

РЕФЕРАТ

Об'єкт дослідження – розробка технологічних процесів і оснащення для виготовлення деталі Кришка падаючого патрона.

У першому розділі бакалаврської роботи проводиться аналіз службового призначення машини.

У другому розділі здійснюється обґрунтований вибір матеріалу деталі, проводиться аналіз її робочого креслення та оцінка технологічності конструкції. Розробляється маршрут виготовлення, виконуються розрахунки припусків, формується технологічний процес обробки. Також визначаються та обґрунтовуються режими різання, здійснюється нормування операцій, підбирається універсальне та контрольне технологічне оснащення. Окремо розробляється інструментальний комплекс для токарної операції.

У третьому розділі розглядаються питання забезпечення безпечних і комфортних умов праці з урахуванням вимог охорони праці та екології виробництва, а також заходи щодо зменшення негативного впливу на довкілля. Організація виробництва базується на впровадженні сучасних технологій, зокрема систем числового програмного керування, адитивного виробництва, інтелектуальних систем контролю якості, систем управління виробництвом, а також засобів комп'ютерного моделювання та симуляції. Це сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів, зниженню витрат і забезпеченню високих показників якості продукції з урахуванням екологічних вимог.

Графічна частина містить креслення заготовки, деталі і операційних ескізів, конструкції контрольного та верстатного пристроїв, інструментального комплексу. Пояснювальна записка виконана з використанням хмарних офісних сервісів, а графічна частина – CAD систем SolidWorks та FeatureCam

КРЕСЛЕННЯ, ЗАГОТОВКА, КРИШКА, МАРШРУТ ОПЕРАЦІЙ, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА, ТОЧНІСТЬ, ОСНАЩЕННЯ, РІЗУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ, ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

					КНУ.КБР.131.26.1-17.Р			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кучеренко			РЕФЕРАТ		Літ.	Арк.
Перевір.		Пікільняк						1
							ПМ-22	
Н. Контр.		Нечаєв						
Затверд.		Рязанцев						

ABSTRACT

Title: Design and manufacturing engineering for the feed chuck “Cover” part with engineering rationale for process parameters and tooling using CAD/CAM systems

The object of research is the development of technological processes and tooling for manufacturing the “cover” part of a feeding chuck.

The first chapter of the bachelor’s thesis analyzes the functional purpose of the machine.

The second chapter provides a justified selection of the part material, analysis of the working drawing, and evaluation of the manufacturability of the design. A manufacturing route is developed, machining allowances are calculated, and the technological machining process is formed. Cutting conditions are determined and substantiated, operations are standardized, and both general-purpose and inspection tooling are selected. In addition, a tooling system for the turning operation is developed.

The third chapter addresses occupational safety and environmental protection issues, ensuring safe and comfortable working conditions, as well as measures to reduce the negative environmental impact of production. Production organization is based on the implementation of modern technologies, including numerical control systems, additive manufacturing, intelligent quality control systems, production management systems, and computer modeling and simulation tools. This contributes to improving production efficiency, reducing costs, and ensuring high product quality while meeting environmental requirements.

The graphical part includes drawings of the blank, the part, and operational sketches, as well as designs of inspection and machine fixtures and the tooling system. The explanatory note was prepared using cloud-based office services, while the graphical part was developed using CAD systems SolidWorks and FeatureCam.

DRAWING, BLANK, COVER, OPERATION SEQUENCE, CNC PROGRAM, ACCURACY, TOOLING, CUTTING TOOL, ECONOMIC JUSTIFICATION

					КНУ.КБР.131.26.1-17.3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT	Лит.	Арк.	Архив
Розроб.		Кучеренко					1	
Перевір.		Пікільняк						
Н. Контр.		Нечаєв				ПМ-22		
Затверд.		Рязанцев						

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВУЗЛА.....	6
1.1 Призначення об'єкту виробництва.....	6
1.2 Виявлення та розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	7
1.3 Виявлення та розрахунок кутових розмірних ланцюгів	10
АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ	15
2.1 Аналіз якості поверхонь деталей	17
2.2 Технічний контроль робочого креслення.....	19
2.3. Аналіз технологічності деталі.....	19
2.3.1 Якісний аналіз технологічності	19
2.3.2. Кількісний аналіз технологічності	20
2.4 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки.....	21
2.5 Вибір методів обробки.....	24
2.6. Вибір баз.....	25
2.7. Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі	27
2.8. Розрахунок і вибір режимів різання.	30
2.9 Вибір технологічного устаткування.	31
2.10. Проектування контрольного пристосування	34
2.11. Моделювання операцій мех. обробки.....	35
2.12. Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	37
3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	43
3.1. Забезпечення охорони праці та екологічної безпеки виробництва	43
3.1.1. Загальні положення	43
3.1.2. Організація робочого місця	43
3.1.3. Техніка безпеки при роботі з обладнанням	43
3.1.4. Вимоги до персоналу	44
3.1.5. Вплив виробництва на довкілля	44

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-17.3</i>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кучеренко			<i>ABSTRACT</i>					
Перевір.		Пікільняк								
Н. Контр.		Нечаєв								
Затверд.		Рязанцев								
					Літ.		Арк.		Аркушів	
					1		1		1	
					<i>ПМ-22</i>					

3.1.6. Заходи з охорони навколишнього середовища	44
3.1.7. Моніторинг та контроль.....	45
3.2. Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	45
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-17.3</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ABSTRACT</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архувів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Кучеренко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Пікільняк</i>					1	
<i>Н. Кантр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>				<i>ПМ-22</i>		

ВСТУП

Машинобудування є основою важкої промисловості й відіграє провідну роль у народному господарстві нашої країни, тому що основні виробничі процеси в промисловості, на транспорті й у сільському господарстві виконують машини. Рівень розвитку машинобудування визначає рівень інших галузей народного господарства. Тому машинобудування на Україні розвивається більше високими темпами, чим інші галузі господарства. Машинобудування, що забезпечує всі галузі народного господарства, визначає рівень технічного прогресу й впливає на створення матеріально-технічної бази. У зв'язку із цим розвитку машинобудування надається першорядне значення.

До машин, проєктованим і виготовленим у цей час, пред'являється загальна вимога відповідності найвищому сучасному світовому технічному рівню. Це забезпечується:

- а) збільшенням продуктивності й потужності машин;
- б) підвищенням швидкостей, тисків і інших показників інтенсивності виробничих процесів;
- в) підвищенням коефіцієнтів корисної дії машин;
- г) зниженням ваги й габаритів;
- д) широкою автоматизацією керування;
- е) підвищенням надійності й довговічності;
- ж) зниженням вартості виготовлення й збільшенням економічної ефективності експлуатації;
- з) зручністю й безпекою обслуговування;

До деталей машин пред'являють вимоги, що впливають звідси, працездатності протягом заданого строку їхньої служби при мінімальній вартості виготовлення й експлуатації. Надійність машини визначається її конструктивними особливостями, застосовуваною технологією виготовлення й режимів експлуатації. Машинобудівний комплекс України переживає в цей момент ривок в області високих технологій. Основні напрямки економічного й соціального розвитку в Україні передбачають високі темпи зростання промислового виробництва за рахунок підвищення продуктивності праці на основі механізації й автоматизації виробництва. У цей час створюються так називані гнучкі виробничі системи (ГПС), які дозволяють забезпечити випуск оптимальних партій однотипних деталей, можливість переходу на випуск будь-якої деталі із заданої номенклатури, мінімальні строки підготовки виробництва, мінімальні витрати на випуск інших деталей, можливість функціонування встаткування більшу частину доби в автоматичному режимі без втручання й контролю з сторони оператора, що дозволяє реалізувати "безлюдну технологію".

					КНУ.КБР.131.26.1-17.В		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кучеренко			ВСТУП		
Перевір.		Пікільняк					
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	
					ПМ-22		

1. АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВУЗЛА.

1.1 Призначення об'єкту виробництва

Установка НКР100МПА призначена для виконання бурових робіт у підземних умовах при проходженні свердловин у гірських породах із коефіцієнтом міцності $f = 6-18$.

Падаючий патрон (рис. 1.1) є функціональним вузлом, який забезпечує створення осевого зусилля подачі та передачу крутного моменту буровому інструменту як під час буріння, так і при його витягуванні зі свердловини.

За конструктивним виконанням падаючий патрон являє собою одноступеневий редуктор, оснащений пневматичним затискним механізмом. До його складу входять ведуча шестерня 1 та зубчасте колесо 2, причому внутрішня порожнина останнього виконує роль робочого циліндра затискного пристрою. Шестерня разом із підшипником 24 встановлюється в корпусі 12 та фіксується кришкою 16. Для запобігання потраплянню шламу підшипники ущільнені манжетами 4 і додатково захищені кришками 3.

Пневматичний затискний механізм змонтований на підшипниках 23 і включає зубчасте колесо 2, яке закріплюється кришкою 5. У середині розміщені поршень 6 та гільза 8 із кулачками 10. Гільза встановлюється в зубчасте колесо за допомогою різьбового з'єднання, а кулачки утримуються від випадання стопорним кільцем 7. Герметичність поршня забезпечується ущільнювальними кільцями 9 і 14.

Подача стисненого повітря до затискного пристрою здійснюється через кришки 11 і 22, при цьому герметизація забезпечується манжетами 20 та 21.

У корпусі передбачені спеціальні отвори для заливання та зливу мастильного матеріалу, які закриваються пробками 15 і 25. Крім того, у корпус запресовані дві бронзові втулки 13, що забезпечують напрямлене ковзання патрона вздовж направляючих під час його переміщення.

У кришці 16 встановлені дві різьбові втулки 17, призначені для монтажу штоків датчиків.

Принцип роботи затискного механізму полягає в наступному: при переміщенні поршня вліво його конічна поверхня взаємодіє з кулачками, розташованими в пазах гільзи, забезпечуючи затискання бурової штанги. При цьому осове переміщення поршня на 32 мм викликає радіальне зміщення кулачків приблизно на 4 мм. Розтискання кулачків відбувається при зворотному переміщенні поршня вправо.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.В		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кучеренко			ВСТУП	Літ.	Арк.
Перевір.		Пікільняк					1
						ПМ-22	
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					

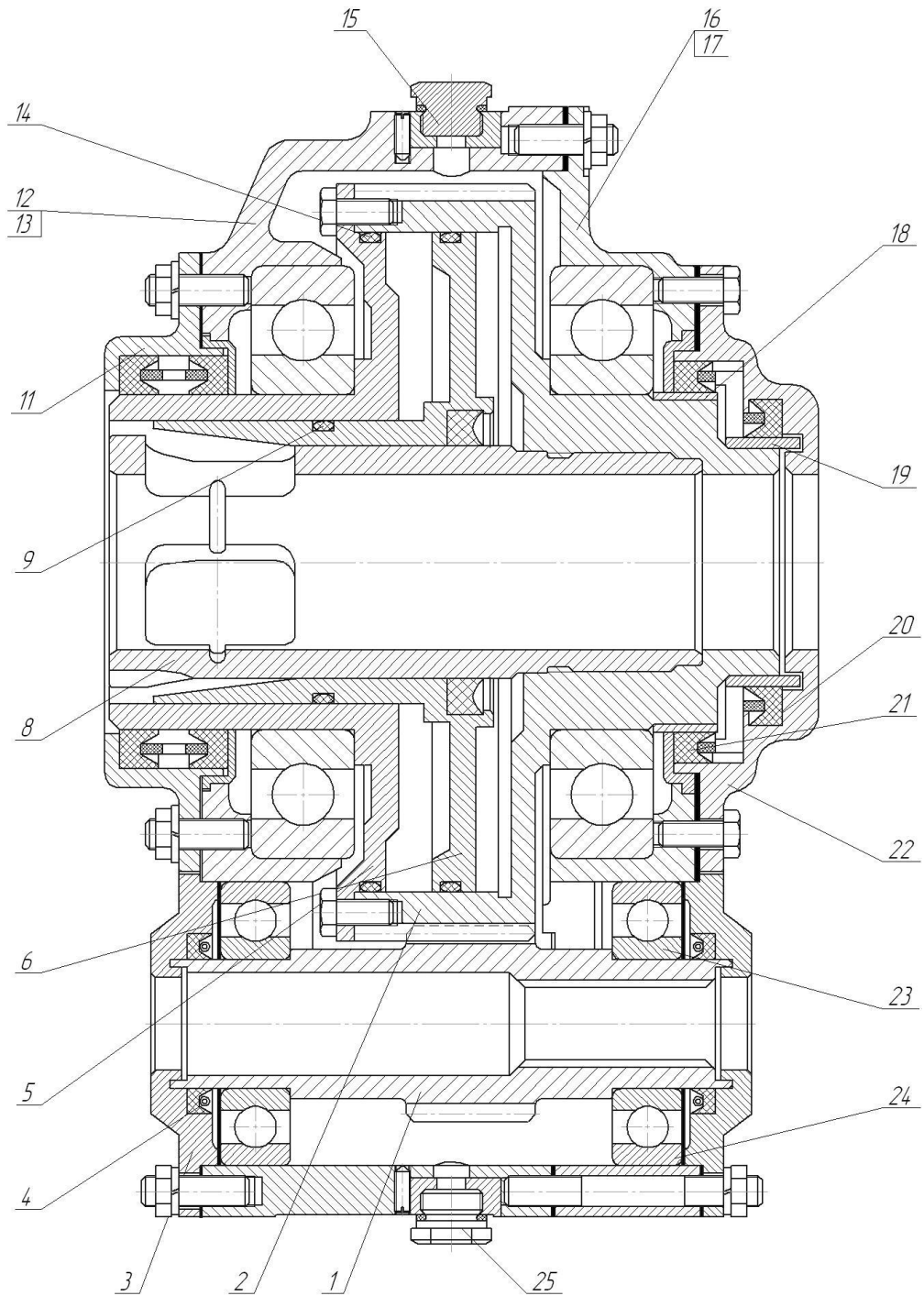


Рисунок 1.1 – Падаючий патрон

1.2 Виявлення та розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

У процесі аналізу складального вузла формується лінійний розмірний ланцюг А (рис. 1.2), який визначає значення замикаючого параметра — осьового зазору між торцевою поверхнею підшипника та відповідною поверхнею спряженої деталі.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.01.АСПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

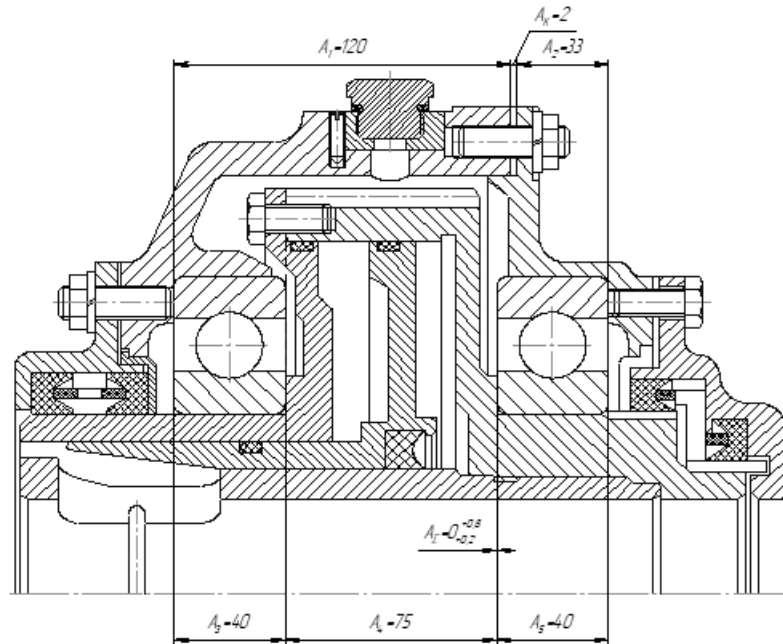


Рисунок 1.2 – Схема лінійного розмірного ланцюга А

Відповідно до прийнятої схеми, до ланок, що зменшують результуючий розмір, відносяться А3, А4 і А5. Ланки А1, А2 та компенсуючий елемент АК, навпаки, формують збільшення сумарного розміру. Замикаючий параметр позначається як АΣ.

Оцінювання параметрів ланцюга виконується методом прямого розрахунку з використанням принципу компенсації розмірів. У ролі регулювального елемента приймається пакет дистанційних прокладок змінної товщини, який виконує функцію ланки-компенсатора.

Для проведення розрахунків задано такі початкові величини:

$A_1 = 120 \text{ Js14 } (\pm 0,435 \text{ мм});$

$A_2 = 10 \text{ Js14 } (\pm 0,310 \text{ мм});$

$A_3 = A_5 = 40 - 0,2 \text{ мм}$ (габаритна ширина підшипника);

$A_4 = 75 \text{ Js14 } (\pm 0,370 \text{ мм});$

A_Σ — шуканий зазор між торцями деталей;

$AK = 2 \pm 0,05 \text{ мм}$ — сумарна товщина регулювального пакета.

Компенсація становить за формулою:

$$T_K = T_\Sigma - [T_\Sigma], \text{ мм} \quad (1.1)$$

де $T_\Sigma = 2,63 \text{ мм};$

Розрахунок показує, що необхідна величина компенсації становить:

$$T_K = 2,63 - 0,6 = 2,03 \text{ (мм)}$$

З метою забезпечення можливості точного регулювання визначається кількість дискретних кроків компенсатора:

$$N = \frac{T_K}{[T_\Sigma] - T_{\text{min}}} + 1 \quad (1.2)$$

$$N = \frac{2,03}{0,6 - 0,1} + 1 = 5,06$$

Прийняте значення $N = 5$ забезпечує достатню плавність налаштування та технологічну доцільність виготовлення.

Подальшим етапом є уточнення величини одного кроку регулювання та визначення середнього значення товщини компенсатора. На основі цих даних встановлюються граничні значення регульовального пакета.

$$T_{CT} = \frac{T_K}{N - 1}, \text{ мм} \quad (1.3)$$

$$T_{CT} = \frac{2,03}{5 - 1} = 0,507 (\text{мм})$$

Середня величина компенсатора:

$$A_{CK} = A_{КОМП} + \Delta C_{КОМП} + \Delta C_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}] , \text{ мм} \quad (1.4)$$

$$A_{CK} = 2 + 0 + 0,5 - 0 = 2,5 (\text{мм})$$

Граничні величини компенсатора:

$$A_{KMAX} = A_{CK} + \frac{T_K}{2} \quad (1.5)$$

$$A_{KMAX} = 2,5 + \frac{2,03}{2} = 3,515 (\text{мм})$$

$$A_{KMIN} = A_{CK} - \frac{T_K}{2} \quad (1.6)$$

$$A_{KMIN} = 2,5 - \frac{2,03}{2} = 1,485 (\text{мм})$$

Типорозміри окремих прокладок визначаються шляхом послідовного зменшення максимальної товщини компенсатора на величину кроку. У результаті отримано наступний ряд значень:

3,5150±0,1мм,
3,0080±0,1мм,
2,5010±0,1мм,
1,9940±0,1мм,
1,4850±0,1мм.

Зведені результати розрахунку параметрів розмірного ланцюга наведені в таблиці 1.1.

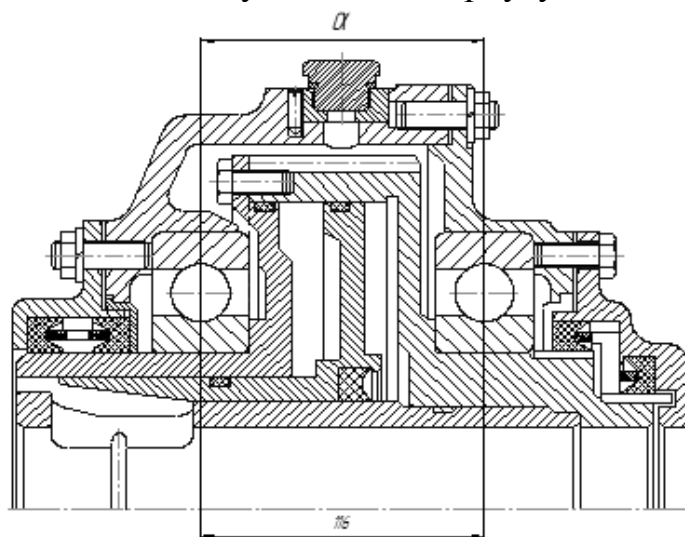
					КНУ.КБР.131.26.1-17.01.АСПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Розмірні ланцюги

Вихідні данні		Розрахункові величини			
Позначення ланки	Номінальний розмір, мм	Квалітет	Допуск	Розмір з відхиленням	ΔSi
A_1	120	14	0,87	$120 \pm 0,435$	0
A_2	10	14	0,62	$10 \pm 0,31$	0
$A_3=A_5$	40	Ст.	0,2	$40_{-0,2}$	-0,1
A_4	75	14	0,74	$75 \pm 0,37$	0
A_K	2		0,1	$2 \pm 0,05$	0

1.3 Виявлення та розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Кутовий розмірний ланцюг, схема якого подана на рис. 1.3, характеризує відхилення положення зубчастого колеса відносно базової осі механізму. Основною причиною виникнення такого перекосу є сумарний вплив зазорів у підшипниках кочення та посадковому з'єднанні корпусу з підшипником.

Рисунок 1.3 – Схема кутового розмірного ланцюга α

Максимально можливий радіальний зазор у підшипниках, визначений за довідковими матеріалами, становить $G_{\text{рад}} = 35 \text{ мкм}$.

Додатково враховується зазор у вузлі «корпус–підшипник», який досягає значення $S_{\text{MAX}} = 46 \text{ мкм}$.

Для оцінки впливу зазначених факторів будується розрахункова схема перекосу (рис. 1.4), на основі якої визначається величина кутового відхилення відповідно до залежності (1.7).

					КНУ.КБР.131.26.1-17.01.АСПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

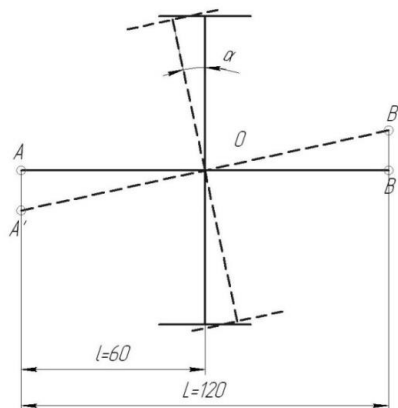


Рисунок 1.4 – Схема перекоосу

$$\alpha = \arctg\left(\frac{G_{\text{Д\AA\AA}} + S_{\text{MAX}}}{l}\right) \quad (1.7)$$

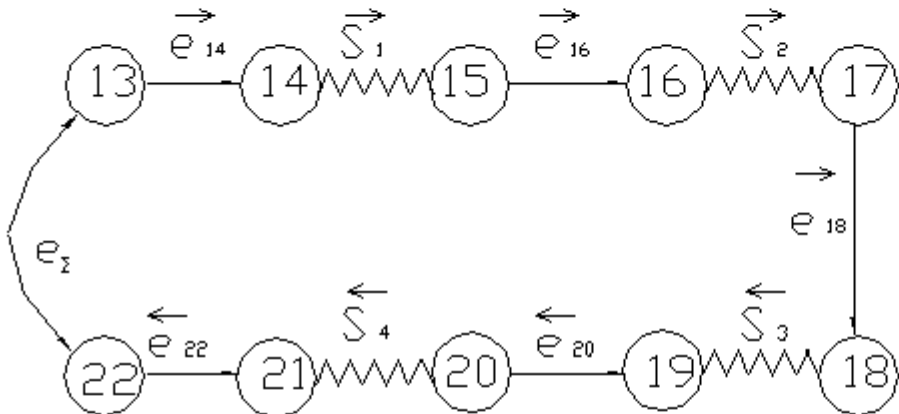
$$\alpha = \arctg\left(\frac{0,035 + 0,046}{60}\right) = 0,0773 \approx 4'38''$$

					КНУ.КБР.131.26.1-17.01.АСПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 - Розрахунок розмірних ланцюгів методом компенсації з використанням як компенсатори прокладок однакової товщини

Призначення розмірного ланцюга	Ланцюг А - забезпечення зазору між кришкою і підшипником	Значення вихідної ланки	$0^{+1,1}_{+0,1}$					
Схема розмірного ланцюга		Вихідні дані			Розрахункові величини			
		Обознач. ланки	Мінім. розміри	i	Квалітет	Допуск	Розміри з відхилений.	ΔC
		$\overline{A_1}$	204	2,89	14	1,15	$204 \pm 0,0575$	0
		$[A_2]$	12	1,08	12	0,18	$12 \pm 0,09$	0
		A_3	27	Ст.	Ст.	0,12	$27_{-0,12}$	-0,06
		A_4	126	2,52	13	0,63	$126 \pm 0,315$	0
		A_5	27	Ст.	Ст.	0,12	$27_{-0,12}$	-0,06
		A_6	12	1,08	12	0,18	$12^{+0,18}$	+0,09
		$\overline{A_K}$	2			0,4	$2 \pm 0,2$	0
				$\Sigma 7,57$		$\Sigma 2,78$		
Розрахунок розмірного ланцюга		β_2	50		Ст.	0,01		+0,005
$\overline{A_1}$ - відстань між торцями кришок; $\overline{A_2}$ - висота ніжки кришки; $\overline{A_3}$ - ширина підшипника; $\overline{A_4}$ - відстань між торцями вала; $\overline{A_5}$ - ширина підшипника; $\overline{A_6}$ - висота ніжки кришки; $\overline{\beta_2}, \overline{\beta_6}$ - биття підшипників; $\overline{\beta_{10}}, \overline{\beta_8}$ - биття ніжки кришки; $\overline{\beta_4}$ - биття вала; $\overline{\beta_9}$ - відхилення від прямолінійності корпусу.		β_4	60		12	0,16		+0,08
		β_6	110		Ст.	0,018		+0,009
		β_8	164		11	0,2		+0,1
		$\overline{\beta_9}$	204		11	0,12		+0,06
		β_{10}	164		13	0,5		+0,25
						$\Sigma 1,008$		
						$\Sigma 3,788$		

Таблиця 1.3 - Таблиця кутового розмірного ланцюга вероятностним методом

Позначення і призначення розмірного ланцюга	Визначення величини відносного зсуву в опорах і відносному перекосі в зубцюватуому зачепленні	Призначення вихідної ланки розмірного ланцюга	$j_n = 0,1\text{мм}$ $a_w = 178\text{мм}$ $f_a = \pm 0,05\text{мм}$					
Схема розмірного ланцюга			Шукана величина	Значення шуканої величини				
			e_z	$0 \pm 0,025$				
			em_{e_z}	0				
			T_{e_z}	0,05				
			P_z	0,01				
Ланка	Найменування розміру	Величина	em_i	em_{zi}	T_{zi}	α_i	K_i	
S1, S4	Посадки підшипників на вал;	$50 \frac{L6}{m6} \left(\begin{smallmatrix} -0,01 \\ +0,025 \\ +0,009 \end{smallmatrix} \right)$	$\frac{-0,005}{+0,017}$	+0,006	0	0,1	1,22	
S2, S3	Посадки підшипників у склянку;	$110 \frac{H7}{j6} \left(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ -0,013 \end{smallmatrix} \right)$	$\frac{+0,0175}{-0,0065}$	+0,0055	0,048	0,1	1,22	
e14, e22	Неспіввісність посадкових шийок вала;	$50 = \frac{0,012}{2} = 0,006$				0,1	0,75	
e16, e20	Радіальне биття підшипників качення;	$\frac{0,001}{2} + \frac{0,018}{2} = 0,014$				0,1	0,75	
e18	Неспіввісність отворів у корпусі.	$110 = \frac{0,025}{2} = 0,0125$				0,1	0,75	

Для заданих параметрів зубчастого колеса (модуль $m = 3$ мм, ділительний діаметр $d = 288$ мм, кількість зубців $z = 96$) величина допустимого відхилення по ширині вінця становить $f_x = 85$ мкм при ширині вінця $b = 60$ мм.

На рис. 1.5 наведена розрахункова схема, що використовується для визначення гранично допустимого кута перекосу зубчастого колеса.

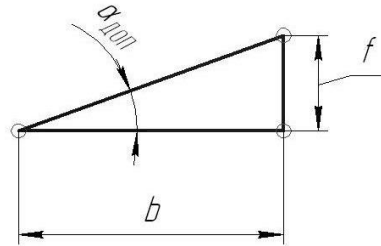


Рисунок 1.5 – Схема визначення допустимого кута перекосу зубчастого колеса

Кут перекосу визначається відповідно до геометричних співвідношень, отриманих зі схеми. Проведені розрахунки показали, що фактичне значення кута перекосу не перевищує допустимого рівня.

$$\alpha_{\text{факт}} = \arctg\left(\frac{0,085}{60}\right) = 0,081168 \approx 4'52''$$

Отже, умови працездатності зубчастого зачеплення дотримані, і вплив перекосу не призведе до порушення нормальної роботи механізму.

1.4 Технологічний процес складання

На наступному етапі визначається раціональна послідовність складання вузла вторинного валу. Схематичне представлення процесу складання наведено на рис. 1.6.

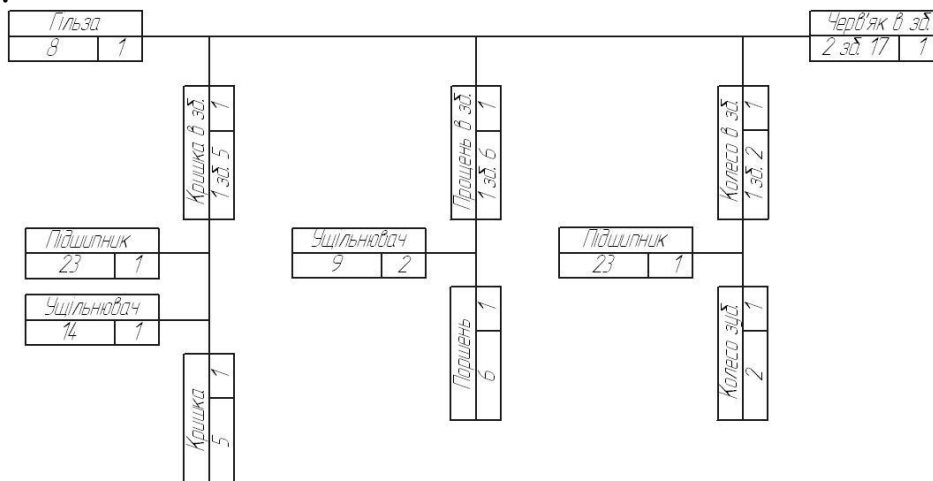


Рисунок 1.6 – Схема складання вузла Падаючий патрон

На основі розробленої схеми формується операційний технологічний процес складання. Його структура та зміст деталізуються у вигляді технологічних карт, де відображається порядок виконання операцій, застосовуване оснащення та контрольні дії. Збирання вузла здійснюється із використанням методу компенсації розмірів, при якому необхідна точність забезпечується за рахунок підбору або регулювання ланки-компенсатора.

АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

Кришка є деталлю патрона бурового верстата Рисунок 2.1 та 2.2.

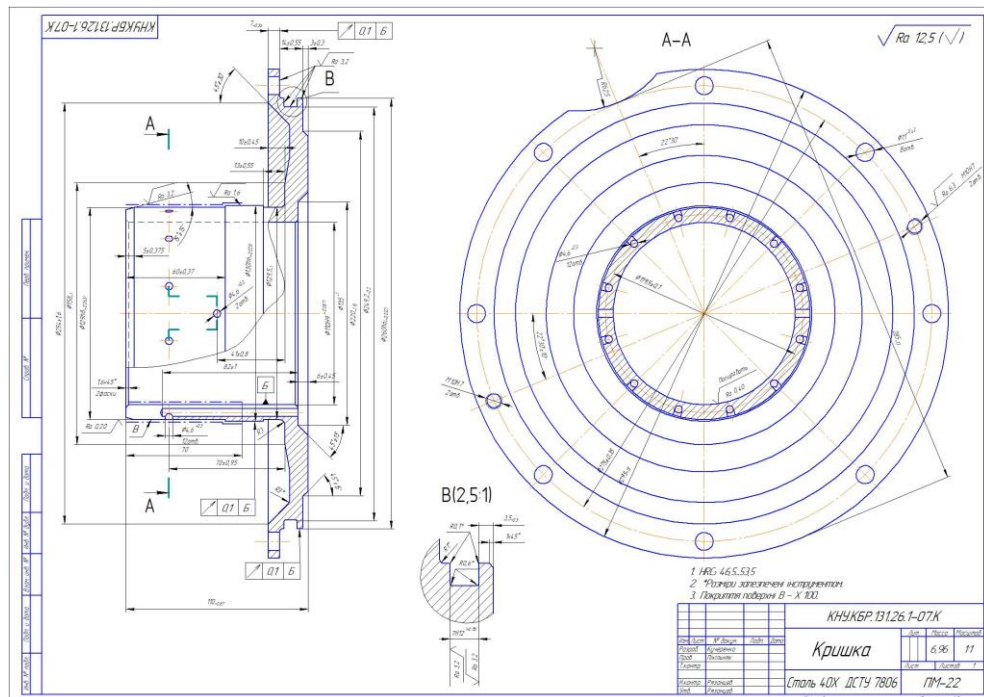


Рисунок 2.1. Креслення деталі «Кришка»

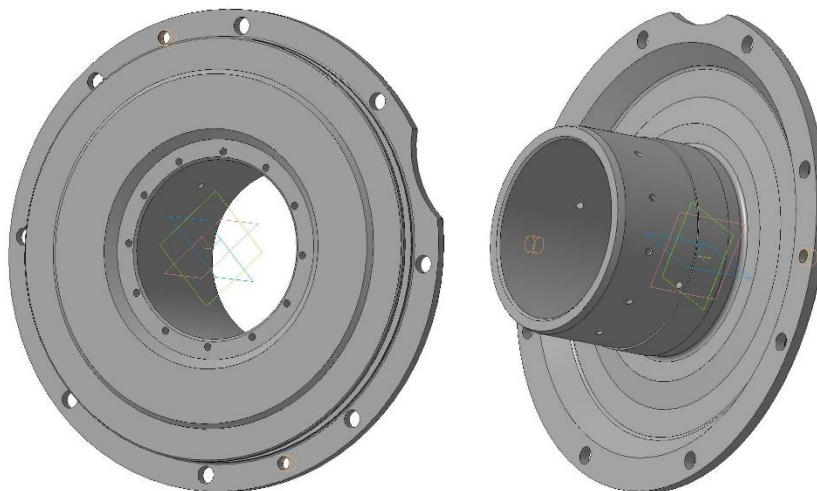


Рисунок 2.2. 3D-модель деталі «Кришка»

Кришка виконує функцію герметизації внутрішнього об'єму зубчастого колеса 2 (рис. 2.3). Зазначена порожнина одночасно використовується як робочий циліндр пневматичного затискного пристрою, конструктивно реалізованого у вигляді поршня 8, який забезпечує процеси затискання та розтискання бурових штанг.

КНУКБР.131.26.1-17.02.АСПД					Лит.			Арк.	Аркушів
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ			1	
Розроб.	Кучеренко								
Перевір.	Пікільняк								
Н. Контр.	Нечасів				ПМ-22				
Затверд.	Рязанцев								

У процесі роботи обладнання стиснене повітря подається поперемінно в ліву або праву частини циліндра через відповідні канали, виконані в кришці 3 та зубчастому колесі 2. Якість обробки зовнішніх поверхонь кришки безпосередньо впливає на забезпечення герметичності пневматичної системи.

З'єднання кришки з торцевою поверхнею зубчастого колеса здійснюється за допомогою болтового кріплення, для чого в конструкції передбачені відповідні монтажні отвори. Внутрішня поверхня отвору діаметром $\varnothing 110H9$ забезпечує спряження з поршнем. Для забезпечення сумісного обертання кришки із зубчастим колесом вона встановлюється на підшипниках із посадкою $\varnothing 130h6$.

З урахуванням функціонального призначення деталі обрано матеріал — сталь 40X, яка широко використовується для виготовлення деталей середнього рівня навантаження невеликих габаритів (осі, вали, зубчасті вали, колінчасті вали тощо), що підлягають термічному поліпшенню та характеризуються підвищеними міцнісними властивостями.

Хімічний склад сталі 40X наведено в таблиці 2.1, а її механічні характеристики відповідно до ДСТУ 7806:2015 — у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 40X, % (ДСТУ 7806:2015)

C	Si	Mn	Cr	P	Ni	S	Cu
				Не більш			
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	0,035	0,3	0,035	0,3

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 40X по ДСТУ 7806:2015

Стан постачання, режим Т/О	Перетин, мм	кп	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	Ψ	ксп, Дж/см	НВ
			МПа		%			
			Не менш					
Нормалізація	300-500	345	345	590	17	40	54	174-217
Загартування відпустка	300-500	395	395	615	17	45	54	187-229

У разі відсутності на складі сталі марки 40X як альтернативний матеріал для виготовлення деталі «кришка» може бути використана сталь 40ХН.

Хімічний склад сталі 40ХН наведено в таблиці 2.3 відповідно до вимог ДСТУ 7806:2015.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад сталі 40ХН, %

C	Si	Mn	Cr	Li	P	S	Cu
					Не більш		
0,36-0,44	0,17-0,37	0,50-0,8	0,45-0,75	1,00-1,4	0,035	0,035	0,3

Механічні характеристики матеріалу залежно від температурного режиму відпуску наведені в таблиці 2.4. Для подальшого аналізу прийнято температуру відпуску 400 °С.

Таблиця 2.4 – Механічні властивості матеріалу залежно від температури відпуску

Температура відпуски, °С	σ_T	σ_B	δ_5	Ψ	a_n	НВ
	МПа		%		Дж/см	
Загартування 820°C, масло						
400	1220	1370	10	41	32	387

2.1 Аналіз якості поверхонь деталей

З метою оцінювання якості оброблюваних поверхонь деталі «кришка» на її ескізі (рис. 2.3) виконується нумерація всіх поверхонь, що підлягають механічній обробці. Отримані дані систематизуються та заносяться до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Аналіз якості поверхонь деталі «кришка»

№ пов.	Номинальний розмір	Квалітет ІТ	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra	Відхилення форми і розташування поверхні
1	Ø129	h8	-0,063	0,2	↗ 0,1 Б
2	Ø130	h6	-0,025	1,6	
3	Ø129,5	14	-1,0	12,5	
4	Ø110	H9	+0,087	0,4	
5	Ø295	14	-1,3	12,5	↗ 0,1 Б
6	Ø260	h6	-0,032	3,2	
7	Ø158	14	-1	12,5	
8	$b = 7$	H12	+0,15	3,2	
9	5	12	±0,1	3,2	↗ 0,1 Б
10	14	12	±0,2	3,2	
11	110	14	±0,3	12,5	
12	13	14	-0,36	12,5	
13	110	14	±0,3	12,5	↗ 0,1 Б
14	3	14	±0,1	12,5	
15	R62,5	14	+0,74	12,5	
16	Ø11 8отв.	14	+0,43	12,5	
17	Ø4,6 12отв.	14	+0,3	12,5	↗ 0,1 Б
18	Ø4,6 12отв.	14	+0,3	12,5	
19	M10-7H	7		6,3	
20	Ø4,6 2отв.	14	+0,3	12,5	

Базовими поверхнями, що визначають положення деталі «кришка» у складальному вузлі, є внутрішній отвір Ø110H9 (поверхня 4) та опорний торець розміром 14±0,43 (поверхня 10). До допоміжних належать циліндрична поверхня Ø129h8 (1) і канавка шириною $b = 7$ (поверхня 8). Торцеві поверхні (12) і (13) не

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконують базуючих функцій і відносяться до вільних. Поверхня В підлягає зміцненню методом індукційного гартування (ТВЧ) до твердості HRC 51,5...55,5, а також додатковому хромуванню (X100), що сприяє підвищенню її зносостійкості та експлуатаційної надійності.

Отвір $\varnothing 110H9$ (4), який використовується як напрямна поверхня для переміщення поршня пневмоциліндра, повинен мати високий ступінь чистоти, тому після механічної обробки піддається поліруванню.

Конструкція деталі характеризується наявністю обмеженої кількості високоточних поверхонь, до яких належать:

- зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 129h8$, яка після нанесення покриття та полірування додатково шліфується до шорсткості Ra 0,2;
- поверхня $\varnothing 130h6$, що взаємодіє з підшипником, обробляється шліфуванням до досягнення шорсткості Ra 1,6;
- циліндрична поверхня $\varnothing 260h7$, яка є спряженою з шестернею, обробляється до рівня шорсткості Ra 3,2;
- внутрішній отвір $\varnothing 110H9$ доводиться поліруванням до шорсткості Ra 0,4, що обумовлено умовами роботи поршня;
- паз шириною $b = 7H12$ із шорсткістю Ra 3,2 призначений для встановлення ущільнювальної манжети, яка запобігає витоку повітря з пневмоциліндра.

Окрім цього, для ряду поверхонь встановлено вимоги щодо точності взаємного розташування. Зокрема, для діаметрів $\varnothing 130h6$ (2), $\varnothing 260h7$ (6), а також торцевої поверхні $14 \pm 0,55$ (10) допустиме радіальне биття відносно базового отвору $\varnothing 110H9$ (4) не повинно перевищувати 0,1 мм.

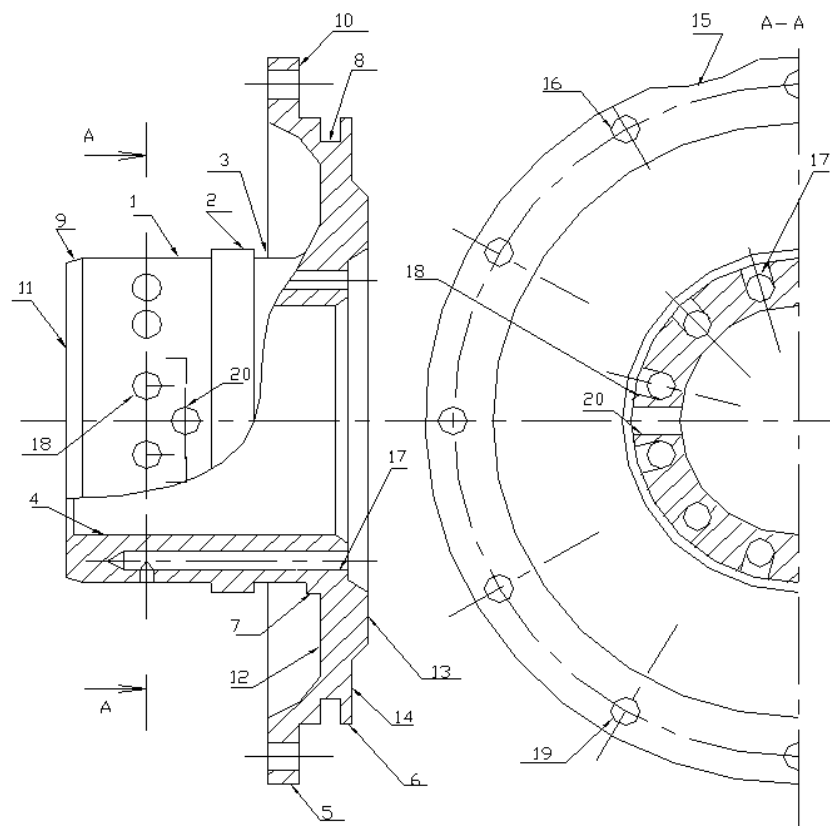


Рисунок 2.3 – Ескіз деталі “ кришка ”

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Технічний контроль робочого креслення

Розмірні параметри, зазначені на кресленні, відповідають стандартному ряду нормальних лінійних розмірів. Деталь «кришка» представлена двома проєкціями: головним видом (вигляд спереду) та боковим видом.

Головний вид виконано з місцевим розрізом, що дозволяє більш детально відобразити конструктивні особливості внутрішніх елементів деталі. Додатково на кресленні передбачено виносний елемент І, виконаний у масштабі 2:1, який ілюструє геометрію канавки 7Н12 для ущільнювальної манжети по діаметру $\varnothing 249,2$ із шорсткістю Ra 3,2.

Боковий вид містить ламаний розріз А–А, що забезпечує наочне відображення конструкції зовнішніх отворів діаметром $\varnothing 4,6^{+0,3}$.

Креслення містить повний комплект розмірів із зазначенням допусків, параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь, а також інформацію щодо матеріалу виготовлення – сталі 40Х. Окрім цього, наведено масу готового виробу, яка становить 6,96 кг, і вказано вимоги до термічної обробки поверхні В – загартування струмами високої частоти до твердості HRC 51,5–55,5.

Також на кресленні задані допуски на взаємне розташування поверхонь, що забезпечують необхідну точність складання та функціонування вузла. Отже, робоче креслення деталі «кришка» містить повний обсяг інформації, необхідний для її виготовлення, контролю та подальшої експлуатації.

2.3. Аналіз технологічності деталі

2.3.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь «кришка» НКР-100М-1-1018 виготовляється зі сталі 40Х. За своєю конструкцією вона поєднує два основних елементи — фланцеву частину та порожнистий вал. У зв'язку з цим оцінювання технологічності доцільно проводити з урахуванням особливостей виготовлення кожного з цих елементів окремо.

Поєднання фланця з валом у межах однієї деталі не можна вважати раціональним з технологічної точки зору, оскільки значні габарити фланцевої частини призводять до зниження коефіцієнта використання матеріалу. Це підтверджується розрахунками: маса штампованої заготовки, форма якої максимально наближена до конфігурації готового виробу, приблизно у 1,9 раза перевищує масу деталі.

Незважаючи на це, найбільш доцільним способом отримання заготовки є штампування. Хоча даний метод характеризується підвищеною вартістю, він забезпечує необхідні експлуатаційні властивості виробу. Зокрема, структура матеріалу після об'ємного штампування сприяє підвищенню стійкості деталі до крутних навантажень, ударних впливів і вібрацій.

З позиції механічної обробки окремі елементи конструкції є недостатньо технологічними. Так, обробка поверхні (3) (рис. 2.1) ускладнюється через її розташування та малу довжину, що вимагає використання спеціального різального інструменту з подовженою державкою.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткові труднощі виникають при обробці глибоких отворів — зокрема 12 отворів діаметром $\varnothing 4,6^{+0,3}$ мм довжиною $82^{\pm 1,1}$ мм, а також 12 радіально розташованих отворів того ж діаметра. Виконання цих операцій потребує застосування спеціальних пристосувань, таких як кондуктори та ділильні механізми.

Водночас геометрія та взаємне розташування зовнішніх поверхонь (1), (2), а також центрального отвору створюють передумови для застосування багаторізцевої обробки, що позитивно впливає на продуктивність технологічного процесу.

2.3.2. Кількісний аналіз технологічності

Кількісне оцінювання технологічності конструкції виконується шляхом визначення відповідних показників, що характеризують окремі аспекти виготовлення деталі.

1) коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі визначається за відповідною розрахунковою залежністю:

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_э} \quad (2.1)$$

де $Q_{y.э} = 14$; $Q_э = 19$;

тоді
$$K_{y.э} = \frac{14}{19} = 0,74$$

В конструкції кришки більшість конструктивних елементів уніфіковані.

2) коефіцієнт точності визначаємо по формулі:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (2.2)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.3)$$

$$T_{cp} = \frac{6 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 15}{21} = 12,3$$

Звідси випливає:
$$K_T = 1 - \frac{1}{12,3} = 0,92$$

$K_T \rightarrow 1$, деталь середньої точності.

3) коефіцієнт шорсткості визначаємо по формулі:

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} \quad (2.4)$$

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} \quad (2.5)$$

$$Ш_{cp} = \frac{0,2 \cdot 1 + 1,6 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1 + 3,2 \cdot 6 + 6,3 \cdot 1 + 12,5 \cdot 11}{21} = 7,7 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{7,7} = 0,12$$

$K_{ш} \rightarrow 0$, деталь середньої шорсткості.

Отже, попри наявність окремих поверхонь, обробка яких ускладнена, загалом конструкцію деталі «кришка» можна вважати технологічною.

З метою підвищення технологічності доцільно внести зміни до конструкції: виключити проточку діаметром $\varnothing 200$ глибиною 3 мм. Дана поверхня не має суттєвого впливу на функціональне призначення деталі, проте її наявність потребує застосування спеціального різального інструменту, що ускладнює процес механічної обробки.

2.4 Вибір та економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Провівши аналіз типу виробництва, конструктивних особливостей деталі, її маси та властивостей матеріалу, можна зробити висновок, що заготовку доцільно отримувати різними способами: методом обробки тиском, литтям або комбінованими технологіями (зокрема, поєднанням зварювання, штампування та прокату). Разом із тим, з урахуванням функціонального призначення деталі та умов її експлуатації найбільш обґрунтованим є застосування методів обробки тиском. Порівняльна оцінка ефективності можливих способів отримання заготовки може бути виконана із використанням матриці впливу факторів, наведеної в таблиці 2.6. Із розглянутих варіантів до подальшого аналізу приймаються такі методи:

- гаряче штампування;
- вільне кування.

Метод холодного штампування не розглядається, оскільки він орієнтований на виготовлення деталей, максимально наближених до готової форми, що не відповідає умовам даного виробу. Також недоцільним є використання прокату, оскільки максимальний діаметр заготовок, отриманих цим способом, становить 270 мм, тоді як для даної деталі необхідний діаметр досягає 295 мм. Окремо слід відзначити можливість застосування зварної заготовки, яка характеризується достатньо високою технологічністю. Такий варіант передбачає виготовлення фланцевої частини з листового прокату та її з'єднання з безшовною трубою.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 - Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовлі	Фактори					Сума
	Форма й розміри заготовлі	Необхідна точність і якість заготовлі	Технол. властивості мат-ла	Річна програма	Прोїзв. можливості підприємства	
Кування на молотах	+	+	+	+	+	5
Кування на пресах	+	+	+	+	+	5
Кування штампуванням КГШП	+	+	+	+	+	5
ГКМ	+	+	+	-	-	3
Гвинтові преси	+	+	+	+	-	4
Гідравлічні преси	+	+	+	+	-	4
Прокат	-	-	+	-	-	1
Комбінована	+	-	-	-	+	2

З метою вибору раціонального способу отримання заготовки виконується порівняння технологічної собівартості для двох варіантів: гарячого штампування (КГШП) та вільного кування.

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{S_i}{1000 \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_P} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1}, \quad (2.6)$$

Результати розрахунків наведено нижче:

Таблиця 2.7 – Результати порівняння методу отримання заготовки

Варіант заготовки	Маса Q, кг	Маса деталі q, кг	Собівартість S _{заг} , грн
Штампування КГШП	13,18	6,96	62,65
Кування	35,47	6,96	215,08

Отримані результати свідчать, що економічно доцільнішим є варіант гарячого штампування.

Маса поковки визначається за формулою:

$$G_{\text{пр}} = K_{\text{пр}}' \cdot G_{\text{д}} = 1,8 \cdot 6,96 = 12,52 \text{ кг}, \quad (2.7)$$

Основні технологічні параметри поковки:

- група сталі – М2;
- ступінь складності – С4;
- клас точності – Т3;
- площа рознімання – плоска;
- вихідний індекс – 15.

Припуски на механічну обробку призначаються залежно від поверхні та умов обробки (діапазон від 1,7 до 3,0 мм для основних діаметрів). Додаткові припуски враховують відхилення форми та зсув по площині рознімання (0,5 мм і 0,3 мм відповідно). Розраховані номінальні розміри заготовки прийняті з урахуванням припусків та округлені до стандартних значень.

Додатково встановлено технологічні параметри штампування:

- радіуси заокруглень: $r_n = 3$ мм, $r_b = 7,5$ мм;
- штампувальні ухили: 7° (зовнішні), 10° (внутрішні);
- допустимий облой – до 1,0 мм;
- зсув по розніманню – до 0,8 мм;
- висота заусенця – до 5 мм.

Для альтернативного варіанту вільного кування додатковий припуск на площину приймається 5 мм.

Таблиця 2.8 - Припуски й допуски на розміри кування

Розмір деталі	Припуск	Дод. припуск	Розмір заготівлі	Допуск
Ø295	9,5	5	$\text{Ø}295 + 2(9,5 + 5) = 324$	± 7
110	9,5	5	$110 + 2(9,5 + 5) = 139$	± 7

Для обробки отвору Ø110 мм приймається прошивень Ø80 мм, при цьому припуск становить: $\delta = 110 - 80 = 30$ мм.

Загальний об'єм заготовки визначається як:

$$V_{\text{в.з.}} = V_{\text{п}} + V_{\text{о}} + V_{\text{у}} + V_{\text{пер}}, \quad (2.8)$$

де $V_{\text{п}}$ - об'єм поковки; $V_{\text{о}}$ - об'єм облоя; $V_{\text{у}}$ - об'єм вигару; $V_{\text{пер}}$ - об'єм перемички.

Після підстановки розрахункових значень отримано:

$$V_{\text{в.з.}} = 4\,518\,349,9 \text{ мм}^3$$

Маса кування:

$$G_{\text{п}} = V_{\text{в.з.}} \cdot \rho = 35,47 \text{ кг}$$

Для штампування в торець визначається діаметр заготовки:

$$d_{\text{вз}} \approx 254,3 \text{ мм. Приймаємо стандартний діаметр } d = 260 \text{ мм}$$

$$\text{Площа перерізу: } F_{\text{вз}} = 53066 \text{ мм}^2$$

$$\text{Довжина заготовки: } L_{\text{вз}} \approx 85 \text{ мм}$$

Таким чином, вихідною заготовкою є круглий прокат розміром: Ø260 × 85 мм

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = m_{\text{д}} / m_{\text{з}} = 6,96 / 12,24 = 0,56, \quad (2.9)$$

Отримане значення коефіцієнта свідчить про достатньо ефективне використання матеріалу, що підтверджує доцільність прийнятого варіанту заготовки. Креслення заготовки деталі «кришка» наведено на рис. 2.4.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



2.5 Вибір методів обробки

В залежності від методу, форми одержання заготовки, типу рознімання опок та обліку формувальних ухилів по всій довжині поверхонь заготовки, розрахунок міжопераційних розмірів з допуском виконуємо по максимальним припускам і заносимо в таблицю 2.9.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9 - Послідовність обробки поверхонь деталі "кришка"

№ пов.	Номиналь- ный розмір мм	Стадії мех.обробки	Квалітет ІТ	Шерхов. Ra	Припуск мм	Напуск мм	Розмір після мех. обробки мм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ø129h8-0,063	Напівчистове точіння	11	6,3	2 - 2,1		Ø130,71-0,1
		Попереднє шліфування	9	1,25	2 - 0,5		Ø129,71-0,03
		Остаточне шліфування	8	1,25	2 - 0,35		Ø129,01-0,063
		Оздоблювальна	8	0,2	2 -		Ø129-0,063
3	Ø129,5h14. 1,0	Однократне точіння	14	12,5	0,005 2 - 1,7		Ø129,5-0,4
4	Ø110H9+0,087	Попереднє точіння	13	12,5	2 - 1,7		Ø107,3+0,18
		Остаточне точіння	11	6,3	2 - 0,9		Ø109,1+0,22
		Попереднє шліфування	9	1,25	2 - 0,4		Ø109,9+0,08
		Шліфування	9	0,4			Ø110+0,087
5	Ø295-1,5	Однократне точіння	14	12,5	2 - 0,005	38	Ø295-1,5
6	Ø260h6-0,032	Чорнове точіння	12	12,5	2 - 3	38	Ø263-0,52
		Напівчистове точіння	9	6,3	2 - 2,3		Ø260,8-0,13
		Чистове точіння	6	3,2	2 - 1,1		Ø260-0,052
11	L110±0,3	Попереднє точіння	14	12,5	2 - 0,4	2-2,5	110±0,3
9	4,6+0,375	Свердління	12	3,2	2 - 2,5		4,6+0,375
16	Ø11 8отв.	Свердління	14	12,5	2 - 2,3 2 - 5,5		Ø11+0,43

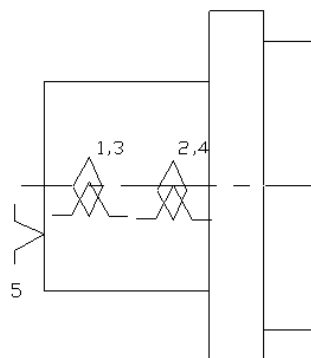
2.6. Вибір баз

Деталь «кришка» НКР 100М–1Н за геометричною формою є тілом обертання і належить до класу дископодібних деталей, оскільки відношення Н/Д = 110/295 < 0,5. Для деталей даного класу характерною є система базування на таких поверхнях як установча база на початкових операціях використовується зовнішня чорнова циліндрична поверхня. Вона забезпечує базування при обробці точного центрального отвору та торця, які надалі виконують роль основних технологічних баз. Внутрішня циліндрична поверхня (первинний отвір

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заготовки) використовується як допоміжна база на першому етапі механічної обробки. Точний центровий отвір разом із торцевою поверхнею є основними базами для виконання більшості наступних операцій. На токарних, внутрішньошліфувальних і свердлильних операціях деталь, як правило, встановлюється у трикулачковому патроні з упором у торець, що забезпечує стабільну схему базування.

Під час фрезерних операцій деталь закріплюється у спеціальному пристосуванні, яке гарантує необхідну жорсткість і точність позиціонування. При свердлінні отворів $\varnothing 46$ мм по зовнішній поверхні використовується кондукторна втулка, що забезпечує точність напрямлення інструменту та стабільність процесу обробки.



І установ

Рисунок 2.5 – Теоретична схема базування

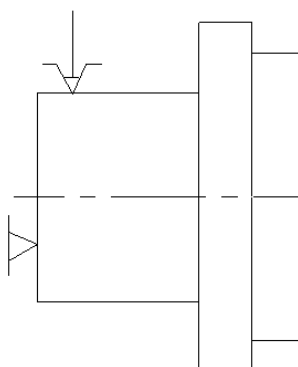


Рисунок 2.6 – Умовна схема закріплення кришки в трьохкулачковому патроні

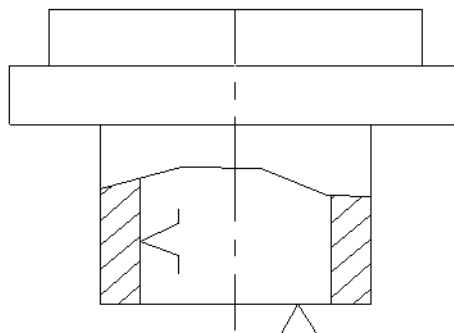


Рисунок 2.7 – Установка на оправлении

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7. Розробка маршрутно-операційної технології обробки деталі

Залежно від обраного способу виготовлення заготовки, конфігурації поверхні рознімання опок, а також урахування формувальних ухилів по всій довжині оброблюваних поверхонь, розрахунок міжопераційних розмірів із відповідними допусками виконується за максимальними значеннями припусків. Отримані результати систематизуються та заносяться до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Маршрут обробки деталі "Кришка"

№ опер	Найменування операції	№ п/п оброблюваної поверхні	№ п/п базуючої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Токарська чорнова п/чистова	1,2,3,4,7,9,11,12,5,6,10,13,14	5,13,1,11	Токарський зі ЧПУ мод.16К30Ф3
010	Вертикально-свердлильна	16	4,11	2Н135
015	Вертикально-фрезерна	15	4,11	6Р12
020	Вертикально-свердлильна	17,18	4,13	2Р135Ф2-1
025	Слюсарна			
030	Термічна			
035	Свердлильна	19,20	4,11	2Р135Ф2-1
040	Токарська	13,14,6,8	1,11	16К30Ф3
045	Цементация			
050	Внутрі-шліфувальна	4	1,11	3К227В
055	Кругло-шліфувальна	1	4,13	3М173
060	Гальванічна			
065	Кругло-шліфувальна	1,2	4,13	3М173
070	Внутрі-шліфувальна	4	1,11	3К227В
075	Токарська	1	4,13	16К20Ф3
080	Слюсарна			

На основі базового технологічного процесу та з урахуванням завдань проектування формується раціональна технологічна послідовність обробки деталі. Отримані дані систематизуються та заносяться до таблиці 2.11.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.11 - Операційна технологія

№ опер ацій	А. Найменування операції; Б. Верстат; 0. Зміст переходів	Верстатні пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, мірятьний)
1	2	3	4
005	А.Токарська чорнова Б. Токарський 16К30Ф3 0. установити, закр.,зняти 1. точити пов.11,9,1 2. розточити пов.2,3,7,4 3. зняти фаску 2х45 4. переустановити, закріпити точити пов.13,14,5,6,10	3х-кулачковий патрон 7100-0043П	Різець для кон. точіння MWLNL2225; Різець розточувальний 014982-000-10; Різець упорний; Штангенциркуль ШЦ-III
010	А.Свердлильна Б.Вертикально-свердлильний 2Н135 0. установити,закріпити 1. свердлити 8отв.Ø11 ^{+0,43} (пов.16) 2. зняти	3х-кулачковий патрон 7100-0043П	Універсальна 4-х шпиндельна голівка; Свердло спіральне Ø11
015	А.Фрезерна Б. Вертикально-фрезерний 6Р12 0. установити, закріпити 1. фрезерувати зріз (15) 2. зняти	Пристосуванн я з поворотним столом	Фреза кінцева 2214-0333
020	А. Свердлильна Б. Вертикально-свердлильний 2Р135Ф2 0. установити, закріпити 1. свердлити 12отв.Ø4,6 ^{+0,3} (20)l=5мм 2. свердлити 2 отв. Ø4,6 ^{+0,3} (18)l=10мм	Пристосуванн я для свердління радіальних отворів	Свердло спіральне 2300-0034
025	А.Слюсарна Б.Слюсарний верстат. зняти заусенці		
030	А. Термічна Б.ТВЧ		

035	А. Свердлильна Б. Вертикально-свердлильний 2Р135Ф2 0. установити, закріпити 1. свердлити 12отв. $\varnothing 4,6^{+0,3}_{-0,1}$ (17)l=82мм 2. свердлити під різьблення 2 отв. $\varnothing 8,5$ 3. зенковать отв. 4. нарізати різьблення	Пристосування для свердління	Свердло спіральне 2300-0034; Свердло спіральне 035-2301; Зенковка кінцева 23-35-0121; Мітчик маш. 035-2620-0514
040	А. Токарська Б. Токарський 16К30Ф3 0. установити, закріпити 1. точити по контурі 2. точити канавку	3х-кулачковий патрон 7100-0043П	Різець для кінцевого точіння MWLNL2225; Різець канавковий 035-2126-1183; Штангенциркуль ШЦ-III
045	Цементация на глибину 1,0-1,2мм Загартування HRC56-62 (охоронити різьблення від цемент.)		
050	А. Шліфувальна Б. Внутрі - шліфувальний 3А229 0. установити, закріпити шліфувати внутр. поверхня (4)	3х-кулачковий патрон 7100-0043П	Шліфувальне коло ПП80х63х2023А20СМ2К 7
055	А. шліфувальна Б. Кругло-шліфувальний 3Б161 0. установити, закріпити, зняти 1. шліфувати пов. (1)	Оправлення 7112-1505	Шліфувальне коло ПП600х125х30523А40С1 К5
060	А. Гальванічна 0. хромувати поверхня		
065	А. Шліфувальна Б. Кругло- шліфувальний 3Б161 0. установити, закріпити, зняти 1. шліфувати пов. (1),(2)	Оправлення 7112-1505	Шліфувальне коло ПП600х125х30523А40С1 К5
070	А. Шліфувальна Б. Внутрі- шліфувальний 3А229 0. установити в патрон, вивірити на биття 1. полірувати поверхня (4)	3х-кулачковий патрон 7100-0043П	Еластичний полір. коло 80х6х20
075	А. Токарська Б. Токарний 16К20Ф3 0. установити, закріпити 1. полірувати (1)	Оправлення 7112-1505	Смуга повстяна; Полірів. пафта ГОИ
080	Слюсарна		

2.8. Розрахунок і вибір режимів різання.

Формується таблиця 2.12, до якої заносяться всі складові, необхідні для розрахунку норм часу на виконання токарної операції.

Таблиця 2.12 - Складові норми часу

То, хв	Тпз, хв	$Q_{орг} + Q_{тех} + Q_{отд},$ %	Тмв, хв			Тца, хв	Тв, хв			n, шт	Тшт, хв	Тшк, хв
			Туп	Тиф	Тмвх		Твуст	Твон	Твизм			
8,52	10	8	0,12	0,23	0,24	9,11	0,69	0,54	1,4	80	12,68	12,8

Виконується визначення норм часу для решти технологічних операцій, після чого формується зведена таблиця 2.13 технічного нормування.

Таблиця 2.13 - Зведена таблиця норм часу

№ опер.	Найменування операції	Тпз, хв	То, хв	Тмв, хв	Тца (Топ) хв	Тв, хв	$Q_{орг} + Q_{тех} + Q_{отд},$ %	Тшт, хв	Тшк, хв
005	Токарна з ЧПУ	10	8,52	0,59	9,11	2,63	8	12,68	12,8
010	Вертикально-свердлильна	9,6	3,01	-	-	0,98	7	4,02	4,14
015	Фрезерна	3,9	3,09	0,05	0,28	1,01	9	4,6	4,86
020	Свердлильна з ЧПУ	17,1	46,5	-	-	6,1	7	52,2	52,8
035	Свердлильна з ЧПУ	18	9,1	-	-	3,1	7	11,2	11,4
040	Токарна з ЧПУ	16	0,5	-	-	0,3	8	0,8	0,84
050	Внутрі-шліфувальна	16	5,7	-	-	2,3	6	8,2	8,4
055	Кругло-шліфувальна	16,1	4,17	1,2	-	4,1	6	9,8	10,2
065	Кругло-шліфувальна	16,1	4,01	-	-	5,02	6	9,2	10,8
070	Внутрі-шліфувальна	11,7	2,3	0,14	-	2,8	8	5,2	5,4
075	Токарна	25,6	1,9	-	-	0,5	6	2,5	2,82

2.9 Вибір технологічного устаткування.

Для виконання фрезерної операції при обробці радіуса $R = 60+5$ застосовується спеціальне пневматичне фрезерне пристосування. Воно встановлюється на столі вертикально-фрезерного верстата 6P12 та фіксується болтовим з'єднанням через вушкові елементи.

До корпусу 1 пристосування закріплюється плита 7 за допомогою гвинтів $M12 \times 45$. Конструктивно плита виконана з вибіркою і одночасно виконує функції кришки пневмоциліндра, в порожнині якого розміщено поршень 9. До поршня приєднана тяга 4. На плиті встановлюється, centruється та закріплюється оправлення, яке безпосередньо слугує базою для встановлення деталі.

Робота пристосування здійснюється за рахунок подачі стисненого повітря в робочі порожнини циліндра. При подачі повітря в нижню порожнину поршень під дією тиску переміщується вгору, що через тягу забезпечує розтискання заготовки. При подачі повітря у верхню порожнину поршень переміщується вниз і здійснюється затиск деталі.

Обробка деталі «кришка» виконується на вертикально-фрезерному верстаті 6P12. У процесі обробки формується радіус $R = 60$ мм при ширині вибірки 10 мм. Як ріжучий інструмент використовується торцева фреза зі змінними ножами діаметром $\varnothing 125$ мм.

Технологічними базами є три поверхні:

- циліндрична поверхня $\varnothing 130h6$ (2 опорні точки);
- торцева поверхня (3 опорні точки);
- отвір $\varnothing 12$ мм (1 опорна точка).

Схема базування наведена на рис. 2.8, а кінематична схема пристосування на рис. 2.9.

Деталь встановлюється на оправлення по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 130h6 (-0,025)$, тоді як сама оправка має посадковий отвір $\varnothing 130H6 (+0,025)$.

За наявності посадкового зазору вісь зовнішньої поверхні (конструктивна база) може зміщуватися відносно осі отвору оправлення (установча база) на величину ексцентриситету e , що дорівнює половині зазору.

У найгіршому випадку, коли розбіжність конструктивної та установчої баз максимальна, похибка базування приймається рівною повному зазору (або подвоєному ексцентриситету), що й використовується для подальших розрахунків.

$$e_6 = 2e = S_{\max} = S_{\min} + \delta_{\partial} + \delta_{on} \quad (2.10)$$

де, $S_{\min} = 0$ мм;

$$e_6 = 0 + 0,025 + 0,025 = 0,050 \text{ мм}$$

Допуск на розмір радіуса фрезерування $R = 60+5$ приймається відповідно до заданих вимог точності. Похибка базування становить 1% від величини допуску на даний розмір.

Отримане значення похибки базування не перевищує допустимого рівня, що свідчить про її відповідність умовам точності виконуваної операції.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

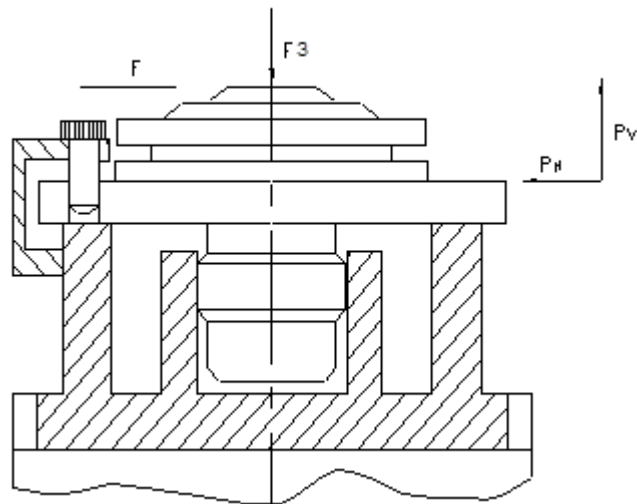


Рисунок 2.8 – Схема базування деталі із прикладеними до неї силами

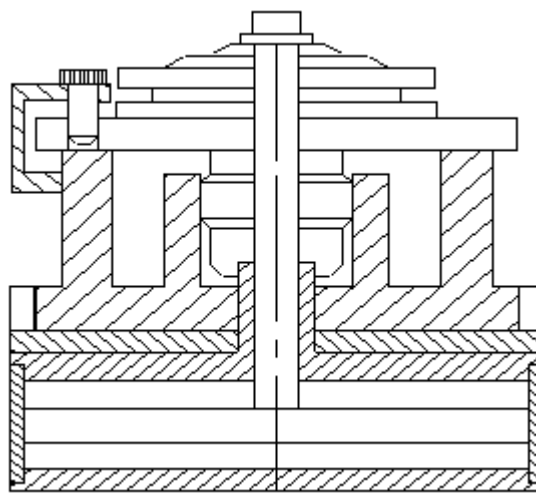


Рисунок 2.9 – Кінематична схема пристосування

У процесі фрезерування на деталь діє сила різання P_Z , яку умовно розкладають на складові:

- P_H – горизонтальна складова, що спричиняє осьове зміщення заготовки;
- P_V – вертикальна складова, яка намагається підняти заготовку з базуючої поверхні.

Додатково на деталь діють сила затиску F_Z , прикладена вздовж осі симетрії, а також сила тертя F_F , що виникає в місцях контакту деталі з базуючими елементами пристосування. На основі дії зазначених сил складається рівняння умов надійності закріплення деталі:

а) від дії сили P_V :

$$F_{31} = kP_V \quad (2.11)$$

б) від дії сили P_H :

$$F_{32} = kP_H / f \quad (2.12)$$

$$F = F_{31} + F_{32} = kP_V + \frac{kP_H}{f}, F_3 = k \left(P_V + \frac{P_H}{f} \right), \quad (2.13)$$

Сила різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot k_{mp} \quad (2.14)$$

Приймаються наступні значення коефіцієнтів:

$C_p = 825$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$. Коефіцієнт умов обробки приймається: $K_{mp} = 1$.

Подача на зуб: $S = 0,09$. Вихідні параметри для розрахунку:
 $t = 2$ мм; $B = 105$ мм; $z = 14$; $n = 125$ об/хв; $D = 125$ мм.

Підставивши вихідні дані у формулу (2.14), визначаємо силу різання

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2^{1,0} \cdot 0,09^{0,75} \cdot 105^{1,1} \cdot 14}{125^{1,3} \cdot 125^{0,2}} \cdot 1 = 4416,76 \text{ Н}$$

Горизонтальна складова сили різання становить:

$$P_H = 0,2 \cdot P_Z = 0,2 \cdot 4416,76 = 883,35 \text{ Н},$$

Вертикальна складова сили різання визначається як:

$$P_V = 1,2 \cdot P_Z = 1,2 \cdot 4416,76 = 5300,13 \text{ Н}$$

Коефіцієнт надійності закріплення розраховується за залежністю (2.15)

$$k = 1,5 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.15)$$

$$k = 2,34$$

Підставляємо розраховані значення у формулу 2.15 і визначаємо силу затиску

$$F_3 = 2,34 \cdot \left(5300,13 + \frac{883,35}{0,25} \right) = 20670,46 \text{ Н}$$

Фіксація деталі у пристосуванні здійснюється за допомогою пневмоциліндра двосторонньої дії. У цьому випадку зусилля, яке розвивається штоком, визначається за відповідною розрахунковою залежністю:

$$F_{ум} = 0,785 \cdot (D_{ц}^2 - d_{ум}^2) \cdot \rho \cdot \eta, \quad (2.16)$$

$$F_{ум} = 55221,6 \text{ Н}$$

Сила, що створюється штоком пневмоциліндра, є достатньою та забезпечує виконання умови необхідного затискного зусилля.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.10. Проектування контрольного пристосування

У графічній частині проєкту наведено контрольне пристосування, призначене для вимірювання биття зовнішньої циліндричної поверхні Ø260h6 відносно базової поверхні отвору Ø110H9.

Конструктивно пристосування складається з плити 1 та стійки 2. У стійку жорстко запресовується палець 3, який додатково фіксується чотирма гвинтами 4. До стійки кріпиться корпус вимірювального вузла 13 за допомогою двох установчих штифтів 5 і двох гвинтів 6.

Важіль 12 встановлюється на штифті 11 в індикаторному вузлі. Його один кінець контактує з поверхнею контрольованої деталі, а інший – з вимірювальним наконечником індикатора 8. Індикатор закріплюється в корпусі за допомогою гвинта 7 через розрізну втулку 9.

Під час контролю деталь встановлюється на консольний палець і вручну обертається на один повний оберт. При наявності биття зовнішньої поверхні відносно базового отвору важіль передає відповідні переміщення на індикатор, на шкалі якого фіксується величина відхилення.

При розрахунку контрольного пристосування визначається похибка встановлення заготовки. Найпростішим способом базування є встановлення деталі на палець, однак при цьому виникають максимальні похибки вимірювання, зумовлені наявністю зазорів між отвором деталі та оправленням.

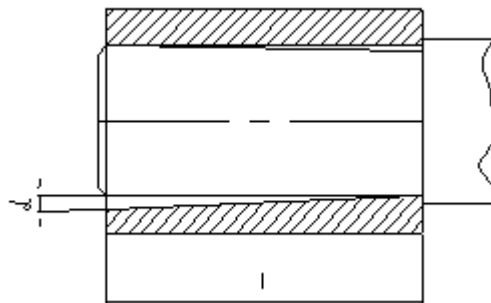


Рисунок 2.10. Установка заготовки

Погрішність установки

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta}{2} + S_{\max} + \delta_1 + \delta_2 + 2S_{\min} - 2l \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.17)$$

де $\delta = 0,052 \text{ мм}$;

Палець виконується з номінальним діаметром Ø110h8_(-0,054).

У свою чергу, у деталі «кришка» передбачено посадковий отвір Ø110^{+0,087}.

$$S_{\max} = 0,087 + 0,054 = 0,141; S_{\min} = 0,054; \operatorname{tg} \alpha = 0,002$$

Тоді

$$\varepsilon_{\delta} = 0,019 \text{ мм}$$

Радіальне биття повинно становити не більше 0,1 мм. Похибка установки заготовки приймається на рівні 19% від допустимого значення радіального биття, що відповідає встановленим вимогам точності та знаходиться в межах допустимих норм.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.11. Моделювання операцій мех.обробки

Вибираємо систему координат верстата, пристосування, деталі та інструмента відповідно до схеми інструментальної наладки, наведеної на кресленні. Наносимо траєкторію переміщення інструмента, визначаємо опорні точки та виконуємо розрахунок їх координат. Отримані значення разом із відповідними режимами подачі систематизуються та заносяться до таблиці.

Додатково визначається відстань z_n від базової поверхні деталі до торця шпинделя, який займає положення початку циклу обробки.

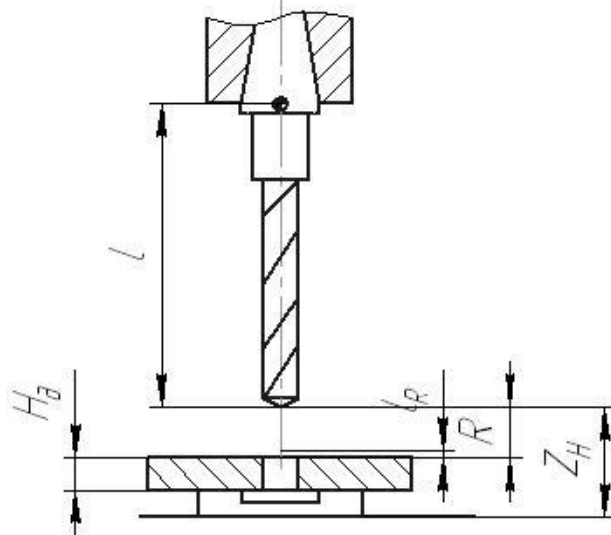


Рисунок 2.11. Визначення вильоту інструмента

Розрахункова схема має вигляд.

$$z_n = L + R + H_y + 1 + H_{ap}$$

$$L = L_{\max} = 200 \text{ мм}$$

R беремо 200 мм

$$H_d = 7 \text{ мм}$$

$$L = 3 \text{ мм}$$

$$H_{\text{тр.}} = 110 \text{ мм}$$

Таким чином, усі складові підставляються у розрахункову залежність для визначення z_n .

Максимально допустиме значення $z_{n\max}$ згідно з паспортними даними верстата становить 610 мм.

$$z_{n \min}^{\text{інстр}} = R + H_d + l + H_{\text{пр}}$$

$$z_{n \min}^{\text{інстр}} = 200 + 7 + 3 + 110 = 320 \text{ мм}$$

$$z_{n \min}^{\text{інстр}} = 590 - 200 = 390 \text{ мм}$$

Верстат 2P135Ф2 оснащений системою ЧПК 2П32-3. Дискретність переміщень по координатних осях становить 0,01 мм. На даній операції виконується програмування переходів для обробки двох отворів Ø4,6 мм. Для виконання операції відповідно до технологічних рекомендацій [13] застосовується свердло типу 230.1419 діаметром Ø20 мм. Ескіз деталі наведено

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у графічній частині проекту разом із таблицею початкових координат центрів усіх отворів. На рисунку 2.12 представлено схему осьових переміщень для розрахунку опорних точок траєкторії інструмента при обробці отворів Ø4,6 мм.

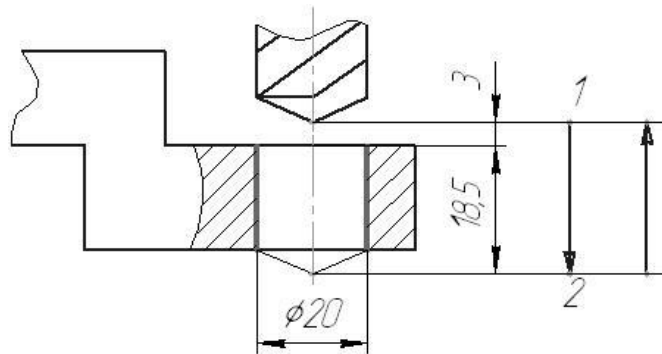


Рисунок 2.12. Свердлення Ø4,6

Режими різання обираються відповідно до [8, с. 111]. Для операції свердління отворів Ø4,6 мм значення параметрів визначаються за картою 46, лист 2.

$$S_0 = 0.4 \text{ мм / об}$$

$$V_T = 18.4 \text{ м / хв}$$

Подача:

$$S_0 = S_{om} \cdot KS_m \quad (2.18)$$

де KS_m - коефіцієнт, що визначається за картою 53 (лист 1) залежно від оброблюваного матеріалу. Для хромистої сталі (НВ 1634 МПа) приймається значення коефіцієнта:

$$k=0,94$$

Швидкість різання уточнюється з урахуванням коригувального коефіцієнта за відповідною розрахунковою залежністю:

$$V = V_T \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vz} \cdot K_{vi} \cdot K_{vжс} \cdot K_{vT} \cdot K_{vw} \cdot K_{vu} \quad (2.19)$$

$$V = 13,8 \text{ м / хв.}$$

Скориговану частоту обертання шпинделя визначаємо за відповідною розрахунковою залежністю:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 13.8}{3.14 \cdot 20} = 219.73 \text{ об / хв.}$$

Значення хвилинної подачі

$$S_m = S_o \cdot n \quad (2.20)$$

$$S_m = 0,376 \cdot 219,73 = 82,62 \text{ мм / хв.}$$

По паспорту верстата:

$$S_m = 80 \text{ мм / хв.}$$

$$n = 200 \text{ об / хв.}$$

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.13 – Кодування технологічної інформації

Перехід	Номер отвору	Ділянка траєкторії	Позиція інструменту	Різальний інструмент	Корекція	Частота обертання, 1/хв	Код частоти обертання	Подача, мм/хв	Код подачі
Свердл. Ø4,6	1	1-1	T03	Свердло спіральне Ø4,6	L03	200	S34	80	F13

2.12. Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Розробляється керуюча програма для обробки кріпильних отворів деталі «кришка» на вертикально-свердлильному верстаті з ЧПК 2Р135Ф3, оснащеному системою керування Fanuc. Дана система є однією з найбільш поширених у сучасному верстатобудуванні. Програмування здійснюється відповідно до міжнародного стандарту ISO із застосуванням G-кодів. Завдяки високій надійності та стабільності роботи система забезпечує підвищення ефективності розробки та відпрацювання керуючих програм.

Автоматизоване створення керуючої програми виконується з використанням САМ-системи FeatureCAM. Її функціонування базується на розпізнаванні типових конструктивних елементів деталі (отворів, пазів, карманів тощо) на основі імпортованої тривимірної моделі або за допомогою інструментів побудови геометрії безпосередньо в середовищі програми. Для кожного елемента передбачено вибір раціональної стратегії обробки, режимів різання та параметрів технологічного процесу.

Наявність вбудованих бібліотек інструментів і матеріалів дозволяє значно скоротити час підготовки керуючої програми. Крім того, система забезпечує можливість тривимірної верифікації та імітації процесу обробки з перевіркою на можливі колізії, що підвищує надійність та безпеку експлуатації обладнання.

Параметри постпроцесора наведені на рисунку 2.13. Положення зміни інструмента визначається з урахуванням габаритних розмірів заготовки та робочої зони верстата, забезпечуючи безпечне відведення інструмента у референтну позицію. Обробка отворів виконується після токарної операції, при цьому габаритні розміри заготовки становлять: діаметр – 295 мм, висота – 110 мм.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.02.АСПД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

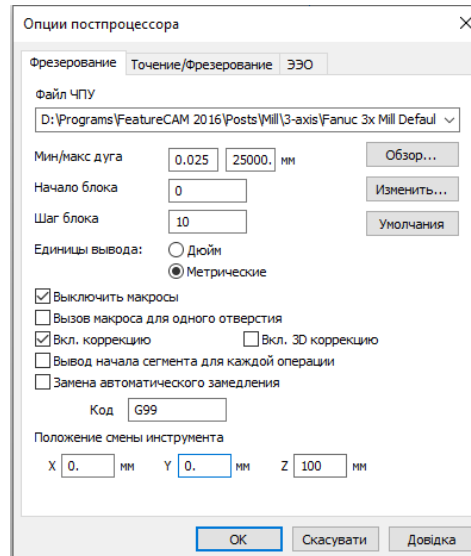


Рисунок 2.13 – Опції постпроцесора

Базування здійснюється по внутрішній циліндричній поверхні діаметром 110 мм на пальці (напрямна база) з упором в лівий торець деталі (установча база).

Заготовку імпортують у середовище проєкту, після чого задають систему координат деталі: по осях X та Y — у центрі деталі, по осі Z — по торцевій поверхні, найближчій до шпинделя (на відстані 110 мм від установчої площини). Далі призначається матеріал оброблюваної деталі — сталь 40X відповідно до ДСТУ 8781:2018. Результат виконаного імпорту наведено на рисунку 2.14.

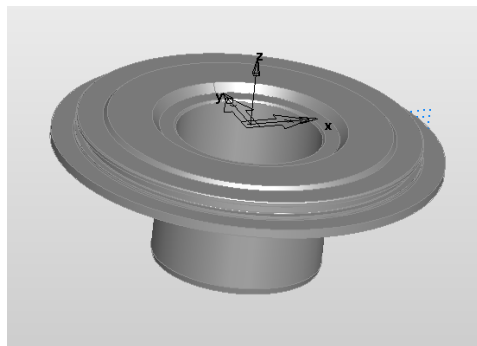


Рисунок 2.14 – Імпорт заготовки

У проєкт також імпортується модель деталі після обробки, що дозволяє прискорити процес розробки керуючої програми за рахунок автоматизованого розпізнавання та створення конструктивних елементів (зокрема отворів). Результат імпорту наведено на рисунку 2.15.

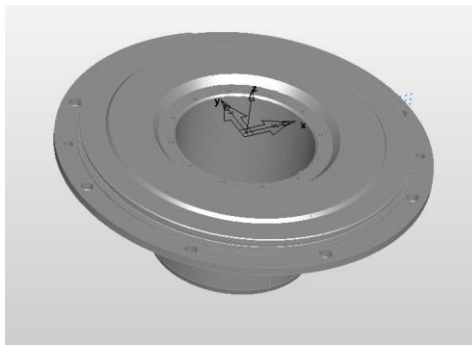


Рисунок 2.15 – Імпорт

Розробка операцій обробки виконується у такій послідовності:

- 1) свердління 12 отворів діаметром $\varnothing 4,6$ мм;
- 2) свердління 8 отворів діаметром $\varnothing 11$ мм;
- 3) свердління 2 отворів під нарізання різьби свердлом $\varnothing 8,5$ мм;
- 4) нарізання різьби у 2 отворах М10Н7.

Координати центрів оброблюваних отворів наведено на рисунках 2.16 та 2.17.

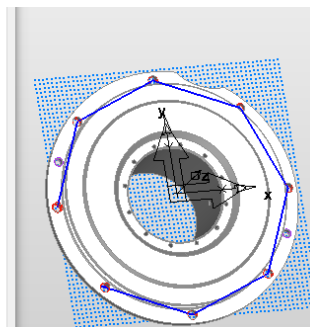
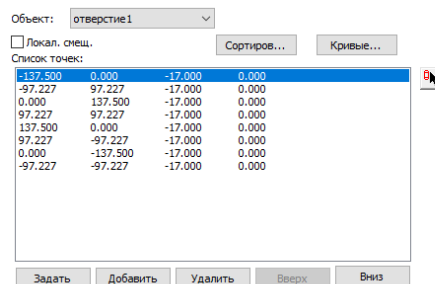
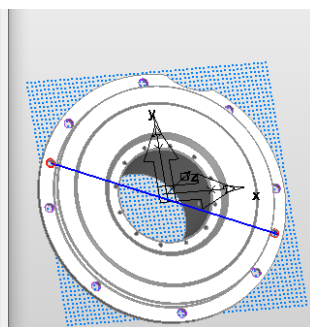
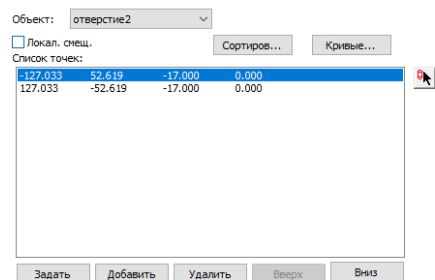
Рисунок 2.16 – Координати оброблюваних отворів $\varnothing 11$ мм

Рисунок 2.17 – Координати оброблюваних отворів М10-7Н

Отвори діаметром 4,6 мм створюємо вручну використовуючи радіальний масив через неможливість їхнього розпізнавання по моделі (рис. 2.18).

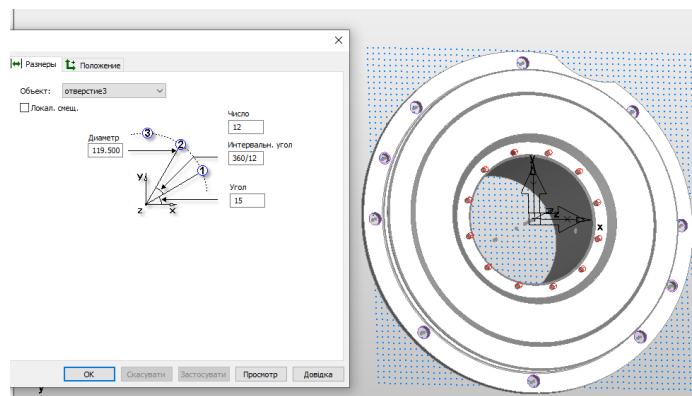


Рисунок 2.18 – Створення отворів Ø4,6 мм

Активуємо опцію об'єднання однакових отворів в цикл. При обробці використовуються наступні цикли: стандартний цикл свердлення G81 (глибина свердлення 7 мм), цикл глибокого свердлення G82 (глибина 82 мм з відносним кроком 10 мм), нарізання різьблення G84. Безпечну висоту пришвидшених переміщень вказуємо 25 мм, висоту врізання — 3 мм над площиною отворів. Контролюємо послідовність обробки для усунення ймовірності аварійної ситуації через зіткнення інструменту з заготовкою чи верстатним устаткуванням. Тому для обробки отворів на площині Z-6 (Ø4,6 мм) повертаємось на висоту врізання, а при обробці отворів на площині Z-17 — до безпечної висоти.

Через високу твердість та міцність матеріалу швидкість різання призначаємо в діапазоні 15...20 м/хв, подачу — 0,1...0,2 мм/об. Обов'язково вмикаємо подачу МОР для забезпечення охолодження інструменту і, відповідно, збільшення його стійкості. Траєкторії переміщень інструментів наведено на рисунку 2.19. Перелік створених операцій — рис. 2.20.

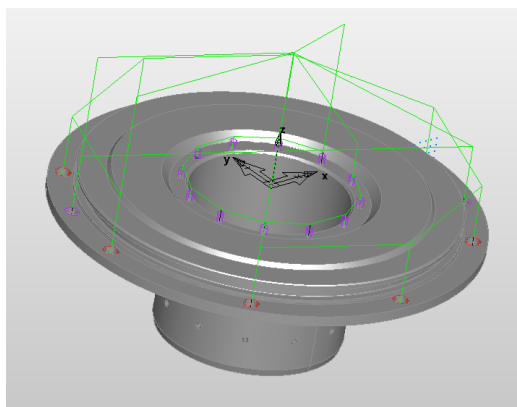


Рисунок 2.19 – Траєкторії переміщень інструментів

Після виконання моделювання процесу обробки здійснюється генерація керуючої програми, фрагмент якої наведено на рисунку 2.24. Загальна кількість кадрів програми становить 67. Розрахований машинний час обробки дорівнює 12 хв 12 с.

```
%
O0001(Kryshka)
N30 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G94
N40 G91 G28 Z0

N50 ( DRILL D4.6)
N60 T1 M6
N70 G00 G54 G90 X57.714 Y15.464 S1500 M03
N80 G43 H1 Z25.0 M08
N90 G83 G99 Z-83.382 R3.0 Q10.0 F150.
N100 X42.25 Y42.25
N110 X15.464 Y57.714
N120 X-15.464
N130 X-42.25 Y42.25
N140 X-57.714 Y15.464
N150 Y-15.464
N160 X-42.25 Y-42.25
N170 X-15.464 Y-57.714
N180 X15.464
N190 X42.25 Y-42.25
N200 G98 X57.714 Y-15.464
N210 G80
N220 M5
N230 G91 G28 Z0 M09
N240 G49 G90 X0. Y0.
N250 M01
```

Рисунок 2.24 – Фрагмент керуючої програми, згенерованої засобами САМ-системи

Додатково виконується перевірка сформованої керуючої програми з використанням програмного забезпечення CIMCO Edit. Траєкторії переміщення інструменту, отримані в результаті симуляції, наведено на рисунку 2.25.

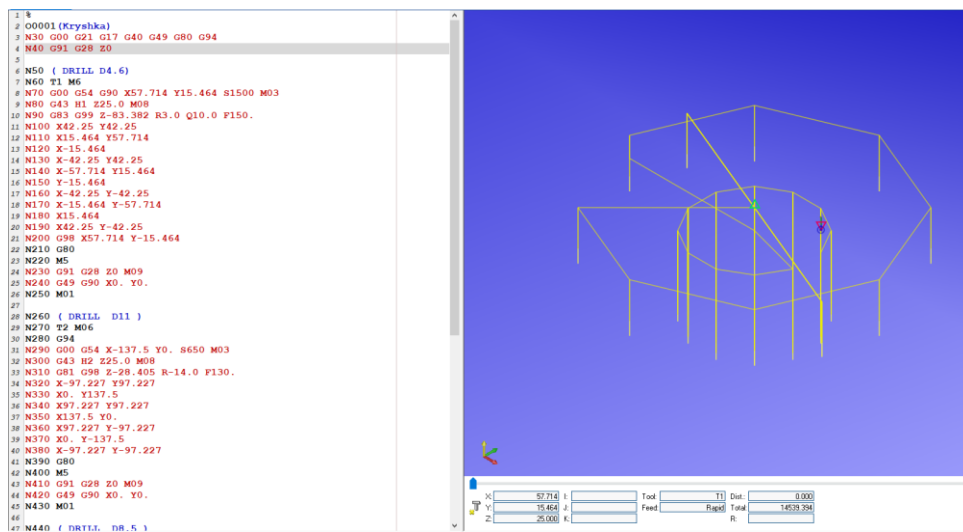


Рисунок 2.25 – Траєкторії переміщень інструментів у CIMCO Edit

3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

3.1. Забезпечення охорони праці та екологічної безпеки виробництва

3.1.1. Загальні положення

Система охорони праці та екологічної безпеки при організації процесу виготовлення деталі Кришки зі сталі 40Х становить комплекс взаємопов'язаних нормативно-правових, інженерно-технічних та санітарно-гігієнічних заходів. Запроектований технологічний процес передбачає використання різноманітних методів обробки, серед яких токарна обробка на верстатах з числовим програмним керуванням, фрезерування, свердління, кругле та внутрішнє шліфування, а також специфічні операції термічної обробки струмами високої частоти та гальванічного хромування. Наявність такого спектру різноманітних фізико-хімічних впливів формує складне виробниче середовище, що вимагає системного підходу до мінімізації професійних ризиків, запобігання виробничому травматизму та зниження антропогенного навантаження на довкілля до нормативно допустимих показників.

3.1.2. Організація робочого місця

Просторова та функціональна організація робочих місць верстатників при обслуговуванні технологічного обладнання, зокрема верстатів моделей 16К30Ф3, 2Н135, 6Р12, 2Р135Ф2, 3К227В та 3М173, проектується на основі ергономічних нормативів. Важливим аспектом є забезпечення раціонального переміщення об'єктів виробництва. Штампована заготовка має масу 13,18 кг, а маса готової деталі становить 6,96 кг. Незважаючи на те, що вага заготовки не є критично великою, регулярне переміщення та точне позиціонування таких деталей протягом зміни вимагає належної організації праці та застосування допоміжних засобів малої механізації на робочих місцях для унеможливлення накопичення фізичної втоми операторів. Зони різання та контролю вимагають належного рівня освітленості, особливо при проведенні вимірювальних операцій для поверхонь з високим ступенем точності, таких як зовнішня циліндрична поверхня Ø130h6. Для нейтралізації дисперсних частинок та газів робочі зони обладнуються системами місцевої витяжної вентиляції, конфігурація яких залежить від типу технологічної операції.

3.1.3. Техніка безпеки при роботі з обладнанням

Безпека експлуатації виробничого устаткування забезпечується суворим дотриманням регламентів для кожної групи верстатів. При роботі на токарних та фрезерних верстатах з числовим програмним керуванням критичним є надійне базування та закріплення деталі; наприклад, для фрезерної операції застосовується пневматичний пристрій із зусиллям на штоку понад 55 кН, що вимагає впровадження систем автоматичного блокування обертання шпинделя у разі падіння тиску в пневмосистемі.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-17.03.0ЕПВ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кучеренко</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Лікільняк</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
							1	
						<i>ПМ-22</i>		

Захисні кабінети верстатів повинні бути герметично закриті під час циклу автоматичної роботи для захисту оператора від стружки та розпиленої мастильно-охолоджувальної рідини. При виконанні шліфувальних операцій на верстатах 3K227B та 3M173 головним фактором ризику є відцентрове руйнування абразивного круга, що робить обов'язковим його статичне та динамічне балансування перед роботою та використання захисних металевих кожухів. Операція поверхневого загартування деталі за допомогою струмів високої частоти вимагає електромагнітного екранування індуктора та наявності діелектричних засобів захисту. Робота на гальванічній дільниці під час хромування поверхонь пов'язана з використанням високоагресивних середовищ, що обумовлює необхідність надійної роботи бортових відсмоктувачів для недопущення потрапляння парів електроліту в зону дихання працівника.

3.1.4. Вимоги до персоналу

До виконання технологічних операцій механічної, термічної та хімічної обробки допускається виключно кваліфікований персонал, який пройшов відповідну професійну підготовку, медичний огляд та атестацію з питань охорони праці. Оператори верстатів з числовим програмним керуванням, термісти та гальваніки повинні володіти глибокими знаннями щодо кінематики обладнання, властивостей оброблюваних матеріалів та специфіки небезпечних виробничих факторів на своїх ділянках. Обов'язковою умовою допуску до роботи є використання нормативних засобів індивідуального захисту, номенклатура яких варіюється від захисних окулярів та протишумових вкладишів для механічних цехів до спеціалізованих кислотостійких респіраторів, рукавиць та фартухів для персоналу, задіяного у процесі гальванічного хромування.

3.1.5. Вплив виробництва на довкілля

Проектований технологічний процес виготовлення деталі є джерелом комплексного впливу на навколишнє природне середовище, що класифікується за агрегатним станом викидів. Тверді промислові відходи представлені переважно металевою стружкою сталі 40X, відпрацьованим абразивним інструментом та зношеними твердосплавними пластинами ріжучого інструменту. Рідкі забруднювачі включають відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини, індустриальні мастила систем змащення верстатів, а також токсичні промивні води дільниці хромування, що містять сполуки важких металів. Атмосферні емісії формуються за рахунок утворення масляного аерозолі в процесі різання металу, виділення дрібнодисперсного абразивно-металевого пилу під час шліфування, а також випаровування агресивних хімічних речовин з поверхні гальванічних ванн.

3.1.6. Заходи з охорони навколишнього середовища

Інтеграція екологічних імперативів у виробничий процес реалізується шляхом раціонального поводження з ресурсами та відходами. Одним із визначених завдань розробки технологічного процесу є забезпечення ефективного використання матеріалів та обмеження впливу на навколишнє

					КНУ.КБР.131.26.1-17.03.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середовище за рахунок вторинного використання відходів, зокрема відпрацьованого твердого сплаву. Збір металевої стружки здійснюється ізольовано від інших видів відходів для подальшого брикетування та металургійної переробки. Стічні води гальванічної ділянки підлягають обов'язковому фізико-хімічному очищенню на локальних очисних спорудах підприємства для відновлення та осадження токсичних сполук хрому перед їх скиданням у загальнопромислову каналізаційну мережу. Видалення забруднювачів з повітряного басейну цехів забезпечується застосуванням циклонних та рукавних фільтрів для пилу, а також скрубєрів для нейтралізації кислотних парів гальванічного виробництва.

3.1.7. Моніторинг та контроль

Ефективність функціонування системи охорони праці та екологічної безпеки підтримується безперервним моніторингом виробничого середовища. Інструментальний контроль охоплює регулярні вимірювання концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони, зокрема вмісту аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин, парів хрому та абразивного пилу. Екологічний моніторинг передбачає систематичний аналіз хімічного складу промислових стічних вод на виході з локальних очисних споруд з метою підтвердження відповідності гранично допустимим скидам. Технічний нагляд включає планові перевірки цілісності захисних огорожень, ефективності систем місцевої аспірації та надійності контурів захисного заземлення технологічного обладнання.

3.2. Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

Переклад механічної обробки з верстатів з ручним керуванням на верстати зі ЧПУ вважається доцільним при наявності позитивного економічного ефекту й окупності витрат протягом 6-7 років [13]. Розрахунки техніко-економічного обґрунтування вибору встаткування зі ЧПУ приводимо в таблиці 3.1.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.03.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Розрахунок техніко-економічного обґрунтування вибору верстата зі ЧПК

Дані	Базовий варіант 16K40	Новий варіант 16K30Ф3
1	2	3
По деталі:		
Річний обсяг випуску, шт	5000	5000
Кількість запусків Jr, шт	12	12
Тривалість випуску, років	5	5
Штучний час обробки, хв	42,6	12,68
Час налагодження верстата тм, хв	125	60,5
Розряд: контролера	5	5
верстатника	5	4
наладчика	3	5
настроювача інструмента	-	4
Кількість кадрів програми	-	340
Вартість заготівлі Sz, грн	83,85	68,42
Середній час настроювання по приладу одного інструмента поза верстатом тін, хв	-	4
Середній період стійкості інструмента Т, хв	60	60
Середня кількість граней пл., шт	-	4
Коефіцієнт, що враховує питома вага основного часу в штучному Kt	-	0,7
Вартість одного кадру ПУ, КПУ, грн	-	1,34
Вартість розробки ПУ, грн	-	21,6
Среднечасовая зарплата, грн	4,36	3,79
верстатника	3,79	3,79
наладчика	-	3,14
настроювача інструмента	3,17	3,17
контролера		
По верстатах:	Н	Н
Клас точності верстата	4,55	6,8
Маса верстата, т	4,75x2,01	9,2x2,98
Габарити верстата (Lx), м	-	1,9x1,9
Габарити пристрою ЧПУ		НЦ-31
Тип пристрою ЧПУ	0,5	10
Термін служби верстата до капітального ремонту		
Трц, років	17	22
Установлена потужність всіх електродвигунів головного руху		
Категорія складності ремонту верстата:	12	11
механічної частини Rm	9,5	22
електричної частини Re		

Кількість верстатів, що обслуговують одним робітником, шт	1 300	2 339
Оптова ціна верстата, тис. грн.	0,8	0,8
Коефіцієнт завантаження	9,55	12,8
Площа верстата по габаритах, м ²	-	1,42
Площа пристрою ЧПУ, А _у , м ²		
Норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата	0,053	0,053
Витрати на одну одиницю ремонтослож. верстата, грн	30,8 7,6	30,3 7,7
Механічної частини, Нм		
Електротехнічної частини, Не	-	860
Норматив річних витрат на поточне обслуговування й ремонт пристрою ЧПУ, грн	4,5 1	4 1
Коефіцієнт, що враховує додаткову площу верстата, γ	4015	4015
Коефіцієнт, що враховує клас точності верстата, μ	143	143
Ефективний річний фонд часу роботи верстата По виробничих площах:	341,1	341,1
Вартість 1м ² площі цеху Цпл.ц., грн	9	9
Вартість службово-побутових приміщень Цпл.б., грн	1219	1219
Площа службово-побутових приміщень на 1 робітника Аб, м ²		
Витрати на зміст і амортизаційні відрахування на 1м ² цеха, Нпл, грн		

Розрахунок допоміжних показників

1	2	3
Час обробки деталі протягом року, ч	$\frac{42,6 \cdot 5000}{60} = 3550$	$\frac{12,68 \cdot 5000}{60} = 10$
Час налагодження верстата протягом року Тн, ч	$\frac{125 \cdot 12}{60} = 25$	$\frac{60,5 \cdot 12}{60} = 12,1$

Час налагодження інструмента поза верстатом Тін, ч	-	$\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 470}{60 \cdot 4} \times 0,7$
Час контролю деталей протягом року Тк, ч	$0,083 \times 710 = 58,93$	$0,2 \times 58,93 = 11,78$
Кількість верстатників Рст, чел	$\frac{3550}{1860 \cdot 1} = 1,9 \rightarrow 2$	$\frac{1057}{1860 \cdot 2} = 0,3 \rightarrow$
Кількість наладчиків верстата Рн, чел	$\frac{25}{1860} = 0,013 \rightarrow 1$	$\frac{12,1}{1860} = 0,006 \rightarrow$
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Рн _{ин} , чел	-	$\frac{7,13}{1860} = 0,004 \rightarrow$
Кількість контролерів Рк, чел	$\frac{58,93}{1860} = 0,03 \rightarrow 1$	$\frac{11,78}{1860} = 0,006 \rightarrow$

Додаткове число робітників по обслуговуванню верстата з ЧПУ Р _д , чел	—	$\frac{0,5(1057 + 12,1 + 4015 \cdot 0,92)}{= 0,15 \rightarrow 1}$
Загальна кількість робітників на річну програму випуску деталей $R_{ст} + R_{н} + R_{нн} + R_{к} + R_{д}$	$2 + 1 + 1 = 4$	$1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5$
Частка завантаження верстата обробкою деталей в обсязі річного випуску, β	$\frac{3550 + 25}{4015 \cdot 0,85} = 1,04$	$\frac{1057 + 12,1}{4015 \cdot 0,8} = 0,3$

Розрахунок капітальних вкладень

1	2	3
Балансова вартість устаткування, грн	$300000 \times 1,1 \times 0,213 = 70290$	$339000 \times 1,1 \times 0,133 = 49596$
Вартість приміщення займаного встаткуванням К _{зд} , грн	$143 \times 9,55 \times 4,5 \times 0,213 = 1309$	$143 \times (12,8 + 1,42) \times 4 \times 0,133 = 1082$
Вартість службово-побутових приміщень К _м , грн	$341,1 \times 9 \times 0,426 = 1308$	$341,1 \times 9 \times 0,211 = 648$
Витрати на незавершене виробництво К _{нез} , грн	$3 \times 80 \cdot (30,68 + \frac{80,825}{1000} \times 0,5) \times 0,213 = 1583,9$	$3 \times 80(28,06 + \frac{69,025}{1000} \times 0,5) \times 0,133 = 905,1$
Витрати на розробку керуючої програми К _{пу} , грн	—	116
Разом капітальних вкладень п, грн	74490	52346
Разом капітальних вкладень		
Заробітна плата (річна) верстатника, що працює на даному верстаті І _з , грн	17622	15434
Заробітна плата наладчика І _н , грн	9987	9987
Заробітна плата наладчика інструмента	9987	9987
Заробітна плата контролера, І _к , грн	9387	9387
Витрати на підготовку й поновлення керуючої програми І _{пу} , грн	$2155,5 \times 0,053 = 114,24$	$2808,9 \times 0,053 = 148,87$
Амортизаційні відрахування на повне відновлення встаткування І _а , грн	67780	72320
Витрати на зміст приміщення, займане верстатом І _л , грн	$143 \times (9,55 + 0) \times 4,5 \times 0,213 = 1309$	$143 \times (12,8 + 1,42) 4 \times 0,133 = 1082$
Витрати на амортизаційні відрахування службово-побутових приміщень І _{сл} , грн	$28 \times 9 \times 0,426 = 107,35$	$28 \times 9 \times 0,211 = 53,17$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.26.1-17.03.0ЕПВ

Арк.

Витрати на ремонт і ТО устаткування Ир, грн	$0,045 \times 300 \times 0,213 = 2876$	$0,045 \times 339 \times 0,133 = 2028$
Витрати на ремонт пристроїв ЧПУ Иу, грн	–	$860 \times 0,13 = 715$
Разом собівартість обробки С, грн	119170	121142
Результати розрахунку:		
Наведені витрати З, грн ($Z = C + 0,15K$)	$119170 + 0,15 \times 74490 = 130343,09$	$121142 + 0,15 \times 52346 = 128993,94$
Річний економічний ефект ЕГ, грн		$130343 - 128993,9 = 1349,1$

					КНУ.КБР.131.26.1-17.03.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Дана бакалаврська робота присвячена вдосконаленню технологічної підготовки виробництва. У процесі виконання роботи було досягнуто наступних результатів:

- проведено аналіз складального вузла подаючого патрона механізму приводу ходової частини, зокрема його складової деталі — «кришка»;
- на основі розрахунку розмірних ланцюгів визначено раціональний метод складання та встановлено лінійні розміри з відповідними допусками;
- розроблено сучасний технологічний процес виготовлення деталі з використанням високопродуктивного обладнання з ЧПК;
- обґрунтовано вибір економічно доцільних і прогресивних способів отримання заготовок, що забезпечують зниження витрат матеріалу та скорочення часу обробки;
- визначено оптимальні режими різання, які дозволяють мінімізувати собівартість виготовлення;
- спроектовано технологічне оснащення, що забезпечує скорочення часу встановлення та обробки деталі приблизно у два рази порівняно з базовим (заводським) варіантом;
- кожен етап проєктування супроводжувався техніко-економічними розрахунками, що підтверджують доцільність прийнятих рішень.

У результаті виконаних досліджень встановлено, що розроблений технологічний процес є економічно обґрунтованим та ефективним.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.В								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Кучеренко			ВИСНОВКИ					Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Пікільняк										1	
										ПМ-22			
Н. Контр.		Нечаєв											
Затверд.		Рязанцев											

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атаманюк, В.В. Технологія конструкційних матеріалів: [Текст] Навчальний. посібник / В.В. Атаманюк. К.: Кондор, 2006. 528 с.
2. Захаркін, О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): [Текст]: Навчальний посібник / О.У. Захаркін. Суми: Сумський державний університет, 2011. 137 с.
3. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Воженко. К.: НМК ВО, 1990. 264 с.
4. Медвідь М.В., Шабайкович В.А. Теоретичні основи технології машинобудування. [Текст]: Навчальний посібник / За ред. проф. М.В. Медвідя. Львів: Видавниче об'єднання «Вища школа», 1976. 299 с.
5. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування [Текст]: Навчальний посібник / ЖДТУ, Житомир: 2005. 835 с.
6. Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: [Текст]: Навчальний посібник / В.В. Душинський. К.: ІСДО, 1994. 216 с.
7. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]; за ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1983. 286 с. 20.
8. Кіницький Я.Т. Теорія механізмів і машин. К.: Наукова думка, 2001. 660 с.
9. Кіницький Я.Т. Короткий курс теорії механізмів і машин: Підручник для інж. техн. спец. Вищих навч. закладів України. 2-ге вид. перероб. і скор. / - Львів: Афіша. 2004. 272 с.
10. Теорія механізмів і машин/ А.С.Кореняко; Під ред. М.К. Афанасьєва. К.: Вища шк. Головне вид-во, 1987.- 206с
11. Ю.С. Рудь Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. 492 с.; з іл
12. Основи взаємозамінності, стандартизації і технічні вимірювання. Навчальний посібник/ Железна А.М.К.: Кондор, 2011. 796 с.
13. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011. 412с.

					КНУ.КБР.131.26.1-17.СВД			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кучеренко			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			
Перевір.		Пікільняк						
Н. Контр.		Нечасів						
Затверд.		Рязанцев						
						Літ.	Арк.	Архив
							1	
						ПМ-22		