)	800	91	10,56	3,22	26,31	30,8	26,95
		2. Фрезерування лисок	1	(50)	315	32	2,96				
		3. Фрезерування пазів	6,5	(100)	1250	39	0,26				
		4. Свердління отворів діаметром 14 мм	7	(90)	250	13	4,53				
		5. Свердління отворів діаметром 5 мм	2,5	(150)	2000	31,4	0,43				
		6. Нарізання різби	0,6	(600)	500	9,42	0,13				
025	Токарна з ЧПУ						8,13	2,24	11,5	29,6	26,59
030	Токарна з ЧПУ						9,22	2,7	12,4	31,7	27,06
045	Токарна з ЧПУ						6,12	2,4	9,13	29,9	24,59
060	Фрезерна з ЧПУ						38,4	6,6	46,1	25,2	64,05
070	Комплексна на обробному центрі						22,2	5,1	28,2	27,4	27

Рисунок 6.6 – Нормування режимів різання

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

*Загальні відомості пристрій.* Даний пристрій застосовується для операції 050 – вертикально фрезерної з ЧПК – обробка шпонкового пазу та шести різьбових отв. по програмі. Для даної операції використано вертикальнофрезерний верстат з ЧПК моделі HNAAS EC-500-50.

Проектоване пристосування з пневматичним рушієм одnobічної дії (робочий хід виконується перетворенням енергії, а зворотній-дією пружини), тобто перетворює енергію стисненого повітря в механічну енергію руху штока, який і затискає деталь.

Дана деталь “Цапфа ліва” виготовляється за програмою випуску на рік N=3000 шт., враховуючи масу деталі m=15,5 кг – відповідає середньосерійному типу виробництва.

*Переваги даного пристрою.* Перевагами даного пристрою в порівнянні зі стандартними та гідравлічними пристроями є:

- Швидкий затиск і розтиск заготовки.
- Надійність і довговічність роботи.
- Висока точність базування та обробки деталі.
- Відсутність шкідливих та небезпечних для здоров'я людини відходів.
- Простота конструкції.
- Використане повітря виходить в атмосферу без допоміжних трубопроводів.

При проектуванні даного затискного пристосування використовуються, як стандартні – болти, гайки, шайби; так і спеціальні елементи – корпуса, конусна оправка, шток і тд. Корпус і пневмокамера проектується спеціально, для кожного конкретного випадку і компоновки пристосування для забезпечення необхідних параметрів затиску деталі (сила затиску деталі, крутний момент та ін.), розташування усіх елементів пристосування відносно корпусу (які приєднуються до нього, та розташовані поза ним) та кріплення корпусу пристосування безпосередньо до верстату.

										Арк.
										65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 215100041-00.ПЗ

$\sqrt{Ra\ 6.3\ (\checkmark)}$

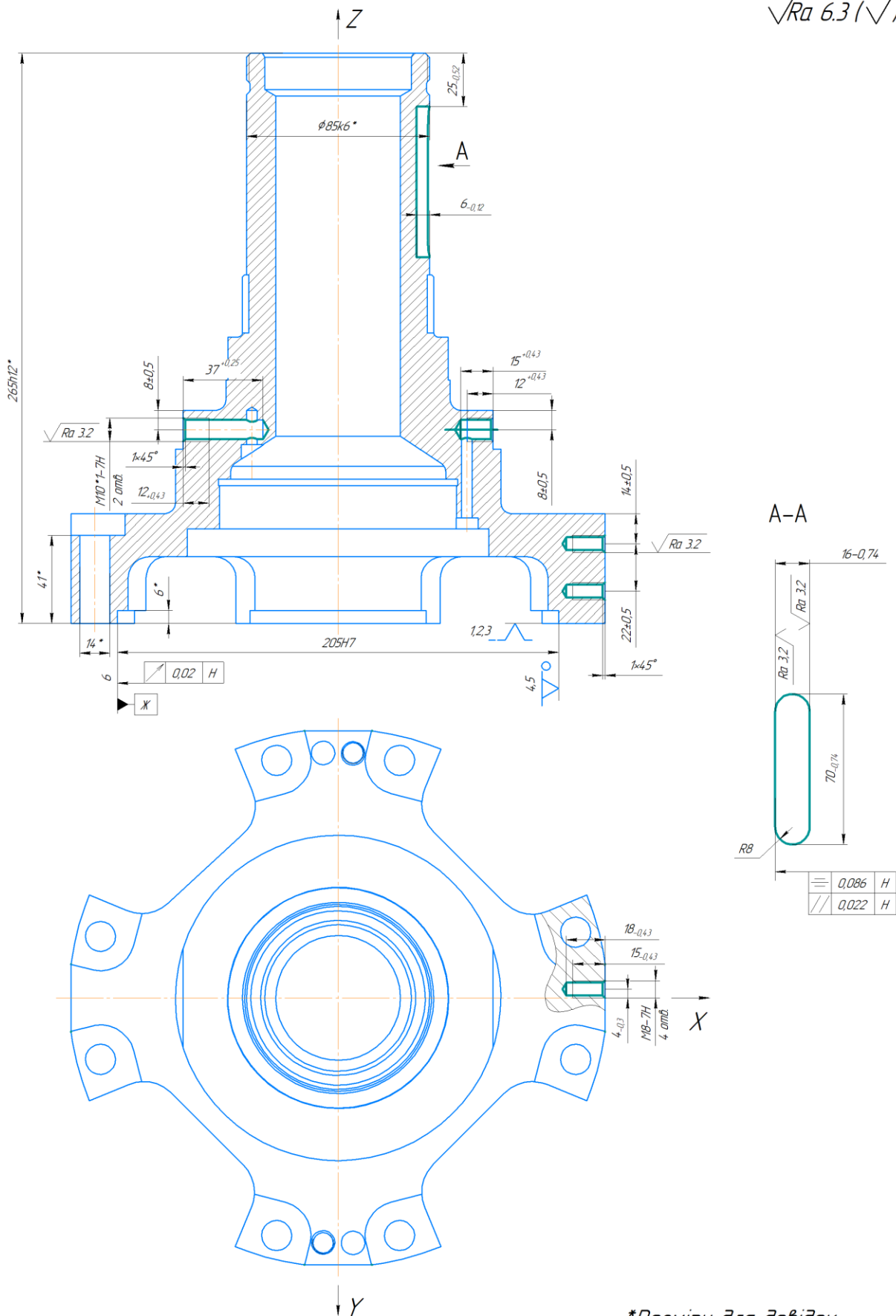


Рисунок 7.1 – Операцийний ескіз

\*Розміри для довідок

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк. 66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шток – за допомогою пневмоциліндру притискає деталь зрізаною шайбою до конусної оправки.

Матеріал деяких деталей.

Вибір матеріалів деталей пристосування повинен ґрунтуватися на умовах роботи даної деталі в пристосуванні. В загальному випадку вибір матеріалу для виготовлення будь яких деталей та елементів пристроїв проводиться таким чином, щоб забезпечити вимогам механічних навантажень, які будуть на них діяти та відсутності хімічних реакцій між цими елементами, середовищем та деталями.

Для короткої оправки сталь 45 (або сталі 45Х, 50, 50Г2, які являються заміниками), згідно поставкам по ГОСТ 8479-70, ГОСТ 1131-71.

Таблиця 7.1 – Хімічний склад сталі 45

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42 - 0.5	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.25	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.25	до 0.08

Для штоку використати сталь 8Х3 (або сталь 7Х3) згідно поставкам по ГОСТ 5950-74, ГОСТ 1133-71, ГОСТ 7831-78, для виготовлення деталей, що працюють під змінними навантаженнями.

Таблиця 7.2 – Хімічний склад сталі 8Х3

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	W	V	Ti	Cu
0.75 - 0.85	0.15 - 0.35	0.15 - 0.4	до 0.35	до 0.03	до 0.03	3.2 - 3.8	до 0.2	до 0.2	до 0.15	до 0.03	до 0.3

Для елементів пристосування, що є стандартними використати матеріал для їх виготовлення згідно з діючими стандартами.

Визначення погрішності базування

При базуванні деталі на координатно-розточній операції з ЧПК деталь позбавляється 5 ступенів волі. Мають місце 2 технологічні бази: установча база,

											Арк.
											67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 215100041-00.ПЗ						

якою є торець деталі, подвійна опорна база, якою є центральний отвір  $d=45H7$ . Установча база позбавляє деталь 3-х мір волі: обертання навколо осей X і Y; переміщення уздовж осі Z. Подвійна опорна база позбавляє деталь 2-х мір волі: переміщення уздовж осей X і Y. Закріплення деталі ведеться одиночним прижимом пневматичної дії.

Таблиця 7.3 – Матриця відповідностей

№ точки	Міра свободи	База
1,2,3	II, V, IV	УБ
4,5	I, III	ПОБ

Таблиця 7.4 – Матриця зв'язків

База	X	Y	Z	Міри волі
УБ	0	0	1	↻
	1	1	0	↔
ПОБ	1	1	0	↻
	0	0	0	↔

Через різниці зовнішніх діаметральних розмірів, а також через те, що отвір є базою підраховується погрішність базування.

Погрішність базування визначається по формулі

$$\varepsilon_{bh} = \delta_{H7} - \delta_{h6} / 2, \quad (7.1)$$

де  $\delta_{H7} = 0,046$  – точність отвору;

$\delta_{h6} = 0,022$  – точність оправки

$$\varepsilon_{bh} = 0.046 - 0.022/2 = 0.035, \text{ мм.}$$

Допустима погрішність рівна  $[\Sigma_{\text{доп}}] = 0,12$ , так як допуск на розмір шпонкового пазу дорівнює 0,12 тоді із умови базування:

$$[\Sigma_{\text{доп}}] \geq \varepsilon_{bh} \quad (7.2)$$

$0,12 \geq 0,035$  – умова виконується

										Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

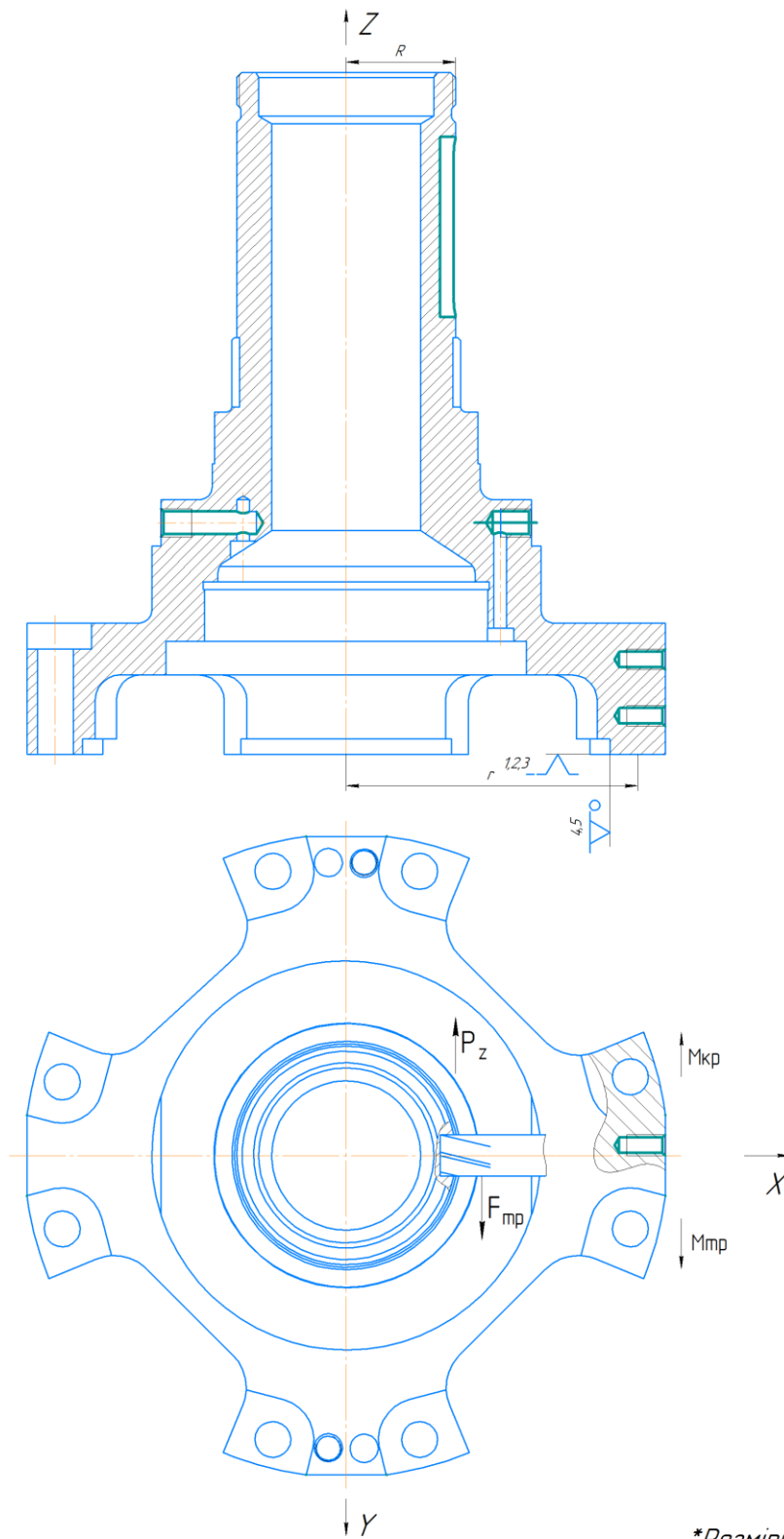
TM 215100041-00.ПЗ

При фрезеруванні шпонкового пазу заготовка піддається дії тангенціальної складової сили різання  $P_z$ , точка взаємодії якої з заготовкою розташовується на зовнішній циліндричній поверхні 85k6. Діючи за дотичною до поверхні 85k6 тангенціальна складова сили різання  $P_z$  створює крутний момент  $M_{кр}$ . Для того, щоб врівноважити момент  $M_{кр}$  до заготівлі в осьовому напрямку необхідно прикласти силу закріплення  $Q$ . Вона має бути спрямована нормально до торцевої поверхні заготовки. При цьому виникає сила тертя  $F_{тр}$ , що буде розподілятися за площею контакту між торцем заготовки та установчою поверхнею верстатного пристрою. Зазначена сила тертя  $F_{тр}$  створює момент тертя  $M_{тр}$ , що врівноважує момент  $M_{кр}$ .

					<i>ТМ 215100041-00.ПЗ</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$\sqrt{Ra\ 6.3(\sqrt{1})}$



*\*Разміри для довідок*

Рисунок 7.2 – Схема сил що діють на деталь

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

TM 215100041-00.ПЗ

Арк.

70

Таким чином, виконується умова рівноваги сил «збурення» та «урівноваження», що діють на заготовку:

$$M_{тр} \geq M_{кр} \quad (7.3)$$

або

$$M_{тр} = K_{зап} \cdot M_{кр}, \quad (7.4)$$

де  $M_{тр}$  – момент тертя створювана силами тертя;

$M_{кр}$  – крутний момент, створюваний силами різання;

$K_{зап}$  – коефіцієнт запаса.

Момент тертя створюваний силою закріплення  $Q$  можна розрахувати за формулою

$$M_{тр} = F_{тр} \cdot r = Q \cdot f \cdot r, \quad (7.5)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя. Приймаємо  $f = 0,16$ ;

$r$  – радіус, на якому прикладена сила закріплення. Згідно 71ал.. Приймаємо  $r \sim 215$  мм.

$$M_{кр} = P_z \cdot R, \quad (7.8)$$

де  $P_z$  – тангенціальна сила різання (фрезерування). За попередніми розрахунками маємо  $P_z = 500$  Н.

$$Q \cdot f \cdot r = K_{зап} \cdot P_z \cdot R;$$

$$Q = \frac{K_{зап} \cdot P_z \cdot R}{f \cdot r};$$

Маємо такі данні:

$$R = 42,5 \text{ мм};$$

$$r = 227,5 \text{ мм};$$

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_z = 500 \text{ Н мм}$ ; Коефіцієнт запасу  $K_{зап}$  розрахуємо за формулою:

$$K_{зап} = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (7.9)$$

де  $K_0 = 1,5$  гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при зношуванні інструменту;

$K_2 = 1,6$  - коефіцієнт, що враховує зміну припуску на обробку;

$K_3 = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує переривчасті умови різання;

$K_4 = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує рід приводу;

$K_5 = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує зручність в обслуговуванні приводу;

$K_6 = 1,0$  - коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку на опорах.

В результаті отримаємо:

$$K_{зап} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,4$$

Приймаємо коефіцієнт запасу  $K_{зап} = 2,5$ .

Вибір і розрахунок силового приводу.

Діаметр пневмокамери односторонньої дії визначаємо за формулою:

$$D = \frac{\sqrt{\frac{(Q+Q_1) \cdot 16}{\pi \cdot p \cdot \eta}}}{1.7}, \text{ мм}; \quad (7.10)$$

$$D = \frac{\sqrt{\frac{(1459+300) \cdot 16}{\pi \cdot 0.4 \cdot 0.85}}}{1.7} = 95.497 \text{ мм};$$

$Q_{пр}$  до наближеного більшого діаметру 125 мм.

Затиск та розтиск заготовки здійснюється за допомогою пневмо приводу. Зусилля на шток передається поршнем при стисненні за рахунок упругої енергії пружини, при розтисненні за рахунок тиску повітря.

Вихідна сила  $Q$ , яка передається на шток при розтисненні рівна:

$$Q = \frac{\pi (D+d)^2 \cdot p \cdot \eta}{16} - Q \quad (7.11)$$

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ТМ 215100041-00.ПЗ



9. Підготувати базові поверхні пристосування до установки наступної заготовки.

10. В процесі експлуатації пристосування виконувати пункти технічних вимог.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. Згідно з завданням на проєктування проаналізовано функціональне призначення «цапфи лівої» та технічні вимоги на її виготовлення.
2. Вибрано та проаналізовано тип виробництва (середньосерійний), розмір партії запуску (600 одиниць), згідно розрахунково-аналітичного методу, визначено організаційну форму виробництва – групову.
3. Проведено аналіз технологічності конструкції деталі.
4. Вибрано та проаналізовано метод одержання вихідної заготовки шляхом штампування на КГШП
5. Проведений аналіз існуючого технологічного процесу
6. Розраховані припуски на механічну обробку
7. Проаналізована та обґрунтована схеми базування і закріплення заготовки
8. Обґрунтований вибір металорізальних верстатів , верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструменту
9. Розраховані режими різання
10. Приведений приклад технічного нормування операцій
11. Спроектований верстатний пристрій

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75



технології машинобудування: у 2 ч. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

10. Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування : у 2 ч. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

					ТМ 215100041-00.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		