

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»**

*Факультет технічних систем та енергоефективних технологій*  
(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  
шестерні СНТ 00.00.13.ДШ*

Виконав: студент IV курсу, групи ТМ-61-8  
напряму підготовки (спеціальності)

*131 Прикладна механіка*

*(Технології машинобудування)*

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Дриголенко В. А.*

(прізвище та ініціали)

Керівник

*Колесник В. О.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент

*Єтухов А. В.*

(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	<u>технічних систем та енергоефективних технологій</u>
Кафедра	<u>технології машинобудування, верстатів та інструментів</u>
Освітній рівень	<u>Перший (бакалаврський)</u>
Напрямок підготовки	_____
Спеціальність	(шифр і назва) <u>131 Прикладна механіка (Технології машинобудування)</u>
	(шифр і назва) ЗАТВЕРДЖУЮ Завідувач кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів _____ Залога В. О. «__» _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

Дриголенко Віталій Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування технологічного процесу виготовлення шестерні СНТ 00.00.13.ДШ

Керівник проекту Колесник Віталій Олександрович, канд. техн. наук, старший викладач  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «09» квітня 2020 року № 0523-III

2. Строк подання студентом проекту (роботи) «24» травня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення деталі– Шестерня СНТ 00.00.13.ДШ

Річний обсяг випуску деталей – 1000 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 безпеки 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. А. Дриголенко  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

В. О. Колесник  
(прізвище та ініціали)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Залога В.О.

«    » \_\_\_\_\_ 2020 року

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ШЕСТЕРНІ СНТ 00.00.13.ДШ**

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

Студент

В. А. Дриголенко

Керівник

В. О. Колесник

Нормоконтроль

Ю. О. Денисенко

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 84 с., таблиці 26, рисунків 17, посилань 11 .

В даному проекті наведений вдосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Шестерня 00.13.ДШ»: обрані найбільш раціональні схеми базування заготовки на операціях; вибрано верстати та вимірювальний інструмент, які задовольняють вимогам обробки та контролю, котрі поставлені до деталі. Виконано розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом. Проведено технічне нормування операцій

В дипломному проекті розроблено спеціальний верстатний пристрій з пневматичним приводом для операції «065 Шпонково–фрезерна» з розрахунками на міцність та точність даного пристрою. Наведено опис та принцип дії верстатного пристрою.

В роботі дано відповідь на запитання на тему «Нормування та контроль у галузі охорони праці. система стандартів безпеки праці».

**Метою роботи** є аналіз обраної деталі «Шестерня 00.13.ДШ», для того щоб поліпшити та вдосконалити її базовий технологічний процес виготовлення, обравши більш сучасні верстати, контрольні–вимірювальні інструменти, підібравши більш продуктивні режими різання, що у свою чергу здатні забезпечити якісну обробку заготовок.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес механічної обробки деталі «Шестерня 00.13.ДШ».

**Предмет дослідження** – операції технологічного процесу механічної обробки деталі «Шестерня».

ДЕТАЛЬ, ВЕРСТАТ, РІЗЕЦЬ, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, НОРМУВАННЯ, КОНТРОЛЬ, СТАНДАРТИ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ.

## ЗМІСТ

	с.
Зміст.....	5
Вступ.....	6
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації.....	7
2 Аналіз технічних вимог і виявлення технологічних задач при виготовленні деталі.....	11
3 Визначення типу виробництва та форми його організації .....	15
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	18
5 Вибір способу одержання заготовки та розробка технічних вимог до неї .....	20
6 Аналіз технологічної операції існуючого чи типового технологічного процесу .....	27
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	27
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення.....	34
6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата.....	38
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	40
6.5. Розрахунок режимів різання .....	43
6.6. Технічне нормування операції.....	50
7 Проектування верстатного пристрою .....	55
Висновок .....	75
Список джерел посилань .....	76
Додаток А.....	77
Додаток Б.....	78
Додаток В .....	79
Додаток Г.....	80

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Шестерня 00.13 ДШ»			Літ.	Арк.	Акрюшів
Розроб.		Дриголенко В.А						5	88	
Перевір.		Колесник В.О.						СумДУ, ТМ–61–8		
Реценз.										
Н. Контр.		Денисенко Ю.О.								
Затверд.										

## ВСТУП

Машинобудування – є однією з головних галузей промисловості, яка постачає різні машини і устаткування для галузей господарства та населення. Машинобудування дає поштовх науково–технічному прогресу людства, а також підвищує ефективність всього суспільного виробництва.

Технологія машинобудування – це наука про виготовлення машин потрібної якості в установленому виробничою програмою кількості і в задані терміни при найменших затратах живої і матеріалізованої праці, тобто при найменшій собівартості.

Продукція машинобудівної галузі складається з багатьох деталей і агрегатів, а тому виготовити їх на одному підприємстві неможливо і в результаті підприємства встановлюють між собою коопераційний зв'язок ( постачання деталей, сировини, матеріалів ).

Більшість машинобудівних комплексів належить до трудомістких, тобто таких, які потребують значних затрат праці на виготовлення продукції.

В усіх галузях машинобудування зростає значення науково–дослідницьких робіт.

Машинобудівні галузі, які спеціалізувалися на військово–оборонній сфері, переходять до створення високих технологій ( розроблення сучасної військової, промислової, електронної техніки, а також в деякій мірі нанотехнологій ).

Найбільш ефективною особливістю підприємства є адаптація технології виробництва під потреби народного споживання для виготовлення різноманітних деталей.

Технологія машинобудування має тісний зв'язок з дисциплінами, такими як, теорія різання; різальний інструмент; взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання; матеріалознавство, термічна обробка.

На сьогоднішній день людство не має альтернативи механічній обробці, адже тільки вона здатна забезпечити виготовлення складної конфігурації деталей, їх якості поверхневого шару, точності розмірів та форм.

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

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

Центрифуга типу ОГШ–501У–01 – осаджувана горизонтальна безперервної дії зі шнековим вивантаженням осаду. Вона призначена для розділення суспензій високим та середнім дисперсності з концентрацією Т: Ж в межах 1:4÷1:10, при температурі до 80°C, а також для зневоднення осаду стічних вод. В таблиці 1.1 вказано технічні характеристики центрифуги ОГШ–501У–01.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики центрифуги ОГШ–501У–01 по [1]:

Діаметр ротора внутрішній (найбільший), мм	500
Відношення робочої довжини ротора до внутрішнього максимальному діаметру	1,86
Частота обертання ротора максимальна, с <sup>-1</sup> (об/хв)	46,7 (2800)
Фактор поділу (при максимально допустимій частоті обертання ротора)	2188
Індекс продуктивності, м <sup>2</sup> не менше (при максимальній частоті обертання ротора)	2811
Радіус зливу (змінний), мм	180; 187,5;200
Матеріал ротора	Сталь 09Г2С
Максимальний момент, що передається редуктором, кг·м <sup>2</sup>	600
Габаритні розміри центрифуги з електродвигуном і вібро–ізолюючим пристроєм, мм	
– довжина	2465
– ширина	1945
– висота	985
Маса центрифуги з електродвигуном і вібро–ізолюючим пристроєм, кг не більше	2495

Центрифуга (рис. 1.1) складається з наступних основних вузлів: горизонтального ротора 1, шнека 2, приймача відходів 3, приймача розчину 4, цапфи 5 і

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7



6, корінних підшипників 7 і 8, підшипників 9 і 10, приводного шківa 11, планетарного редуктора 12.

Центрифуга комплектується спеціальним інструментом і пристроями, необхідними в процесі монтажу, експлуатації та ремонту, а також запасними частинами.

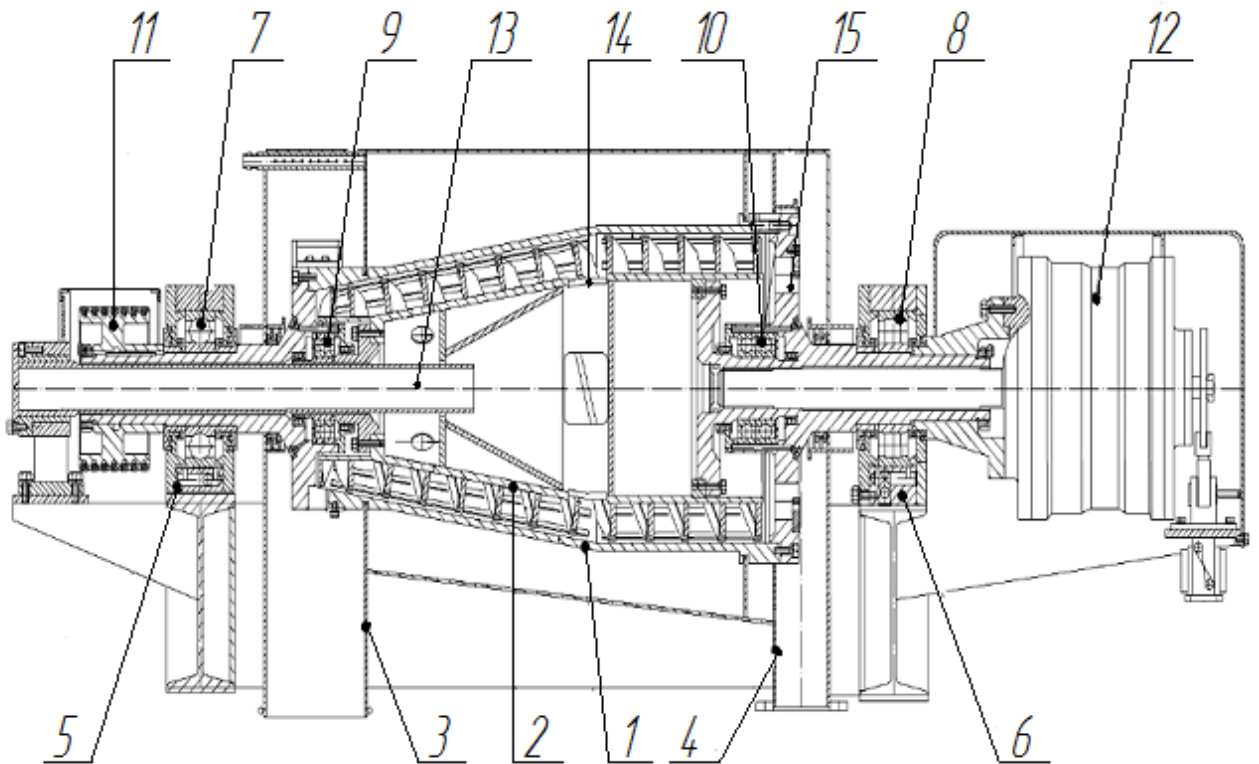


Рисунок 1.1 – Центрифуга типу ОГШ–501У–01

На рисунку 1.1: 1 – горизонтальний ротор; 2 – шнек; 3 – приймач відходів; 4 – приймача розчину; 5 і 6 – цапфи; 7 і 8 – корінні підшипники; 9 і 10 – підшипники; 11 – приводний вал; 12 – планетарний редуктор; 13 – живильна труба; 14 – завантажувальні вікна; 15 – зливні отвори.

Центрифуга складається з горизонтального ротора 1 з циліндричним і конічним ділянками, шнека 2, приймача відходів 3 і приймача розчину 4. Ротор має цапфи 5 і 6, за допомогою яких він встановлений в корінних підшипниках 7 і 8 (рис. 1.1). Шнек встановлений всередині ротора з можливістю обертання в підшипниках 9 і 10. Ротор приводиться в обертання від електродвигуна за допомогою приводного шківa 11. Вал шнека з'єднаний з веденим валом планетарного редуктора 12, закріпленого на роторі за допомогою фланця. Планетарний редук-

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 18510224–00.00.ПЗ

Лист

8

тор 12 призначений для передачі обертання від ротора 1 до шнека 2 з деяким зменшенням швидкості обертання шнека в порівнянні зі швидкістю обертання ротора.

Працює центрифуга наступним чином. Від живильної труби 13, що проходить всередині шнека 2, через завантажувальні вікна 14 розчин надходить в ротор 1 центрифуги. У роторі 1 розчин тече до зливних отворів 15. При цьому тверді частинки під дією відцентрової сили осідають на стінки ротора 1, а рідина яка звільнилася від твердих частинок зливається через зливні отвори 15 в приймач розчину 4. Так як шнек 2 обертається щодо ротора 1, то шнек 2 транспортує осілі частинки до вузького кінця ротора 2 на вивантаження. Таким чином, шнекова центрифуга забезпечує безперервну вивантаження шламу при безперервній подачі розчину на обробку без зміни швидкості ротора.

Службове призначення: в планетарному редукторі використовуються коронна шестерня, планетарні шестерні і сонячна шестерня. Деталь являє собою сонячну шестерню, яка зменшує передатне відношення від ротора до шнеку, щоб зменшити частоту обертання шнеку.

Аналіз ОКБ (основних конструкторських баз) та ДКБ (допоміжних конструкторських баз) відносно виробу Центрифуги ОГШ–501У–01 на рисунку 1.2.

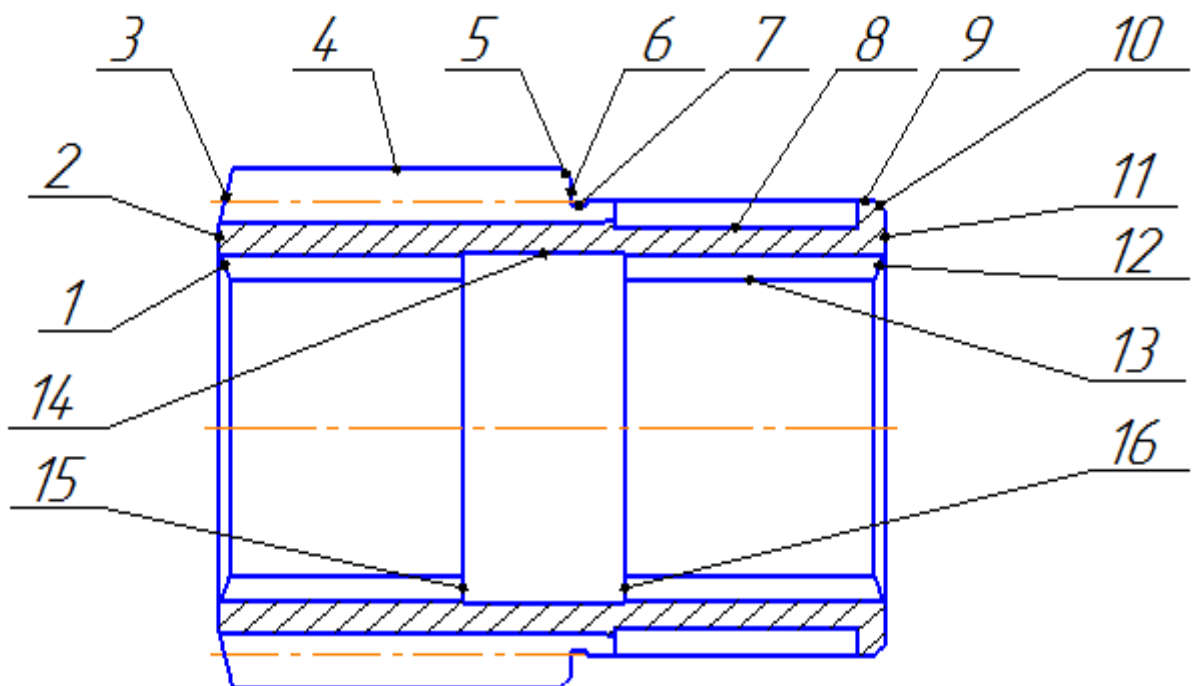


Рисунок 1.2 –Поверхні деталі

										Лист
										9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510224–00.00.ПЗ					

Таблиця 1.2 – Основні конструкторські та допоміжні бази.

Поверхні	Конструкторські бази	Технологічні бази
2, 11, 13	Основна конструкторська база	13 – подвійна направляюча база 2 і 10 – опорні бази
3, 6, 8, 9	Допоміжна конструкторська база	–
1, 4, 5, 7, 10, 12, 14, 15, 16	Вільні поверхні	Вільні поверхні

2,11 – лівий і правий торець деталі дотикаються до шийок валу;

13 – шліцьовий отвір насаджується на шліцьову оправку;

3 – зубчастий вінець, який з'єднується з планетарними шестернями;

6 – шийка валу до неї дотикається корпус підшипника;

8 – шпонковий паз, на який встановлюється шпонка призматична;

9 – циліндрична поверхня на яку насаджується підшипник;

1, 4, 5, 7, 10, 12, 14, 15, 16 – вільні поверхні.

Висновок: за результатами аналізу службового призначення деталі шестерня СНТ 00.13 встановлено, що дана деталь входить до вузла планетарного редуктора, який в свою чергу входить до виробу центрифуга ОГШ – 501У– 01, виготовлена із сталі 40Х, та служить зменшенню частоти обертання шнеку; деталь шестерня має 16 поверхонь, поверхні 2, 11, 13 формують ОКБ, а 3, 6, 8, 9 ДКБ, поверхні 1, 4, 5, 7, 10, 12, 14, 15, 16 є вільними.

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ І ВИЯВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛІ

Оформлення креслення шестерня відповідає загальноприйнятим стандартам, який зображений на [Додаток А]. На кресленні зображений один поздовжній вид деталі, що є цілком достатнім для тіл обертання. Додатково на кресленні вказано один переріз, який виконаний за вимогами застарілих стандартів (ГОСТ).

Розстановка розмірів, їх допусків, точності форми і взаємного розташування поверхонь, шорсткості – вірна, і дає повне уявлення про конфігурацію розглянутої деталі.

Матеріал деталі – конструкційна легована сталь 40Х ГОСТ 4543–71\* вказані в таблицях. 2.1 та 2.2 за посиланням [2].

Призначення – осі, вали, вал–шестерні, плунжери, штоки, коленчасті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, губчасті витки, болти, пів–осі, втулки і другі покращені деталі підвищеної міцності.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х за посиланням [2], у відсотках

С	Si	Mn	Mo	Cr	P	S	Cu
					не більше		
0,33÷0,4	0,17÷0,37	0,25÷0,5	0,2–0,3	1,3÷1,7	0,025	0,025	0,3 0

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40Х для поковок ГОСТ 8479–70 [2]

Операція	КП	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
			Н/мм <sup>2</sup>		%			
Поковки.	395	до 100	395	615	17	45	59	187– 229
Гартування		100–300			5	0	54	
Відпуск		300–500			3	5	49	

Технологічні властивості сталі 40Х по [2]:

Питома маса: 7820 кг/м<sup>3</sup>. Температура кування, °С: початку 1250, кінця 800. Охолодження на повітрі. Зварюваність (важко зварювальна). Флокен чутливість (чутлива). Схильність до відпускнуї крихкості (схильна).

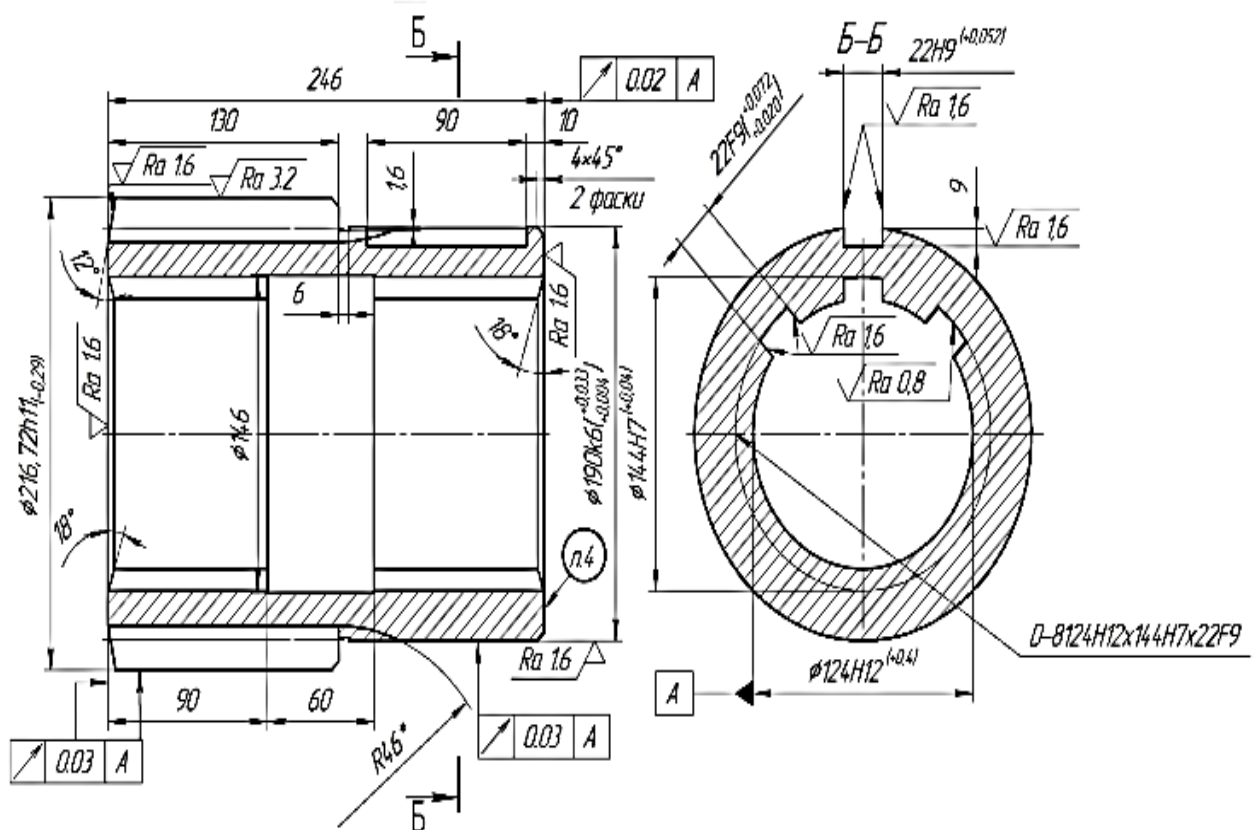


Рисунок 2.1 – Деталь шестерня

Деталь шестерня являє собою тіло обертання з відношенням  $\frac{L}{D} = \frac{246}{216.72} = 1,135$ . Матеріал шестерні Сталь 40Х ГОСТ 4543–71. Найбільш точною поверхнею є циліндрична поверхня діаметром  $\phi 190_{k6} \left( \begin{matrix} +0.033 \\ +0.004 \end{matrix} \right)$ .

Найбільш високу якість шорсткості має поверхня внутрішніх шліців  $\sqrt{Ra0,8}$  діаметром  $\phi 14_{H7} \left( +0.04 \right)$ .

До деяких поверхонь деталі конструктором надані допуски взаєморозташування:

$\left[ \begin{matrix} \text{шліфт} \\ 0.03 \\ A \end{matrix} \right]$  – допуск торцевого биття лівого торцю  $L=130$  мм і радіального

биття зовнішніх зубів  $\varnothing 216,72h11 (-0.29)$  відносно отвору  $\varnothing 124H12$  становить 0.03.

$\sqrt{0.02} \ A$  – допуск торцевого биття правого торцю шириною  $L=246$  відносно отвору  $\varnothing 124H12$  становить 0.02.

$\sqrt{0.03} \ A$  – допуск радіального биття зовнішнього циліндру  $\varnothing 190k6 \left( \begin{matrix} +0.033 \\ +0.004 \end{matrix} \right)$  відносно отвору  $\varnothing 124H12$  становить 0.03

Допуски взаємо–розташування забезпечуються:

$\sqrt{0.03} \ A$  – допуск торцевого і радіального биття відповідно лівого торцю  $l=130$  мм і радіального биття зовнішніх зубів  $\varnothing 216,72h11 (-0.29)$  відносно отвору  $\varnothing 124H12$  становить 0.03. Щоб забезпечити допуск розташування треба використовувати принцип сумісності баз.

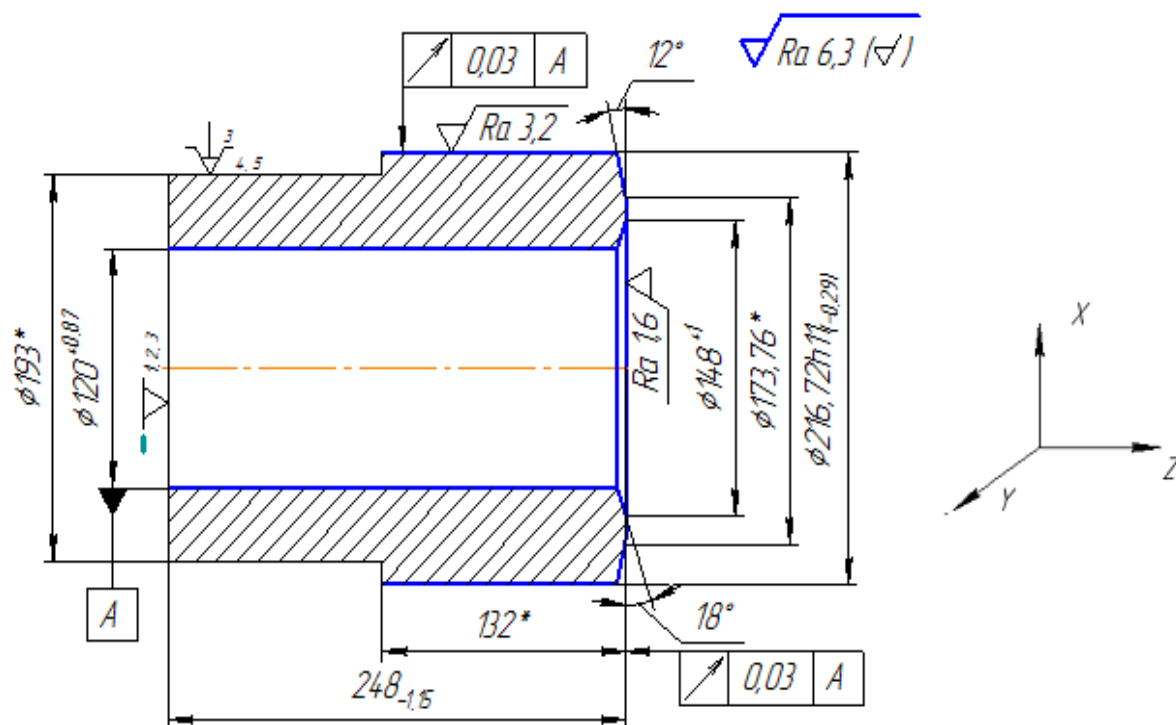
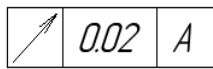


Рисунок 2.2 – Схема принципу сумісності баз на токарній операції

Таблиця 2.3 – Матриця зв'язків

База	Зв'язок	Ступені волі	Що забезпечує	Чим забезпечується
УБ	1,2,3	$\vec{Z}, \widehat{X}, \widehat{Y}$	Торцеве биття	$\vec{Z}, \widehat{X}, \widehat{Y}$
ОБ	4,5	$\widehat{X}, \vec{Y}$	Радіальне биття	$\widehat{X}, \vec{Y}$



– допуск торцевого биття правого торцю шириною 1246 відносно отвору  $\phi 124H12$  становить 0.02. Щоб забезпечити допуск розташування, треба застосовувати принцип сумісності баз.

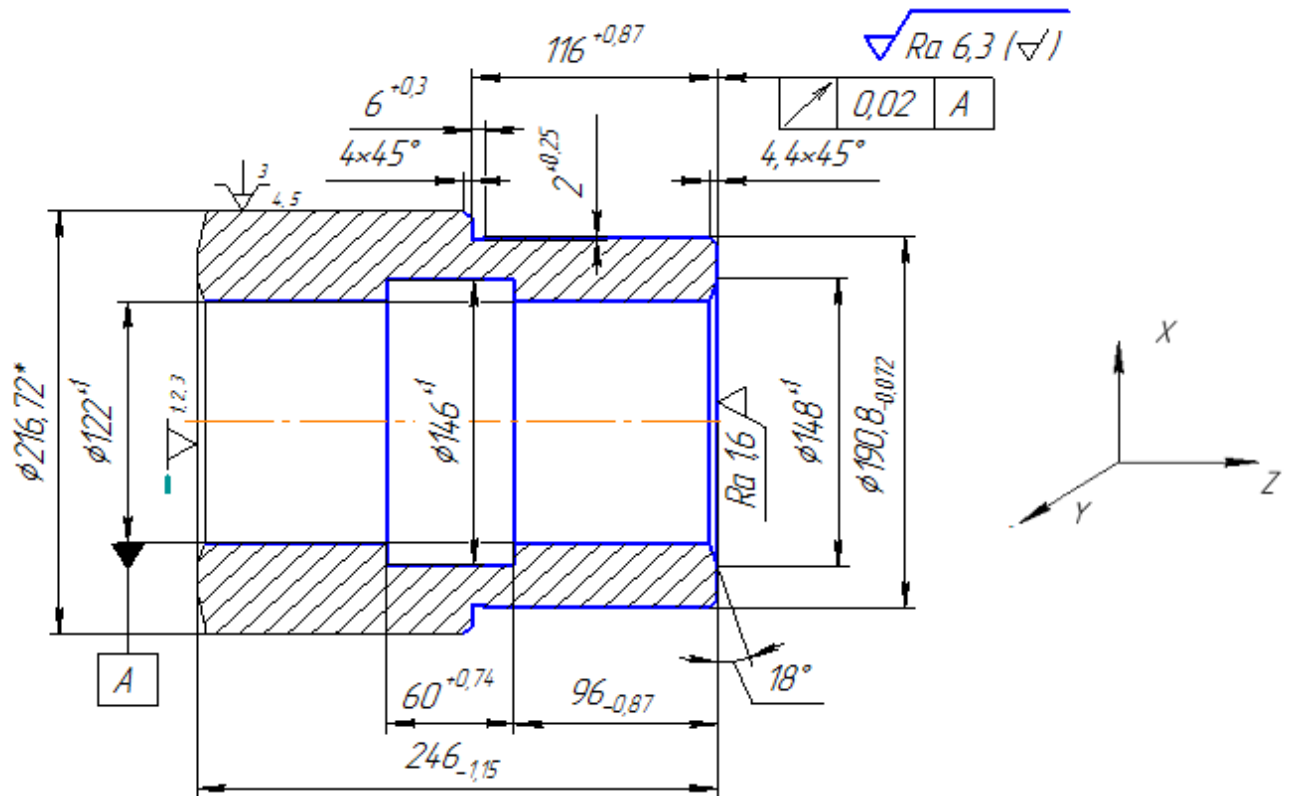


Рисунок 2.3 – Схема принципу сумісності баз на токарній операції

Таблиця 2.4 – Матриця зв'язків

База	Зв'язок	Ступені волі	Що забезпечує	Чим забезпечується
УБ	1,2,3	$\vec{Z}, \widehat{X}, \widehat{Y}$	Торцеве биття	$\vec{Z}, \widehat{X}, \widehat{Y}$
ОБ	4,5	$\overline{X}, \vec{Y}$	Радіальне биття	$\overline{X}, \vec{Y}$

Висновок: в даному розділі визначено найбільш точна поверхня  $\phi 190k6$  ( $+0.033$ ), найбільш високу якість шорсткості має поверхня внутрішніх шліців ( $+0.004$ ),  $\sqrt{Ra0,8}$  діаметром  $\phi 144H7$  ( $+0.04$ ) деталі шестерня СНТ 00.00.13.ДШ.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ФОРМИ ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ

Тип виробництва і відповідна йому форма організації робіт визначає характер технологічного процесу і його побудова.

Виходячи з річної програми випуску  $N = 1000$  шт. і маси деталі 27,64 кг визначається тип виробництва, середньо–серійний тип виробництва за [3].

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою 3.1:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} \quad (3.1)$$

де  $N$  – річна програма, шт.;

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

Призначаємо 12 днів.

$$n = \frac{1000 \cdot 3}{254} = 11,81 \approx 48 \text{ шт}$$

Виконаємо розрахунок  $K_{з.о}$  з урахуванням таких вихідних даних:

- річний обсяг випуску деталей –  $N_p = 1000$  шт.;
- нормативний коефіцієнт завантаження обладнання для середньо–серійних типів виробництва –  $\eta_{з.н.} = 0,75$  [3];
- кількість механічних операцій базового технологічного процесу – 5;
- штучний час обробки деталі за операціями – беремо відповідно до норм за базовим технологічним процесом (див. таблицю 3.1);
- режим роботи підприємства – у 2 зміни;
- дійсний річний фонд часу роботи обладнання –  $F_d = 4015$  год [3].

Виконаємо розрахунок необхідної кількості обладнання за формулою 3.2 [3]:

									Лист
									15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					



$$m_p = \frac{N_{\text{год}} \cdot T_{\text{ум}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з.н}}} \quad (3.2)$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок  $K_{\text{з.о}}$

№ операції	Найменування операції	$T_{\text{шт}}$ , хв	$m_p$	P	$\eta_{\text{з.ф}}$	O
1	Токарна гвинторізна	4,125	0,0228	1	0,0228	32,89
2	Токарна з ЧПК	5,85	0,032	1	0,032	23,44
3	Токарна з ЧПК	6,2	0,034	1	0,034	22,06
4	Горизонтально–протяжна	6,05	0,0335	1	0,0335	22,39
5	Шпонково–фрезерна	3,91	0,022	1	0,022	34,09
6	Зубофрезерна	8,46	0,0468	1	0,0468	16,026
7	Круглошліфувальна	4,158	0,023	1	0,023	32,61
Сума:				7		183,506

Кількість робочих на кожній операції приймаємо:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 1 \text{ осіб.}$$

Фактичний коефіцієнт завантаження робочого місця по кожній операції визначимо за формулою [3.3]:

$$\eta_{\text{з.ф.}} = m_p / P \quad (3.3)$$

Кількість операцій, виконуваних на даному робочому місці, визначимо за формулою [3]:

$$O = \eta_{\text{з.н.}} / \eta_{\text{з.ф.}} \quad (3.4)$$

В результаті коефіцієнт закріплення операцій дорівнюватиме за формулою (3.5):

$$K_{\text{з.о}} = \Sigma O / \Sigma P \quad (3.5)$$

									Лист
									16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$183,506/7 = 19,505$$

Таким чином маємо  $10 < K_{3,0} = 19,505 < 20$ , що відповідає середньо–серійному типу виробництва.

Середньо–серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються, періодично повторюваними партіями і великим обсягом випуску.

У середньо–серійному виробництві використовуються універсальні і спеціалізовані верстати, які розташовуються в послідовності технологічного процесу для однієї або декількох деталей.

Переналагодження верстатів, пристосувань і інструментів, а також перебудова виробничого процесу при переході на обробку інших різновидів подібних деталей забезпечуються попередньої технологічної підготовкою.

Кваліфікація робітників при середньо–серійному типі виробництва вище, ніж в масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному.

Таблиця 3.1 – Характеристика типу виробництва

Показники	Тип виробництва
	Серійне
Номенклатура виробів	Обмежена
Характер випуску	Періодичний, серіями
Повторюваність виробництва	Місячна
Устаткування й оснащення	Універсальне і спеціальне
Кваліфікація робітників	Всі кваліфікації
Собівартість виробу	Не дуже висока
Розташування обладнання	По групах
Спеціалізація робочих	Обмежена

Висновок: в даному розділі визначено середньо–серійний тип виробництва згідно річної програми випуску та маси деталі та групову форму організації.

#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Наявність елементів конструкції заготовки дозволяє вважати, що шестірня має погану технологічність. З точки зору механічної обробки, конструкція допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні і проста по конфігурації. Однак на заготовці присутні завитки та нахили. Конфігурація зовнішнього контуру не викликає великих труднощів при отриманні заготовлі.

Габарити деталі  $\varnothing 216,72 \times 246$  мм, шестерня є тілом обертання і має важкодоступні місця для обробки.

Конструкція деталі забезпечує вільне підведення і відведення інструменту і СОЖ в зону різання і з неї, і відведення стружки.

Матеріал деталі – сталь 40Х ГОСТ 4543–71, це хромована сталь з високою міцністю і в'язкістю, яка застосовується для особливо відповідальних деталей, схильних до загартування і відпуску, зокрема, колінчатих валів, муфт, осей, і тому подібних деталей.

Заготовка – поковка на молотах .

У зв'язку з відповідальним призначенням деталі до її матеріалу пред'являються підвищені вимоги щодо якості (регламентована наявність, розміри дефектів, умови випробування на розтягування тощо).

Вимога до твердості поверхонь деталі НВ 326...417.

Шорсткість поверхонь забезпечуємо правильним підбором режимів різання, правильної геометрії інструменту, змащувальної–охолоджувальної рідини, а також жорсткістю технологічної системи ВПД (верстат, пристрій, інструмент, деталь). Найбільший вплив на шорсткість надає подача. Тому обрану подачу перевіряємо по можливості досягнення необхідної шорсткості поверхні. Найбільш високу якість шорсткості має внутрішній діаметр шліців  $\sqrt{Ra0,8}$   $\varnothing 144H7 (+0,04)$ , дана вимога досягається протягуванням.

До нетехнологічні конструктивних елементів відноситься:

									Лист
									18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Один глухий паз 90x22x9, не є технологічним так як треба визначати відстань від торцю деталі до місця, де буде починатися шпонковий раз може бути похибка, при опусканні фрези на циліндр, може бути зсув від осі сили різання.

Циліндрична поверхня  $\varnothing 190$  k6 має жорсткі вимоги до точності розмірів і шорсткості поверхні, при цьому треба застосовувати шліфування або полірування, що не є прогресивно, при цьому, щоб проконтролювати розмір треба мати мікрометр підвищеної точності або спеціальну калібр-скобу, що є дорогими вимірювальними інструментами.

Шліцьовий отвір D-8124H12x144H7x22F9, щоб зробити внутрішні шліці треба використовувати протяжку зі спеціальними ножами, які відповідають формі шліцу (що є затратами часу і грошей); інструмент-протяжка дуже дорога і її важко виготовити.

Конуси під кутом  $18^\circ$  і  $12^\circ$ , щоб їх виконати треба використовувати фрезу, яку треба нахилити під відповідний кут(може бути похибка при досягненні розмірів) або використовувати спеціальну фасонну фрезу або якщо робити їх на токарній операції, то виникає складність регулювання розміру на токарному верстаті (але для верстатів ЧПУ складності не виникає).

Висновок: в даному розділі проаналізовані допуски взаємо-розташування та способи їх забезпечення; вказані механічні та хімічні властивості сталі 40X; вказані нетехнологічні конструктивні елементи (глухий паз 90x22x9, поверхня  $\varnothing 190$  k6, шліцьовий отвір D-8124H12x144H7x22F9, фаски під кутом  $18^\circ$ ,  $12^\circ$ ). Отже, не дивлячись на ряд нетехнологічних елементів в конструкції, деталь в цілому є технологічною і може бути виготовлена без зміни конструкції.

					ТМ 18510224-00.00.ПЗ	Лист
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Найбільш розповсюджені способи виробництва заготовок – лиття, обробка тиском, зварювання. Основою принципу вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. Але при цьому в заготівельному виробництві збільшуються витрати на технологічне обладнання та оснащення, їх ремонт та обслуговування.

Порівняємо два методи виготовлення заготовок: прокат і штампування на кривошипному гарячому штампувальному пресі.

Прокат для деталі “Шестерня” візьмемо сортовий круглий прокат діаметром  $\varnothing 220$  мм зі сталі 40Х звичайної точності В1 (граничні відхилення діаметру за точності прокатування  $(+1,2/-3,0)$ ) за ДСТУ 4738:2007/ГОСТ 2590–2006. Постачається 1-метровий прокатний пруток, який важить 298,404 кг.

Пруток розрізається на стрічковій пилі на 4 частини по 250 мм ( $\pm 2$  мм), який зображений на рисунку 5.1.

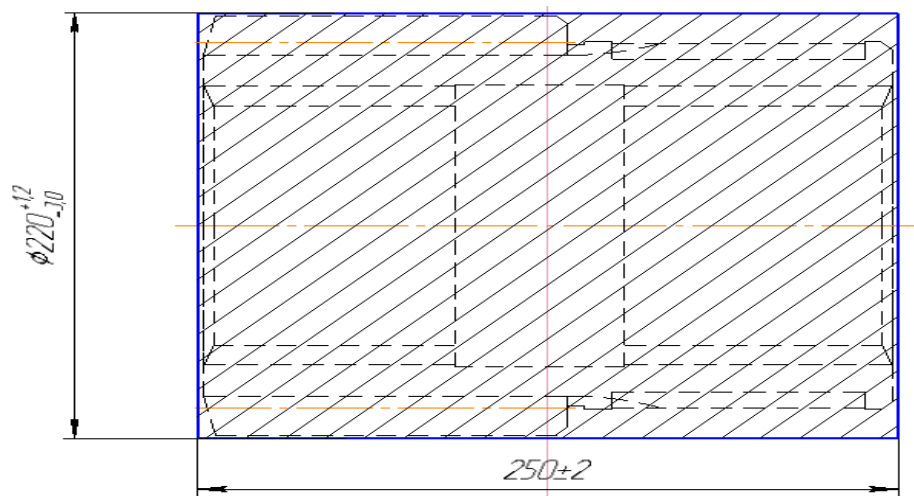


Рисунок 5.1 – Ескіз прокату для деталі “Шестерня”

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу заготовки (прокату) “Шестерня” за формулою 5.1 [4]:

$$КВМ = \frac{m_d}{m_3} \quad (5.1)$$

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

де  $m_0$  – маса готової деталі;

$m_3$  – маса заготовки.

$$KBM = \frac{27,64}{74,28} = 0,37$$

Перевагою прокату є поліпшення механічних властивостей металу при вальцюванні (прокатка), а також висока продуктивність виготовлення заготовки.

Недоліком методу одержання заготовки (прокат) для деталі Шестерня є те що багато матеріалу йде в стружку, тобто потрібні великі затрати на механічну обробку і відносна простота форми виготовлених заготовок.

Тепер приведемо переваги і недоліки поковки на КГШП і зазначимо його коефіцієнт використання.

. Перевагами КГШП є:

– цей метод дозволяє отримувати поковки складної форми (більш складною, ніж при куванні) з більш високою точністю і більш високими показниками механічних властивостей;

– прес має фіксовану величину ходу, що дає точність поковок по висоті;

– конструкція і характер роботи преса дозволяють механізувати і автоматизувати процес штампування.

Недоліками КГШП є:

– висока вартість і часті заклинювання;

– внаслідок невеликій швидкості зіткнення інструменту на заготовку не відбувається інтенсивного відділення окалини від її поверхні;

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки на КГШП дивись у формулю 5.6.

За попередніми результатами розрахунку коефіцієнта використання матеріалу заготовки прокат  $KBM=0,37$  і поковка на КГШП  $KBM=0,67$ , можна зрозуміти, що кращим методом є поковка на КГШП.

									Лист
									21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Тепер розрахуємо собівартість цих двох методів виготовлення заготовки для деталі “Шестерня” за [4].

Собівартість прокату визначається за формулою 5.2 [4]:

$$G_{заг} = (C_I \cdot M_{пр} + C_p) - (M_{пр} - M_{\delta}) \cdot C_{від} \quad (5.2)$$

де  $C_I$  – вартість 1 кг прокату:  $C_I = 1.7$  грн;

$M_{пр}$  – маса прокату:  $M_{пр} = 74,28$  кг;

$C_p$  – вартість різання:  $C_p = 0.60$  грн;

$M_{\delta}$  – маса деталі Шестерня:  $M_{\delta} = 27,64$  кг;

$C_{від}$  – вартість 1 кг відходів:  $C_{від} = 0.07$  грн

$$G_{заг} = (1,7 \cdot 74,28 + 0.60) - (74,28 - 27,64) \cdot 0.07 = 123,61 \text{ грн}$$

Собівартість поковки на КГШП визначається за формулою 5.3 [4]:

$$G = (C_I \cdot M_{шт} \cdot K_u \cdot K_c \cdot K_m \cdot K_e) - (M_{шт} - m_{\delta}) \cdot C_{від} \quad (5.3)$$

де  $C_I$  – вартість 1 кг прокату:  $C_I = 1.7$  грн;

$M_{шт}$  – маса штамповки:  $M_{шт} = 41$  кг;

$K_u$ :  $K_c$ :  $K_m$ :  $K_e$  – коефіцієнти залежності від класу точності, маси, марки, матеріалу і об'єму виробництва ( $K_u = 1.05$ :  $K_c = 0.85$ :  $K_m = 1$ :  $K_e = 1.14$ );

$m_{\delta}$  – маса деталі Шестерня:  $M_{\delta} = 27,64$  кг

$C_{від}$  – вартість 1 кг відходів:  $C_{від} = 0.07$  грн

$$G_{заг} = (1,7 \cdot 41 \cdot 1.05 \cdot 0.85 \cdot 1 \cdot 1.14) - (41 - 27,64) \cdot 0.07 = 69,98 \text{ грн}$$

За порівнянням двох варіантів методу виготовлення заготовок бачимо, що вигідніше є використання поковки на КГШП, так як в цьому випадку коефіцієнт використання металу більший, а вартість заготівки значно менша.

Користуючись ГОСТом 7505–89 визначаємо :

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Клас точності: Т4 призначають в залежності від обладнання, на якому здійснюють основний технологічний процес штампування.

2. Група Сталі: М2(до 0,35% і легуючих елементів до 2% включно) вміст вуглецю в Сталь 40Х 0,4% і легуючих елемент 1%.

3. Ступінь складності.

Орієнтовна розрахункова маса поковки розраховується за формулою 5.2 [4]:

$$M_n = M_o * K_p, \quad (5.4)$$

де  $M_o$  – маса готової деталі,  $M=27.64$ кг

Коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки  $K_p=1.3$ .

$$M_n = 1.63 * 1.3 = 35.932 \text{ (кг)}$$

Маса описуючої фігури визначається за формулою (5.3):

$$M_\phi = \frac{\pi * d^2}{4} * L * \rho, \quad (5.5)$$

де  $d$  – максимальний діаметр помножений на коефіцієнт 1.05

$L$  – максимальна довжина помножена на коефіцієнт 1.05

$\rho$  – густина сталі,  $\rho=7.82$  г/см

$$M_\phi = \frac{3.14 * 227.556^2}{4} * 258.3 * 7.82 = 82421 = 82.421 \text{ (кг)}$$

Відношення  $M_n/M_\phi = 35.932/82.421 = 0.44$ , тому ступінь складності – С2 (0.32–0.63)

4. Конфігурація поверхні рознімання штампа – плоска: по поздовжній осі деталі і по площині найбільшого діаметра шестерні (так як штампування заготовки проводиться на КГШП).

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23



5. Вихідний індекс – 13

6. Припуски на механічну обробку за посиланням [5]:

2.3 – діаметр  $d_1=216.72$  мм і чистота поверхні 3.2

2.3 – діаметр  $d_2=190$  мм і чистота поверхні 1.6

2.0 – діаметр  $D_3=124$  мм і чистота поверхні 6.3

2.3 – довжина  $l_1=246$  мм і чистота поверхні 1.6

2.0 – довжина  $l_2=130$  мм і чистота поверхні 1.6

Додаткові припуски, які враховують зміщення по поверхні роз'єму штамп – 0.9мм за [5]. Зігнутість і відхилення від площинності і прямолінійності – 0.6 мм за [5].

7. Розмір поковки знаходимо за наступними рівняннями за [5]

$$d_{1загот} = d_1 + 2 * P_{загал} d_1 = 216.72 + 2(2.3+1.5)=224.12\text{мм}$$

$$d_{2загот} = d_2 + 2 * P_{загал} d_2 = 190+2(2.3+1.5)=197.4\text{мм}$$

$$D_{3загот} = D_3 - 2 * P_{загал} D_3 = 124-2(2.0+1.5)=117.2\text{мм}$$

$$L_{1загот} = l_1 + 2 * P_{загал} l_1 = 246+2(2.3+1.5)=253.4\text{мм}$$

$$L_{2загот} = l_2 + 2 * P_{загал} l_2 = 130+2(2.0+1.5)=136.8\text{мм}$$

Таблиця 5.1 – Допустимі відхилення розмірів

Діаметр $d_1$ $224^{+2.1}_{-1.1}$	Діаметр $d_2$ $197^{+2.1}_{-1.1}$	Діаметр $D_3$ $117.2^{+1.8}_{-1.0}$
Довжина $l_1$ $253^{+2.4}_{-1.2}$	Довжина $l_2$ $137^{+1.8}_{-1.0}$	

Таблиця 5.2 – Зведена таблиця для визначення розмірів заготовки, мм

Розмір деталі	Чистота поверхні	Основний припуск	Додатковий припуск	Загальний припуск	Розрахунковий розмір заготовки	Прийнятий Розмір заготовки	Фактичний припуск
Ø216.7 2	3.2	2.3	1.5	3.7	Ø224.12	Ø224	3.5
Ø190	1.6	2.3	1.5	3.7	Ø197.4	Ø197	3.5
Ø124	6.3	2.0	1.5	3.4	Ø117.2	Ø117	3.5

Продовження табл. 5.2

Розмір деталі	Чистота поверхні	Основний припуск	Додатковий припуск	Загальний припуск	Розрахунковий розмір заготовки	Прийнятий Розмір заготовки	Фактичний припуск
$l_1=246$	1.6	2.3	1.5	3.7	$l_1=253.4$	$l_1=253$	3.5
$l_2=130$	1.6	2.0	1.5	3.4	$l_2=136.8$	$l_2=137$	3.5

На рисунку 5.2 приведемо ескіз заготовки.

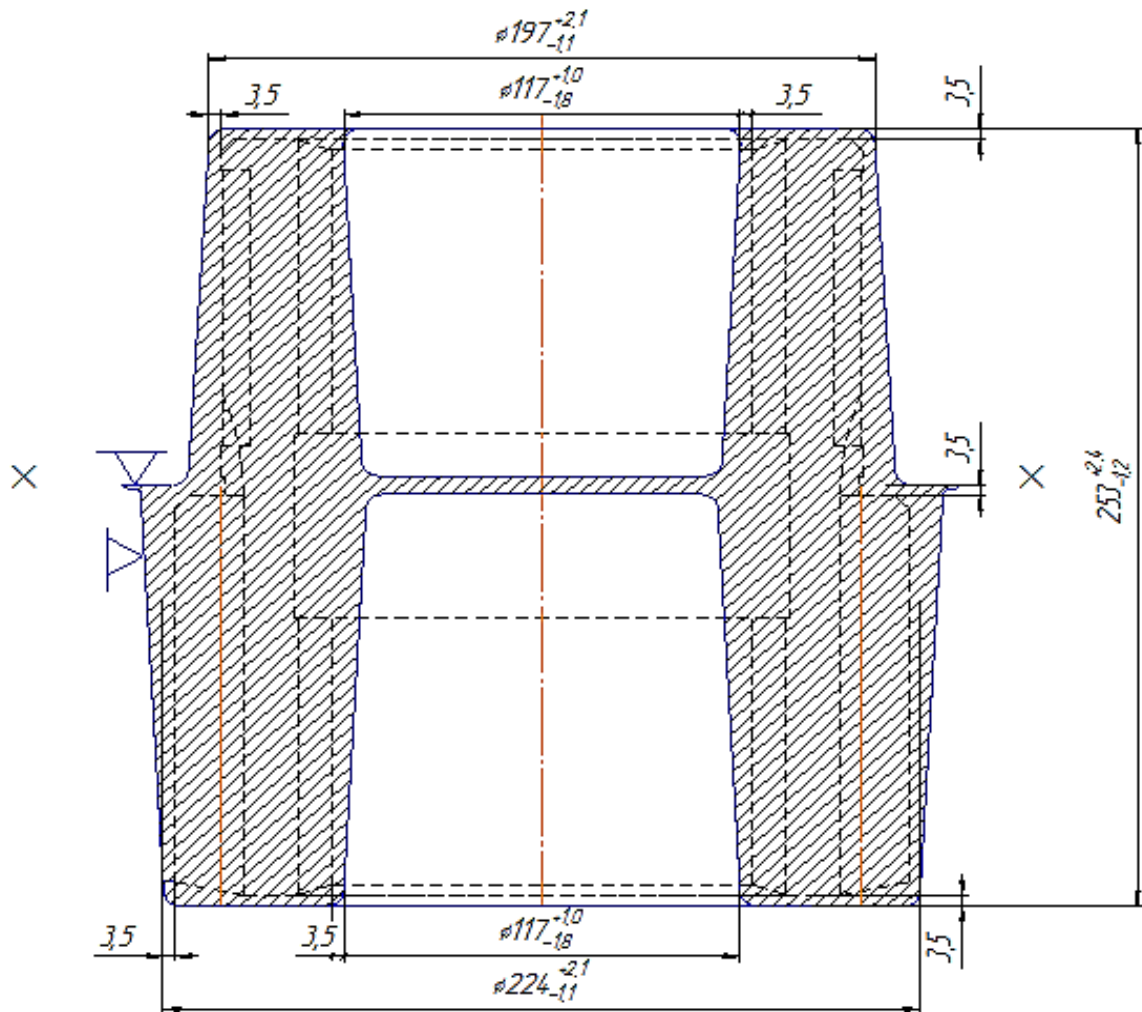


Рисунок 5.2 – ескіз поковки на КГШП деталі “Шестерня”

Отримавши розміри заготовки, можна знайти масу заготовки за допомогою програми «Компас-3D»:

$$m_3 = 41 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою (5.5) [4]:

$$K_B = \frac{m_D}{m_3}, \quad (5.6)$$

де  $m_D$  – маса деталі,

$m_D$  – 27,64 кг.

$$K = \frac{27.64}{41} = 0.67$$

Висновок: в даному розділі визначено метод отримання заготовки шестерня СНТ 00.13 на КГШП, її маса 41 кг, розміри та допуски і припуски на обробку заготовки шестерня СНТ 00.13; визначено коефіцієнт використання матеріалу 0,67.

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

## 6 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Величина припуску впливає на собівартість виготовлення деталі. При збільшеному припуску зростають витрати праці, витрата матеріалу та інші виробничі витрати, а при зменшеному варто підвищувати точність заготовки, що також збільшує собівартість виготовлення деталі.

Для отримання деталей більш високої якості необхідно при кожному технологічному переході механічної обробки заготовки передбачати виробничі похибки, що характеризують відхилення розмірів, геометричні відхилення форми поверхні, мікро–нерівності, відхилення розташування поверхонь. Всі ці відхилення повинні знаходитися в межах поля допуску на розмір поверхні заготовки.

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі виробничих похибок, що виникають при конкретних умовах обробки заготовки.

Згідно завдання проводиться розрахунок припусків аналітичним методом для зовнішньої циліндричної поверхні тіла обертання  $\varnothing 190k6$ .

1. Метод одержання заготовки – поковка штампована
2. Призначення маршруту обробки.

Маршрут обробки даної поверхні вибирається за пунктом 3.9.2 [6] с.14, і зводиться в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Маршрут обробки поверхні  $\varnothing 190k6$

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності IT	Параметр шорсткості Ra, мкм	Відхилення розміру
Заготівельна	h16	25	+2,1 -1,1
Чорнове точіння	h14	12,5	-1,1 -1,15
Напів-чистове точіння	h12	6,3	0 -0,46

Продовження табл. 6.1

Найменування операції (переходу)	Квалітет точності IT	Параметр шорсткості Ra, мкм	Відхилення розміру
Чистове точіння	h8	2,5	0 -0,115
Оздоблювальна (шліфування)	k6	1,6	+0,033 +0,004

Обробка поверхонь чорнових стадій ведеться на токарно–гвинторізному верстаті моделі ФТ–11–01 при цьому закріплення ведеться в трьох–кулачковому самоцентрувальному патроні 400 ГОСТ 2675–80\*. Обробка напівчистих і чистових стадій ведеться на токарному з ЧПК верстаті моделі DNG CTX 600.

Оздоблювальна стадія ведеться на круглошліфувальному верстаті мод.М1320Е, деталь базується і закріплюється на оправці шліцові центровій.

Величина мінімального припуску при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) визначається за формулою 6.1 [6] с.49–51:

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

де  $Rz_{i-1}$  – висота мікро–нерівностей профілю на попередньому переході (операції), мкм;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (операції) мкм;

$\rho_{i-1}$  – сумарні значення просторових відхилень форми на попередньому переході (операції), мкм;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка установки заготовки на виконуваному переході (операції), мкм.

Висота мікро–нерівностей  $Rz$  і глибина дефектного шару  $h$  обираються за [7]:

- для заготовки:  $Rz = 320$  мкм;  $h = 350$  мкм;
- по переходахЖ
  - а) чорнове точіння:  $Rz = 125$  мкм;  $h = 120$  мкм;

б) напів–чистове точіння:  $Rz = 125$  мкм;  $h = 120$  мкм;

г) чистове точіння:  $Rz = 40$  мкм;  $h = 40$  мкм;

в) оздоблювальне шліфування:  $Rz = 2,5$  мкм;  $h = 5$  мкм.

Сумарне значення просторових відхилень форми заготовки при обробці в патроні валу розраховується за формулою 6.2 [7]:

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

де  $\rho_{\text{см}}$  – допустима погрішність поковки по сміщенню осей фігур, за [8]:

$$\rho_{\text{см}} = 1600 \text{ мкм};$$

$\rho_{\text{кор}}$  – допустима погрішність поковки по жолобленню, по [8]:  $\rho_{\text{кор}} = 900$  мкм.

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{1,6^2 + 0,9^2} = 1,83 * 1000 = 1830 \text{ мкм}.$$

Величина залишкового сумарного значення просторових відхилень форми заготовки після виконання переходу (операції) визначається за формулою 6.3 [7]:

$$\rho_i = \rho_{\text{заг}} * k_y, \quad (6.3)$$

де  $\rho_{\text{заг}}$  – сумарне значення просторових відхилень форми заготовки.

$k_y$  – коефіцієнт уточнення вибирається за [7].

Коефіцієнт уточнення:

- для чорнового точіння:  $k_y = 0,06$ ;
- для напів–чистового точіння:  $k_y = 0,05$ ;
- для чистового точіння:  $k_y = 0,04$ .

Сумарні значення просторових відхилень форми по переходах дорівнюють:

$$\rho_{\text{чор}} = 0,06 * 1830 = 109,8 \text{ мкм};$$

									Лист
									29
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$\rho_{\text{н/ч}} = 0,05 * 1830 = 91,5 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{чист}} = 0,04 * 1830 = 73,2 \text{ мкм.}$$

Необхідне положення заготовки в робочій зоні верстата досягається в процесі її встановлення. Процес установки містить базування і закріплення. Відхилення у положенні заготовки, що виникає при базуванні при закріпленні – називається похибкою закріплення.

При більш точних розрахунках точності обробки, похибку  $\varepsilon_y$ , можна визначити за [7]:

- для чорнового точіння:  $\varepsilon_y = 140$  мкм;
- для напів–чистового точіння:  $\varepsilon_y = 140$  мкм;
- для чистового точіння:  $\varepsilon_y = 120$  мкм.

Елементи припуску заносяться до таблиці 6.2.

Підставивши вибрані ( $Rz_{i-1}$ ,  $h_{i-1}$ ,  $\rho_{i-1}$ ,  $\varepsilon_{y1}$ ) значення в формулу визначаються мінімальні припуски на відповідних переходах:

$$2Z_{\text{min чор}} = 2(320 + 350 + 1830 + 140) = 4,336;$$

$$2Z_{\text{min н/ч}} = 2(125 + 120 + 109,8 + 140) = 0,774 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{min чист}} = 2(125 + 120 + 91,5 + 120) = 0,410 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{min озд}} = 2(40 + 40 + 73,2 + 0) = 0,347 \text{ мм.}$$

Допуск заготовки  $Td_{\text{заг}}$  визначений в пункті 5 і дорівнює  $Td_{\text{заг}} = 3,2$  ( $es = +2,1$  мм;  $ei = -1,1$  мм).

Допуски по переходам за [7]:

- для чорнового точіння:  $Td_{\text{чорн}} = 1,15$  мм ( $es = 0$  мм;  $ei = -1,15$ );
- для напів–чистового точіння:  $Td_{\text{н/ч}} = 0,46$  мм ( $es = 0$  мм;  $ei = -0,46$ );
- для чистового точіння:  $Td_{\text{чист}} = 0,115$  мм ( $es = 0$  мм;  $ei = -0,115$ );
- для оздоблювального шліфування:  $Td_{\text{озд}} = 0,029$  мм ( $es = +0,033$  мм;  $ei = +0,004$ );

									Лист
									30
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Розміри валу після шліфування оздоблювального визначаються за формулами 6.4 і 6.5 [7]:

$$d_{\min \text{ озд}} = d_{\text{ном озд}} + ei_{\text{озд}}, \quad (6.4)$$

$$d_{\min \text{ озд}} = 190 + 0,004 = 190,004 \text{ мм},$$

$$d_{\max \text{ озд}} = d_{\text{ном озд}} + es_{\text{озд}}, \quad (6.5)$$

$$d_{\max \text{ озд}} = 190 + 0,033 = 190,033 \text{ мм}.$$

Максимальний припуск на шліфування оздоблювальне визначається за формулою 6.6 [7]:

$$2Z_{\max \text{ озд}} = Td_{\text{озд}} + 2Z_{\min \text{ озд}}, \quad (6.6)$$

$$2Z_{\max \text{ озд}} = 0,029 + 0,347 = 0,405 \text{ мм}.$$

Розміри валу після точіння чистового визначаються за формулами 6.7 і 6.8 [7]:

$$d_{\min \text{ чист}} = d_{\max \text{ озд}} + 2Z_{\min \text{ озд}}, \quad (6.7)$$

$$d_{\min \text{ чист}} = 190,033 + 0,347 = 190,38 \text{ мм}.$$

$$d_{\text{ном чист}} = d_{\max \text{ чист}} = d_{\min \text{ чист}} + Td_{\text{чист}}, \quad (6.8)$$

$$d_{\text{ном чист}} = d_{\max \text{ чист}} = 190,38 + 0,115 = 190,495$$

Максимальний припуск на точіння чистове визначається за формулою 6.9 [7]:

$$2Z_{\max \text{ чист}} = Td_{\text{чист}} + Td_{\text{н/ч}} + 2Z_{\min \text{ чист}}, \quad (6.9)$$

$$2Z_{\max \text{ чист}} = 0,115 + 0,46 + 0,410 = 0,985 \text{ мм}.$$

Розміри валу після точіння напів-чистового визначаються за формулами 6.10 і 6.11 [7]:

$$d_{\min \text{ н/ч}} = d_{\text{ном чист}} + 2Z_{\min \text{ чист}}, \quad (6.10)$$

									Лист
									31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510224-00.00.ПЗ				



$$d_{\min \text{ н/ч}} = 190,495 + 0,410 = 190,905 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{ном н/ч}} = d_{\text{мах н/ч}} = d_{\min \text{ чист}} + Td_{\text{н/ч}} \quad (6.11)$$

$$d_{\text{ном н/ч}} = d_{\text{мах н/ч}} = 190,905 + 0,46 = 191,365$$

Максимальний припуск на точіння напів–чистове визначається за формулою 6.12 [7]:

$$2Z_{\text{мах чист}} = Td_{\text{н/ч}} + Td_{\text{чорн}} + 2Z_{\min \text{ н/ч}}, \quad (6.12)$$

$$2Z_{\text{мах н/ч}} = 0,46 + 1,15 + 0,774 = 2,384 \text{ мм.}$$

Розміри отвору після розточування чорнового визначаються за формулами 6.13 і 6.14[7]:

$$d_{\min \text{ чорн}} = d_{\text{ном н/ч}} + 2Z_{\min \text{ н/ч}}, \quad (6.13)$$

$$d_{\min \text{ чорн}} = 191,365 + 0,774 = 192,004 \text{ мм,}$$

$$d_{\text{ном чорн}} = d_{\text{мах чорн}} = d_{\min \text{ чорн}} + Td_{\text{чорн}}, \quad (6.14)$$

$$d_{\text{ном чорн}} = d_{\text{мах чорн}} = 192,004 + 0,86 = 193.864$$

Максимальний припуск на точіння чорнове визначаються за формулою 6.15 [7]:

$$2Z_{\text{мах чорн}} = Td_{\text{чорн}} + Td_{\text{заг}} + 2Z_{\min \text{ чорн}}, \quad (6.15)$$

$$2Z_{\text{мах чорн}} = 1,15 + 3,2 + 4,336 = 9,095 \text{ мм.}$$

Розміри валу заготовки визначаються за формулами 6.16, 6.17, 6.18 [7]:

$$d_{\min \text{ заг}} = d_{\text{ном чорн}} + 2Z_{\min \text{ чорн}}, \quad (6.16)$$

$$d_{\min \text{ заг}} = 191,864 + 4,036 = 195,9 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{ном заг}} = d_{\min \text{ заг}} + ei_{\text{заг}}, \quad (6.17)$$

$$d_{\text{ном заг}} = 195,9 + 1,1 = 197 \text{ мм,}$$

$$d_{\text{мах заг}} = d_{\text{ном заг}} + es_{\text{заг}}, \quad (6.18)$$

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{max\ заг} = 197 + 2,1 = 199,1 \text{ мм.}$$

Розраховані значення максимальних припусків і проміжних розмірів зводяться до таблиці 6.2.

Розрахунок загального мінімального і максимального припуску на обробку поверхні проводиться за формулою 6.19 [7]:

$$2Z_{заг\ min} = \sum 2Z_{min}, \quad (6.19)$$

де  $\sum 2Z_{min}$  – сума мінімальних між-операційних припусків, мм.

$$2Z_{min} = 4,336 + 0,410 + 0,774 + 0,347 = 5,867 \text{ мм.}$$

$$2Z_{заг\ max} = \sum 2Z_{max}, \quad (6.20)$$

де  $\sum 2Z_{max}$  – сума максимальних між-операційних припусків, мм.

$$2Z_{max} = 9,63 + 2,599 + 1,488 + 0,3354 = 9,096 \text{ мм.}$$

Таблиця 6.2 – Вихідні та розрахункові дані на розмір  $\varnothing 190k6$

Стадія	$R_z$	$T(h)$	$\rho$	$\Sigma_y$	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$	$d_{min}$	$d_{nom}$	$d_{max}$
Заготівельна	320	350	1830	–	–	–	195,9	197	199,1
Чорнова	125	120	109,8	140	4,336	9,095	192,004	193,864	193,864
Напівчистова	125	120	91,5	140	0,774	2,384	190,905	191,365	191,365
Чистова	40	40	73,2	120	0,985	0,985	190,38	190,495	190,495
Оздоблювальна	2,5	5	–	–	0,347	0,405	190,004	190	190,033

На рисунку 6.1 зображено схему припусків та допусків оброблення зовнішньої циліндричної поверхні на розмір  $\varnothing 190k6$ .

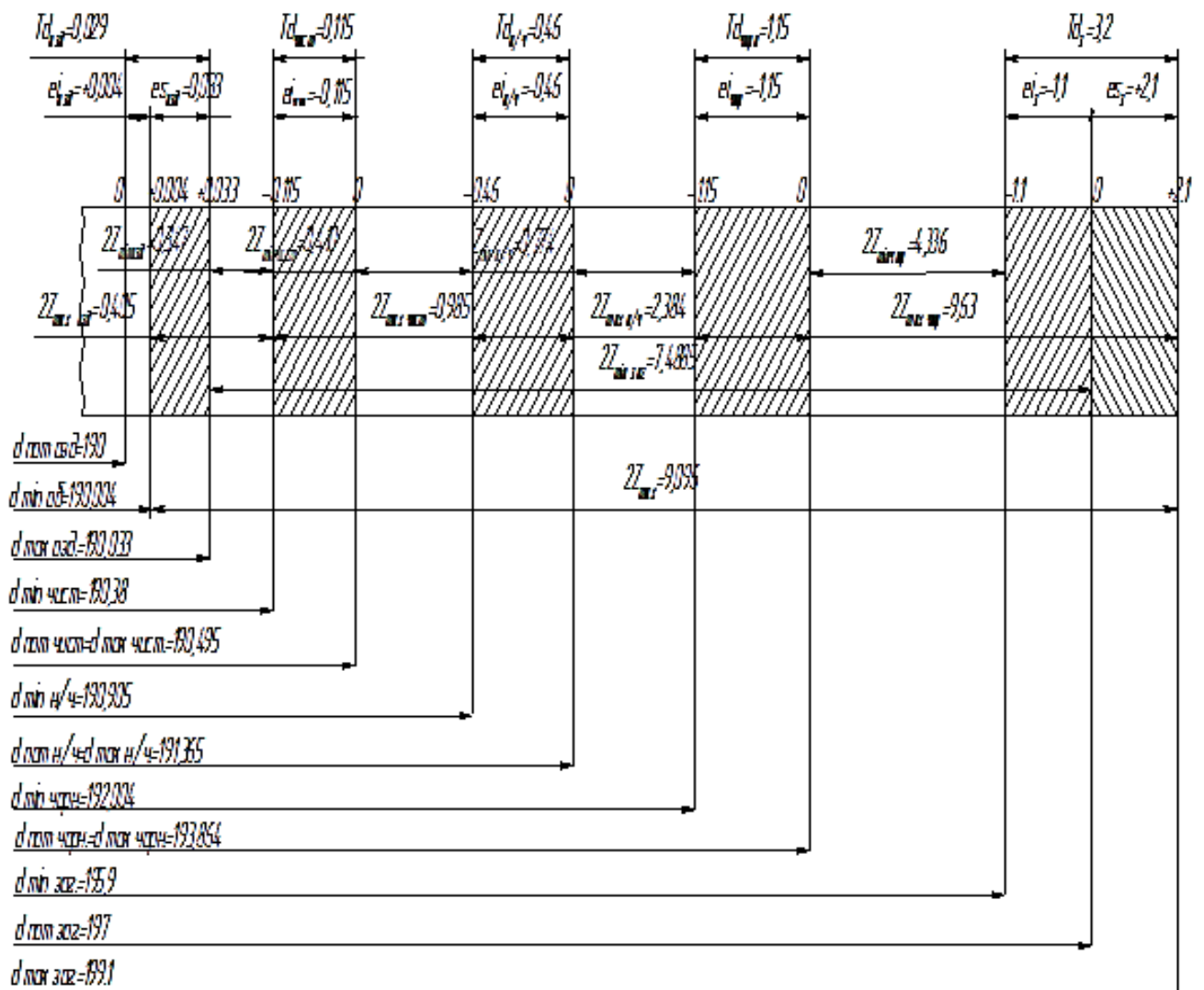


Рисунок 6.1 – Схема припусків та допусків оброблення зовнішньої циліндричної поверхні на розмір  $\varnothing 190k6$

## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування та закріплення

Для розгляду цього питання в якості технологічних операцій були прийняті 035 токарна з ЧПК і 065 шпонково-фрезерна. На операції 035 обробляються поверхні, виділені на рисунку 6.2.

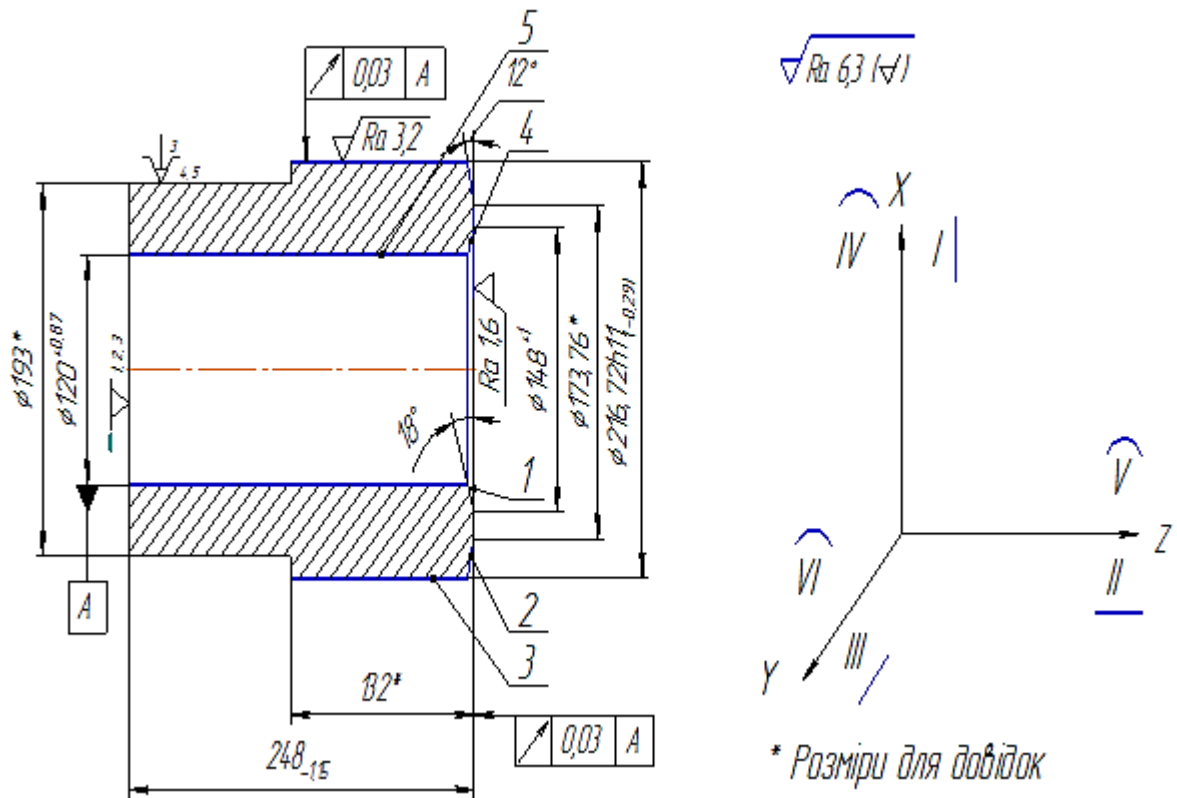


Рисунок 6.2 – Операційний ескіз (операція 035)

Базуємо деталь в трьох–кулачковому патроні при якому позбавлена п'яти ступенів свободи, мають місце дві технологічні бази:

- установча, торець деталі, позбавляє деталь трьох ступенів свободи: переміщень уздовж осі Z і обертань навколо осей X і Y;
- подвійна опорна, зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 196$  мм, позбавляє деталь двох ступенів свободи: переміщень уздовж осей X і Y.

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідності

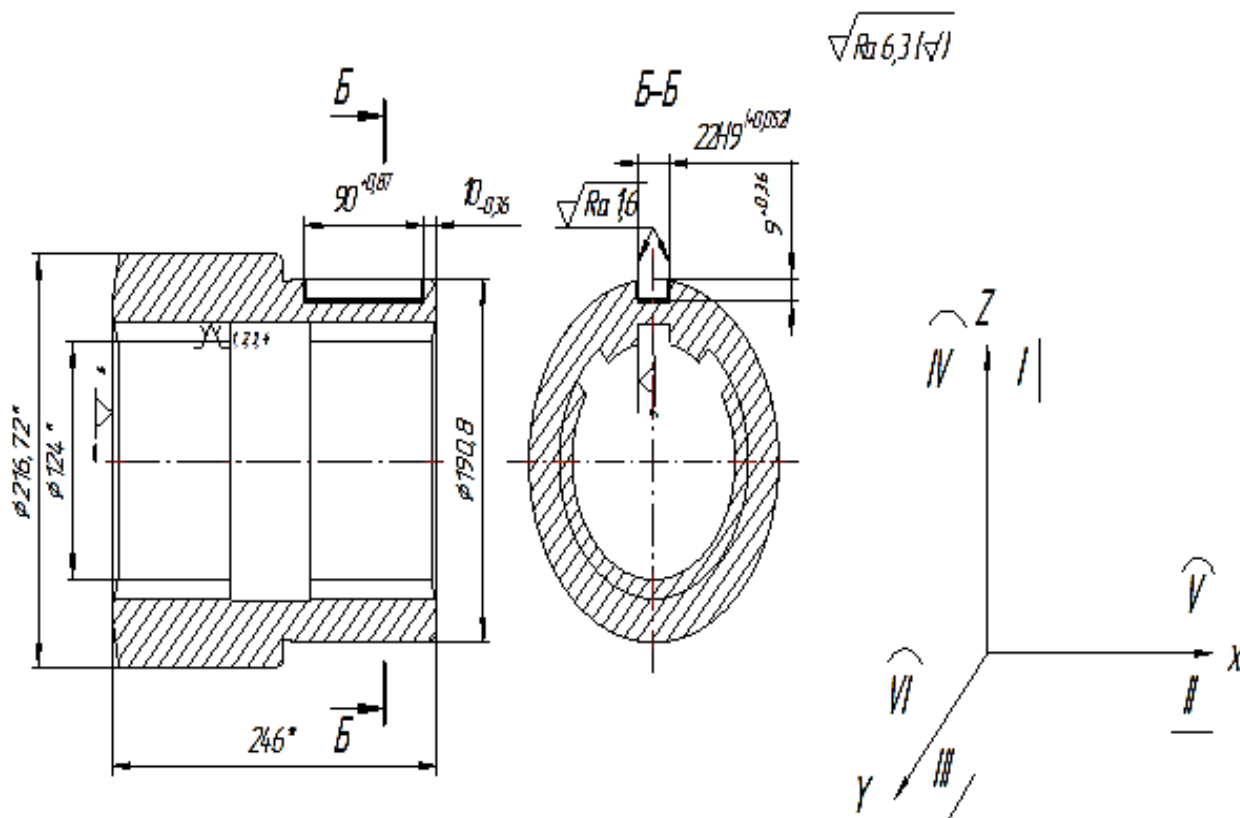
Зв'язки	Степені вільності	Найменування баз
1, 2, 3	II, IV, VI	УБ
4,5	I, III	ПОБ

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
$l$	0	0	1	УБ
$\alpha$	1	1	0	
$l$	1	1	0	ПОБ

	X	Y	Z	Найменування баз
$\alpha$	0	0	0	ПОБ
	X	Y	Z	Найменування баз
$\Sigma$	2	2	1	5 ступенів

На операції 065 обробляються поверхні, виділені на рисунку 6.2:



\* Розміри для довідок

Рисунок 6.2 – Операційний ескіз (операція 065)

Базуємо деталь по отвору за допомогою шліцьової оправки і упором в лівий торець.

В цілому деталь позбавлена шістьох ступенів вільності, мають місце три технологічні бази:

- подвійна направляюча, внутрішня поверхня деталі  $\phi 124$  мм, позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності: поступових переміщень уздовж осей Z і Y і обертання навколо осей Z і Y;
- опорна, торець деталі, позбавляє деталь однієї ступенів вільності: поступових переміщення уздовж осі X;

– опорна, шліц деталі, позбавляє деталь однієї ступенів свободи: обертання навколо осі X.

–

Таблиця 6.5 – Таблиця відповідності

Зв'язки	Степені вільності	Найменування баз
1, 2, 3, 4	I, III, IV, VI	ПНБ
5	V	ОБ
6	II	ОБ

Таблиця 6.6 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування баз
<i>l</i>	0	1	1	ПНБ
<i>α</i>	0	1	1	
<i>l</i>	0	0	0	ОБ
<i>α</i>	1	0	0	
<i>l</i>	1	0	0	ОБ
<i>α</i>	0	0	0	
$\Sigma$	2	2	2	6 ступенів

Висновок: для розгляду аналізу та обґрунтування схем базування та закріплення в якості технологічних операцій прийняті токарна з ЧПК 035 і шпонково-фрезерна операція 065, при цьому деталь шестерня СНТ 00.13 базується в трьох-кулачковому патроні з упором в лівий торець та шліцьову оправку з упором на лівий торець відповідно. На операції 035 деталь позбавлена п'яти ступенів вільності, має місце дві технологічні бази установча та подвійна опорна база бази і на операції 065 деталь позбавлена шістьох ступенів вільності, має місце три технологічні бази подвійна направляюча та дві опорні бази.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізального верстата

Для виконання обробки на операціях 035 і 065 візьмемо верстати моделі GILDEMEISTER CTX 600 і BM127 М відповідно. При виборі даного обладнання з огляду на технологічні методи обробки поверхонь на операції 035 (проводиться точіння торця, конусів, зовнішньої та внутрішньої циліндричних поверхонь) та на операції 065(проводиться фрезерування шпонкового пазу) прийшли до висновку, що дані верстати цілком придатні для здійснення заданих операцій. Технічна характеристика верстата приведена в таблицях 6.3,6,4

Таблиця 6.7 – Технічна характеристика верстата мод. CTX 600

Характеристика	Величина
Максимальний діаметр встановлюваного виробу, мм	480
Ширина напрямних, мм	300
Максимальна оброблювана довжина, мм	1000
Діаметр виробу над супортом, мм	180
Поперечні переміщення, мм	205
Поздовжні переміщення, мм	620
Конус шпинделя	A2-6/D6
Діаметр патрона, мм	400
Діапазон швидкостей шпинделя, об / хв	4-5000
Ступені швидкості шпинделя	2 діапазона
Швидкі переміщення осей X / Z, м / хв	10/15
Точність позиціонування револьверної головки, мм	0,008
Час зміни інструменту – вертикальна 12-ти позиційна револьверна головка, с	2,1
Конус пінолі, мм	M4
Висування пінолі задньої бабки, мм	130
Потужність головного приводу, кВт	10,4
Маса, кг	8000
Габаритні розміри, мм	6000x2197x1969

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 18510224-00.00.ПЗ

Лист

38

Таблиця 6.8 – Технічна характеристика верстата мод. ВМ127 М

Розміри робочої поверхні стола (довжина x ширина), мм	1600 x 400
Число Т-подібних пазів	3
Максимальне навантаження на стіл (по центру), кг	800
Найбільше переміщення столу, мм:	
– повздовжнє механічне/ручне	1010/1010
– поперечне механічне/ручне	300/320
– вертикальне механічне/ручне	400/420
Переміщення столу на один поділ лімбу, мм:	
– повздовжнє	0,05
– поперечне	0,05
– вертикальне	0,05
Переміщення столу на один оберт лімбу, мм:	
– повздовжнє	4
– поперечне	6
– вертикальне	2
Конус шпинделю	АТ50
Найбільше переміщення пінолі шпинделю, мм	80
Найбільше і найменше переміщення від торцю шпинделя до робочої поверхні столу при ручному переміщенні, мм	30–500
Відстань від осі шпинделю до вертикальних напрямних станини, мм	420
Кут повороту шпиндельної головки, градусів	±45
Кількість швидкостей шпинделю фрезерного верстату ВМ127 М	18
Межі безступінчастого регулювання швидкості, подач, мм/хвилину:	
– повздовжня робоча/прискорена	25–1250/3000
– поперечна робоча/ прискорена	25–1250/3000
– вертикальної робочої/ прискорена	8,3–416,6/1000
Потужність електродвигуна, кВт:	
– головного руху	11
– приводу подач	2,1
Продуктивність електричного насосу охолоджувальної рідини, літрів/хвилину	22
Клас точності верстату	Н

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

ТМ 18510224–00.00.ПЗ

Лист

39



Продовження табл.6.8

Маса оброблюваних деталей с пристроєм, кг	800
Габарити, мм	2560 x 2260 x 2500
Маса, кг	4200
При оснащенні вертикально–фрезерного верстату VM127M ПЦІ (при- стрій цифрової індикації)	
Найбільше переміщення столу, мм:	
– повздовжнє механічне/ручне	1010/1010
– поперечне механічне/ручне	280/320
– вертикальну механічне/ручне	400/420
Точність лінійних координат переміщень столу, мкм:	
– повздовжнє (координата "X")	50
– поперечну (координата "Y")	50
– вертикальну (координата "Z")	50

Проаналізувавши технічні характеристики верстатів на операціях 035 і 065, будемо використовувати верстати моделі GILDEMEISTER CTX 600 і VM127 M відповідно, тому що їх технічні характеристики та технологічні можливості повністю забезпечують безперешкодну обробку деталі.

Висновок : в даному розділі обрано металорізальні верстати моделі GILDEMEISTER CTX 600 і VM127 M відповідно для операцій токарна з ЧПК 035 і шпонково–фрезерна операція 065 та описані технічні характеристики даних верстатів.

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

На операцію – 035 токарна з ЧПК вибираємо верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти.

Для установки і закріплення візьмемо трьох–кулачковий самоцентруючий з цільними кулачками патрон  $\varnothing 400$  мм по ГОСТ 2675–80 \*. Позначення патрона: Патрон 7100–0043 ГОСТ 2675–80 \*.

Для обробки зовнішніх поверхонь використовуємо різець токарний прохідний з механічним кріпленням підтисканням важелем через отвір твердосплавної непереточувальної ромбічної пластинки з ріжучою кромкою 12,7 мм і кутом в плані 95°, задній кут пластинки 0°, правий, перерізом Н×В = 20×20 мм, довжиною 125 мм. Позначення: Різець 2141–0057 Т15К6 ГОСТ 18883–73 \*.

Для обробки внутрішніх поверхонь використовуємо різець токарний розточний з механічним кріпленням підтисканням важелем через отвір твердосплавної непереточувальної ромбічної пластинки з ріжучою кромкою 12,7 мм і кутом в плані 95°, задній кут пластинки 0°, правий, круглим перерізом  $\varnothing$  20мм, довжиною 125 мм. Позначення: Різець 2140–0085 Т15К6 ГОСТ 18880–73 \*.

Допоміжний інструмент: інструментальний диск револьверної головки УГ9231.

Для контролю розмірів використовуємо штангенциркуль ШЦ–II–250–0,1 ГОСТ 166–89; скоба спеціальна для розміру  $\varnothing$ 216,72h11; шаблон спеціальний кутовий 12° і 18°; контрольно–вимірювальне пристосування для контролю радіального і торцевого биття.

Таблиця 6.9 – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операції «035 токарна з ЧПК»

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Верстатний пристрій	Вимірювальний інструмент
Обточування зовнішніх та внутрішніх поверхонь	Різець 2141–0057 Т15К6 ГОСТ 18883–73 *.; Різець 2140–0085 Т15К6 ГОСТ 18880–73 *.	інструментальний диск револьверної головки УГ9231.	Патрон 7100–0043 ГОСТ 2675–80 *	штангенциркуль ШЦ–II–250–0,1 ГОСТ 166–89; скоба спеціальна для розміру $\varnothing$ 216,72h11; шаблон спеціальний кутовий 12° і 18°; контрольно–вимірювальне пристосування для контролю радіального і торцевого биття

На операцію – 065 шпонково–фрезерну вибираємо верстатні пристрої, металорізальні та вимірювальні інструменти.

Для установки і закріплення візьмемо шліцьову (зубчасту) оправку 7150–0465/001 ГОСТ 18438–73. В свою чергу ця оправка установлюється до універсальної ділильної головки УДГ–Д–250 – 7036–0053П в центра(установчий центр і задня бабка).

Для обробки двох шпонкових пазів використовуємо шпонкову фрезу з напаяною твердосплавною пластинкою Т15К6, діаметром 22 мм, право ріжучу.

Позначення Фреза 2235–0211 Н9 ГОСТ6396–78.

Допоміжний інструмент: цанговий патрон КМ5–ER40 хвостовик конус АТ50 DIN228–А, цанга ER40 DIN2080.

Вимірювальний інструмент: штангенциркуль ШЦЦ–100–0,1 DIN862 для контролю глибини і довжини, калібр для шпонкових з'єднань для контролю ширини пазу 22 Н9<sup>(+0,052)</sup>, зразки шорсткості ГОСТ 9378–93 \*.

Таблиця 6.10 – Ріжучий та вимірювальний інструмент, що використовується при обробці на операції «065 шпонково–фрезерна»

Номер та зміст переходу	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент	Верстатний пристрій	Вимірювальний інструмент
Фрезерування шпонкових пазів	Фреза 2235–0211 Н9 ГОСТ6396–78	цанговий патрон КМ5–ER40 хвостовик конус АТ50 DIN228–А, цанга ER40 DIN2080	УДГ–Д–250 – 7036–0053П, оправку 7150–0465/001 ГОСТ 18438–73	штангенциркуль ШЦЦ–125–0,1 DIN862 для контролю глибини і довжини, калібр для шпонкових з'єднань для контролю ширини пазу 22 Н9 <sup>(+0,052)</sup> , зразки шорсткості ГОСТ 9378–93 *

Висновок: в даному розділі обрано для операцій 035 та 065: ріжучий інструмент допоміжний, верстатний пристрій, вимірювальний інструмент.

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

## 6.5. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операцій 035 токарна з ЧПК і 065 шпонково–фрезерна операції. Розрахунково–аналітичним методом розрахуємо режим різання для зовнішнього точіння поверхні  $\varnothing 216,72_{h11}$ , для інших переходів режим різання призначимо за табличним методом [5, 6] для операції 035, а також для фрезерування шпонкового пазу  $L=90^{+0,87}$  мм, глибина  $9^{+0,36}$  мм, ширина  $22H9^{+0,052}$  для операції 065. Вихідні дані: діаметр поверхні – 216,72 мм матеріал заготовки – сталь 40Х з межею міцності  $\sigma_B=1320$  МПа; матеріал ріжучої частини різця Т15К6 (операція 035) б матеріал ріжучої частини шпонкової фрези Т15К6 (операція 065), ЗОР – емульсія, заготовка – поковка штампована на ГКМ.

Операція 035:

Визначимо глибину різання за формулою 6.20 [8]:

$$t = \frac{D_3 - D_{обт}}{2} \quad (6.20)$$

де  $D_3$  – діаметр в стані заготовки;

$D_{обт}$  – діаметр після точіння.

$$t = \frac{220 - 216,72}{2} = 1,64 \text{ мм}$$

Визначимо подачу за [8]:

$$S = 0,25 \text{ мм/об}$$

Стійкість інструменту  $T = 60$  хв. Визначимо швидкість різання за формулою 6.21 [8]:

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (6.21)$$

де  $C_v = 420$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,20$ ;  $m=0,20$  – коефіцієнти та показники у формулі швидкості різання.

$K_v$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, котрий враховує фактичні умови різання, визначається за формулою 6.22 [8]:

$$K_v = K_M \cdot K_t \cdot K_n \quad (6.22)$$

де  $K_M$  – поправочний коефіцієнт, на оброблюваний матеріал;

$K_t$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал;

$K_n$  – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання.

$$K_v = 0,8 \cdot 1,05 \cdot 1,0 = 0,84$$

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 1,64^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,84 = 190,58 \text{ м/хв}$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за формулою 6.23 [8]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (6.23)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 190,58}{3,14 \cdot 220} = 300 \text{ об/хв.}$$

Скорегуємо частоту обертання відповідно до паспорту верстата  $n = 300$  об/хв.

Визначимо фактичну швидкість різання за формулою 6.24 [8]:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (6.24)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 220 \cdot 300}{1000} = 207,24 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу різання за формулою 6.25 [8]:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (6.25)$$

де  $C_p = 300$ ,  $x=1,0$ ,  $y=0,75$ ,  $n=-0,15$  – коефіцієнти та показники в формулі.

$K_p$  – поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання, розраховується за формулою 6.26 [8]:

$$K_p = K_m \cdot K_\varphi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r \quad (6.26)$$

де  $K_m = 1,17$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності [8];

$K_\varphi = 0,94$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив головного кута в плані на силові залежності [8];

$K_\gamma = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив переднього кута на силові залежності [8];

$K_\lambda = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив кута нахилу головного леза на силові залежності [8];

$K_r = 1,0$  – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив радіуса при вершині на силові залежності [8].

$$K_p = 1,17 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,10.$$

Враховуючи поправочні коефіцієнти отримуємо:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,64^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 207,24^{-0,15} \cdot 1,10 = 859,69 \text{ Н}$$

Визначимо потужність необхідну для обробки за формулою 6.27 [8]:

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (6.27)$$

$$N = \frac{859,69 \cdot 207,24}{1020 \cdot 60} = 2,9 \text{ кВт}$$

За паспортними даними верстата мод. СТХ 600: потужність електродвигуна  $N_{ел} = 10,4$  кВт; ККД верстата  $\eta = 0,8$ . Потужність шпинделя верстата визначається за формулою 6.28 [8]:

$$N_{шп} = N_{ел} \cdot \eta \quad (6.28)$$

$$N_{шп} = 10,4 \cdot 0,8 = 8,32 \text{ кВт}$$

Розрахункове значення потужності не перевищує допустимого ( $2,9 \text{ кВт} < 8,32 \text{ кВт}$ ), отже обробка на верстаті мод. СТХ 600 буде забезпечена.

Визначимо основний час за формулою 6.29 [8]:

$$T_o = \frac{L_p + l_1^* + l_1^{**}}{s \cdot n} \quad (6.29)$$

де  $l_1^* = ctg\varphi \cdot t = ctg60^\circ \cdot 1,64 = 0,94$  мм – величина врізання різця;

$l_1^{**} = 2$  мм – виліт перебігу.

$$T_o = \frac{132 + 0,94 + 2}{0,25 \cdot 300} = 1,8 \text{ хв.}$$

Розглянемо обробку інших поверхонь. На переходи даної операції здійснюємо вибір режимів різання табличним методом за посиланням [8]. Ріжучий інструмент зазначений в пункті 6.4. Обрані режими заносимо до таблиці 6.11.

Таблиця 6.11 – Режими різання визначені за табличним методом для токарної з ЧПК операції 035 за [8]:

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки
------------------------	---------------------------

Продовження табл. 6.11

	i	t, мм	S, м/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	To, хв
1	2	3	4	5	6	7	8
Торець Ø216,72/Ø193	1	3,5	0,9	188,72	160	110	0,9
Конус 12°	1	2,4	0,9	188,72	160	20,73	0,22
Поверхня Ø216,72	1	1,64	0,25	207,24	300	132	1,8
Поверхня Ø120	1	1,5	0,73	118,69	315	246	2,6
Конус 18°	1	2	0,73	60,28	160	11,57	0,11
Всього	–	–	–	–	–	–	5,63

Операція 065:

Визначення подачі за оберт фрези  $S_o$  переміщення заготовки (мм) відносно фрези за один її оберт за формулою [9]:

$$S_o = S_z \cdot z, [\text{мм/об}]. \quad (6.30)$$

де  $z$  – кількість зубців фрези.

$S_z$  – подача на один зуб [9].

$$S_o = 0,2 \cdot 2 = 0,4 [\text{мм/об}].$$

Глибина різання встановлюється, по можливості рівною припуску на обробку. При чорновому фрезеруванні вибирають подачу  $S_z$  на один зуб фрези [9], при чистовому на один оберт –  $S_o$ . При фрезеруванні швидкість різання розраховується за наступною формулою 6.31 [9]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (6.31)$$



де,  $m, x, y, u, p, q$  – показники ступеня;

$D$  – діаметр фрези;

$B$  – ширина фрезерування;

$z$  – кількість ріжучих зубців фрези;

$S_z$  – подача на зуб.

$K_v$  – узагальнений поправочний коефіцієнт, що враховує зміни умов обробки по відношенню до табличних.

Узагальнений поправочний коефіцієнт, що враховує зміни умов обробки розраховується за формулою 6.32 [9]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (6.32)$$
$$K_v = 0,935 \cdot 0,85 \cdot 0,83 = 0,7$$

Значення коефіцієнтів  $C_v$  та показників ступенів  $m, x, y, u$ , а також стійкості  $T$  представлені за посиланням [9]:

$$V = (145 \cdot 22^{0,44}) / 90^{0,37} \cdot 3^{0,24} \cdot 0,06^{0,2} \cdot 22^{0,1} \cdot 2^{0,13} \cdot 0,7 = 39,92 \text{ [м/хв]}.$$

Після знаходження швидкості різання розраховуємо частоту обертання шпинделя за формулою 6.33 [9]:

$$n_p = (1000 \cdot V) / (\pi D) \text{ [об/хв]} \quad (6.33)$$
$$n_p = (1000 \cdot 39,92) / (3,14 \cdot 22) = 577 \text{ [об/хв]}.$$

Знайдене число обертів шпинделя коригуємо відповідно до паспортних даних верстата,  $n_{nc} = 600$  [об/хв]

Враховуючи, прийняте число обертів шпинделя визначають фактичну швидкість різання  $V_\phi$  та хвилинну подачу знайдемо за формулою 6.34 [9] :

$$V_\phi = (\pi D \cdot n_{nc}) / 1000 \quad (6.34)$$

									Лист
									48
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$V_{\phi} = (3,14 \cdot 22 \cdot 600) / 1000 = 41,45 \text{ [м/хв]}.$$

Тангенціальна сила різання розраховується за формулою 6.35 [9]:

$$P_z = (10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B^{up} \cdot z) / (D^{qp} \cdot n^{wp}) \text{ [Н]} \quad (6.35)$$

де  $S_z$  – дійсна подача на один зуб інструмента.

Коефіцієнти та показники степеня вибираються за посиланням [9].

$$P_z = (10 \cdot 12,5 \cdot 3^{0,85} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 22^1 \cdot 2) / (22^{0,73} \cdot 600^{-0,13}) = 1006,65 \text{ [Н]}$$

Крутний момент на шпинделі розраховується за формулою 6.36 [9]:

$$M = (10 \cdot P_z \cdot D) / (2 \cdot 1000), \text{ [Н·м]} \quad (6.36)$$

$$M = (10 \cdot 1006,65 \cdot 22) / (2000) = 110,73 \text{ [Н·м]}$$

Потужність різання розраховується за формулою 6.37 [9]:

$$N_{ef} = (P_z \cdot V) / (60 \cdot 1020), \text{ [кВт]}. \quad (6.37)$$

$$N_{ef} = (1006,65 \cdot 41,45) / (60 \cdot 1020) = 0,68 \text{ [кВт]}.$$

Вибраний режим різання повинен задовольняти умову –  $N_{ef} \leq N_{дв} \cdot \eta$   
 $0,68 \leq 2,1 \cdot 0,85 \Rightarrow 0,68 \leq 1,785$

Всі розрахунки зведені до таблиці 6.12

Норми часу розраховані за допомогою табличного методу [6]

Основний час визначається за формулою 6.38 [9]:

$$T_o = (L / (S_o \cdot n)) \cdot i \quad (6.38)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу, мм.  $L = 90$  мм.

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						49
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$i$  – кількість проходів,  $i=4,5$

$$T_o = (90 / (0,4 \cdot 600)) \cdot 3 = 1,12 \text{ хв.}$$

Обрані режими заносимо до таблиці 6.12

Таблиця 6.12 – Режими різання визначені за розрахунково–аналітичним методом для операції 065

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробка						
	$i$	$t$ , мм	$S_o$ , мм/об	$V$ , м/хв	$n$ , об/хв	$L$ , мм	$T_o$ , хв
Шпонковий паз b22 мм	3	3	0,4	41,45	600	90	1,12
Всього	–	–	–	–	–	–	1,12

Висновок: в даному розділі визначено режими різання і основний час на операції токарна з ЧПК 035 і шпонково–фрезерну 065 розрахунково–аналітичним методом (поверхня  $\varnothing 216,72$  мм, шпонковий паз b22), а інші поверхні операції 035 визначені табличним методом.

#### 6.6. Технічне нормування операції

Технічне нормування операцій здійснюємо згідно вибору з відповідної літератури норм допоміжного часу. Метою даного нормування є визначення норми штучно–калькуляційного часу на операції 035 і 065 [8, 9].

Дані щодо режимів різання та основного часу обираємо з таблиці 6.1 і 6.2.

Для операції 035 токарна з ЧПК:

Основний час  $T_o = 5,63$  хв.

Визначаємо допоміжний час за формулою 6.39 [8]:

$$T_d = T_{вст} + T_{кв} + T_{вим} \quad (6.39)$$

де  $T_{вст} = 2,2$  хв – час на установку і зняття заготовки [8];

$T_{кв} = 1,18$  хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата [8];

$T_{вим} = 0,28$  хв – час на вимірювання [8].

$$T_d = 0,9 + 1,18 + 0,28 = 2,36 \text{ хв.}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою 6.40 [8]:

$$T_{оп} = T_o + T_d \quad (6.40)$$

$$T_{оп} = 5,63 + 2,36 = 7,99 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою 6.41, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу за [8]:

$$T_{дод} = T_{оп} \cdot 0,08 \quad (6.41)$$

$$T_{дод} = 7,99 \cdot 0,08 = 0,64 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучний час за формулою 6.42 [8]:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{дод} \quad (6.42)$$

$$T_{шт} = 7,99 + 0,64 = 8,63 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою 6.43 [8]:

$$T_{шк-к} = T_{шт} + \frac{T_{п-з}}{N} \quad (6.43)$$

де  $T_{п-з}$  – підготовчо-заключний час, що складається з часу [8]:

1) на отримання креслення і наряду,  $T = 8$  хв [8];

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 4,1$  хв [8];
  - 3) інструктаж майстра,  $T = 2$  хв [8];
  - 4) отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки,  $T = 4$  хв [8];
  - 5) час на встановлення вихідних режимів роботи станка,  $T = 0,15$  хв [8];
  - 6) час налаштування пристрою для подачі ЗОР:  $0,25$  хв [8].
- Визначимо підготовчий–заклучний час додавши вище зазначені величини:

$$T_{п-з} = 8 + 4,1 + 2 + 4 + 0,15 + 0,25 = 18,5 \text{ хв}$$

За кількістю деталей в партії  $N = 48$  шт. знайдемо штучно–калькуляційний час:

$$T_{шк-к} = 8,63 + \frac{18,5}{48} = 9,02 \text{ хв.}$$

Для операції 065 шпонково–фрезерна:

Основний час  $T_o = 1,26$  хв.

Визначаємо допоміжний час за формулою 6.44 [9]:

$$T_d = T_{вст} + T_{кв} + T_{вим} \quad (6.44)$$

де  $T_{вст} = 2,2$  хв – час на установку і зняття заготовки [9];

$T_{кв} = 1,18$  хв – допоміжний час, пов'язаний з керуванням верстата [9];

$T_{вим} = 0,28$  хв – час на вимірювання [9].

$$T_d = 0,9 + 1,18 + 0,28 = 2,36 \text{ хв.}$$

Оперативний час розраховуємо за формулою 6.45 [9]:

$$T_{оп} = T_o + T_d \quad (6.45)$$

$$T_{оп} = 1,26 + 2,36 = 3,62 \text{ хв}$$

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо додатковий час за формулою 6.46, який складається з часу на обслуговування та часу на відпочинок і визначається у відсотках від оперативного часу [9]:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,08 \quad (6.46)$$

$$T_{\text{дод}} = 3,62 \cdot 0,08 = 0,29 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучний час за формулою 6.47 [9]:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} \quad (6.47)$$

$$T_{\text{шт}} = 3,62 + 0,29 = 3,91 \text{ хв.}$$

Розраховуємо штучно-калькуляційний час за формулою 6.48 [9]:

$$T_{\text{шк-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п-з}}}{N} \quad (6.48)$$

де –  $T_{\text{п-з}}$  – підготовче-заклучний час, що складається з часу [9]:

- 1) на отримання креслення і наряду,  $T = 8$  хв [9];
- 2) на ознайомлення з роботою та кресленням,  $T = 4,1$  хв [9];
- 3) інструктаж майстра,  $T = 2$  хв [9];
- 4) отримання основного та допоміжного інструменту, верстатного пристрою та заготовки,  $T = 4$  хв [9];
- 5) час на встановлення вихідних режимів роботи станка,  $T = 0,15$  хв [9];
- 6) час налаштування пристрою для подачі ЗОР:  $0,25$  хв [9].

$$T_{\text{п-з}} = 8 + 4,1 + 2 + 4 + 0,15 + 0,25 = 18,5 \text{ хв}$$

За кількістю деталей в партії  $N = 48$  шт. знайдемо штучно-калькуляційний час:

									Лист
									53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$$T_{\text{шк-к}} = 3,91 + \frac{18,5}{48} = 4,3 \text{ хв.}$$

Висновок: в даному розділі для операцій 035 визначено основний час  $T_o = 5,63$  хв; допоміжний час 2,36 хв; оперативний час 7,99 хв; додатковий час 0,64 хв; штучний час 8,63 хв; штучно-калькуляційний час 9,02 хв; також для операції 065 шпонково-фрезерної визначено за формулами допоміжний час 2,36 хв, оперативний час 3,62 хв, додатковий час 0,29 хв, штучний час 3,91 хв, підготовчий-заключний час 18,5 хв та штучно-калькуляційний час 4,3 хв.

					ТМ 18510224-00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		54

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ

Мета та завдання на проектування

Даний пристрій проектуємо на операцію 065 шпонково-фрезерну (див. рисунок 7.1). На операції здійснюється фрезерування глухого шпонкового пазу.

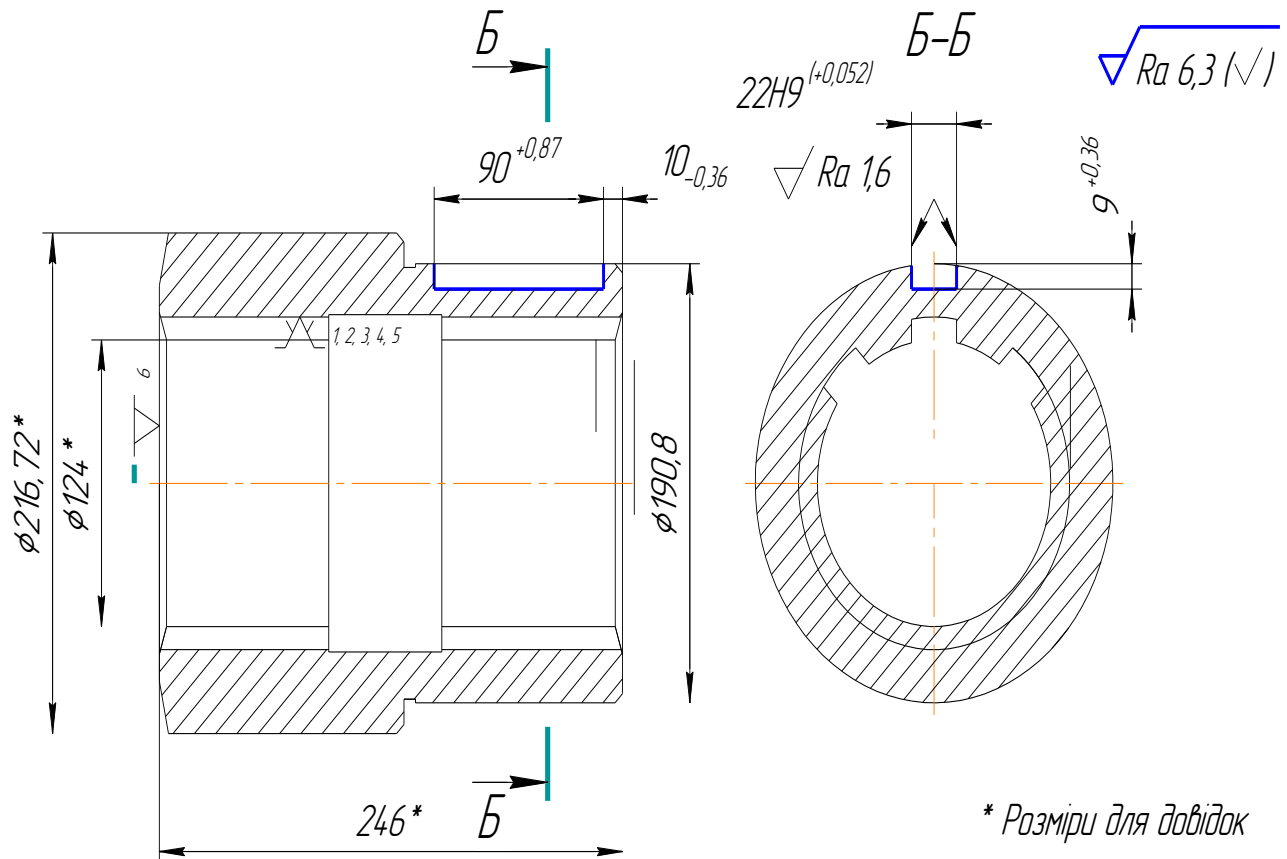


Рисунок 7.1 – Ескіз фрезерно-шпонкової операції операції 065

На цій операції за один установ ведеться фрезерування шпонкового пазу. Так, як дана деталь є однією з відповідальних складових ГПА, тому для неї ставляться високі вимоги щодо точності розмірів, форми та розташування поверхонь. Використання спеціального верстатного пристрою допоможе скоротити час на установку, базування та закріплення заготовки, знизити розряд оператора верстата, що значно зменше допоміжний час, та як результат безпосередньо буде зменшена собівартість деталі.

Для полегшення трудомісткості виконання даної операції рекомендую замість ручного затиску використовувати пневматичний.

Застосування пневмо-камери має певний ряд переваг:

- збільшення продуктивності роботи;

										Лист
										55
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

ТМ 18510224-00.00.ПЗ



- зменшення допоміжного часу;
- зменшення трудомісткості роботи;
- швидкість дії та простота в управлінні;
- забезпечення необхідних зусиль затиску;
- зменшення розряду працівника;
- збільшення стабільності параметрів по точності виконання операції.

Заготовка буде оброблюватися на вертикально–фрезерному верстаті моделі VM127 M.

Основні параметри верстата:

- а) кількість швидкостей шпинделю фрезерного верстату: 18;
- б) межі частот обертання фрезерного шпинделя: 125–712 об/хв;
- в) повздовжня робоча/прискорена: 25–1250/3000 мм/хв;
- г) поперечна робоча/ прискорена: 25–1250/3000 мм/хв;
- д) вертикальної робочої/ прискорена: 8,3–416,6/1000 мм/хв;
- е) найбільше переміщення пінолі шпинделю: 80 мм;
- ж) Потужність електродвигуна, кВт:
  - головного руху: 11 кВт;
  - приводу подач: 2,1 кВт;
- з) ККД верстата:  $\eta = 0,9$ ;
- и) маса оброблюваних деталей с пристроєм: 800 кг;
- к) габарити: 2560 x 2260 x 2500 мм;
- л) маса: 4200 кг.

На даній операції формуються три лінійних розміри: лінійний ( довжина  $90^{+0,36}$  мм, ширина  $22H9^{(+0,052)}$ , глибина  $9^{+0,36}$  мм.

Знаходимо значення допуску за [10]:

Розмір l 90 на кресленні містить допуск:  $T_{90} = 870\text{мкм}$ . Значення допуску відповідає 14 квалітету точності.

Розмір b 22 на кресленні містить допуск:  $T_{22} = 52\text{мкм}$ . Значення допуску відповідає 9 квалітету точності.

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						56
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розмір глибина 9 на кресленні містить допуск:  $T_9 = 360$  мкм. Значення допуску відповідає 14 квалітету точності.

Оскільки на кресленні не міститься допуск форми, то для рівня геометричної точності А не зазначений допуск площинності приймаємо в межах 60% на допуск розміру 620 мм за [10] :

$$T_{90}=0,6 \cdot T_{90}=0,6 \cdot 870=522 \text{ мкм.}$$

Згідно таблиць допусків форми приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності  $T_{90}=500$  мкм, що відповідає 15 ступеню точності за [10].

Аналогічно допуск площинності розраховуємо для розмірів b22, глибина 9:

$$T_{22}=0,6 \cdot T_{22}=0,6 \cdot 52=31,3 \text{ мкм}$$

Згідно таблиць допусків форми приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності  $T_{22}=40$  мкм, що відповідає 11 ступеню точності за [10].

$$T_9=0,6 \cdot T_9=0,6 \cdot 360=216 \text{ мкм.}$$

Згідно таблиць допусків форми приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності  $T_9=250$  мкм, що відповідає 16 ступеню точності за [10].

Ширина шпонкового пазу на кресленні не містить допуск розшташування, то для рівня геометричної точності А проаналізуємо допуски паралельності та симетричності бокових поверхонь шпонкового пазу, беремо орієнтовно 60% від допуску на розмір b 22 за [10]:

$$T_{22} = 0,6 \cdot T_{22} = 0,6 \cdot 52 = 31,2 \text{ (мкм)}$$

Найближче стандартне значення допуску симетричності та паралельності  $T_{22}=25$  мкм, що відповідає 7 та 9 ступенів точності відповідно за [10].

									Лист
									57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

Шорсткість оброблених поверхонь, що зазначена на кресленні, має значення  $Ra = 1,6$  мкм(бокові поверхні шпонкового пазу 22H9), а шорсткість глибини пазу  $9^{+0,87}$  мм і довжини пазу  $190^{+0,87}$  мм становить  $Ra = 6,3$  мкм.

Режими різання беремо з таблиці 6.12.

Таблиця 7.1 – Режими різання визначені за розрахунково–аналітичним методом для шпонково–фрезерної операції

Номер і текст переходу	Параметри режимів обробки						
	i	t, мм	$S_o$ , мм/об	V, м/хв	n, об/хв	L, мм	$T_o$ , хв
1	2	3	4	5	6	7	8
Шпонковий паз b22 мм	3	3	0,4	44,45	600	90	1,12
Всього	–	–	–	–	–	–	1,12

На початковому етапі розроблення схеми базування проводимо аналіз точності поверхонь, що претендують на роль базових. Для кількісної оцінки параметрів поверхонь, які можуть виступати в ролі базових, проводимо аналіз точності їхніх розмірів, точності форми, точності розташування та ступеня їхньої шорсткості.

Проаналізувавши поверхні деталі маємо дві схеми базування в призмах і в шліцьовій оправці( зображені на рисунках 7.2 і 7.3).

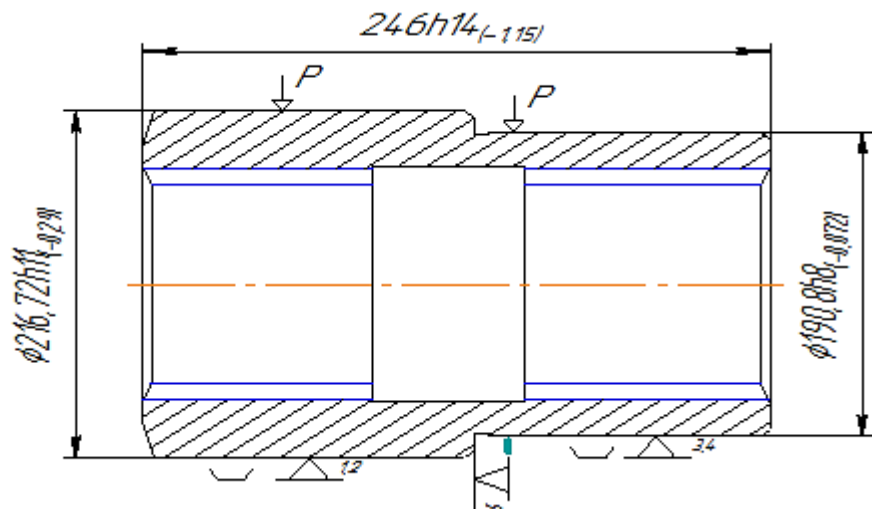


Рисунок 7.2– Схема базування в призмах

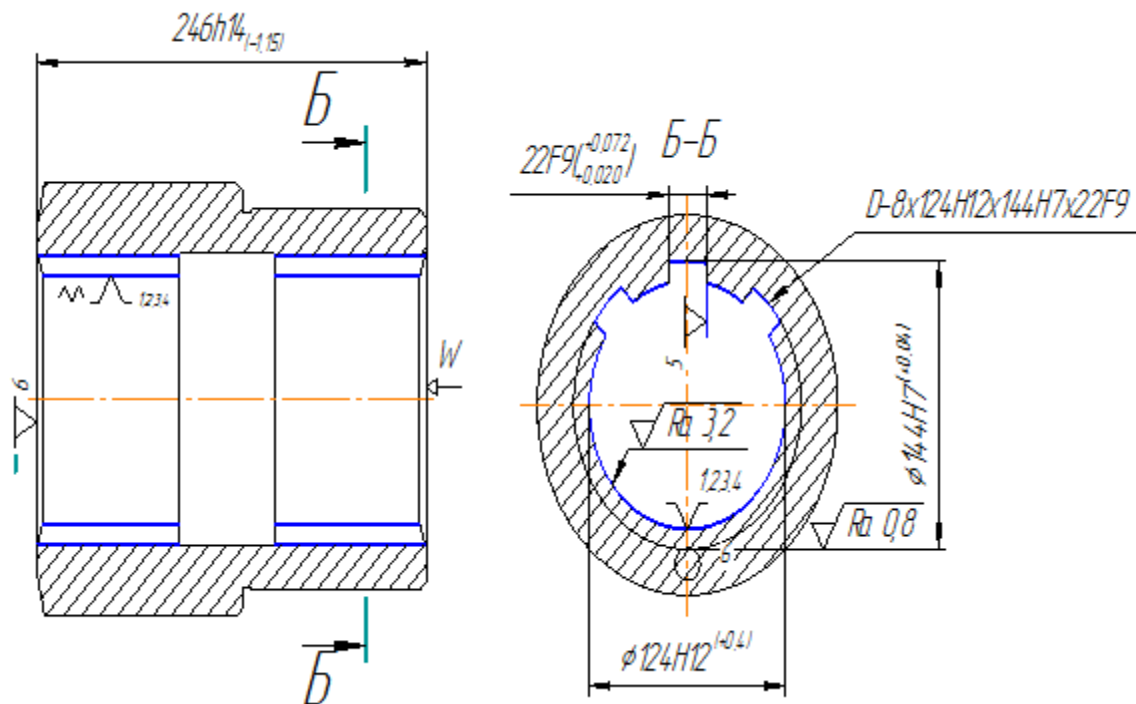


Рисунок 7.3 – Схема базування в шліцьовій оправці

Точність розмірів.

В призмах:

Зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 216,72$  мм:

$T_{\varnothing 216,72} = 290$  мкм, що відповідає 11 ступеню точності за [10].

Довжина торця 130 мм:

$T_{130} = 1000$  мкм, що відповідає 14 ступеню точності за [10].

Зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 190,8$  мм:

$T_{\varnothing 190,8} = 72$  мкм, що відповідає 8 ступеню точності за [10].

В шліцьовій оправці:

Внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 124$  мм:

$T_{\varnothing 124} = 400$  мкм, що відповідає 12 ступеню точності за [10].

Ширина внутрішніх шліців 22 мм:

$T_{22} = 92$  мкм, що відповідає 9 ступеню точності за [10].

Довжина заготовки 246 мм:

$T_{246} = 1150$  мкм, що відповідає 14 ступеню точності за [10].

Точність форми.

В призмах:

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 216,72$  мм буде визначена допуском циліндричності за [10].

$$T_{\varnothing 216,72} = 0,3 \cdot 290 = 87 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості за [10]:

$$T_{\varnothing 216,72} = 80 \text{ мкм, що відповідає 10 ступеню точності.}$$

Довжина торця 130 мм буде визначена допуском площинності за [10].

$$T_{130} = 0,6 \cdot 1000 = 600 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності за [10]:  
 $T_{130} = 600$  мкм, що відповідає 15 ступеню точності.

Зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 190,8$  мм буде задана допуском циліндричності за [10].

$$T_{\varnothing 190,8} = 0,3 \cdot 72 = 21,6 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості за [10]:

$$T_{\varnothing 190,8} = 20 \text{ мкм, що відповідає 7 ступеню точності.}$$

В шліцьовій оправці:

Внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 144$  мм буде визначена допуском циліндричності за [10].

$$T_{\varnothing 144} = 0,3 \cdot 40 = 12 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості за [10]:

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\varnothing 124} = 12$  мкм, що відповідає 6 ступеню точності.

Ширина внутрішніх шліців 22 мм буде визначена допуском площинності за [10].

$$T_{130} = 0,6 \cdot 92 = 55,2 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності за [10]:

$T_{130} = 60$  мкм, що відповідає 12 ступеню точності.

Довжина заготовки 246 мм буде задана допуском площинності за [10].

$$T_{246} = 0,6 \cdot 1150 = 690 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску площинності за [10]:

$T_{246} = 600$  мкм, що відповідає 15 ступеню точності [1, с. 107].

Точність розташування.

В призмах:

Зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 216,72$  мм буде визначена допуском радіального биття за [10]:

$$T_{\varnothing 216,72} = 0,6 \cdot 290 = 174 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску радіального биття за [10]:

$T_{\varnothing 216,72} = 160$  мкм, що відповідає 9 ступеню точності.

Довжина торця 130 мм буде визначена допуском торцевого биття за [10]:

$$T_{130} = 0,6 \cdot 1000 = 600 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску торцевого биття за [10]:

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						61
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{130} = 600$  мкм, що відповідає 14 ступеню точності.

Зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 190,8$  мм буде задана допуском радіального биття за [10]:

$$T_{\varnothing 190,8} = 0,6 \cdot 72 = 43,2 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску радіального биття за [10]:

$T_{\varnothing 190,8} = 50$  мкм, що відповідає 7 ступеню точності .

В шліцьовій оправці:

Внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 144$  мм буде визначена допуском радіального биття за [10].

$$T_{\varnothing 144} = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ мкм.}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску радіального биття за [10]:

$T_{\varnothing 144} = 20$  мкм, що відповідає 5 ступеню точності.

Ширина внутрішніх шліців 22 мм буде визначена позиційним допуском за [10]:

$$T_{130} = 0,6 \cdot 92 = 55,2 \text{ мкм}$$

Приймаємо найближче стандартне значення позиційного допуску за [10]:

$T_{130} = 50$  мкм, що відповідає 10 ступеню точності.

Довжина заготовки 246 мм буде задана допуском торцевого биття за [10]:

$$T_{246} = 0,6 \cdot 1150 = 690 \text{ мкм}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску торцевого биття за [10]:

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{246} = 500$  мкм, що відповідає 13 ступеню точності за [10].

Шорсткість.

В призмах:

Всі дані поверхні із шорсткістю  $Ra = 6,3$  мкм.

В шліцьовій оправці:

Внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 144$  мм  $Ra = 0,8$  мкм;

Ширина внутрішніх шліців 22 мм  $Ra = 1,6$  мкм;

Довжина заготовки 246 мм  $Ra = 3,2$  мкм.

Висновок: в даному пункті наведено технічні характеристики верстату ВМ127 М, знайдені значення допуску на довжину 90 мм:  $T_{90} = 870$  мкм; ширину 22 мм:  $T_{22} = 52$  мкм; глибина 9 мм:  $T_9 = 360$  мкм, визначені та порівняні допуски форми та розташування даних розмірів для двох можливих схем базування в призмах та в шліцьовій оправці та наведено шорсткість поверхонь, які контактують з верстатними оснащеннями даних схем базування.

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63



Розробка та обґрунтування схеми закріплення та типу сило–утворюючого механізму

В результаті аналізу поверхонь за двома схемами базування за ступенями точності і розташування варто більш точною виявилася схема базування в шліцьовій оправці (рис. 3.2), та по шорсткість поверхонь краще, ніж у схемі базування в призмах (рис. 3.1). Найголовніша причина відмови від призм є неможливість підбору призм по висоті у зв'язку зі ступінчастою заготовкою, тобто буде не дотримано співвісність осей заготовки і призм. Тому за основу беремо схему базування в шліцьовій оправці (рис. 3.2).

При базуванні деталі в шліцьовій оправці деталь в цілому позбавлена шістьох ступенів вільності, мають місце три технологічні бази:

- подвійна направляюча, внутрішня поверхня деталі  $\varnothing 144$  мм, позбавляє деталь чотирьох ступенів вільності: поступових переміщень уздовж осей X і Y і обертання навколо осей X і Y;
- опорна, торець деталі, позбавляє деталь однієї ступенів вільності: поступових переміщення уздовж осі Z;
- опорна, шліць деталі, позбавляє деталь однієї ступенів свободи: обертання навколо осі Z.

Дана схема базування показана на рисунку 7.4. А на рисунку 7.5 зображено схему однобічних зв'язків, що покладають на заготовку.

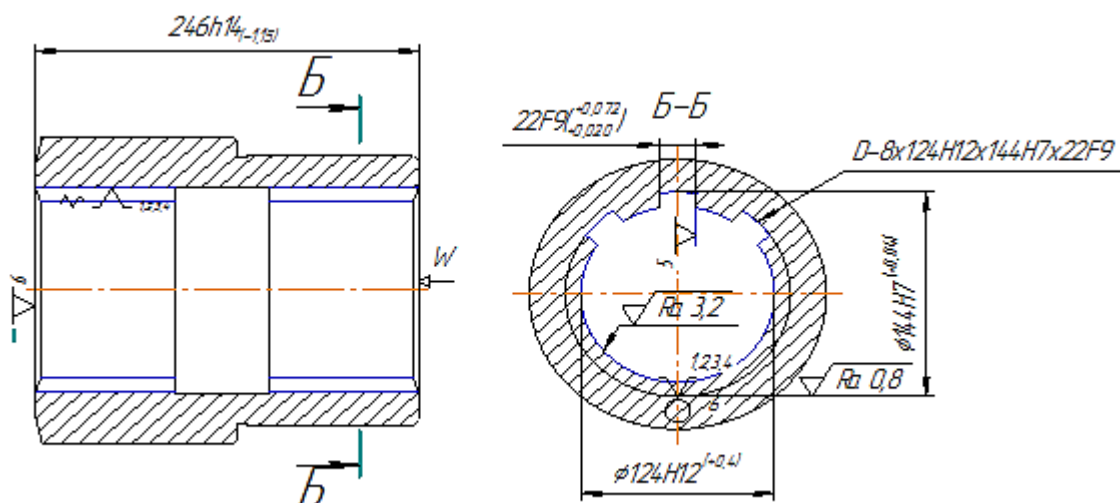


Рисунок 7.4 – Схема базування

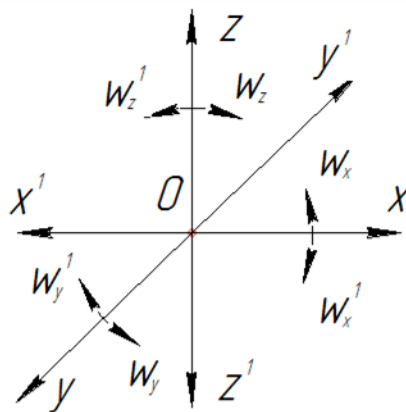


Рисунок 7.5 – Схема однобічних зв'язків, що покладають на заготовку (до таблиці 7.2)

Таблиця 7.2 – Індеси та номери зв'язків

Індекс координати		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega_x$	$\omega'_x$	$\omega_y$	$\omega'_y$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спосіб реалізації	Реакція	–	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

Під час установки заготовки по внутрішнім циліндричним поверхням у шліцьовій оправці виникає похибка базування, яка визначає ексцентриситет між базою і обробленою поверхнею на глибину шпонкового пазу 9 мм за [11]:

$$\varepsilon_{69} = 2e + T_D + \Delta,$$

де  $T_D$ , – допуск по діаметру  $\varnothing 144$  мм ( $T_{\varnothing 144}=0,04$  мм) за [11];

$2e$  – ексцентриситет між базою і обробленою поверхнею(дорівнює  $T_D$ );

$\Delta$  – мінімальних зазор між оправкою і базою.

$$\varepsilon_{69} = 0,04 + 0,04 + 0,07 = 0,15 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_6 < T_9 \rightarrow 0,15 < 0,36 \text{ мм.}$$

Дана похибка базування на точність розмірів не впливає, а може вплинути лише на подальший перерозподіл припуску.

Аналіз структури полів збурюючих сил

Для визначення взаємного впливу поля збурюючих сил та поля зрівноважуючих сил будуюмо графічну модель збурюючих сил, яка зображена на рисунку 7.6 взаємозв'язку з прийнятою схемою базування:

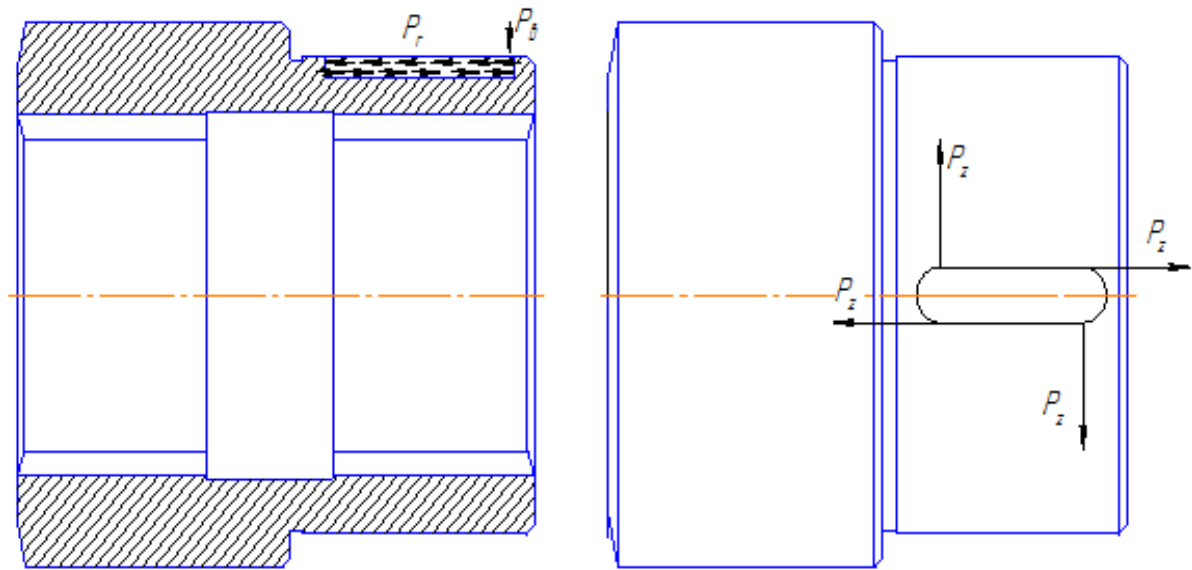


Рисунок 7.6 – Структура поля збурюючих сил

Аналіз структури полів зрівноважувальних сил

З рисунку 7.6 бачимо, що поля збурюючих сил не врівноважується силою та потребують прикладання додаткових сил закріплення. При такій схемі базування доцільно застосовувати шліцьову оправку, який створює поле зрівноважувальних сил, що й представлено на рисунку 7.7.

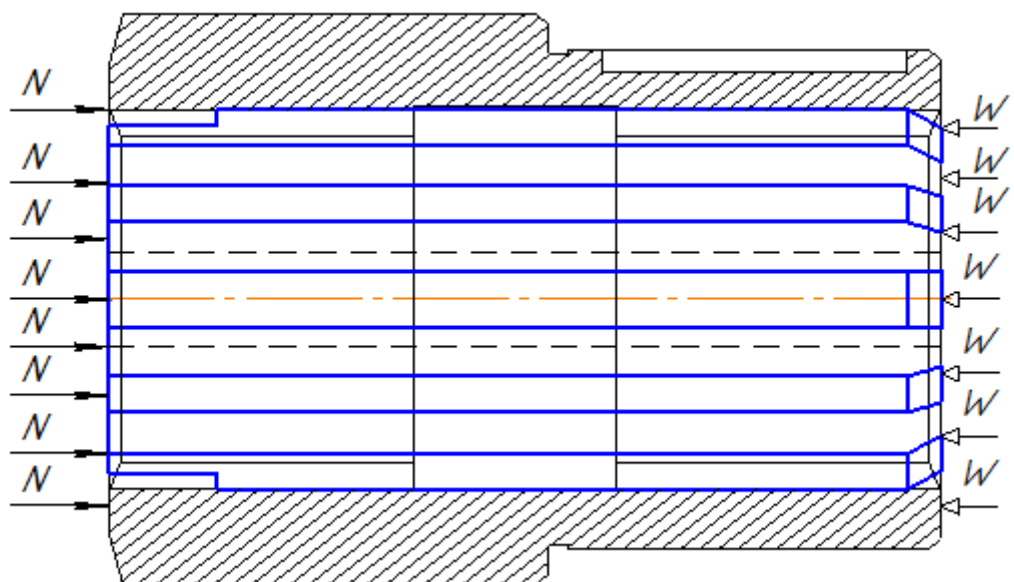


Рисунок 7.7 – Структура поля зрівноважувальних сил

Для аналізу структури та якості зв'язків, що виникають при закріпленні заготовки, будуюмо таблицю однобічних зв'язків.

										Лист
										66
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510224-00.00.ПЗ					

Таблиця 7.3 – Однобічні зв'язки

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	$\omega$	$\omega_x'$	$\omega_y$	$\omega_y'$	$\omega_z$	$\omega'_z$
Спо- сіб реалі- зації	Реакція	–	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Сила зак- ріплення	W	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Сила тертя	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Головна складова сили різання при фрезеруванні визначається за формулою 7.1 за [9]:

$$P_z = (10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B^{np} \cdot z) / (D^{qp} \cdot n^{wp}), \quad (7.1)$$

де  $C_p$  – коефіцієнт, за [9];  $C_p = 261$

$x, y, n, q, w$  – показники ступеня, за [9]:  $x=0,8, y=0,75, n=1, q=0,73, w=0,13$

$t$  – глибина фрезерування,  $t=3$  мм за [9];

$S_z$  – подача на один зуб при фрезеруванні,  $S_z = 0,2$  мм/зуб за [9];

$b$  – ширина фрезерування, 22 мм за [9];

$z$  – кількість зубів фрези,  $z=2$  за [9];

$n$  – частота обертання шпинделя,  $n=600$  об/хв за [9];

$$P_z = (10 \cdot 261^{0,85} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 22^1 \cdot 2) / (22^{0,73} \cdot 600^{0,13}) = 3983,84 \text{ Н}$$

Визначаємо силу закріплення за формулою 7.2 за [11]:

$$P_3 = K \cdot P_z, \text{ [Н]} \quad (7.2)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу;

$P_z$  – головна складова сили різання при фрезеруванні;

													Лист
													67
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата									

Коефіцієнт запасу  $K$  за [1] с.85 за формулою 7.3 за [11]:

$$K=K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (7.3)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт гарантованого зазору,  $K_0=1,5$  за [11];

$K_1$  – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваних поверхнях, при чистовій обробці,  $K_1=1$  за [11];

$K_2$  – коефіцієнт, що характеризує збільшення сил різання внаслідок затуплення ріжучого інструменту, за [1] с. 84, таблиця 9,  $K_2=1,6$  за [11];

$K_3$  – коефіцієнт, враховуючий збільшення сил різання при переривчастому точінні і торцевому фрезеруванні,  $K_3=1,0$  за [11];

$K_4$  – коефіцієнт, що характеризує сталість сили закріплення, при використанні пневмо–камер подвійної дії,  $K_4=1$  за [11];

$K_5$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних затискних механізмів,  $K_5=1$  за [11];

$K_6$  – коефіцієнт враховують тільки при наявності моментів, які прагнуть повернути заготовку,  $K_6=1$  за [11].

$$K=1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,4, \text{ так як } K < 2,5 \text{ приймаємо } K=2,5.$$

Підставивши розраховане значення крутного моменту в формулу (8.3), визначаємо силу закріплення:

$$P_3=2,5 \cdot 3983,84 = 9960 \text{ Н}$$

Затиск заготовки виконується при подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмокамери двосторонньої дії. При цьому сила на штоку розраховується по формулі 7.4 за [11]:

$$Q = \frac{\pi}{16} \left[ (D+d)^2 - d_1^2 \right] \cdot p \quad (7.4)$$

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

де  $D$  – діаметр діафрагми усередині пневмокамери, мм;

$d$  – діаметр опорного диска діафрагми, мм;

$d_1$  – діаметр штока, мм;

$p=0,4$  Мпа – тиск стиснутого повітря.

Діаметр опорного диска діафрагми визначається по формулі 7.5 за [11]:

$$d = D - 2h - (2 \div 4) \text{ мм} \quad (7.5)$$

де  $h=4-8$  мм – товщина діафрагми (приймаю  $h=5$  мм ).

Тоді:  $d = D - 2 \cdot 5 - 2 = D - 12$  (мм)

Діаметр штока знаходимо за формулою 7.6 за [11]:

$$d_1 = 0,2 \cdot D \quad (7.6)$$

Підставляючи співвідношення по формулах (7.5) і (7.6) у формулу (7.7), маємо наступне вираження:

$$Q = 0,196 \cdot p \cdot [(2 \cdot D - 12)^2 - (0,2 \cdot D)^2] \quad (7.7)$$

Урахувавши те, що необхідна сила затиску дорівнює  $Q=9960$  Н, а тиск стисненого повітря  $p=0,4$  МПа, маємо :

$$9960 = 0,196 \cdot 0,4 \cdot [(2 \cdot D - 12)^2 - (0,2 \cdot D)^2]$$

Вирішуємо квадратне рівняння:

$$9960 = 0,0784 [(4 \cdot D^2 - 48 \cdot D + 144) - 0,0484 \cdot D^2]$$

$$0,31 \cdot D^2 - 3,8 \cdot D - 9948,71 = 0$$

$$D = 3,8^2 + 4 \cdot 0,31 \cdot 9948,71 = 12350,84$$

					ТМ 18510224-00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$D_1 = \frac{3,8 - \sqrt{12350,84}}{2 \cdot 0,31} < 0$$

$$D_2 = \frac{3,8 + \sqrt{12350,84}}{2 \cdot 0,31} = 208,48$$

Приймаю стандартне значення діаметра пневмо-камери  $D=250$  мм. Тоді діаметр опорного диска рівний :  $d=250-2 \cdot 7-3=233$  (мм). Приймаю  $d=232$  мм. А діаметр штока :  $d_1=0,2 \cdot 250=50$  (мм).

Дійсна сила на штоку визначається за вище зазначеною формулою 7.4:

$$Q = \frac{\pi}{16} \cdot [(250 + 232)^2 - 50^2] = 15326 \text{ Н.}$$

Дана сила перевищує необхідну силу затиску заготовки, а, отже, пристрій забезпечує фіксоване положення при обробці.

Оптимальна довжина ходу штока пневмо-камери визначається по формулі 7.8 за [11]:

$$l = 0,22 \cdot D \quad (7.8)$$

Тоді,  $l=0,22 \times 250=55$  мм.

Для розрахунку на міцність обирається шток. Він виготовлений зі сталі 40, у якої межа  $\sigma_T=300$  МПа. На даному штоку при затиску заготовки саме вразливе місце – різь М36, за допомогою якої шток пневмо-камери прикріплюється до затискача.

Для того щоб не було розриву різі на штоку, необхідне виконання умови за [11]:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p]$$

									Лист
									70
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510224-00.00.ПЗ				

У свою чергу, допустиме навантаження штока  $[\sigma_p]$  визначається по формулі за [11]:

$$[\sigma]_p = 0,67 \cdot \sigma_m \quad (7.9)$$

Тобто:  $[\sigma_p] \approx 0,67 \cdot 300 = 201$  МПа.

Небезпечним є перетин, ослаблене нарізанням різі, найменший діаметр якого визначається по формулі 7.10 за [11]:

$$d_1 = d - 2H = d - 1,08 \cdot P \quad (7.10)$$

де  $d_1$  – внутрішній діаметр різі;

$d$  – зовнішній (номінальний) діаметр різі;

$H$  – висота витка;

$P$  – крок різі (прийнятий  $P=3$  мм).

$$d_1 = 36 - 1,08 \cdot 3 = 32,76 \text{ мм}$$

Навантаження штока визначається за формулою 7.11 за [11]:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot Q}{\pi d^2} \quad (7.11)$$

де  $Q$  – зусилля на штоці ( $Q=17237$  Н);

$S$  – площа розглянутого перетину штока.

Знаходимо навантаження:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 17237}{3,14 \cdot 32,76^2} = 20,45 \text{ МПа}$$

					ТМ 18510224–00.00.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71



Умова виконується ( $20,45 \text{ МПа} < 201 \text{ МПа}$ ), тому різь М36 витримає дане навантаження.

Висновок: в даному пункті наведена модель збурюючих сил та зрівноважувальних сил при схемі базування в шліцьовій оправці; розраховані сила закріплення  $P_3=9960 \text{ Н}$ , сила на штоку  $Q=15326 \text{ Н}$ , навантаження на різьбу М36 (небезпечний перетин верстатного пристрою)  $\sigma_p = 20,45 \text{ МПа}$ .

Розрахунок точності параметрів пристрою

Розрахункову похибку пристрою знаходимо за формулою 7.12 за [11]:

$$\varepsilon_{np} \leq T - K_T \sqrt{(k_{T1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2} \quad (7.12)$$

де  $T = 360 \text{ мкм}$  – найбільший жорсткий допуск розміру, що одержують на даній операції дивись у пункті 7.1 ;

$K_T = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує можливий відступ окремих складових від нормального закону розподілу випадкових величин за [11];;

$K_{T1} = 0,8$ –коефіцієнт, що враховує деяке зменшення граничного значення похибки базування за [11];;

$\varepsilon_{\delta} = 150 \text{ мкм}$  – похибка базування заготовки в пристрої (вимірювальна і технологічна бази співпадають) за [11];;

$\varepsilon_3 = 10 \text{ мкм}$  – похибка закріплення, виникає в результаті зсуву оброблюваних поверхонь заготовок від дії затискної сили (не збігається напрям сили закріплення до допуску розміру, що вимірюється) за [11];;

$\varepsilon_y = 10 \text{ мкм}$  –похибка устанавлення пристрою на верстаті за [11];;

$\varepsilon_n = 0$  – похибка перекосу інструмента (втулки не використовуються) за [11];;

$\varepsilon_u = 0$  – похибка, що виникає внаслідок зношування встановлювальних елементів пристрою за [11];;

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

									Лист
									72
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

$\omega = 220$  мкм – середня економічна точність обробки (допуск по 13 квалітету на розмір ширини шпонкового пазу 22) за [11];;

$\varepsilon_{noz} = 20$  мкм – похибка позиціонування (заготовка не повертається) за [11]:.

Підставляємо значення:

$$E_{np} = 360 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 150)^2 + 10^2 + 10^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 220)^2 + 20^2} = 143,93 \text{ мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск паралельності за [9]:

$$E_{np} = 160 \text{ мкм}$$

Вказуємо на складальному кресленні пристрою, як технічну вимогу, що відхилення від паралельності осі шліцьової оправки відносно площини плити не більше – 0,16 мм.

Висновок: в даному пункті розраховано похибку пристрою  $E_{np} = 160$  мкм, яка вказується на складальному кресленні пристрою, як технічна вимога.

Принцип роботи пристрою

Пристрій в зборі повинен задовольняти технічним вимогам креслення загального виду й забезпечувати якісну обробку заготовки по заданим розмірам.

Всі деталі й вузли пристрою піддати візуальному контролю, а виявлені дефекти усунути. Всі деталі і вузли перелічені в [Додатки Б, В].

Складання пристрою здійснюється в наступній послідовності:

1. До плити поз. 5 кріпляться дві шпонки поз. 19 за допомогою гвинтів поз. 14.
2. Стійка поз. 7 приварюється до плити за допомогою ребр жорсткості поз. 6.
3. До стійки з правої сторони запресовується з натягом фланець поз. 8 і загвинчується гвинтами поз. 13.

4. До стійки з лівої сторони запресовується корпус пневмо–камери поз. 2 і загвинчується гвинтами поз. 13.

5. До штоку поз. 9 загвинчується шпилька поз. 18

6. На шпильку запресовується шліцьова оправка поз. 4.

Експлуатація пристрою:

1. Установити і закріпити пристрій на верстаті з урахуванням нульової точки верстата.

2. Зняти з пристрою рим–болти поз. 22.

3. Підготувати базові поверхні до установки заготовки.

4. На шліцьову оправку встановлюється заготовка і притискається швидко–знімною шайбою поз. 17 і шайбою поз. 16 за допомогою гайки поз. 18.

5. Поворотом рукоятки запустити повітря з мережі в штокову порожнину пневмо–камери, щоб забезпечити закріплення заготовки.

6. Обробити заготовку.

7. Поворотом рукоятки запустити повітря з мережі в без штокову порожнину пневмо–камери, щоб відкріпити заготовку. Відкрутити гайку поз. 18, зняти швидко–знімну шайбу поз. 17 і шайбою поз. 16 в кінці зняти заготовку.

8. Пристрій зберігати на дерев'яній основі. Вплив атмосферних опадів і агресивних середовищ неприпустимо.

## ВИСНОВОК

В даному проекті наведений вдосконалений технологічний процес виготовлення деталі «Шестерня 00.13.ДШ»: обрані найбільш раціональні схеми базування заготовки на операціях; вибрано достатньо недорогі верстати та вимірвальний інструмент, які задовольняють вимогам обробки та контролю, котрі поставлені до деталі. Виконано розрахунок режимів різання аналітичним та табличним методом. Проведено технічне нормування операцій

В дипломному проекті розроблено спеціальний верстатний пристрій з пневматичним приводом для операції «065 Шпонково–фрезерна» з розрахунками на міцність та точність даного пристрою. Наведено опис та принцип дії верстатного пристрою.

Перелік змін до базового (заводського) технологічного процесу:

1. Операція токарна з ЧПК базового технологічного процесу розділена на три операції (030 токарна; 035 токарна з ЧПК; 040 токарна з ЧПК), для забезпечення технічних вимог і якості виготовлення деталі;

2. Вертикально–фрезерна операція базового технологічного процесу перейменована на шпонково–фрезерну операцію, бо шпонковий паз може бути виготовлений верстатами, як вертикального так і горизонтальної положення шпинделя.

3. Довбальна операція базового технологічного процесу замінена на горизонтально–протяжну операцію, для поліпшення якості обробки та підвищення продуктивності.

4. Обрані сучасніші різальні інструменти, на відміну від базового технологічного процесу, які забезпечують впровадження більш продуктивних режимів різання, а в свою чергу зменшення основного (машинного) часу.

5. Додана операція «085 круглошліфувальна», для забезпечення розміру  $\varnothing 190k6 \begin{pmatrix} +0,033 \\ +0,004 \end{pmatrix}$ .

									Лист
									75
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. «Центрифуга ОГШ–501У–01. Паспорт»
2. Марочник сталей і сплавів. 2–е вид., Доп. і випр. / А.С. Зубченко, М.М. Колосков, Ю.В. Каширський та ін. За заг. ред. А.С. Зубченко – М.: Машинобудування, 2003. 784 с.: іл.
3. Економіка підприємства: Навчальний посібник/ П. В. Круш, В. І. Подвігіна, Б.М. Сердюк та ін., – К.: Ельга–Н: КНТ, 2007. – 777с.
4. Проектирование и производство заготовок в машиностроении: Учеб.пособие/ П. А. Руденко, Ю. А. Харламов, В. М. Плескач; под общ. Ред. В. М. Плескача. – К.: Выща шк., 1991. – 247 с.
5. ГОСТ 7505–89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и ковальские напуски».
6. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навчальний посібник. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 123 с.
7. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении / [Бабук В. В., Шкред В. А., Кривко Г. П., Медведев В. И.]; Под ред. В. В. Бабука. Минск: Выща школа, 1987. – 255 с.
8. Устаткування й нормативи часу і режимів різання для нормування робіт виконуваних на універсальних і багатоцільових верстатах з ЧПУ, частина 2, Нормативи режимів різання, М.: Економіка, 1990. 472 с.
9. Устаткування й нормативи режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах. Частина 1. Токарні, карусельні, токарно–револьверні, алмазно–розточувальні, свердлильні, стругальні, фрезерні верстати. Вид. 2–е. – М.: Машинобудування, 1974. – 406 с.
10. Кирилюк Ю.Е. Допуски и посадки: Справочник. 2–е изд., перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд–во, 1989. 135., 3 ил., 26 табл.
11. Станочные приспособления : справочник : в 2 т. / Под ред. Б. И. Вардашкина, А. А. Шатилова, –М.: Машиностроение, 1984. – 592 с.(том 1), 656 с.(том2).

										Лист
										76
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ТМ 18510224–00.00.ПЗ					