

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384

Форма № Н-9.02

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

*Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання*  
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

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

**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної (роботи)

*перший (бакалаврський)*  
(освітній рівень)

на тему *Проектування технологічного процесу виготовлення  
шпинделя 1.2750.155.101.02*

Виконав: студент IV курсу, групи ТМз-61с  
напряму підготовки (спеціальності)  
*6.131 - Прикладна механіка*  
*(Технології машинобудування)*  
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Кобзенко В.С.*  
(прізвище та ініціали)

Керівник *Денисенко Ю. О.*  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Наказ Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України  
29 березня 2012 року № 384

**Форма № Н-9.01**

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів  
Освітній рівень перший (бакалаврський)  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)  
Спеціальність 131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ Залога В. О.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

*Кобзенко Віталій Сергійович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення шпинделя 1.2750.155.101.02

керівник проекту Денисенко Юлія Олександрівна, к.т.н., ст.викладач  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 09 » квітня 2020 року № 0524-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) « 25 » травня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
креслення деталі – шпиндель 1.2750.155.101.02  
річний обсяг випуску деталей – 200 шт.

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 його організації

4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку

4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

4.7 Проектування верстатного пристрою

4.8 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

## 5. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

6. Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	30.04.2020	
2	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	06.05.2020	
3	Оформлення пояснювальної записки	13.05.2020	
4	Оформлення комплекту технологічної документації	17.05.2020	
5	Оформлення креслень	24.05.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)*В. С. Кобзенко*\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_  
(підпис)*Ю. О. Денисенко*\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
Сумський державний університет  
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О. Залога

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ШПИНДЕЛЯ 1.2750.155.101.02**

Бакалаврська кваліфікаційна робота  
Спеціальність – 131 Прикладна механіка  
(Технології машинобудування)

Студент

*В. С. Кобзенко*

Керівник

*Ю. О. Денисенко*

Нормоконтроль

*Ю. О. Денисенко*

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: сторінок 68, рис. 21, табл. 33, додатків 2, джерел посилань 16.

Об'єкт дослідження – технологічний процес деталі шпindelь 1.2750.155.101.02.

Мета роботи – вдосконалити технологічний процес з виготовлення деталі шпindelь 1.2750.155.101.02 крана кульового КШ-700-100-РП-ПУ-П.

У цій роботі проаналізовані службове призначення вузла і деталі; технічні вимоги, що пред'являються до деталі, її технологічність і спосіб отримання заготовки.

В роботі розроблена операційна технологія для двох операцій механічної обробки, для яких розраховані режими різання і норми часу, необхідні для обробки. Для цих операцій обрано технологічне оснащення.

Запропоновано конструкцію спеціального верстатного пристрою, для чого виконані інженерні розрахунки і спроектовано складальне креслення.

ШПИНДЕЛЬ, КРАН ШАРОВИЙ, ТОЧІННЯ, ПРИСТРІЙ, ОСНАЩЕННЯ

## ЗМІСТ

	с.
Вступ.....	4
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	5
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	11
3 Визначення типу виробництва та організаційних умов роботи.....	14
4 Аналіз технологічності конструкції.....	17
5 Вибір способу отримання заготовки.....	21
6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу.....	25
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	25
6.2 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки.....	28
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата.....	32
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	34
6.5 Розрахунки режимів різання.....	35
6.6 Технічне нормування операцій.....	41
7 Проектування верстатного пристрою.....	44
7.1 Обґрунтування вибору верстатного пристрою.....	44
7.2 Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.....	45
7.3 Визначення умов, в яких буде виготовлятися, і експлуатуватися проєктований пристрій.....	48
7.4 Розробка і обґрунтування схеми базування і закріплення.....	49
7.5 Обґрунтування вибору приводу.....	54
7.6 Опис пристрою і принцип дії пристосування.....	56
Висновки.....	59
Перелік джерел посилання.....	60
Додаток А.....	62
Додаток Б.....	63

					<b>ТМ 18320674-00 ПЗ</b>			
<i>Вим.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Проектування технологічного процесу виготовлення шпинделя 1.2750.150.101.02	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розроб.</i>		Кобзенко В.С.						
<i>Перевір.</i>		Денисенко Ю.О.					3	62
<i>Реценз.</i>						СумДУ, ТМз-61с		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>								

## ВСТУП

Продукція машинобудування використовується у будь-якій галузі господарства, наприклад робіт із видобутку та переробки корисних копалин, виготовлення будь-якої продукції побуту тощо. Саме тому у всіх розвинутих країнах швидкість зростання галузі машинобудування завжди є вищою ніж швидкість зростання інших галузей.

Отже машинобудування повинно без зупинки розробляти нові технологічні процеси, базуючись на новітні досягнення науки. При цьому необхідно досягати мети створення і випуску в необхідній кількості знарядь виробництва і машин, які відповідають службовому призначенню, при забезпеченні найменшої їх собівартості.

Розвиток технології машинобудування відбувався в декілька етапів. Від періоду накопичення виробничого досвіду, створення перших нормативних документів, розробки наукових принципів формування технологічних процесів, до розроблення нових ідей і формування основ науки (розроблення точнісної теорії при використанні методів матстатистики та теорії ймовірностей, розроблення розрахунково-аналітичних методів визначення похибок, формування теорії базування; тощо)

Відмінна особливість останнього і сучасного етапу розвитку технології є використання останніх досягнень фундаментальних наук та загально-інженерних. Різні розділи теоретичної механіки, матеріалознавства, фізики, та ін. наук є теоретичною основою нових напрямів технології машинобудування. Вони застосовуються в якості апарата для вирішення практичноорієнтованих технологічних питань, підвищуючи теоретичний рівень технології, а також практичні можливості.

Отже, метою цієї роботи є удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «шпindel 1.2750.150.101.02», яке базується на застосуванні останніх розробок у галузі машинобудування.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

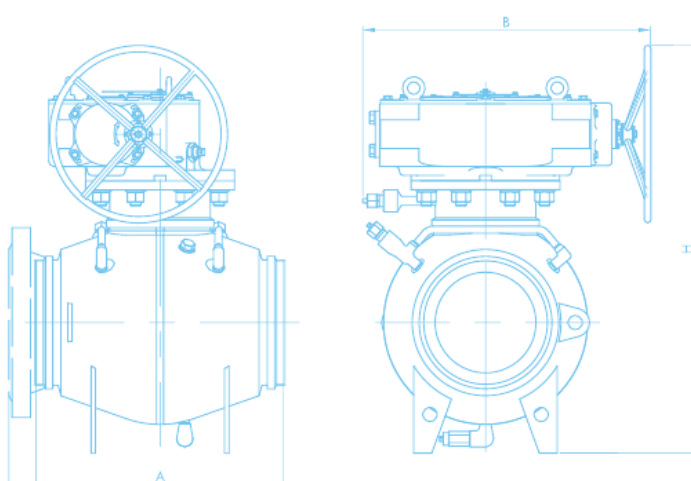
# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Одним із створених виробничих підприємств є виготовлення трубопроводних арматур для нафтогазової промисловості. Випуск почався в 1986 році. Арматура, що випускається компанією, базується на високотехнологічній конструкції корпусу з виносними ущільненнями із композиційних матеріалів, забезпечує високі показники надійності, герметичності та довгостроковості. Продукція відрізняється високою якістю, простотою і зручністю в обслуговуванні.

Виріб, до якого входить деталь «Шпindelь 1.2750.155.101.02» – кульовий кран КШ-700-100-РП-ПУ-П с DN700 PN100 з ручним приводом призначений для застосування їх як запірні пристрої на трубопроводах за якими транспортується природний газ, рисунок 1.1. Крани встановлюються як на горизонтальних, так і на вертикальних надземних ділянках газопроводів. Крани за умовами монтажу виконані з кінцями під приварення під конкретну трубу.



а)



б)

Рисунок 1.1 – Кран кульовий КШ-700-100-РП-ПУ-П: а) загальний вигляд; б) креслення із габаритними розмірами

Крани кульові КШ-700-100-РП-ПУ-П с DN700 PN100 з ручним приводом (далі «крани») застосовуються як запірний пристрій на технологічних лініях з

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5



транспортування неагресивного природного газу та інших неагресивних середовищ з температурою від -60 до +80 ° С.

Основні технічні дані [1]:

- а) діаметр номінальний, DN, мм – 700;
- б) тиск номінальний, PN, МПа – 10,0;
- в) робоче середовище – неагресивний природний газ, який не викликає корозії металу;
- г) температура робочого середовища, К (° С): для кліматичного виконання УХЛ1 - від 213 до 353 (-60 ... + 80);
- д) температура навколишнього середовища, К (° С): для кліматичного виконання УХЛ1 - від 213 до 318 (-60 ... + 45);
- е) герметичність в затворі крана - по класу А (ГОСТ 9544);
- ж) напрямок робочого середовища - будь-який;
- з) привід забезпечує відкриття (закриття) крана при максимальному перепаді тиску на крані, МПа, не більше 3,0;
- и) час перестановки замикаючого елемента крана, хв., не більше – 15;
- к) приєднання до трубопроводу – під приварення (можливе виготовлення фланцевих кранів).
- л) ущільнення затвора – еластомерний або композиційний матеріал.
- м) модифікації: з ручним, пневматичним і пневмогідролічним управлінням.
- н) тип установки – надземна і підземна.
- о) габаритні розміри, мм - (1380; 1623; 1866) × 990 × 2114;
- п) маса кранів, кг, не більше – 4200.
- р) середній термін служби до капітального ремонту – не менше 40 років.

Крани з ручним управлінням встановлюються в будь-якому просторовому положенні, крани з пневматичним і пневмогідролічним управлінням – на горизонтальних ділянках трубопроводу приводом вгору.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Умовне позначення виробу: КШ-700-100-РП-НУ-УХЛ1-П з кінцями під приварення.

*Опис і робота крана кульового DN 700.*

Кран складається з наступних основних складальних одиниць і деталей: корпусу; замикаючого елемента; ущільнень; шпинделя; фланця.

Корпус, зварений з двох напівкорпусів, являє собою нероз'ємну конструкцію. У середині корпусу за допомогою плит, кілець, штифтів, і підшипників встановлений запірний елемент сферичної форми. З обох сторін замикаючого елемента ущільнення. Вузол виробу складається з сідла, кільця, кільця ущільнювача, болтів. Ущільнення підтикають до замикаючого елемента пружинами. Подальше підтикування ущільнень здійснюється тиском робочого середовища за допомогою гумових та захисних кілець. Крутний момент від приводу до замикаючого елемента передається за допомогою шпинделя, штифтів. Фланець призначений для закріплення приводу до крана і фіксується до корпусу гвинтами і штифтами. Кільце служить для зменшення сил тертя між шпинделем і фланцем. Герметичність крана щодо зовнішнього середовища забезпечується манжетами із захисними кільцями. У конструкції крана передбачені чотири трубопроводу для подачі ущільнювальної мастила в затвор крана. До корпусу приварені опори, на які встановлюється кран при транспортуванні.

Службове призначення [2] шпинделя – передача крутного моменту від запірного пристрою пробці крана кульового, тобто безпосередньо повернути її.

Орієнтація шпинделя в крані кульовому показана на рис. 1.2

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7



Таблиця 1.1 – Призначення поверхонь

Функція поверхні	Номер поверхні
Виконавчі	1, 12, 6, 8
Вільні	2, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16
ОКБ	1, 3, 12
ДКБ	6, 8, 10

При базуванні в виробі деталь «шпindelь» позбавляється 5 ступенів вільності (рисунок 1.4).

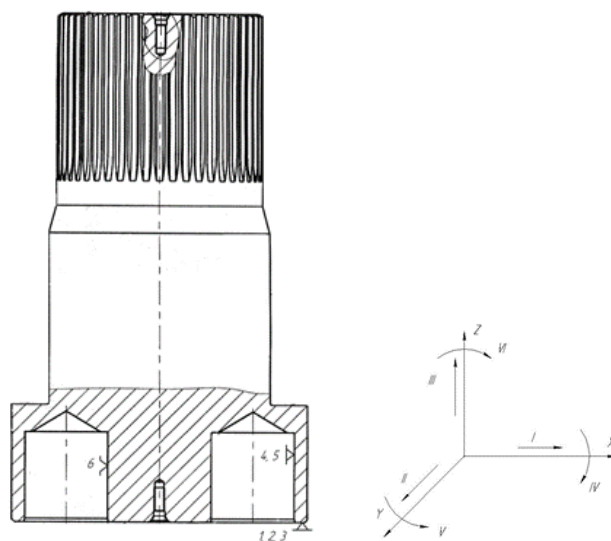


Рисунок 1.4 – Базування деталі у виробі і система координат

Проводимо аналіз поверхонь ОКБ по числу позбавлення ступенів вільності. Результати представимо в таблиці 1.2. Виходячи з таблиці відповідностей, заповнюємо матрицю зв'язків (таблиця 1.3).

Таблиця 1.2 – Таблиця відповідності

Номер точки	Ступінь вільності	База
1; 2; 3;	III; IV; V	ВБ
4; 5	I, II	ДОБ
6	VI	ОБ

Таблиця 1.3 – Матриця зав'язків

База		X	Y	Z
УБ	L	0	0	1
	$\alpha$	1	1	0
ДОБ	L	1	1	0
	$\alpha$	0	0	0
ОБ	L	0	0	0
	$\alpha$	0	0	1

Поверхні 1 – 3 виступають в якості встановлювальної бази і позбавляють деталь в самому виробі ступенів свободи, поверхня 12 (1 отвір) є подвійний опорною базою і позбавляє деталь 2 ступенів вільності, а поверхня 12 (2 отвір) є опорною базою і позбавляє деталь 1 ступеня вільності. Поверхня 6, 8, 10 – допоміжні конструкторські бази.

У процесі складання поверхня 1 контактує з пробкою, поверхня 3 контактує з корпусом, поверхня 8 контактує з фланцем, до поверхні 6 кріпиться привід ручний, поверхня 12 контактує зі штифтами, що з'єднують шпindel з пробкою.

Поверхні 13, 14 – вільні поверхні, що контактують зі шпильками, використовуваними на гальванічній операції.

Поверхні 15, 16 – вільні поверхні, призначені для транспортування шпинделя по цеху за допомогою крана, а також на токарних і шліфувальних операціях для стиснуті центром.

Умови експлуатації деталі згідно УХЛ1, де УХЛ – помірний і холодний кліматичний пояс, 1 – категорія розміщення – горизонтальна/вертикальна ділянка газопроводів. Працює при номінальному тиску 100МПа, робоче середовище – неагресивний природний газ, який не викликає корозії металу.

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Провівши аналіз креслення деталі за [3, 4], можна виділити службове призначення та технічні вимоги.

Деталь «Шпindel 1.2750.155.101.02» відноситься до деталей типу вал. Деталь є жорсткою, так як співвідношення довжина деталі до діаметру перебуває в діапазоні 1 – 5. Внаслідок великого вильоту і великої маси необхідно застосувати центр і люнет. Через зниження жорсткості неможливо використовувати більш інтенсивні режими обробки на чорнових операціях.

Матеріал обраний з урахуванням кліматичних умов експлуатації вузла і навантажень, які він повинен витримувати.

Матеріал: Сталь 38ХНЗМФА (ГОСТ 4543-71) – призначення: найбільш відповідальні важко навантажені деталі, що працюють при температурах до 400°C.

Хімічний склад: ванадій (V) 0,10 – 0,18%; кремній (Si) 0,17 – 0,37%; мідь (Cu), не більше 0,30%; молібден (Mo) 0,35 – 0,45%; марганець (Mn) 0,25 – 0,50%; нікель (Ni) = 3,00 – 3,50%; хром (Cr) = 1,20 – 1,50%; Сірка (S), не більше 0,025%; фосфор (P), не більше = 0,025%; вуглець (C) = 0,33 – 0,40.

Механічні властивості Сталі 38ХНЗМФА.

Температура кування: початку 1180°C, кінця 780 °C. Перетини до 100 мм охолоджують в ямі, понад 100 мм піддаються низькотемпературного відпалу.

При загартуванні 850°C (масло) + відпустку 600°C (повітря). Відносне звуження –  $\psi=50\%$ ; відносне подовження після розриву –  $\delta=12\%$ ; щільність –  $\rho=7900 \text{ кг/м}^3$ ; межа міцності –  $\sigma_b=1180 \text{ МПа}$ ; межа плинності  $\sigma_T=1080 \text{ МПа}$ , твердість 269 НВ. Ударна в'язкість сталі КСУ не менше 30x104 Дж/м<sup>2</sup>.

Зварюваність: не застосовується для зварних конструкцій.

Схильність до відпускнуї здібності: не схильна.

Флокеночутливість: підвищено чутлива.

Механічні властивості в залежності від температури відпустки.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Сталі-замінники відсутні, але на виробництві в якості замінника використовують сталь зі схожими фізико-механічними властивостями – сталь 40Х.

На кресленні є точні поверхні. Одними з таких поверхонь є дві поверхні Ø60H9, які є основною конструкторською базою. Для зазначених поверхонь проставлений допуск розташування - перпендикулярність цих поверхонь щодо торця шпинделя. Дотримання цієї вимоги необхідно для складання вузла і щоб уникнути перекосу шпинделя, що призведе до непрацездатності всього вузла. Також для даних поверхонь параметр шорсткості повинен складати Ra1,6 мкм. Це пояснюється тим, що при складанні вузла дана поверхня буде контактувати з штифтом по посадці. Недотримання цієї вимоги призведе до неможливості збирання і розбирання вузла при контролі і ремонті. Також до даних поверхонь вказано позиційний допуск, який дорівнює 0,05 мм, щодо уявної окружності Ø135±0.1. Цей допуск необхідно витримати для того, щоб при складанні вузла ми могли з'єднати шпиндель з пробкою за допомогою штифтів.

Поверхня Ø160h9 є допоміжною конструкторською базою (далі – ДКБ). Для даної поверхні проставлений допуск розташування – радіальне биття щодо осі шпинделя, яке становить 0,05 мм. Якщо даний допуск не буде витриманий, то при експлуатації може статися заїдання закриває механізму внаслідок деформації шпинделя і фланця. Також для даної поверхні параметр шорсткості повинен складати Ra 0,8мкм. Це пояснюється тим, що при експлуатації по даній поверхні відбуватиметься тертя. Якщо параметр шорсткості не буде дотримуватися, то шпиндель і фланець в даному місці будуть швидко зношуватися, через зношування в отвір потраплятимуть сміття і волога, що в свою чергу зменшить термін експлуатації виробу.

Поверхня Ø149,4h12 є також ДКБ і до неї пред'являються підвищені вимоги точності. Для цієї поверхні вимагається допуск радіального биття щодо осі шпинделя, який становить 0,1 мм. Якщо цей допуск не буде витриманий, то неможливо буде витримати розмір і точність при фрезеруванні шліців.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхня 85<sub>-0,1</sub> є ДКБ. Для даної поверхні два допуску сумарний допуск форми і розташування – торцеве биття щодо осі шпинделя, які складають 0,05 мм. Якщо допуск лівого торця не буде дотримана, то при складанні відбудеться перекіс шпинделя, і неспіввісність отворів в шпинделі і пробці, що в свою чергу призведе до неможливості їх з'єднання за допомогою штифтів. Недотримання даного допуску по правому торця призведе до деформації шпинделя і фланця.

Згідно технічних вимог, які зазначені на кресленні деталі «Шпиндель 1.2750.155.101.02» деталь повинна виготовлятися поковкою третьої групи згідно з ГОСТ 8479-70. Відповідно необхідні додаткові операції УЗД, відрізка і випробування зразків.

Незазначена шорсткість Ra6,3. Дана вимога забезпечується інструментом.

Незазначені граничні відхилення розмірів – валів, отворів по 14 квалітету точності. Для деталі такого типу цей допуск є стандартним і достатнім.

Риски Р і К виконати ударним способом. Ці риси виконуються для виставлення по ним фрези на шліцефрезерній операції.

Зсув осі Ц відносно осі Л не повинен перевищувати  $\pm 0,2$  мм.

На поверхні Д, Ж не допускаються подряпини, раковини, забоїни, напливи. Це пояснюється тим, що при експлуатації по даній поверхні відбуватиметься тертя. Якщо ця вимога не буде дотримуватися, то ця поверхня буде швидко зношуватися, що призведе до непрацездатності всього вузла.

Покриття поверхонь Д і Ж – Хтв.21.  $F_{нов} = 0,4$  м<sup>2</sup>.

Одна із вимог – необхідність маркувати деталь, а саме маркувати позначення креслення і марку матеріалу. Також на самому кресленні вказано місце маркування. Ця вимога продиктована одночасним виконанням групи деталей цього типу і є необхідність в їх швидкій ідентифікації на складальній дільниці.

В цілому ж креслення виконані за усіма вимогами ЄСКД, за винятком недоліків: на кресленні досить видів і розрізів для подання форми деталі і можливості її виготовлення, також вказані всі розміри. З огляду на умови експлуатації деталі всі технічні вимоги вважати заданими обґрунтовано.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13



### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ОРГАНІЗАЦІЙНИХ УМОВ РОБОТИ

Загальноприйнята методика визначення типу виробництва [3, 4] базується на розрахунку коефіцієнта закріплення операцій. Цей коефіцієнт є сновною кількісною характеристикою типу виробництва. Його розраховують за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (3.1)$$

де  $\sum O$  – сумарна кількість операцій, шт;

$\sum P$  – сумарна кількість робітників, що задіяна на механічних операціях, чол.

Вхідними даними є маса деталі 64 кг, річна програма  $N_p = 1500$  шт деталей.

Розраховуємо кількість обладнання за формулою:

$$m_p = \frac{N_{річ} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot n_{з.н.сер}}, \quad (3.2),$$

де  $N_{річ}$  – річна програма випуску деталей, 200 шт;

$n_{з.н.сер}$  – середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання.

$T_{шт-к}$  - штучно-калькуляційний час обробки деталі на механічній операції.

За формулою 3.2 розраховуємо кількість обладнання для операції 025:

$$m_p = \frac{200 \cdot 9,98}{60 \cdot 4029 \cdot 0,8} = 0,01$$

Кількість робочих на кожній операції становить

$$P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_9 = 1 \text{ чол.}$$

Тоді фактичний коефіцієнт завантаження обладнання робочого місця для операції 025:

$$n_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,01}{1} = 0,01$$

Тоді кількість операцій, які виконуються на робочому місці становить:

$$O = \frac{n_{з.н.сер}}{n_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,01} = 59$$

Коефіцієнт закріплення операцій дорівнює:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{355}{9} = 39,4$$

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист 14
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



значно підвищити коефіцієнт оснащення дрібносерійного виробництва. Застосовуваний різальний інструмент – універсальний і спеціальний.

Вимірювальний інструмент – спеціальний, калібри.

В якості вихідних заготовок використовується гарячий і холодний прокат, лиття під тиском, точне лиття, поковки і точні штампування.

Необхідна точність досягається методами автоматичного отримання розмірів або методами пробних проходів при застосуванні розмітки для складних деталей-корпусів. Взаємозамінність забезпечується повна і неповна, групова, однак застосовується і підганяння за місцем, компенсація розмірів.

Кваліфікація робітників зазвичай вище за кваліфікацію у масовому виробництві, але нижче одиничного.

У дрібносерійному виробництві зазвичай технологічний процес є диференційованим, розчленованим на окремі операції, закріплені за певними верстатами.

Відповідно до цього типу виробництва, зазвичай наявна групова форма організації технологічного процесу. Вона характеризується однорідними конструктивно-технологічними ознаками виробів, єдністю засобів технологічного оснащення.

Дрібносерійне виробництво, яке є підвидом серійного виробництва, значно економніше одиничного виробництва з причин кращого використання устаткування, спеціалізації робочих, збільшення продуктивності праці та зменшення собівартості продукції.

Визначимо кількість деталей в партії, необхідну для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad (3.4)$$

де N – річна програма, шт.;

a – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3,6,12, 24 дні).

Вибираємо 3 дні. [3]

$$n = \frac{250 \cdot 3}{254} = 2,95 \approx 3 \text{ шт.}$$

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ

Технологічність конструкції зазвичай оцінюють якісно або кількісно. Якісні показники – аналіз базування/закріплення деталі, аналіз матеріалу деталі, допуски форми та розташування розмірів, геометричну форму, можливість обробки деталі більш продуктивними способами.

Деталь «Шпindelь 1.2750.155.101.02» у базовому ТП виготовляється куванням на молотах. В цілому заготовка є простою по конфігурації. Така конфігурація заготовки наближена до форми деталі, це збільшує продуктивність праці з причини зменшення припусків на обробку і відповідно зменшення часу.

Матеріал заготовки – важкооброблювана сталь 38ХНЗМФА (ГОСТ4543-71). Замінники сталі робочим кресленням не передбачені. Це не технологічно, так як можливе простоювання виробництва з причин затримки постачання металу. Що в свою чергу може привести до зриву строків виробництва. Для обробки такого матеріалу необхідний спеціальний твердосплавний інструмент. Але використання цього матеріалу обґрунтовується агресивними умовами експлуатації виробу.

До цієї деталі пред'явлені жорсткі вимоги до розмірної точності. Внутрішня циліндрична поверхня Ø60 мм та зовнішня циліндрична поверхня Ø160 мм виконуються за 9-м квалітетом. Це вимагає додаткові етапи обробки і точність обладнання, тому це нетехнологічно. Для контролю цих розмірів необхідні калібри, це збільшує вартість виробництва.

Також є нетехнологічною вимоги шорсткості цих поверхонь Ra1,6 мкм та Ra 0,8 мкм, так як вимагає відповідний ріжучий інструмент і режими обробки.

Підвищені вимоги також пред'являють до чотирьох різьбових отворів М20-7Н і двох - отворів М8. Це не технологічно з причин використання додаткових механічних операцій для досягнення необхідної точності розмірів, а також їх контролю. Розташування 4 різьбових отворів виконується на діаметрі 140 мм при витриманні кута 60° від осі Л, що забезпечується технологічними можливостями

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

устаткування з ЧПУ або на універсальному устаткуванні з застосуванням спеціальних кондукторів.

Два отвори НМ8 виконуються відповідно до ГОСТ 14034-74. Цей ГОСТ необхідно актуалізувати. Для їх виконання і контролю необхідне використання додаткових ріжучих і вимірювальних інструментів, що нетехнологічно, так як збільшує час на виготовлення і контроль деталі, а так само позначається на ціні готового виробу.

На кресленні до деталі пред'явлені підвищені вимоги до розташування поверхонь. Відстань між отворами  $135 \pm 0,1$  мм. Для виконання цієї вимоги необхідно точне обладнання з ЧПУ або використання спеціальних кондукторів. До торців деталі пред'явлений допуск торцевого биття щодо осі шпинделя, який становить 0,05 мм. Допуск радіального биття щодо осі до  $\varnothing 160h9$  складає 0,05 мм, а до  $\varnothing 149,4h12$  допуск – 0,1 мм. Крім того, позиційний допуск і допуск перпендикулярності двох отворів  $\varnothing 60H9$  щодо торця шпинделя 0,05 і 0,1 мм відповідно. Наявність цих допусків нетехнологічна, це сприяє збільшенню часу обробки і технічного контролю. А саме, передбачає використання точного металорізального обладнання та застосування контрольно-вимірювальних приладів, що збільшує собівартість виготовлення деталі.

Нетехнологічними є лінійні розміри 65 мм; 25 мм; 20 мм, радіус галтелі R1,5 мм і кутові розміри  $30^\circ$ ;  $15^\circ$ . Вони вимагають застосування спеціальних вимірювальних інструментів, оскільки це збільшує час на контроль розмірів.

Деталь має нетехнологічні поверхні: різьбові отвори, шліци, фаски  $2,5 \times 15^\circ$  і  $3 \times 30^\circ$ , жолоб R1,5 мм.

Наявність нетехнологічних шліців на зовнішній циліндричній поверхні, вимагає додаткових механічних операцій – шліцефрезерування. Це збільшує час обробки і контролю деталі, а так само збільшує собівартість виготовлення деталі.

Маса деталі 64 кг ускладнює установку заготовки на верстат робочим самостійно, вимагається кран-балка і стропальник для установки і зняття деталі. Збільшує час установки і обробки деталі використання заднього центру і люнети для збільшення жорсткості оброблюваної деталі.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Коефіцієнт шорсткості по критерію Ra розраховують за формулою:

$$K_{ш} = 1 - 1/B_{CP} \quad (4.3)$$

де  $B_{CP}$  – середня шорсткість поверхонь.

Розрахунок арифметичного значення шорсткості всіх поверхонь:

$$B_{CP} = (c_1 + c_2 + \dots + c_{32}) / \sum_i m_i \quad (4.4)$$

де  $c$  – значення шорсткості кожної поверхні.

Для розрахунку створимо таблиці вхідних даних.

Таблиця 4.2 – Вхідні дані для розрахунку коефіцієнта технологічності за шорсткістю

Поверхня, що оброблюється	Параметр шорсткості	Кількість
Зовнішні поверхні	циліндричні	
	6,3	2
	3,2	1
	0,8	1
Внутрішні	6,3	3
Торці шпинделя	6,3	1
	3,2	1
	1,6	1
Фаски	6,3	9
Конус	3,2	1
Зубці	3,2	34
Галтель	1,6	1

Таким чином,  $B_{CP} = (15 \times 6.3 + 2 \times 1.6 + 1 \times 0.8 + 37 \times 3.2) / 60 = 3.62$

$K_{ш} = 1 / 3.62 = 0.27 < 0.52$

Так як  $K_{ш} > 0,32$ , деталь по цьому показнику є технологічною.

Згідно з результатами кількісного аналізу можемо зробити висновок що деталь є технологічною.







Для деталі типу вал, масою 64 кг, з річним випуском продукції 200 штук (що характерно дрібносерійного виробництва) можна застосувати обидва способи. Проте порівнюючи результати двох варіантів отримання заготовок раціонально вибрати кування на ГKM.

Розрахунок заготовки [5, 6]:

- а) Матеріал заготовки аналізувався в п.2.
- б) Маса деталі  $M_d = 64$  кг.
- в) Маса поковки:

$$M_n = M_d \cdot K_p, \quad (5.1)$$

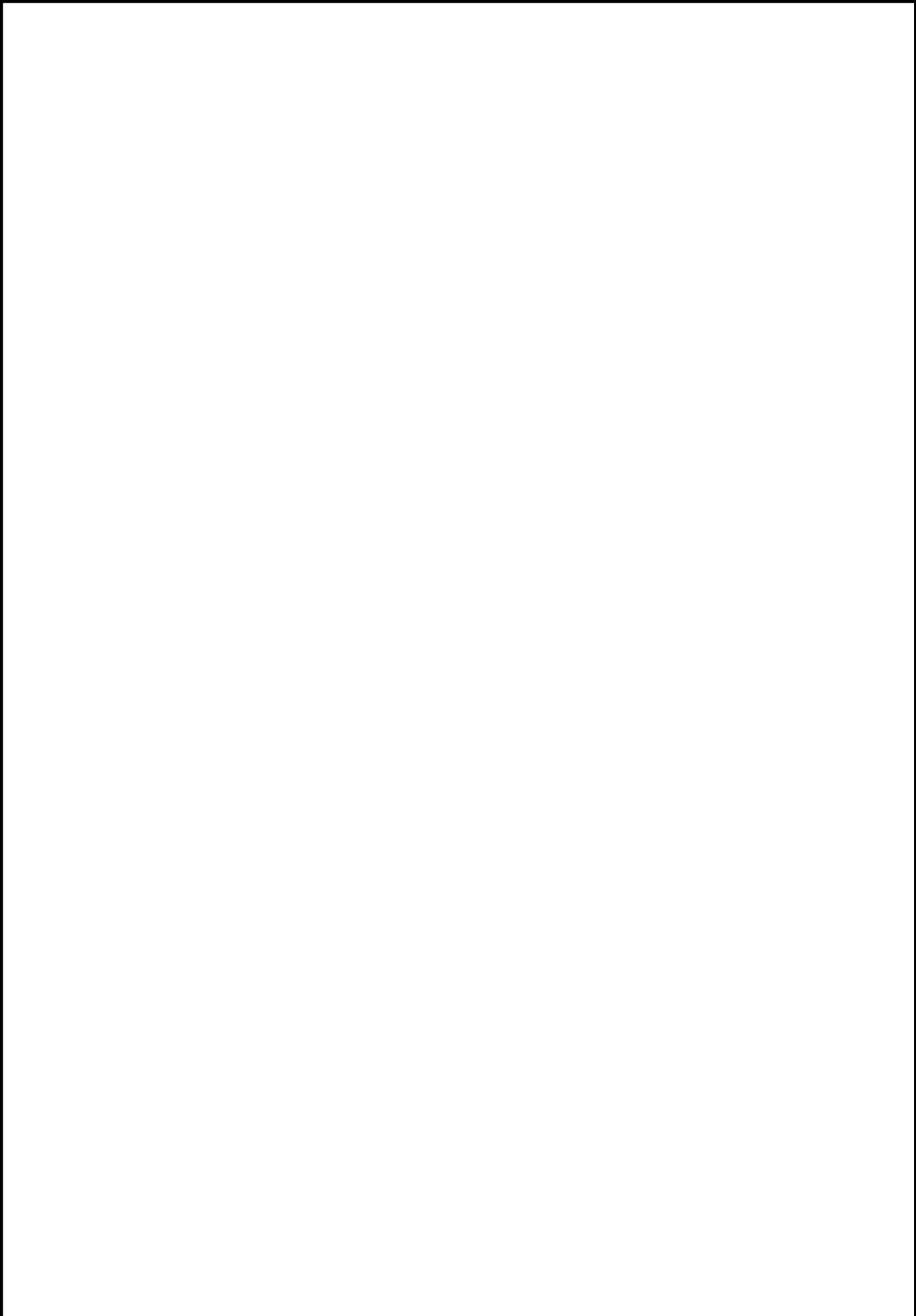
де  $K_p = 1,3$  [4, табл.20, с.31]

$$M_n = 64 \cdot 1,3 = 83,2 \text{ (кг)}.$$

- г) Клас точності – Т4 [5, дод. 1, табл. 19, с. 28]
- д) Група стали – М3 [5, табл. 1, с. 8]
- е) Ступінь складності – С2 [5, дод. 2]
- ж) Конфігурація поверхні рознімання штампа – плоска [5, табл. 1].
- з) Вихідний індекс – 13 [5, табл.2].
- и) Всі припуски, призначені на поверхні деталі, зводимо в табл. 5.1.
- к) Допуск розмірів, не зазначений на кресленні поковки, приймається рівним 1,5 допуску відповідного розміру поковки з рівними відхиленнями, що допускаються [5, п. 5,5 с.16].
- л) Допустима величина залишкового обляя 1,2 мм [5, табл.10 с.21].

Таблиця 5.1 – Визначення розмірів заготовки.

Розмір деталі, мм	Ra, мкм	Припуски, мм			Розмір заготовки, мм		Допуски, мм
		Осн.	Дод.	Заг.	Розр.	Прийн.	
Ø 214	6.3	3.2	0.8	4.0	222	222	$222^{+3,7}_{-1,9}$
Ø 160	0.8	3.3	0.8	4.1	168.2	168	$168^{+3,3}_{-1,7}$
Ø 149,8	3.2	3.0	0.8	3.8	157.4	157	$157^{+3,0}_{-1,5}$
S120	1.6	6.3	2.0	8.3	129.3	129	$129^{+3,3}_{-1,7}$
L <sub>1</sub> 265	6.3	6.3	2.0	8.3	274.3	274	$274^{+3,7}_{-1,9}$
L <sub>0</sub> 405	3.2	3.8	0.6	4.4	413.8	414	$414^{+4,2}_{-2,1}$



					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Розрахунок припусків проводимо для точної поверхні деталі – зовнішній циліндричний  $\varnothing 160h9$  з шорсткістю  $Ra 0,8$  мкм. Розрахунок проводимо на ЕОМ згідно з методичними вказівками [3].

Початкові дані: кількість стадій обробки поверхні включно з заготівельною - 4:

- чорнове точіння;
- чистове точіння;
- шліфування.

Вибір елементів припусків по переходах.

Визначимо висоту мікронерівностей  $Rz$  і глибину дефектного шару  $T$ :

а) для заготівлі  $Rz = 1500$ мкм,  $T = 6000$ мкм [9, табл. 11, с. 186];

б) по переходах [9, табл. 24, с. 187]:

- чорнове точіння  $Rz = 250$ мкм,  $T = 240$ мкм;
- чистове точіння  $Rz = 40$ мкм,  $T = 40$  мкм;
- шліфування  $Rz = 15$ мкм,  $T = 15$ мкм.

Припуск для зовнішньої поверхні обертання знаходиться за наступною формулою:

$$2Z_{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (6.1)$$

де  $Rz_{i-1}$  - значення мікронерівностей поверхні, яка отримана на попередньому переході, мкм;

$h_{i-1}$  - глибина дефектного шару поверхні, яка отримана на попередньому переході, мкм;

$\rho_{i-1}$  – просторовий відхил форми і взаємного розташування поверхонь, яка отримана на переході, мкм;

$\varepsilon_i$  – похибка установлення на даному переході, мкм.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Просторове відхилення форми розраховується:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{зм}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} \quad (6.2)$$

де  $\rho_{\text{зм}}$  – похибка заготовки, що пов'язана із зміщенням осі;

$$\rho_{\text{зм}} = \delta,$$

де  $\delta$  – допуск поверхні,  $\delta=1,6$  мм.

$\rho_{\text{кор}}$  – похибка короблення заготовки;

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot D \quad (6.3)$$

$\Delta_{\text{к}}$  – питома кривизна заготовки,  $\Delta_{\text{к}} = 0,1$  [5, с.186]

$D$  – найбільший діаметр заготовки,  $D=336$  мм.

$$\rho_{\text{кор}} = 0,1 \cdot 336 = 33,6 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{1,6^2 + 33,6^2} = 33,6 \text{ мкм}$$

$$\rho = \rho_{\text{заг}} \cdot k_y$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми:

- однократне та чорнове точіння штампованих заготовок,  $k_y=0,06$ ; [7, с.190]
- напівчистове точіння штампованих заготовок,  $k_y=0,05$ ; [7, с.190]
- чистове точіння штампованих заготовок,  $k_y=0,04$ . [7, с.190]
- шліфування  $k_y=0,02$  [7, с.190].

Знайдемо для кожного з переходів:

- чорнове точіння:  $\rho_{\text{чорн}} = 2231 \cdot 0,06 = 134 \text{ мкм}$ ;
- чистове точіння:  $\rho_{\text{чист}} = 2231 \cdot 0,04 = 89 \text{ мкм}$ .

Похибка установки при чорновому точінні складе  $E_y=110$  мкм, при чистовому точінні  $E_y=50$  мкм [9, с. 77, табл. 4.11] (похибка установки буде дорівнювати похибці закріплення в пристрої – самоцентруючий патрон).

Вихідні дані зводимо в табл. 8.1

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 – Вхідні дані для розрахунку на ЕОМ

Маршрут обробки		Позначення точності	Граничні відхили, мм	Допуск Т, мкм	Елементи припуску, мкм			
№ операції	Найменування операції				Шорсткість Rz (i-1)	Дефектний шар h <sub>d(i-1)</sub>	Просторовий відхил ρ(i-1)	Похибка установки ε.
1	Кування на молотах	ГОСТ 7829-70	±3,0	6000	-	-	-	-
2	Точіння чорнове	IT13	-0,63	630	1500	-	2231	110
3	Точіння чистове	IT11	-0,25	250	250	240	134	50
4	Шліфування	IT9	-0,10	100	40	40	89	40

Отримані вихідні дані введені на ЕОМ, проведений розрахунок припусків і операційних розмірів (додаток Б). На основі цієї роздруковки побудовано схему розташування припусків і допусків (рисунок 6.1).

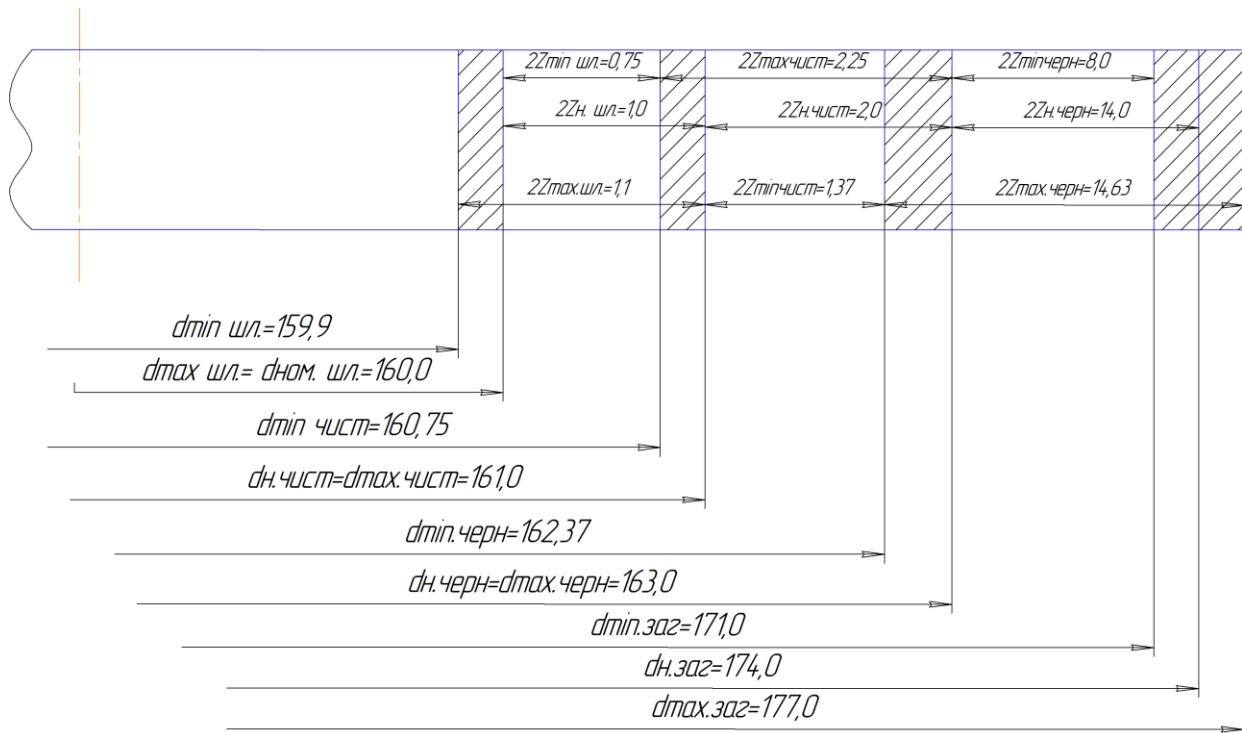


Рисунок 6.1 – Схема розташування полів припусків і допусків

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схеми базування і закріплення заготовки

Обґрунтування схеми базування і закріплення на операції 025 – універсально-фрезерна.

Для досліджуваної операції в базовому технологічному процесі використовується наступна схема базування: заготівля встановлюється в пристрої спеціальному верстатному з пневмоприжимом і проводиться обробка заготовки (рисунок 6.1). При цьому виникає подвійна напрямна база на  $\varnothing 160$  мм деталі (позбавляє 4 ступенів свободи) і опорна база (торець заготовки – 1 ступінь свободи). Таким чином, заготівля позбавляється п'яти ступенів свободи.

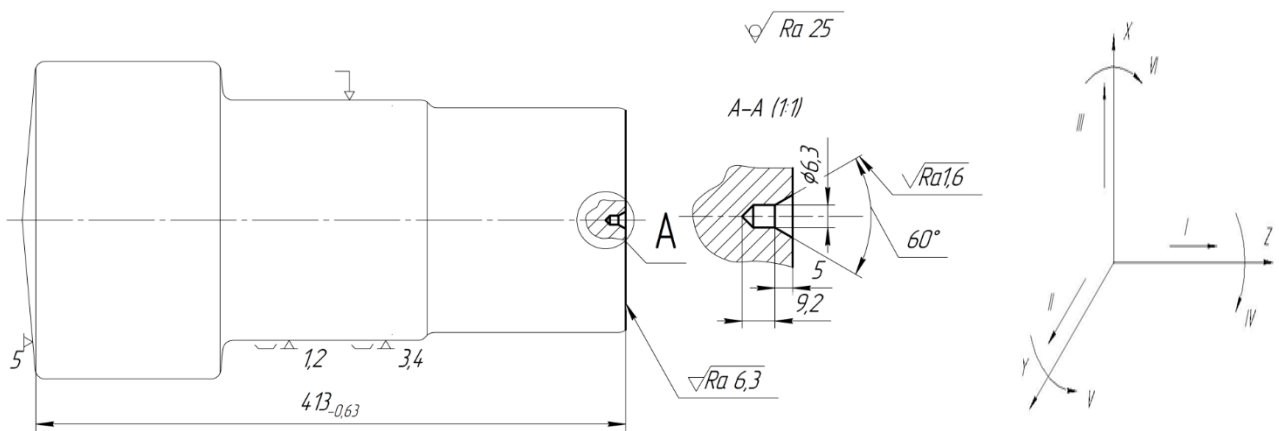


Рисунок 7.1 – Схема базування на універсально-фрезерній операції 025

Заповнимо матрицю зв'язків і відповідностей для даного виду базування (табл. 6.1, 6.2):

Таблиця 6.1 – Таблиця відповідності

Номер точки	Ступінь свободи	База
1; 2; 3; 4	II; III; V; VI	ДНБ
5	I	ОБ

Таблиця 6.2 – Матриця зв'язків

База		X	Y	Z
ДНБ	L	1	1	0
	$\alpha$	1	1	0
ОБ	L	0	0	1
	$\alpha$	0	0	0

Похибка базування на лінійні розміри:

$$e_{\sigma 9,2} = T_{9,2} J T_{413}$$

$$e_{\sigma 9,2} = 150 J 630 \text{ (мкм)}$$

Похибка базування на діаметральні розміри:

$$\frac{Td}{2} \left( \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)$$

де  $Td$  – допуск на діаметральні базові поверхні;

$\alpha$  – кут призми.

$e_{\sigma} = 31$  мкм. Це менше 150 мкм.

Це єдиний метод базування заготовки на даній операції, що дозволяє обробити потрібні поверхні.

Призначення і обґрунтування схеми базування і закріплення на операції 050 – токарній з ЧПУ.

Для досліджуваної операції в базовому технологічному процесі використовується наступна схема базування: заготівля встановлюється в трикулачковий самоцентруючий патрон з підтиском заднім центром і проводиться обробка заготовки (рис. 6.2). При цьому виникає подвійна напрямна база (позбавляє чотирьох ступенів свободи) і опорна база на торці заготовки (однієї ступенів свободи). Таким чином, заготівля позбавляється п'яти ступенів свободи.

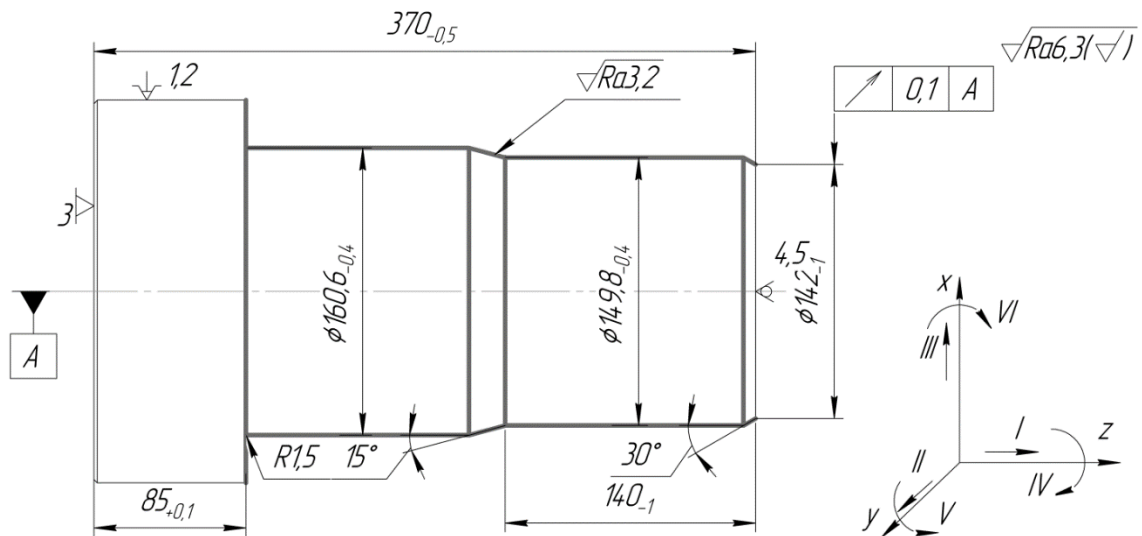


Рисунок 6.2 – Базова схема базування на операції 050 токарної з ЧПУ

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист 29
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Заповнимо матрицю зв'язків і відповідностей для даного виду базування (табл. 6.3, 6.4):

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

Номер точки	Ступінь свободи	База
1; 2; 4; 5	II; III; V; VI	ДНБ
3	I	ОБ

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

База		X	Y	Z
ДНБ	L	1	1	0
	$\alpha$	1	1	0
ОБ	L	0	0	1
	$\alpha$	0	0	0

При такій схемі базування похибки базування на лінійні розміри:

$$e_{\delta 140} = T_{370} \text{ J } T_{140}$$

$$e_{\delta 140} = 500 \text{ J } 1000_{\text{МКМ}}, \quad e_{\delta 85} = 0_{\text{МКМ}}$$

Похибка базування на діаметральні розміри буде відсутня, оскільки використовується трикулачковий самоцентруючий патрон і задній центр – осі заготовки і пристроїв збігаються.

Також можна застосувати ще одну схему базування на даній операції. Заготівлю закріплюють в центрах (рис. 6.3).

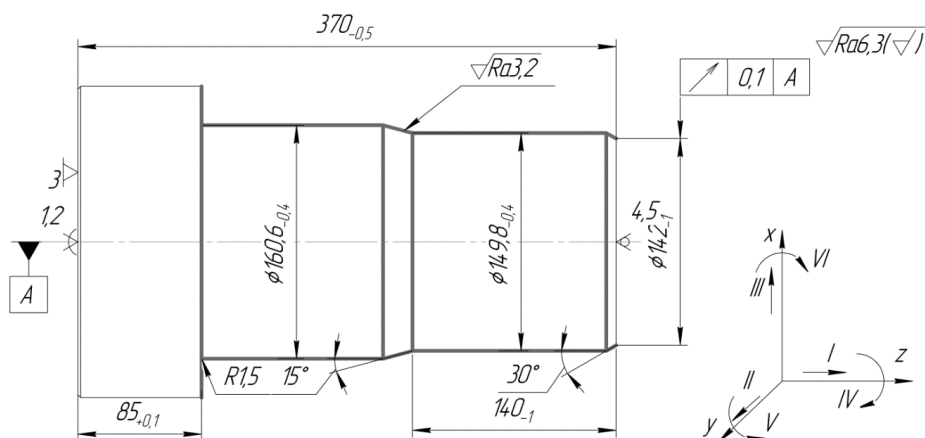


Рисунок 6.3 – Альтернативна схема базування на операції 040 токарної з ЧПУ



### 6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Обґрунтування і вибір моделі металорізального верстата на операції 025 універсально-фрезерної

Так як поверхня для обробки – торцева та отвір, розташований по центру, то обробку доцільно здійснювати на горизонтальному верстаті. З огляду на габаритні розміри заготовки, потужність двигуна верстата, кількість встановлених інструментів вибираємо KNUTH UWF 1.

Універсальний фрезерний верстат моделі KNUTH UWF 1 призначений для виконання різноманітних робіт, включаючи вертикальну та горизонтальну врезерування, свердління, розточування і нарізування різьблення.

Основні технічні характеристики універсального фрезерного верстата моделі KNUTH UWF 1 наведемо в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Основні технічні характеристики універсального фрезерного верстата моделі KNUTH UWF 1

Параметр	Величина
Робоча зона	
технол. ход, вісь X, мм	600
технол. ход, вісь Y, мм	270
технол. ход, вісь Z, мм	400
Розмір стола (ДхШ), мм	1120x260
Грузопідйомність, кг	250
Подача	
прискорений хід по вісі X, мм/хв	720
швидкість подачі по вісі X, мм/хв	24 – 720 (8)
Гориз. фрезерна головка	
частота обертання шпинделя (гориз.), об/хв	45 – 1600
зажим шпинделя (гориз.)	SK 40
Потужність двигуна гол. привода, кВт	2,2
Розміри верстата (ДхШхВ), мм	1660x1500x1730
Маса, кг	1300

Обґрунтування і вибір моделі металорізального верстата на операції 040 – токарної з ЧПУ

Так як поверхні для обробки - зовнішні циліндричні поверхні, розташовані по центру, то обробку доцільно здійснювати на токарному верстаті з ЧПУ. Для обробки на токарній операції з ЧПУ розглядаємо два токарних верстата з ЧПУ 16К30Ф3 і KNUTH Compact 480. З огляду на габаритні розміри заготовки, потужність двигуна верстата, кількість встановлених інструментів вибираємо токарний верстат з ЧПУ KNUTH Compact 480, так як він новіший, має сучасну систему ЧПУ сумісну з САПР, а також це дозволить проводити обробку деталей більш широкого діапазону типорозмірів.

Токарний верстат з числовим програмним управлінням KNUTH Compact 480 призначений для виконання різноманітних робіт, включаючи точіння, розточування, свердління і нарізування різьблення.

Висока потужність приводу і жорсткість верстата, широкий діапазон частоти обертання шпинделя і подач дозволяють повністю використовувати можливості прогресивних інструментів при обробці різних матеріалів.

Основні технічні характеристики токарного верстата з свердління наведемо в табл. 6.8.

Таблиця 6.8 – Основні технічні характеристики токарного верстата з ЧПУ KNUTH Compact 480

Параметр	Величина
Діаметр заготовки над станиною, мм	480
Діаметр заготовки над супортом, мм	321
Частота обертання шпинделя, об/хв	4500
Подача (прискорений хід), мм/хв	30000
Кількість позицій інструм. магазину, шт.	10
Розміри хвостовика інструмента, мм	25x25
Потужність двигуна гол. приводу, кВт	11
Розміри верстата (ДхШхВ), мм	3099x1390x1690
Маса, кг	5900

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

Обґрунтування вибору верстатного пристосування, металорізального та вимірювального інструмента на універсально-операції 025

Так як ця операція фрезерно-центрувальна, то в якості верстатного пристрою вибираємо спеціальний верстатний пристрій з пневмоприжимом з призмами 7030-0089 ГОСТ12194-66, патрон 20-B22 ГОСТ8522-79, оправка 6220-0291 ГОСТ13043-83.

Цей пристрій позбавляє заготовку 5 ступенів свободи – трьох переміщень і 2 обертань.

Ріжучий інструмент вибираємо по [5], [6]. Основні параметри ріжучого інструменту в табл. 6.9.

Таблиця 6.9 – Основні параметри ріжучого інструменту.

Найменування інструмента	Матеріал ріжучої частини	Основні параметри					
		D, мм	L, мм	d, мм	l, мм	Z, шт.	φ, °
Фреза 2214-0457 ГОСТ 26595-85	T5K6	200	63	60	–	12	67
Свердло 2317-0009 ГОСТ 14952-75	P6M5	6,3	74	–	9,2	–	30

Основні параметри вимірювального інструмента в табл. 6.10.

Таблиця 6.10 – Основні параметри вимірювального інструмента.

Назва інструмента	Границя вимірювань, мм	Ціна поділки, мм
Штангенциркуль ШЦ-III-400-0,05 ГОСТ 166-89	0 ... 400	0,05

Обґрунтування вибору верстатного пристрою, металорізального та вимірювального інструмента на операції 040 токарній з ЧПУ.

Так як ця операція токарна з ЧПУ, то в якості верстатного пристрою вибираємо патрон 3-х кулачковий 7100-0011 ГОСТ 2675-80.

Також використовуємо центр А-1-4Н ГОСТ8742-75.

В сумі трьохкулачковий патрон і центр позбавляють заготовку 5 ступенів свободи – 3 переміщень і 2 обертань.

Ріжучий інструмент вибираємо по [6]. Основні параметри ріжучого інструменту в табл. 6.11.

Таблиця 6.11 – Основні параметри ріжучого інструменту

Найменування інструмента	Перетин державки, мм	Товщина пластинки, мм	Матеріал пластинки	Виробник	$\phi, ^\circ$
Різець SCLCR2525M12	25x25	4,76	T15K6	Akko Cutting Tools Company	60

Основні параметри вимірювального інструмента в табл. 6.12.

Таблиця 6.12 – Основні параметри вимірювального інструмента

Назва інструмента	Границя вимірювань, мм	Ціна поділки, мм
Штангенциркуль ШЦ-III-400-0,05 ГОСТ 166-89	0 ... 400	0,05
Штангенциркуль ШЦ-III-250-0,05 ГОСТ 166-89	0 ... 250	0,05

### 6.5 Розрахунки режимів різання

Розрахунок режимів різання на операції 025 – універсально-фрезерна

Матеріал заготовки – сталь 38ХНЗМФА ГОСТ 4543-71.

Верстат KNUTH UWF 1.

Ріжучий інструмент – фреза 2214-0457 ГОСТ 26595, T5K10; свердло 2317-0009 ГОСТ 14952-75 з швидкорізальної сталі Р6М5

Фрезерування торця D165мм, для свердління центрального отвору Ø6,3мм.

Розрахунок режимів різання для фрезерування торця D165мм.

Розрахунок режимів різання будемо вести розрахунково-аналітичним способом.

Глибина шару, що знімається 5 мм.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Вибираємо подачу на даному переході:

$$SZ = 0,08-0,15 \text{ мм / зуб}$$

Розрахунок швидкості різання. Розрахунок швидкості різання при точінні здійснюється за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{m \cdot t^x \cdot S^y}} \cdot K_v \quad (6.1)$$

де  $C_v=108$ ;  $q=0,22$ ;  $x=0,06$ ;  $y=0,3$ ;  $u=0,2$ ;  $p=0$ ;  $m=0,32$  – коефіцієнти [4, табл.39, с.286]

$K_v$  – поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_M \cdot K_t \cdot K_n \quad (6.2)$$

де  $K_M$  - поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал [4, с.262];

$K_t$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал [4, с. 263];

$K_n$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання [4, с. 263]

$$K_{MV} = K_r \left( \frac{750}{S_B} \right)^n = 0,8 \left( \frac{750}{915} \right)^{1,0} = 0,66$$

$$K_{nV}=0,8; K_{nIV}=1,0$$

$$K_V=K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{nIV}=0,66 \cdot 0,8 \cdot 1,0=0,53$$

Стійкість фрези  $T=240$  хв.

$$\text{Отже, } V = \frac{108 \cdot 0,53}{240^{0,32} \cdot 0,06^{0,06} \cdot 0,15^{0,3} \cdot 65^{0,2} \cdot 2^0} = 16,5 \text{ м/хв}$$

Розрахунок числа обертів здійснюється за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{3,14 \cdot 200} = 26,30 \approx 27 \text{ об/хв} \quad (6.3)$$

Коригуємо число обертів шпинделя згідно з паспортними даними верстата.

Оскільки верстат з безступінчатим коробкою швидкостей  $n_d = 27$  об / хв.

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою:

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист 36
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.3)$$

$$V_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 27}{1000} = 16,96 \text{ м/хв}$$

Сила різання для точіння рзраховується за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot C_x \cdot C_s^y \cdot C_B^u \cdot C_{z_0} \cdot C_{K_{MP}}}{D^q \cdot C_n^w} \quad (6.4)$$

де  $C_p=218$ ;  $x=0,92$ ;  $y=0,78$ ;  $u=1,0$ ;  $q=1,15$ ;  $w=0$  - коефіцієнти [5, табл.41, с.291];

$$K_{MP} = \left(\frac{S_B}{750}\right)^n = \left(\frac{915}{750}\right)^{0,3} = 1,06$$

- поправочний коефіцієнт.

Оскільки в момент фрезерування в процесі різання одночасно беруть участь не всі зуби фрези, то розрахуємо  $z_d$ :

$$z_d = \frac{h}{b}$$

$$h = 2 \arcsin \frac{B}{D} = 2 \arcsin \frac{165}{200} = 111,2^\circ$$

$$b = \frac{360^\circ}{z} = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$$

$$z_d = \frac{111,2^\circ}{30^\circ} = 3,71 \gg 4 \text{ зуба}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 218 \cdot 1,06^{0,92} \cdot 1,15^{0,78} \cdot 1,06^{1,0} \cdot 1 \cdot 1,06}{200^{1,15} \cdot 27^0} = 3448 \text{ (Н)}$$

Потужність приводу, необхідна для точіння, розраховується за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (6.5)$$

$$N_e = \frac{3448 \cdot 16,96}{1020 \cdot 60} = 0,96 \text{ кВт}$$

$$N_{III} = N_{oe} \cdot C_h = 2,2 \cdot 0,8 = 1,76 \text{ кВт}$$

$N_{III} > N_e$  ( $0,96 > 1,76$ ) – потужності приводу досить для реалізації заданих режимів різання.

Визначаємо машинне основний час для даної операції:

$$T_o = \frac{L + l^I + l^{II}}{S_M} \quad (6.6)$$

де  $L$  – довжин фрезерування;

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		





Обираємо подачу на цьому переході:

$$S=0,20 \text{ мм/об [4, табл. 14, с. 268]}$$

Так як межа міцності стали 38ХНЗМФА з якої зроблена деталь становить  $\sigma_B = 1180$  МПа, то значення обраної подачі необхідно помножити на поправочний коефіцієнт  $K_s = 1,25$ . Тоді зворотня подача буде дорівнювати:

$$S_d = S \cdot K_s = 0,20 \cdot 1,25 = 0,25 \text{ мм/об}$$

Коригуємо подачу згідно з паспортними даними верстата. Оскільки верстат з безступінчатим коробкою подач  $S_d = 0,25$  мм/об.

Розрахунок швидкості різання. Розрахунок швидкості різання при точінні здійснюється за формулою 6.3:

$$T=30-60 \text{ хв.}$$

$$C_V=350; x=0,15; y=0,35; m=0,20 \text{ [6, табл.17, с.269]}$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{BY} \cdot K_{IV} = 0,66 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 0,53$$
$$K_{MV} = K_r \cdot \left( \frac{750}{S_B} \right)^n = 0,8 \cdot \left( \frac{750}{915} \right)^{1,0} = 0,66$$

$$K_{nV} = 0,8; K_{IV} = 1,0$$

$$V = \frac{350 \cdot 0,53}{30^{0,20} \cdot 65^{0,15} \cdot 0,25^{0,35}} = 141,59 \text{ м/хв}$$

Розрахунок числа оборотів здійснюється за формулою (6.2):

$$n = \frac{141,59 \cdot 1000}{3,14 \cdot 49,4} = 309,68 \approx 310 \text{ об/хв}$$

Коригуємо число обертів шпинделя згідно з паспортними даними верстата. Оскільки верстат з безступінчастою коробкою швидкостей  $n_d = 310$  об/мин.

Розраховуємо фактичну швидкість різання за формулою (6.3):

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 49,4 \cdot 310}{1000} = 140,7 \text{ м/мин}$$

Сила різання для точіння розраховується за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p$$

де  $C_p=300$ ;  $x=1,0$ ;  $y=0,75$ ;  $n=-0,15$  – коефіцієнти та показники в формулі [6, табл.22, с.273];

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_p$  – поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання, розраховується за формулою:

$$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r \quad (6.10)$$

де  $K_p = 0,95$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності [4,с.264];

$K_\varphi = 0,94$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на силові залежності [4,с.275];

$K_\gamma = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на силові залежності [4,с.275];

$K_\lambda = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза на силові залежності [4,с.275];

$K_r = 0,9$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіуса при вершині на силові залежності [4,с.275]

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} = 1,16 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,98$$

$$K_{MP} = \left(\frac{S_B}{750}\right)^n = \left(\frac{915}{750}\right)^{0,75} = 1,16$$

$$K_{\varphi P} = 0,94; K_{\gamma P} = 1,0; K_{\lambda P} = 1,0; K_{rP} = 0,9.$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,65^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 140,7^{-0,15} \cdot 0,98 = 816,66 \text{ (Н)}$$

Потужність приводу, необхідна для точіння, розраховується за формулою (6.5):

$$N_e = \frac{816,66 \cdot 40,7}{1020 \cdot 60} = 1,88 \text{ кВт}$$

$$N_{ШП} = N_{де} \cdot \eta = 11 \cdot 0,8 = 8,8 \text{ кВт}$$

$N_{ШП} > N_e$  ( $8,8 < 1,88$ ) – потужності приводу досить для реалізації заданих режимів різання.

Визначаємо машинне основний час для даної операції за формулою (6.6)

$$T_o = \frac{140 \cdot 1,8 \cdot 2}{0,25 \cdot 600} = 1,93 \text{ хв}$$

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист 40
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.14 – Елементи режиму різання для токарної операції з ЧПУ

№	i	D, мм	t, мм	L, мм	S, мм/об	V, м/мин	n, об/мин	To, мин
1	2	142	1,95	6,75	0,25	138,2	310	0,30
2	2	149,4	1,65	140	0,25	140,7	300	3,86
3	2	160,6	2,7	20	0,25	131,1	260	0,76
4	2	160,6	1,35	125	0,25	146,2	290	3,50
5	1	163,1	1,5	1,5	0,15	171,6	335	0,13
6	1	214	1	25,7	0,15	181,4	270	0,15
Σ								8,70

### 6.6 Технічне нормування операцій

Технічне нормування операції 025 – універсально-фрезерної.

Основний час було розраховано в пункті 6.5. Сумарний основний час на всій операції, хв.

Штучний час для операції визначимо за формулою:

$$T_{шт} = (T_o + T_v \cdot K_{TB}) \cdot (1 + A_{обс} + A_{отл}) / 100 \quad (6.11)$$

де  $A_{обс} + A_{отл}$  – час на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби в умовах одноверстатного обслуговування. Згідно [11]  $A_{обс} + A_{отл} = 5,5\%$ ;

$K_{TB}$  – поправочний коефіцієнт на допоміжний час в залежності від розміру партії оброблюваних деталей і серійності виробництва. Згідно [12]  $K_{TB} = 1,0$  (даний коефіцієнт за розрахунками відповідає середньосерійному типу виробництва, але для даних умов вважатимемо його допустимим).

Визначимо допоміжний час на операцію по формулі:

$$T_B = T_{вуст} + T_{вон} + T_{визм} \quad (6.12)$$

де  $T_{вуст}$  – допоміжний час на установку і зняття деталі. За [12]  $T_{вуст} = 0,90$  хв;

$T_{вон}$  – допоміжний час, пов'язаний з переходом. Згідно [12]  $T_{вон} = 1,20$  хв. і складається з:

- часу пов'язаного з переходом при фрезеруванні торця - 0,30 хв;

- часу пов'язаного з переходом під час свердління центрального отвору - 0,40 хв;
- часу на установку заданого взаємного положення деталі і інструменту за координатами X; Y; Z і в разі необхідності твори підналагодження - 0,32 хв;
- часу на перевірку приходу деталі або інструменту в задану точку після обробки - 0,15 хв;
- часу на установку і зняття щитка від забризкування емульсією - 0,03 хв.

$T_{визм}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання. Згідно [12]  $T_{визм} = 0,22$  хв

Таким чином, допоміжний час на операцію дорівнюватиме:

$$T_B = 0,90 + 1,20 + 0,22 = 2,32 \text{ (мин).}$$

Таким чином,  $T_{шт} = 7,20$  хв.

Визначимо штучно-калькуляційний час на операцію по формулі:

$$T_{штк} = T_{шт} + T_{пз} / n \tag{6.13}$$

де  $T_{пз}$  – підготовчо-заклучний час. Згідно [12]  $T_{пз} = 23$  хв;

$n$  - кількість деталей в партії. Для річного випуску 200 деталей приймаємо  $n = 24$  штук.

Таким чином, штучно-калькуляційний час на операцію буде рівним:

$$T_{штк} = 7,20 + 23 / 24 = 8,16 \text{ хв.}$$

Таблиця 6.15 – Зведена таблиця норм часу для виконання операції 025, хв

$T_o$	$T_B$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{штк}$
4,50	2,32	7,20	23	8,16

Технічне нормування операції 040 – токарної з ЧПУ.

Основний час було розраховано в п. 6.5. Сумарно основний час на всій операції  $ST_o = 8,70$  (хв.)

Оперативне час на операцію знайдемо за формулою:

$$T_{оп} = T_{ца} + T_B \tag{6.14}$$

$$T_{ца} = ST_o + T_{MB} \tag{6.15}$$

де  $T_{MB}$  – машинний допоміжний час роботи верстата. З урахуванням холостих ходів верстата і подачі холостого ходу, а також час на зміну інструменту приймаємо:  $T_{MB} = 0,80$  хв.

$$T_{ца} = 8,70 + 0,80 = 9,50 \text{ (хв)}.$$

Визначимо допоміжний час на операцію по формулі (6.12). Де,  $T_{вуст}$  – допоміжний час на установку і зняття деталі. Згідно [12]  $T_{вуст} = 4,50$  хв;  $T_{вон}$  – допоміжний час, пов'язаний з операцією. Згідно [12]  $T_{вон} = 0,50$  хв. і складається з: часу на установку заданого взаємного положення деталі і інструменту за координатами X; Y; Z і в разі необхідності твори підналагодження – 0,32 хв; часу на перевірку приходу деталі або інструменту в задану точку після обробки – 0,15 хв; часу на установку і зняття щитка від забризкування емульсією – 0,03 хв.

$T_{визм}$  – допоміжний час на контрольні вимірювання. Згідно [12]  $T_{визм} = 1,16$  хв і складається з: трьох вимірів штангенциркулем.  $T_{визм} = 0,31 \cdot 3 = 0,93$  (хв); двох вимірів кутоміром  $T_{визм} = 2 \cdot 0,06 = 0,12$  (хв); виміру галтелі  $T_{визм} = 0,11 = 0,11$  (хв).

Таким чином, допоміжний час на операцію дорівнюватиме:  $T_B = 4,50 + 0,50 + 1,16 = 6,16$  хв.

Оперативний час на операцію буде рівний:  $T_{оп} = 9,50 + 6,16 = 15,66$  хв.

Штучний час для операції за формулою (6.11), де із [12]:  $A_{орг} + A_{тех} + A_{отд} = 7\%$ ;  $K_{ТВ} = 1,07$ .

Отже  $T_{шт} = 17,22$  хв.

Визначимо штучно-калькуляційний час на операцію по формулі (6.13). де згідно [12]  $T_{пз} = 23,6$  хв;  $n = 24$  штук.

Таким чином, штучно-калькуляційний час на операцію буде рівним:  $T_{шт} = 18,2$  хв.

Таблиця 6.16 – Зведена таблиця норм часу для виконання операції 050, хв

$T_0$	$T_{MB}$	$T_B$	$T_{ца}$	$T_{оп}$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{штк}$
8,70	0,80	6,16	9,50	15,66	17,22	23,6	18,20

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

### 7.1 Обґрунтування вибору верстатного пристрою

На операції 065 заготовка обробляється на ОЦ з ЧПУ в спеціальному призматичному пристрої з ручним приводом. Робочий на даній операції має четвертий розряд. Застосування спеціального пристосування з механізованим (пневматичним) приводом дозволить знизити розряд верстатника на цій операції, знизити трудомісткість обробки, підвищити стабільність точнісних параметрів операції. Орієнтовно в заданих умовах слід визнати найбільш раціональної систему нерозбірних спеціальних пристосувань (НСП) [15].

Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.

Точність розмірів, що витримують розмірів на операції.

Проаналізуємо вихідні дані при проектуванні верстатного пристосування для комплексної операції на ОЦ з ЧПУ технологічного процесу виготовлення деталі «Шпиндель» позиції 1.2750.148.110.01. Ескіз операції наведено на рисунку 7.1.

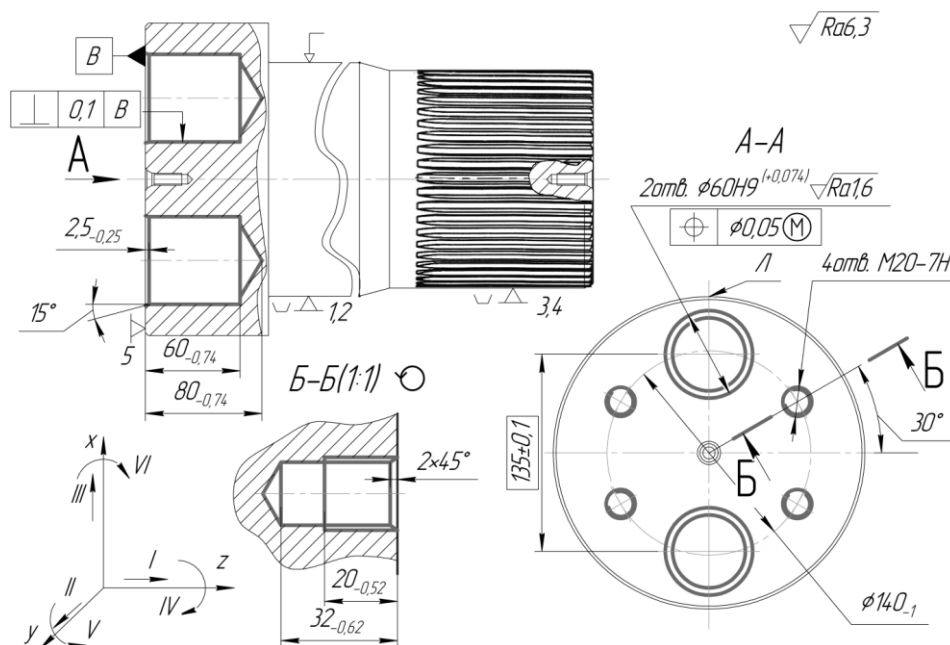


Рисунок 7.1 – Ескіз операції

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист 44
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7.2 Визначення кількісних і якісних результатів виконання операції.

На цій операції формують розміри: Ø60H9 і M20-7H. Так як вони не вільні, то відповідно до технічних вимог, допуск на розмір приймаємо по IT9. Таким чином, допуск на розмір буде дорівнювати:  $T_{60}=74$  мкм.

Точність форми оброблюваних поверхонь.

Похибка форми циліндричних поверхонь d60H9 характеризується відхиленням від круглості і циліндричної і нормується по ГОСТ 24643-81. Оскільки розглянута поверхню на кресленні не мають допуск форми, то для рівня нормальної геометричної точності А незазначені допуск циліндричної і круглості приймаємо, орієнтоване в межах 30% від допуску на діаметр.

$$T_{f,d60} = 0,3 \cdot 74 = 22,2 \text{ (мкм)}.$$

Згідно [13, с. 110] приймаємо  $T_{f/d60} = 19$  (мкм) – найближче стандартне значення, що відповідає 11 ступеню точності.

Всі вимоги по точності форми і розташування різьби M20-7H згідно ГОСТ9150-81.

Точність розташування оброблюваних поверхонь.

На кресленні значення допуску радіального биття (сумарного допуску розташування і форми) внутрішньої циліндричної поверхні Ø140 не вказано, тому його значення може знаходитися в межах допуску на розмір, тобто 240 мкм. Згідно [13, с. 109] визначаємо, що це відповідає 14 ступеню точності. При цьому задане значення допуску відповідає зі стандартним.

Також на кресленні присутній позиційний допуск на діаметр отвору d60H9 50 мкм. Згідно [13] визначаємо, що це відповідає 8 ступеню точності. При цьому задане значення допуску відповідає зі стандартним.

Відхил від перпендикулярності отвори від торця деталі: 100 мкм. Згідно [13] визначаємо, що це відповідає 10 ступеню точності. При цьому задане значення допуску відповідає зі стандартним.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Шорсткість оброблюваних поверхонь.

Шорсткість оброблюваних поверхонь, яка вказана на кресленні, відповідає Ra 1,6 мкм.

При обробці отворів зазначена шорсткість досягається свердлінням, розсвердлюванням і розточування отворів.

Визначення кількісних і якісних даних заготовки.

Точність розмірів базових поверхонь.

Для базування заготовки використовуються наступні поверхні: внутрішня циліндрична  $\varnothing 160h9$  і торець з найбільшим діаметром  $\varnothing 214$  мм.

Відповідно до креслення  $\varnothing 160$  обробляється по IT9. Значення допуску дорівнюватиме:  $T_{\varnothing 160} = 100$  (мкм).

Це означає, що діаметр циліндричної поверхні виконаний з параметрами:  $\varnothing 145h9 (-0,1)$

Найбільший діаметр торця  $\varnothing 214$  обробляється по IT12. Значення допуску дорівнюватиме:

$T_{\varnothing 214} = 460$  (мкм).

Це означає, що найбільший діаметр торця виконаний з параметрами:  $\varnothing 214h12 (-0,46)$ .

Довжина циліндричної поверхності  $125 \pm 0,5$  мм. Що свідчить про можливість використання цієї поверхні, як подвійної направляючої бази.

Точність форми базових поверхонь.

Похибка форми циліндричної поверхні  $\varnothing 160h9$  характеризується відхиленням від круглості і циліндричності і нормується по ГОСТ 24643-81. Так як допуск циліндричності і круглості не вказані в технічних вимогах, то він може бути встановлений в межах допуску на розмір:  $T_{f/\varnothing 160} = 0,3 \cdot 100 = 30$  (мкм). Згідно [13] це значення відповідає 9 ступені точності.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка форми торця  $\varnothing 214h12$  характеризується відхиленням від площинності. Розрахункове значення цього допуску складе:  
 $T_{\square\varnothing 214} = 0,6 \cdot 480 = 288$  (мкм).

Згідно [13] приймаємо найближче стандартне значення  $T_{\square\varnothing 214} = 300$  (мкм), що відповідає 12-му ступеню точності.

Аналогічно розраховуємо значення допуску площинності торця  $\varnothing 149,8_{-0,4}$   
 $T_{\square\varnothing 214} = 0,6 \cdot 400 = 240$  (мкм).

Згідно [13] приймаємо найближче стандартне значення  $T_{\square\varnothing 149,8} = 250$  (мкм), що відповідає 14-му ступеню точності.

Точність розташування базових поверхонь.

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю  $\varnothing 160h9$  і биттю торців  $\varnothing 214h12$  і  $\varnothing 149,8$ .

Згідно [13] допуск на радіальне биття складе:  $T_{\lambda\varnothing 160} = 50$  (мкм). Цей допуск відповідає 8 ступеню точності.

Допуск биття торця  $\varnothing 214$  вказано на кресленні:  $T_{\lambda\varnothing 214} = 50$  (мкм).

Допуск торцевого биття приймаємо 60% від допуску на номінальний розмір:  $T_{\lambda\varnothing 149,8} = 0,6 \cdot 400 = 240$  (мкм). Згідно [13] допуск на радіальне биття складе:  $T_{\lambda\varnothing 149,8} = 250$  (мкм). Цей допуск відповідає 12 ступеню точності.

Шорсткість базових поверхонь.

Шорсткість поверхонь, призначених на кресленнях, становить для  $\varnothing 160$  мм Ra 1,6 мкм і для торця  $\varnothing 214$  мм Ra 3,2 мкм. Це відповідає вимогам по точності, які пред'являються до базових поверхонь.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7.3 Визначення умов, в яких буде виготовлятися, і експлуатуватися проєктований пристрій.

Річна програма випуску визначена в 200 деталей. Така програма з урахуванням трудомісткості відповідає дрібносерійного типу виробництва. Розрахункова кількість деталей в партії складе 24 штуки при двозмінному режимі роботи. При заданому періоді виробництва 1 рік або 12 місяців пристосування повинно здійснити 250 циклів. Таке використання пристосування забезпечить його довговічність.

Заготовка буде оброблятися на ОЦ з ЧПУ HD40. Робочий стіл верстата становить 600x400 (мм). Це відповідає параметрам встановлюваного пристрою.

Верстат обладнаний системою охолодження.

Обробка здійснюється – свердло спіральне 2300-2100 ГОСТ886-77; 2301-0166 ГОСТ 10903-77; розточна система NBH2083; свердло центровочне 2317-0011 ГОСТ 14952-75. Пристрій має обслуговуватися оператором з ЧПУ 3-го розряду.

Маса пристрою не повинна перевищувати 8 кг, щоб виключити важку фізичну працю наладчика при установці пристрою на верстат.

Складання переліку реалізованих функцій.

0. Переміщення і попередня орієнтація заготовки.

1. Базування заготовки.

2. Закріплення заготовки.

3. Базування пристрою на верстаті.

4. Закріплення пристрою на верстаті.

5. Підведення і відведення енергоносія.

6. Освіта вихідної сили для закріплення.

7. Управління енергоносієм.

8. Заміна настановних (затискних) елементів.

9. Об'єднання функціональних вузлів.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Обробка 4 отворів M20-7H мм і 2 отворів  $\varnothing 60H9$  мм.

11. Створення безпечних умов праці.

#### 7.4 Розробка і обґрунтування схеми базування і закріплення

Розробка і обґрунтування схеми базування.

Вибір подвійної опорної бази.

Головною базовою поверхнею може бути зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 160h9$ . Для цього вибору можна навести наступні аргументи:

- поверхня оброблена найбільш точно IT9.
- поверхня має низьку шорсткість Ra 1,6.
- поверхня досить розвинена.

Крім того, використання цієї поверхні, як базової не заважає доступу інструментів до оброблюваних поверхонь.

Циліндрична поверхня  $\varnothing 160h9$ , будучи прийнятою в якості головної базової, позбавляє заготовку 4 ступенів свободи.

Вибір опорної бази.

Для опорна база приймаємо поверхню заготовки – торець  $\varnothing 214$  мм. Застосування цієї бази позбавляє заготовку п'ятого ступеня свободи – переміщення уздовж своєї осі. Базування здійснюється упором торця  $\varnothing 214$  мм деталі в торець призми.

Таким чином, заготівля позбавляється п'яти ступенів свободи.

Інші способи базування недоцільні, тому що при іншому базування необхідно буде вирішити питання зі скрутною обробкою, що ускладнить конструкцію пристосування.

Складемо систему координат односторонніх зв'язків, які накладаються на заготовку. Результати аналізу схеми базування заготовки заносимо в табл. 9.1.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9.1 – Аналіз схеми базування

Координата		X	X'	Y	Y'	Z	Z'	$\omega_x$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega_z'$
Спосіб реалізації	Реакція	-	$\overline{R}$	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R

Примітка. R - неповна реакція;  $\overline{R}$  – повна реакція; - – відсутність реакції.

Побудова функціональної структури пристрою.

З набору функцій, які реалізуються протягом оперативного часу: 0, 1, 2, 5, 6, 7: функції 3, 4, 8 впливають на підготовчо-заключний час; функції 8, 9, 11 прямого впливу на штучний час не мають.

На підставі цих даних, а також нормативів часу складемо схему послідовної реалізації функцій.

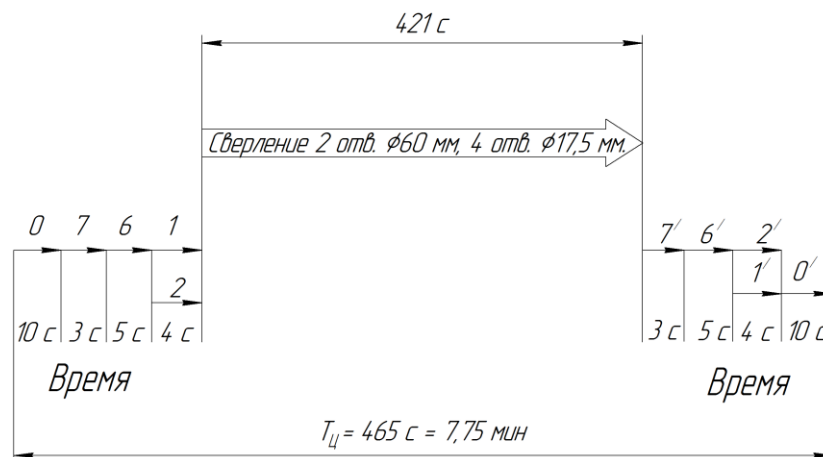


Рисунок 9.1 – Схема послідовної реалізації функцій.

Номер функції без штриха позначає пряму функцію, а номер зі штрихом позначає зворотну функцію.

Розробка і обґрунтування схеми закріплення.

Аналіз структури полів сил, що обурюють.

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил (ПВС) і поля призначені врівноважити сил (ПУС) побудуємо графічну модель збурюючих сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування.









Розрахунковий діаметр різьби визначається за формулою:

$$d_p = d - 0,94p \quad (7.3)$$

де  $d$  – зовнішній діаметр різьби.  $d = 16$  (мм);

$p$  – крок різьби.  $p = 2$  (мм).

$$d_p = 16 - 0,94 \cdot 2 = 14,12 \text{ мм.}$$

Знайдемо напругу на розрив за формулою:

$$s_p = \frac{4W}{p d_p^2},$$

де  $W$  – максимальна осьова сила або сила закріплення.  $W = 19281$  (Н).

$$s_p = 123,2 \text{ (МПа).}$$

Таким чином, умова (7.2) виконується ( $123,19 < 180$ ).

#### 7.5 Обґрунтування вибору приводу.

Знайдемо діаметр пневмокамери за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{p \cdot \chi_r \cdot \chi_h}} \quad (7.4)$$

$p$  – тиск стисненого повітря. Приймаємо  $p = 0,63$  (МПа).

$$Q = \frac{W}{2} = \frac{19281}{2} = 9640,5 \text{ Н}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 9640,5}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}} = 147 \text{ (мм).}$$

Діаметр поршня згідно ГОСТу складає 150мм. Сила закріплення зміниться (з формули 7.1):

$$Q = 10015 \text{ (Н).}$$

Таким чином, фактична сила закріплення складе 20030 (Н). Так як пристосування містить сілопреобразуючих пристрою, то сила закріплення буде рівною силі, яка діє на штоку помноженої на відношення плечей прихвата, тобто  $W = 2Q = 20030$  (Н).

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Точнісіні розрахунки пристрою.

Розрахункову похибку пристрою знайдемо за формулою:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{\text{поз}}^2} \quad (7.5)$$

де  $T = 115$  мкм – найбільш жорсткий допуск розташування або розміру (з тих, які одержують на даній операції);

$K_T = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує можливий відхил складових від нормального закону розсіювання величин;

$K_{T1} = 0,85$  – коефіцієнт, який враховує зменшення межі похибки базування;

$\varepsilon_6 = 0,04$  – похибка базування, так як поверхня d160 виконана по 9-му квалітету, то зазор складе 0,04 (мм);

$\varepsilon_3 = 0$  мкм - похибка закріплення, так як напрямок дії сили закріплення не збігається з напрямком вимірюваного параметра точності, то похибка закріплення приймається рівною нулю

$\varepsilon_y = 15$  мкм - похибка установки пристрою на верстаті, оскільки вона враховує зазори між установочними елементами пристосування і посадочними елементами верстатів

$$\varepsilon_y = \frac{sl}{L} = \frac{0,02 \cdot 24}{280} \quad (7.5)$$

де  $S$  – максимальний зазор посадки H9/g6;

$l$  – максимальний діаметр на якому ведеться обробка;

$L$  – відстань між шпонками.

$\varepsilon_{\text{п}} = 0$  – похибка перекошування інструмента, яка виникає при зміщенні осі одержуваного при обробці отвору через перекіс осі інструменту щодо направляючого отвору кондукторної втулки. Так як при обробці отворів кондукторна втулка не застосовується, то похибка перекошу інструменту приймаємо рівною нулю);

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$\varepsilon_{3H} = 0,25$  – похибка, яка виходить при зношуванні установлених елементів пристрою. Так як в пристрої і відбувається рівномірний знос, похибка знаходиться за [20];

$K_{T2} = 0,6$  – коефіцієнт що враховує можливість появи похибки обробки

$\omega = 0,027$  мм – значення допуску для 13 квалітету точності обробки.

$\varepsilon_{поз} = 40$  мкм – похибка позиціонування (за паспортом верстата похибка становить 0,05).

Таким чином розрахункова похибка пристрою дорівнює:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{пр} &= 0,5 - 1,2\sqrt{(0,4 \cdot 0,8)^2 + 0^2 + 0,015^2 + 0^2 + 0,025^2 + (0,6 \cdot 0,27)^2 + 0,05^2} \\ &= 0,22(\text{мм}).\end{aligned}$$

Дану погрішність можна врахувати, пред'явивши деякі технічні вимоги до пристрою. Поставимо допуск паралельності підставки пристрою і поверхні, по якій встановлюється заготовка. Значення цього допуску дорівнюватиме похибки пристосування. Згідно [14] найближче значення допуску паралельності складе 0,2 (мм).

## 7.6 Опис пристрою і принцип дії пристосування.

Тип пристрою – пневматичний. У ньому застосовується пневмокамера односторонньої дії. Розглянемо принцип дії пристрою. Оброблювана заготовка встановлюється на короткий циліндричний палець. Через пневммережу повітря під тиском 0,63 МПа подається в робочу порожнину пневмокамери.

При надходженні повітря в нижню порожнину циліндра, поршень, піднімаючись вгору через шток, створює тиск на прихват, що закріплює деталь при обробці отворів. При надходженні стисненого повітря в верхню порожнину циліндра відбувається зворотний процес – з нижньої порожнини повітря виходить в атмосферу за допомогою перемикачів триходового крана.

Це пневмокамера подвійної дії по ГОСТ 9887-62. Відмінними рисами розробленої конструкції є наявність прихвата для затиску обробленої заготовки;

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

видозмінений корпус, який крім пневмокамери включає в себе стійку для підтримки прихвата. Крім того, в пристосування входить спеціальна призма для базування оброблюваної заготовки.

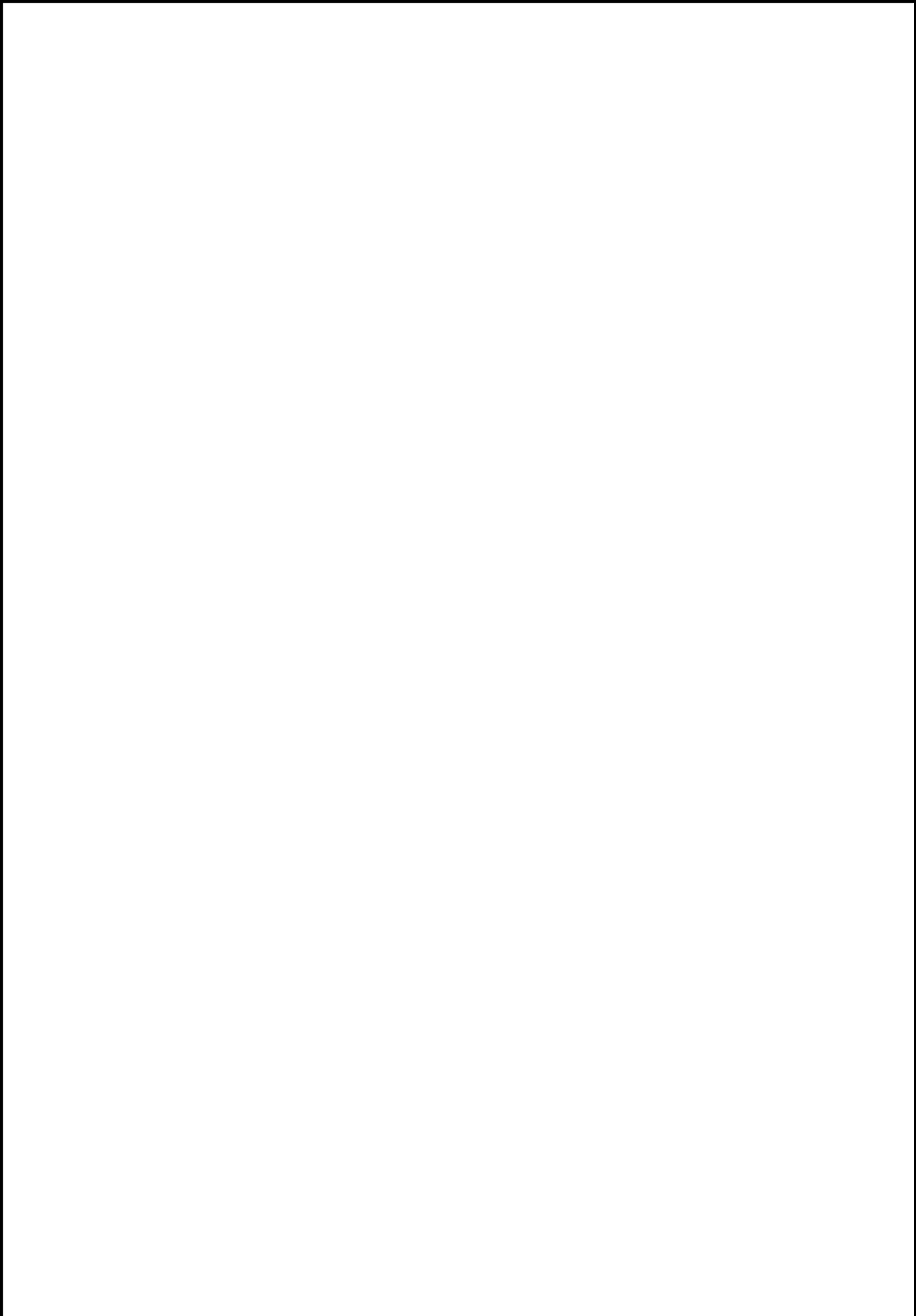
Пристрій не має силоперетворюючих пристроїв.

Складові пневмережі можна побачити на складальному кресленні пристрою.

Пристрій встановлюється на столі верстата і вивіряється за допомогою шпонок.

Для транспортування пристрою передбачені римболти.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано службове призначення крана кульового КШ-700-100-РП-ПУ-П та деталі шпиндель 1.2750.155.101.02.

Був зроблений аналіз поверхонь деталі шпиндель 1.2750.155.101.02, розглянуті функції, які ними виконуються. Проаналізовано креслення, властивості матеріалу, а також вимоги, що пред'явлені до деталі конструктором, їх відповідність нормативним документам.

Визначений тип виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій – дрібносерійний. Прийнята заготовка – поковка кована, так як це найбільш раціональний метод отримання заготовки враховуючи масу, форму та тип виробництва.

В роботі розглянуті два варіанти схем базування і обрано спосіб закріплення заготовки для двох механічних операцій. Обрано оптимальні технологічне оснащення, верстати. Виконано розрахунок режимів різання для одного переходу аналітичним методом, а для інших – призначено табличним методом. Проведено для операцій і технічне нормування.

Для операції 065 розроблено пристрій спеціальний призматичний з пневмоприводом. Для його конструювання проаналізовано дані про заготовку, розраховано силу закріплення та точнісні розрахунки пристрою.

Також розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності, що стосується пожежогасіння.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



11. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резанья для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть I. Нормативы времени. – Москва : Экономика, 1990.

12. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых Изм. станках с ЧПУ, Часть II (нормативы режимов резания). – Москва : Экономика, 1990.

13. ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

14. **Ансеров, М. А.** Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции [Текст] : М. А. Ансеров. – М: Машиностроение, 1964. – 428 с.

15. **Москальова, В.М.** Охорона праці. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. – Рівне:НУВГП, 2009

16. **Чучман, Ю. І.** Технологія машинобудування для електромеханіків : Навч. посіб. для студ. електромех. спец. вищ. навч. закл. / Ю. І. Чучман; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л., 2001. – 354 с

17. **Лавриченко, М.З.** Технология машиностроения и технологические основы автоматизации / М.З. Лавриченко. – Киев.; Высшая школа, 1982.

					ТМ 18320674-00 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		