

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі
«Поршень» та обґрунтування параметрів надійності процесу за
допомогою САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-21

Рева М.В.

Керівник роботи

к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2025 р

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі
«Поршень» та обґрунтування параметрів надійності процесу за
допомогою САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-21

Рева М.В.

Керівник роботи

к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П. /

Завідувач кафедри

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О. /

Кривий Ріг
2025 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма «Прикладна механіка»

Затверджую
Зав. кафедри ТМ к.т.н. доц., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Студент гр. ПМ-22ск Рева Микита Віталійович

Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Поршень» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою САПР технологій

1. Керівник проекту к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Тема затверджена наказом по КНУ № 45с від “16.01 ” 2025 р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1. Креслення складального вузла.

2. Креслення деталі. 3. Типовий технологічний процес. 4. Річна програма випуску деталі.

4. Зміст пояснювальної записки:

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА.

Аналіз режимів статичного та динамічного навантаження цапфи в процесах експлуатації в «SOLIDWORKS Simulation»

2 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ДЕТАЛІ

3 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURESAM

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення складального вузла. 2. Креслення заготовки 3. Креслення деталі. 4. Ескізи операцій 5. Креслення верстатно - інструментального налагодження. Креслення верстатного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА 1.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів. Розмірний аналіз вузла	До 28.01 2025р.
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ ПРОЕКТУ 2.1 Службове призначення деталі. 2.2 Аналіз якості поверхонь деталі 2.2 Аналіз технологічності деталі 2.3 Вибір типу виробництва .Задачі проектування 2.4 Аналіз типового технологічного процесу 3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ 3.1 Обґрунтування вибору заготовки 3.2 Вибір та обґрунтування баз 3.4 Розробка маршруту обробки деталі 3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 3.5 Розробка технологічної операції 3.6 Розрахунок між операційних прпусків на обробку 3.7 Розрахунок режимів різання та нормування ТП	02.02 2025р.- 20.02.2025р.
4 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ	з 21.03.2025р- .
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	1.04-2.04.25
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ	до 03.05 2025р.
Попередній захист	10 .06 2025р.

Дата видачі завдання: “18” 01 2025р.

Студент _____ / Рева М.В./

Керівник роботи _____ /Цивінда Н.І./

РЕФЕРАТ

Метою конструкторсько-технологічної підготовки є впровадження сучасних технологічних процесів, які дозволяють підвищити термін експлуатації поршнів.

Мета досягалася аналізом надійності технологічного процесу складання розрахунком розмірних ланцюгів, надійності технологічного процесу виготовлення застосуванням сучасного обладнання з ЧПК та, завдяки цьому, концентрації операцій та досягнення принципу єдності та сталості баз. Це дозволить досягти точності та якості обробки, а значить надійності деталі.

Доцільність бакалаврської роботи доведена техніко-економічними розрахунками вибору заготовки, техніко-економічними розрахунками вибору верстатів з ЧПК.

ПОРШЕНЬ КОМПРЕСОРА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЯКІСТЬ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, КОНТРОЛЬ, ОСНАЩЕННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, СОБІВАРТІСТЬ

ABSTRACT

The purpose of design and technological training is the implementation of modern technological processes that allow to increase the service life of pistons.

The goal was achieved by analyzing the reliability of the technological process of assembly by calculating dimensional chains, the reliability of the technological process of manufacturing by using modern CNC equipment and, thanks to this, the concentration of operations and achieving the principle of unity and constancy of bases. This will allow to achieve accuracy and quality of processing, and therefore the reliability of the part.

The feasibility of the bachelor's work is proven by technical and economic calculations of the choice of the workpiece, technical and economic calculations of the choice of CNC machines.

COMPRESSOR PISTON, TECHNOLOGICAL PROCESS, QUALITY, CUTTING MODES, CONTROL, EQUIPMENT, TOOL, PRODUCTIVITY, COST

					КНУ.КБР.131.25.2-08. Р			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Рева				РЕФЕРАТ		Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда							Аркушів
Т.контр								
Н. Контр.	Нечаєв						Кафедра ТМ гр.ПМ22ск	
Затв.	Рязанцев							

Перв. примеч.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документація			
		A4		1		Пояснювальна записка			
		A4		2		Альбом тех.карт на ТП			
		A4							
Справ. №									
							Креслення		
		A1	4	КНУ.КБР.131.25.2-08.СК	Компресор повітряного тиску	1			
		A1	5	КНУ.КБР.131.25.2-08.П	Поршень	1			
			6	КНУ.КБР.131.25.2-08.ПВ	Поршень (відливка)	1			
			7	КНУ.КБР.131.25.2-08.ЕО	Ескізи операцій поршня	1			
		A1	8	КНУ.КБР.131.25.2-08.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1			
		A2	9	КНУ.КБР.131.25.2-08.СП	Спеціальний пристрій	1			
		A1	10	КНУ.КБР.131.25.2-08.КП	Контрольний пристрій	1			
Підп. і дата		A1							
		A1							
		A2							
		A2							
Взам. інв. №									
		A1							
Підп. і дата		A2							
		A2							
		A1							
Інв. № подл.						КНУ.КБР.131.25.2-08.В0			
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
		Разраб.	Реба			Відомість об'єму кваліфікаційної бакалаврської роботи			
		Проб.	Цибінда						
		И.контр.	Нечаев			Кафедра ТМ, гр ПМ-22ск			
		Утв.	Рязанцев						

Копіював

Формат А4

ЗМІСТ

Вступ	
1 Аналіз службового призначення механізму, вузла	
1.1 Службове призначення вузла.....	
1.2 Розмірний аналіз вузла.....	
2 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту.....	
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни.....	
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	
2.3 Технічний контроль робочого креслення	
2.4 Аналіз технологічності деталі.....	
2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції	
щодо удосконалення.....	
3 Проектування технологічного процесу обробки деталі.....	
3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та	
проектування заготовок.....	
3.2 Вибір і обґрунтування баз.....	
3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь.....	
3.4 Розробка маршруту обробки деталі.....	
3.5 Розробка технологічних операцій.....	
3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку.....	
3.7 Розрахунок і вибір режимів різання. Нормування технологічних	
операцій.....	
3.8 Розрахунок складу та кількості обладнання.....	
4 Розробка верстатно-інструментального налагодження та	
розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК	
5 Проектування технологічного оснащення.....	
5.1 Проектування контрольного пристрою.....	
5.2 Проектування спеціального верстатного пристрою.....	
6 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту	
технологічного процесу.....	
Висновки	
Список використаних джерел	
Додатки	

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 3			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Рева				ЗМІСТ		Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда							Аркуші
Т.контр								
Н. Контр.	Нечаєв						Кафедра ТМ гр.ПМ22ск	
Затв.	Рязанцев							

ВСТУП

Темпи науково-технічного прогресу в машинобудуванні, підвищення якості і скорочення строків розробок, освоєння виробництва нових виробів, забезпечення високої точності і стабільності процесів їх виготовлення знаходяться в прямій залежності від рівня впровадження інноваційних технологій в технічну підготовку виробництва і вдосконалення технологічного проектування.

Технологічний процес механічної обробки деталей машин і їх складання тільки тоді може бути прийнятим у виробництві, коли задані технічні вимоги на виріб, рівень продуктивності та економічності забезпечуються високою надійністю проектних рішень – це здатність елементів спроектованого технологічного процесу забезпечити на протязі визначеного часу чи більш довгого періоду задані технічні вимоги до оброблюваної деталі при встановленому рівні економічності в визначених виробничих умовах.

Ефективне використання ресурсів на основі прискорення науково-технічного прогресу вимагає широкого упровадження нових технологій – плазових, електронно-променевих детонаційних і ін., які дозволяють підвищити термін експлуатації компресорів, понизити енерго- і матеріаломісткості виробництва.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. В			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рева						
Перевір.		Цивінда						
Т.контр								
Н. Контр.		Нечасв						
Затв.		Рязанцев						
					Літ.		Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ гр.ПМ22ск			

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЗМУ, ВУЗЛА

1.1 Службове призначення вузла

Деталь поршень компресора є частиною компресор моделі ЕК-4М, який зображено на рисунку 1.1.

Компресор ЕК-4М – це поршнева машина простої дії, яка призначена для постачання стиснутого повітря до тормозних систем, пневматичних приладів та іншого пневмо обладнання в тролейбусах. Даний тип компресора відноситься до типу горизонтальних, однорядних, одноступінчатих поршневих машин з повітряним охолодженням. Електроповітряний компресор має два циліндри, які служать для живлення пневматичного приводу.



Рисунок 1.1 – Компресор ЕК-4М

Компресор працює в умовах підвищених температур і піддається вібраціям. Завдяки тому, що основні вузли компресора знаходяться в корпусі він захищений від дії атмосферних явищ, запиленості повітря і абразивів.

Компресор складається з наступних основних вузлів: корпусу, колінчастого валу, шатунно-кривошипного механізму, блоку циліндрів, кришки клапанів, і двухступінчатого редуктора.

Основними частинами поршневого компресора являються робочий циліндр і поршень. В кришці циліндра розташовані всмоктувальний і нагнітальний клапани. Як і в інших поршневих механізмів, для повідомлення поршню поворотно-поступального руху в поршковому компресорі є кривошипно-шатунний механізм з колінчастим валом.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 01.АСПМ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Рева				АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЗМУ, ВУЗЛА	Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда						
Т.контр						Кафедра ТМ гр.ПМ22ск	
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						

В поршневому компресорі передбачається автоматичне регулювання продуктивності по верхній і нижній межі (верхня межа - тиск при якому подається команда на відключення електродвигуна; нижня межа - це тиск, при якому відбувається запуск електродвигуна) Кількість включень - виключень залежить від витрати стислого повітря для забезпечення постійного тиску в нагнітальному трубопроводі.

Існує декілька способів регулювання. Найпростіший з них - переривчастим включенням, тобто при падінні тиску до рівня нижньої межі в ресивері (в системі) компресор включається і відключається (гвинтовик переходить в режим холостого ходу) досягши встановленої верхньої межі до наступного включення.

Поршневі компресори є найпоширенішими серед компресорів з продуктивністю $0,4 \text{ м}^3/\text{хв}$ і тиском нагнітання $0,8 \text{ МПа}$.

1.2 Розмірний аналіз вузла

Для визначення методу складання виявимо розмірні зв'язки у вузлі та побудуємо лінійний розмірний ланцюг А, який зобразимо на рисунку 1.2.

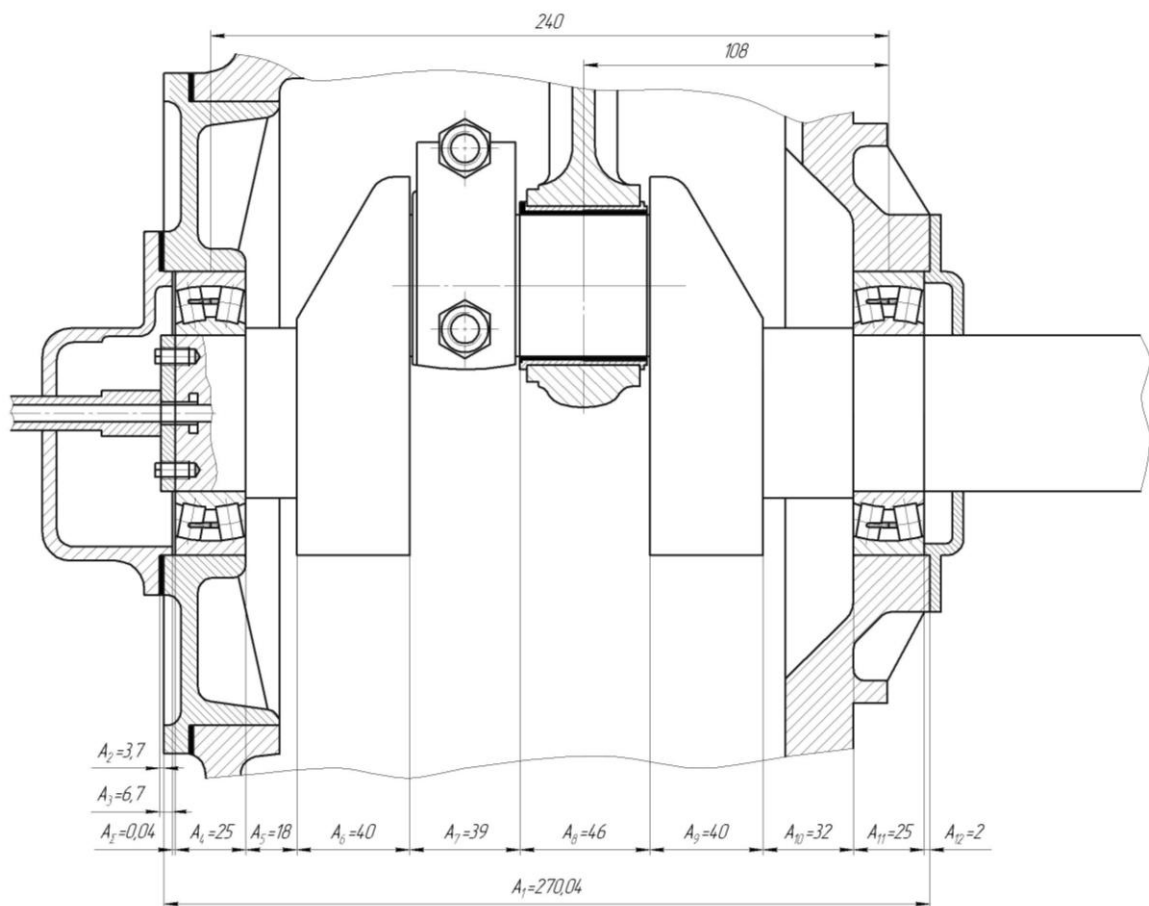


Рисунок 1.2 – Схема лінійного ланцюга вузла

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-08. 01.АСПМ

Арк.

На всі ланки розмірного ланцюга призначаємо технологічно досяжні допуски і заповнюємо таблицю 1.1. На всі ланки призначаємо граничні відхилення і проставляємо середні значення полів допусків, які визначаємо за виразом [1, 2]:

$$\Delta C_i = \frac{es_i + si_i}{2}, \quad (1.1)$$

де es і ei – відповідно верхнє і нижнє граничні відхилення ланки.

$$\Delta C_1 = \frac{0,65 + (-0,65)}{2} = 0_{мм},$$

$$\Delta C_3 = \frac{0 + (-0,36)}{2} = -0,18_{мм},$$

$$\Delta C_{4,11} = \frac{0 + (-0,21)}{2} = -0,105_{мм},$$

$$\Delta C_5 = \frac{0,09 + (-0,09)}{2} = 0_{мм},$$

$$\Delta C_{6,9} = \frac{0,195 + (-0,195)}{2} = 0_{мм},$$

$$\Delta C_7 = \frac{0 + (-0,25)}{2} = -0,125_{мм},$$

$$\Delta C_8 = \frac{0 + (-0,25)}{2} = -0,125_{мм},$$

$$\Delta C_{10} = \frac{0,125 + (-0,125)}{2} = 0_{мм},$$

$$\Delta C_{12} = \frac{0 + (-0,25)}{2} = -0,125_{мм}.$$

Визначаємо допуск замикаючої ланки по виразу:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai}), \quad (1.2)$$

$$T_{\Sigma} = 1,3 + 0,36 + 0,21 + 0,21 + 0,18 + 0,39 + 0,39 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,25 = 4,04_{мм}$$

Визначаємо величину компенсації:

$$T_{\kappa} = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}], \quad (1.3)$$

$$T_{\kappa} = 4,04 - 1,2 = 2,84_{мм}$$

Розмір прокладки вибираємо із умови: $A_{комп} \leq [T_{\Sigma}]$.

Як прокладки використовуємо металевий лист, товщина якого S рівна:

$$S = A_{комп} = [T_{\Sigma}] = 1,2 \pm 0,1_{мм}$$

Приймаємо допуск на товщину листа $T_{комп} = 0,2_{мм}$, $\Delta C_{комп} = 0_{мм}$.

Попереднє число прокладок в наборі визначаємо по формулі:

$$Z = \frac{T_{\kappa}}{[T_{\Sigma}]}, \quad (1.4)$$

$$Z = \frac{2,84}{1,2} = 2,37$$

Приймаємо 2 прокладки.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Будуємо новий розмірний ланцюг на складальному вузлі. Нова ланка позначена A_2 і вона є збільшуючою. Декілька зміниться положення ланки A_3 , що також показано на схемі розмірного ланцюгу.

Величина компенсатора, що складається з Z прокладок визначаємо по формулі:

$$A_2 = Z \cdot A_{\text{комп}} = Z \cdot [T_{\Sigma}], \quad (1.5)$$

$$A_2 = 2 \cdot (1,2 \pm 0,1) = 2,4 \pm 0,2 \text{ мм}$$

Номінальний розмір замикаючої ланки нового розмірного ланцюгу визначаємо за формулою:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \bar{A}_i - \sum_{j=1}^m \bar{A}_j, \quad (1.6)$$

де A_i і A_j - відповідно розміри збільшуючої і зменшуючої ланок.

$$A_{\Sigma} = (270,04 + 2,4) - (6,7 + 25 + 25 + 18 + 40 + 40 + 39 + 46 + 32 + 2) = 1,26 \text{ мм}$$

Допуск замикаючої ланки нового розміру визначаємо за формулою:

$$T'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n T_{Ai}, \quad (1.7)$$

$$T'_{\Sigma} = 1,3 + 0,4 + 0,36 + 0,21 + 0,21 + 0,18 + 0,39 + 0,39 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,25 = 4,44 \text{ мм}$$

Координату середини поля допуску визначаємо за формулою:

$$C'_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Delta \bar{C}_i - \sum_{j=1}^m \Delta \bar{C}_j, \quad (1.8)$$

$$C'_{\Sigma} = (0 + 0) - (-0,18 + (-0,105) + 0 + 0 + (-0,125) + (-0,125) + 0 + (-0,125)) = 0,66 \text{ мм}$$

Визначаємо величину компенсації по формулі:

$$T'_{\kappa} = T'_{\Sigma} - [T_{\Sigma}], \quad (1.9)$$

$$T'_{\kappa} = 4,44 - 1,2 = 3,24 \text{ мм}$$

Остаточну кількість прокладок визначаємо по формулі:

$$Z' = \frac{T'_{\kappa}}{[T_{\kappa}]} + 1, \quad (1.10)$$

$$Z' = \frac{3,24}{1,2} + 1 = 3,7$$

Остаточню приймаємо 3 прокладки.

Як залежна ланка вибираємо ланку A_3 величину поправки визначаємо по виразу:

$$\bar{\Delta}' = [\Delta C_{\Sigma}] - \Delta C'_{\Sigma} + \frac{T'_{\Sigma}}{2} - \Delta C_{\text{комп}A_3} - A_{\text{комп}}, \quad (1.11)$$

$$\bar{\Delta}' = 0 - 0,66 + \frac{4,44}{2} - (-0,18) - 1,2 = 0,54 \text{ мм}$$

Нова координата середини поля допуску залежної ланки визначаємо по виразу:

$$\Delta C'_{A_3} = \Delta C_{A_3} + \Delta', \quad (1.12)$$

$$\Delta C'_{A_3} = 0 + 0,54 = 0,54 \text{ мм}.$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Граничні відхилення залежної ланки визначаємо по виразу:

$$\begin{cases} es_{A_3} = 0,54 + 0,5 \cdot 0,36 = 0,72 \text{ мм} \\ ei_{A_3} = 0,54 - 0,5 \cdot 0,36 = 0,36 \text{ мм} \end{cases}$$

$$A_3 = 6,7^{+0,72}_{+0,36} \text{ мм.}$$

Перевірка правильності проведених розрахунків.

Середній розмір всіх прокладок визначаємо по формулі:

$$\bar{A}_{C_{A_2}} = \bar{A}_{\text{комп.}} + \Delta C_{\text{комп.}} - \Delta C'_{\Sigma} + [\Delta C_{\Sigma}], \quad (1.13)$$

$$\bar{A}_{C_{A_2}} = 1,2 + 0 - 0,66 + 0 = 0,54$$

$$A_{2\max} = A_{C_{A_2}} + \frac{T'_{\kappa}}{2}, \quad (1.14)$$

$$A_{2\min} = A_{C_{A_2}} - \frac{T'_{\kappa}}{2}, \quad (1.16)$$

$$A_{2\max} = 0,54 + \frac{4,44}{2} = 2,76 \text{ мм}$$

$$A_{2\min} = 0,54 - \frac{4,44}{2} = -1,68 \text{ мм}$$

Максимальну кількість прокладок визначаємо за формулою:

$$Z_{\max} = \frac{A_{2\max}}{[T_{\Sigma}]}, \quad (1.16)$$

$$Z_{\max} = \frac{2,76}{1,2} = 2,3$$

Приймаємо $Z_{\max} = 2$ прокладки.

Мінімальна кількість прокладок в наборі:

$$Z_{\min} = \frac{A_{2\min}}{[T_{\Sigma}]}, \quad (1.17)$$

$$Z_{\min} = \frac{-1,68}{1,2} = -1,4$$

Визначимо кількість прокладок в наборі:

$$Z = Z_{\max} - Z_{\min}, \quad (1.18)$$

$$Z = 2 - (-1) = 3$$

Розрахунок проведено вірно.

За результатами розрахунків пропонуємо здійснювати складання методом регулювання прокладок однакової товщини.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь поршень компресора входить до складу кривошипно-шатунного механізму компресор ЕК-4М.

Поршень компресора в складі робочого циліндра призначений для стиснення робочої речовини. Деталь має у верхній частині три канавки: дві з яких для кілець ущільнення, а одна – для мастилоз'ємного кільця. Для забезпечення нормальної роботи юбку поршня виконують сполушною з овальним перетином і невеликим звуженням, що необхідно для того щоб не відбулося заклинювання поршня в циліндрі.

Принцип роботи поршня в компресорі. При здійсненні поршнем руху із крайнього лівого положення вправо відбувається всмоктування через відкритий всмоктувальний клапан. Коли поршень приходить у крайнє праве положення, то процес всмоктування закінчується і всмоктувальний клапан закривається, при русі поршня з право наліво повітря, що знаходиться в циліндрі стискається. Тиск підвищується до тиску конденсації. Відкривається клапан, що нагнітається і повітря при тиску конденсації виштовхується із циліндра в конденсатор. Коли поршень опиняється в лівому положенні все повітря буде витіснене із циліндра і при цьому клапан, що нагнітається зачиниться.

Поршень компресора працює в умовах високих температур, так як відбувається тертя поршня об стінки циліндра, також він піддається тиску газу 0,8МПа. Тому матеріал деталі повинен мати хорошу зносостійкість, теплостійкість та достатню міцність, для протистояння тиску.

Заданим вимогам відповідає алюмінієвий сплав марки АК5М7 ДСТУ 2839-94, на основі системи алюміній-кремній-магній. Використання алюмінієвого сплаву пояснюється тим, що він має значно невелику масу (що сприяє зниженню сил інерції, які навантажують деталі кривошипно-шатунного механізму, зменшенню сил тертя, зниженню зносу), а також володіє більш високою теплопровідністю, завдяки чому в процесі роботи менше нагрівається.

Алюмінієвий сплав марки АК5М7 ДСТУ 2839-94 можна замінити на АЛ25 ДСТУ 2839-94

Хімічний склад алюмінієвих сплавів приведений в таблиці 2.1, а механічні властивості – в таблиці 2.2. [5].

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Рева			ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цивінда						
Т.контр						Кафедра ТМ гр.ПМ22ск		
Н. Контр.		Нечаєв						
Затв.		Рязанцев						

Таблиця 2.1 – Хімічний склад алюмінієвих сплавів ДСТУ 2839-94

Найменування сталей	Хімічний склад							
	Fe	Mg	Zn	Ti	Cu	Ni	Mn	Si
AK5M7	0 - 1	0,2 - 0,55	0 - 1,5	0,05 - 2	3 - 5	0 - 1,5	0,2 - 0,6	3,5 - 6
AL25	0,4-0,8	0,5-0,8	0-0,1	0,05-0,1	2,85-3,1	1,3-1,5	0,05-0,15	2,0-2,2

Таблиця 2.2 – Механічні властивості

Найменування сталей	Тимчасовий опір, Н	Відносне подовження, %	Твердість, НВ	Вид термічної обробки
	Не менше			
AK5M7	170	-	90	Штучне старіння
AL25	180	15	115-140	Закалка і неповне штучне старіння

Ливарні властивості та обробка різанням хороші, корозійна стійкість задовільна, рівень робочої температури не більше 250°C.

Після заливання в кокіль деталь поршень компресора піддають штучному старінню при температурі 160-170°C з витримкою 10-12 годин і повільне охолодження.

Штучне старіння підвищує міцність, твердість і знижує ударну в'язкість.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

На заданому кресленні пронумеровуємо всі поверхні, зліва на право, і в подальшому використовуємо нумерацію поверхонь в тексті [6, 7].

Основними поверхнями є поверхні, які є базовими і визначають положення деталі у вузлі. Такими поверхнями поршня є поверхні 10 і торець 1.

Допоміжні поверхні – це поверхні деталі, відносно яких базуються інші деталі. Допоміжними поверхнями є поверхні 8 і 9.

Виконавча поверхня виконує основну функцію для якої виготовлено деталь і до такої поверхні відноситься отвір 3.

Спряженими поверхнями називають поверхні, на які установлюють чи приєднують не відповідальні деталі. Це поверхня 11.

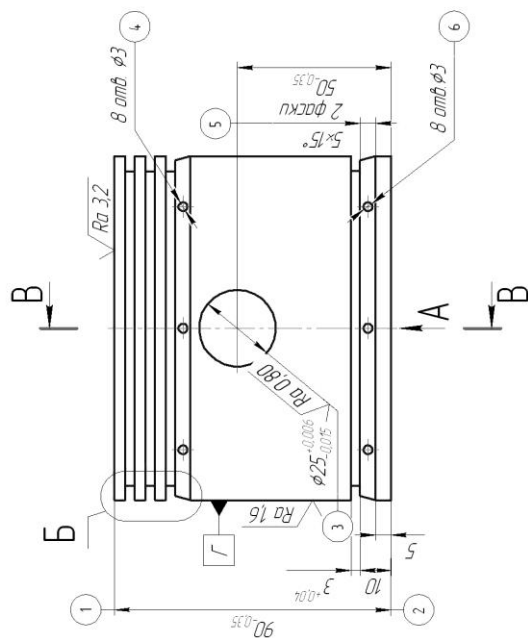
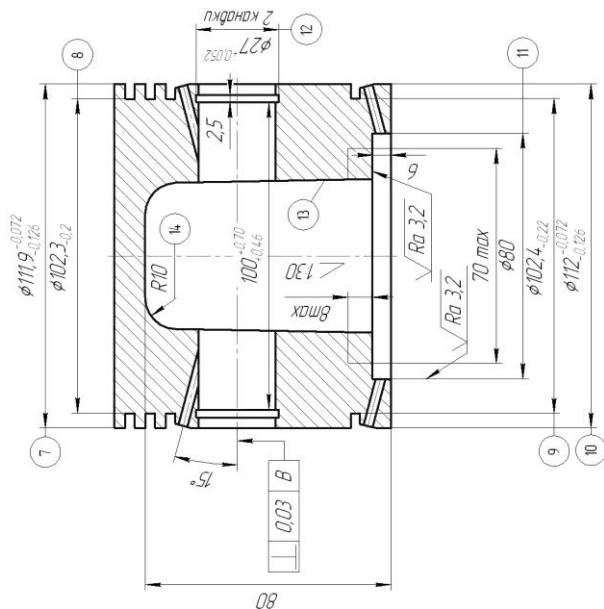
Усі інші поверхні є вільними.

Основні поверхні виготовляться з наступними параметрами: діаметральний розмір за 8 квалітетом точності з шорсткістю поверхні Ra 1,6мкм, а лінійний розмір за 12 квалітетом точності і з шорсткістю поверхні Ra 3,2мкм. Для установки поршня у вузлі задані квалітети і шорсткість поверхонь є достатніми.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

√ Ra 12,5

Б-Б



A

Г 1:2

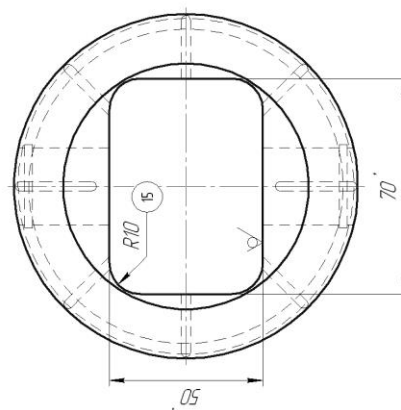
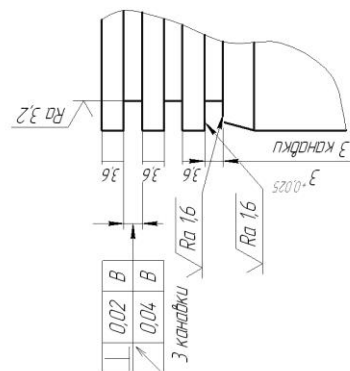


Рисунок 2.1 - Ескіз деталі з пронумерованими поверхнями

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжна поверхня 8 виготовлена за 9 квалітетам точності з шорсткістю поверхні Ra 1,6мкм, а поверхня 9 – за 11 квалітетам точності та з шорсткістю поверхні Ra 12,5мкм.

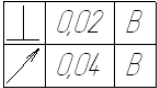
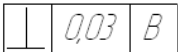
Виконавча поверхня виготовлена за 7 класом точності з шорсткістю поверхні Ra 0,8мкм, що відповідає вимогам до виготовлення заданої деталі.

Спряжена поверхня 11 виготовлена за 12 квалітетом точності з шорсткістю Ra 3,2мкм.

Квалітет точності вільних поверхонь – 12, а шорсткість Ra 20мкм.

Визначаємо норми точності для усіх поверхонь та їх взаємозв'язок. Дані заносимо до таблиці 2.3 [1].

Таблиця 2.3 – Аналіз якості поверхонь

№ пов.	Номинальний розмір, мм	Квалітет, IT	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1, 2	90	h12	$\begin{matrix} 0 \\ -0,35 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 3,2 \\ 12,5 \end{matrix}$	
3	Ø25	K7	$\begin{matrix} +0,006 \\ -0,015 \end{matrix}$	0,8	
4, 6	Ø3	H12	0,1	12,5	
5	5×15°	IT12	0,48	12,5	
7	Ø111,9	e8	$\begin{matrix} +0,072 \\ -0,126 \end{matrix}$	1,6	База В
8	Ø102,3×3	H9	$\begin{matrix} +0,025 \\ 0 \end{matrix}$	1,6	
9	Ø102,4×3	H10	$\begin{matrix} +0,04 \\ 0 \end{matrix}$	12,5	
10	Ø112	e8	$\begin{matrix} +0,072 \\ -0,126 \end{matrix}$	1,6	
11	Ø80	H7	$\begin{matrix} 0,03 \\ 0 \end{matrix}$	3,2	
12	Ø27×2,5	H9	$\begin{matrix} +0,052 \\ 0 \end{matrix}$	12,5	
13	50×70×80	IT14	0,3	12,5	
14,15	R10	IT14	0,15	12,5	

Провівши аналіз якості поверхонь можна зробити висновок, що точність поверхонь відповідає вимозі $T_1 > T_2 > T_3$, $0,025 > 0,02 > 0,0016$, $0,052 > 0,03 > 0,0125$.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі виконано на форматі А2. Відповідно з ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014 графі основного напису заповнені вірно. Креслення деталі представлено головним видом, видом А, розрізом Б-Б та виносним елементом Г.

На кресленні проставлені усі діаметральні та лінійні розміри. Лінійні розміри проставлені координатним і ланцюговим методами. Деякі найбільш важливі лінійні та діаметральні розміри мають допуски і відхилення розмірів.

Шорсткість на відповідальних поверхнях зазначена, а не зазначена шорсткість складає Ra 12,5мкм про що свідчить запис у правому верхньому куті креслення.

На кресленні показана база, яка позначена, на зовнішній поверхні $\varnothing 111,9^{+0,072}_{-0,126}$, літерою В та затемненим трикутником. Також на кресленні проставлені перпендикулярність отвору по осі, перпендикулярність та торцеве биття канавок відносно бази В.

Точність незазначених допусків позначена у технічних вимогах на кресленні і відповідає 12 квалітету. Також у технічних вимогах вказана заміна матеріалу, твердість матеріалу у момент поставки, а також вимоги до підгонки маси в деталі. В основному написі вказано назва, матеріал, маса і масштаб деталі.

Деталь не потребує ніяких спеціальних методів обробки та спеціальних покриттів, маркування.

Таким чином креслення дає повну інформацію про форму, розміри, шорсткість, відхилення форми і розташування поверхонь, а також вимоги до зовнішньої і внутрішньої поверхонь, тобто про якість деталі.

2.4 Аналіз технологічності

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь поршень компресора виготовлена з алюмінієвого сплаву АК5М7 ДСТУ 2839-94.

Поршень компресора належить до деталей класу тіл обертання.

Для виготовлення деталі в серійному виробництві найбільш продуктивними і економічними методами одержання заготовки є лиття в кокіль або в оболонкові форми [8].

Поршень має хороші розвинені базові поверхні, які дозволяють установити та закріпити його в пристосування при механічній обробці та вимірюванні. Базовими поверхнями виступають циліндрична поверхня поршня та його торець.

Деталь поршень являється жорсткою так як відношення довжини до діаметра рівне 0,8. Це означає, що можна використовувати підвищені режими різання.

Більшість поверхонь дозволяють вільно підводити та відводити різальний та вимірювальний інструмент, за виключенням деяких невеликих канавок та проточок.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідну точність і шорсткість зовнішніх і внутрішніх поверхонь можна досягти на верстатах нормальної і підвищеної точності.

Не технологічними поверхнями є: отвори Ø3мм, які розташовані під кутом 15° і призначені для змащення та канавка Ø27×2,5 під стопорні кільця. У зв'язку з тим, що ці поверхні є нетехнологічними вони потребують додаткового та спеціального оснащення. Зміна форми чи розмірів нетехнологічних елементів є недоцільним, так як кожен елемент виконує свої функції і є незамінним для даної деталі.

Виходячи з вище названого робимо висновок, що деталь є досить технологічною за винятком внутрішніх отворів і канавки, що потребують використання спеціального оснащення для обробки.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Кількісну оцінку технологічності конструкції деталі виконуємо за наступними коефіцієнтами [9].

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м}} = \frac{Q_d}{Q_3}, \quad (2.1)$$

де Q_d – маса деталі, $Q_d=1,4$;

Q_3 – маса заготовки, $Q_3=2,1$.

$$K_{\text{в.м}} = \frac{1,4}{2,1} = 0,67$$

Даний коефіцієнт знаходиться в межах норми.

Розраховуємо коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{т.ч}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (2.2)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності.

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T \cdot \Pi_i}{\sum \Pi_i}, \quad (2.3)$$

де T – квалітет точності поверхні;

Π_i – число поверхонь з відповідним квалітетом.

$$T_{\text{cp}} = \frac{7 \cdot 2 + 8 \cdot 2 + 9 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 2}{15} = 10,27$$

$$K_{\text{т.ч}} = 1 - \frac{1}{10,27} = 0,91$$

Так як $K_{\text{т.ч}}$ більше 0,8, то за цим показником деталь являється технологічною.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{\text{Ш}_{\text{сер}}}, \quad (2.4)$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $Ш_{сер}$ - середня шорсткість поверхонь визначена у значеннях параметра R_a , мкм.

$$Ш_{сер} = \frac{\sum R_a \cdot \Pi i'}{\sum \Pi i'}, \quad (2.5)$$

де R_a – параметр шорсткості поверхні;

$\Pi i'$ – число поверхонь відповідної чистоти.

$$Ш_{сер} = \frac{0,8 \cdot 1 + 1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 2 + 12,5 \cdot 9}{15} = 8,19 \text{ мкм.}$$

Отже коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{8,19} = 0,12$$

Так як $K_{ш}$ менше 0,2, то за цим показником деталь є технологічна.

Розраховуємо коефіцієнт уніфікації конструкторських елементів:

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_e}, \quad (2.6)$$

де $Q_{y.e}$ – кількість уніфікованих розмірів конструктивних елементів;

Q_e – кількість конструктивних елементів деталі.

$$K_{y.e} = \frac{24}{26} = 0,92$$

Так як $K_{y.e}$ більше 0,6, то за цим показником деталь технологічна.

Таким чином визначивши всі показники технологічності, робимо висновок, що деталь є технологічною.

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

При виконанні бакалаврської роботи вважаємо, що тип виробництва є середньосерійним і обробка буде виконуватися на технологічній лінії.

Тип виробництва визначається ступенем спеціалізації робочих місць, номенклатурою об'єктів виробництва, формою руху виробів по робочим місцям. Ступінь спеціалізації робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій.

Коефіцієнт закріплення операцій для групи робочих місць визначається за формулою [6]:

$$K_{з.о} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum P_i}, \quad (2.7)$$

де $\sum \Pi_{oi}$ - сумарне число різних операцій за місяць по дільниці з розрахунку на одного змінного майстра;

$\sum P_i$ - явочне число робітників дільниці, що виконують різні операції при роботі в дві зміни.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При навчальному технологічному проектуванні визначаємо умовне число однотипних операцій, які використовуються на одному верстаті протягом одного місяця при роботі в дві зміни за формулою:

$$П_{oi} = \frac{\eta_n}{\eta_z}, \quad (2.8)$$

де η_n - плановий нормативний коефіцієнт завантаження верстату всіма закріпленими за ним однотипними операціями, для серійного виробництва $\eta_n = 0,8$;

η_z - коефіцієнт завантаження верстату проектований операцією, який розраховується за формулою:

$$\eta_z = \frac{T_{шт.к} \cdot N_m}{60 \cdot F_m \cdot k_g}, \quad (2.9)$$

де $T_{шт.к}$ - штучно-калькуляційний час, необхідний для виконання проектованої операції, год.;

N_m - місячна програма випуску заданої деталі при роботі в дві зміну, шт., яка розраховується за формулою:

$$N_m = \frac{N_p}{12}, \quad (2.10)$$

де N_p - річний випуск заданої деталі, шт..

$$N_m = \frac{2000}{12} = 167_{шт.}$$

F_m - місячний фонд часу роботи обладнання в дві зміни, год.,

$$F_m = \frac{4015}{12} = 335_{год.};$$

k_g - коефіцієнт виконання норм, $k_g = 1,3$.

Підставляємо значення F_m і k_g у формулу (2.9):

$$\eta_z = \frac{T_{шт.к} \cdot N_m}{60 \cdot 335 \cdot 1,3} = \frac{T_{шт.к} \cdot N_m}{26130}. \quad (2.11)$$

Після підстановки формули (2.11) у формулу (2.8) одержимо залежність для визначення числа однотипних операцій, які виконуються на одному верстаті протягом місяця:

$$П_{oi} = \frac{\eta_n \cdot 26130}{T_{шт.к} \cdot N_m},$$

Підставимо числові значення:

$$П_{o1} = \frac{0,8 \cdot 26130}{8,857 \cdot 167} = 14,$$

$$П_{o2} = \frac{0,8 \cdot 26130}{10,43 \cdot 167} = 12,$$

$$П_{o3} = \frac{0,8 \cdot 26130}{11,61 \cdot 167} = 11,$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{o4} = \frac{0,8 \cdot 26130}{12,08 \cdot 167} = 10,$$

$$P_{o5} = \frac{0,8 \cdot 26130}{9,73 \cdot 167} = 13.$$

Кількість операцій, виконуваних протягом місяця на дільниці (з розрахунком на дві зміни), визначається підсумовуванням числа операцій, які виконуються на кожному верстаті:

$$\Sigma P_{oi} = P_{o1} + P_{o2} + \dots + P_{on}. \quad (2.12)$$

$$\Sigma P_{oi} = 14 + 12 + 11 + 10 + 13 = 60.$$

Необхідне число робітників для обслуговування протягом двох змін одного верстата, завантаженого по плановому нормативному коефіцієнту, розраховується за формулою:

$$P_i = \frac{N_i \cdot t_i}{60 \cdot k_g \cdot \Phi} = \frac{P_{oi} \cdot N_m \cdot T_{шт.к}}{60 \cdot k_g \cdot \Phi}, \quad (2.13)$$

де N_i - приведений місячний обсяг випуску деталей, шт.. При завантаженні верстата до прийнятого значення η_n : $N_i = P_{oi} \cdot N_m$;

t_i - штучно-калькуляційний час на виконання проектованої операції, год.:
 $t_i = T_{шт.к}$;

Φ - місячний фонд часу робітника, зайнятого протягом 22 робочих днів на місяць. год.: $\Phi = 22 \cdot 8 = 176 \text{ год.}$

Після підстановки у формулу (2.13) значень k_g , Φ і P_{oi} одержимо залежність для визначення необхідного числа робітників для обслуговування одного верстата:

$$P_i = 0,09 \cdot T_{шт.к},$$

$$P_1 = 0,09 \cdot 8,857 = 1,$$

$$P_2 = 0,09 \cdot 10,43 = 1,$$

$$P_3 = 0,09 \cdot 11,61 = 1,$$

$$P_4 = 0,09 \cdot 12,08 = 1,$$

$$P_5 = 0,09 \cdot 9,73 = 1.$$

Явочне число робітників дільниці (при роботі в дві зміни) визначаємо підсумовуванням значень P_i , розрахованих для кожного верстату:

$$\Sigma P_i = P_1 + P_2 + P_3.$$

$$\Sigma P_i = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5.$$

Тоді коефіцієнт закріплення операцій для групи робочих місць дорівнює:

$$K_{з.о} = \frac{60}{5} = 12.$$

Згідно з розрахунків приймаємо середньосерійний тип виробництва так як коефіцієнт закріплення операцій входить в межі $11 \leq K_{з.о} \leq 20$.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

Сформуємо технологічний та конструкторський коди деталі.

Встановимо конструкторський код деталі:

Клас 710000 – деталі – тіла обертання типу кілець, дисків, блоків, стержнів, шківів, втулок, валів і т.д.;

Підклас 714000 – с L від 0,5 до 2D включно (катушки, шківви, барабани, втулки і т.д.) з зовнішньою конічною поверхнею;

Група 714100 – гладкий з зовнішньою конічною поверхнею;

Підгрупа 714120 – з центр. глухим отвором з однієї сторони, без різьби;

Вид 714122 – без пазів на зовнішній поверхні, з отворами в не осі деталі.

Встановимо технологічний код деталі:

Розмірна характеристика – код БВ9;

Група матеріалу – код 45;

Вид деталі по технологічному методу виготовлення – код 4;

Вид вихідної заготовки – код 11;

Квалітет – код 44;

Параметр шорсткості чи відхилення від форми і розташування поверхонь – код 44;

Ступінь точності – код 3;

Вид додаткової обробки – код 5;

Характеристика маси – код А.

Конструкторський код деталі:

БВ9454.11444435А

Конструкторсько технологічний код має наступний вигляд:

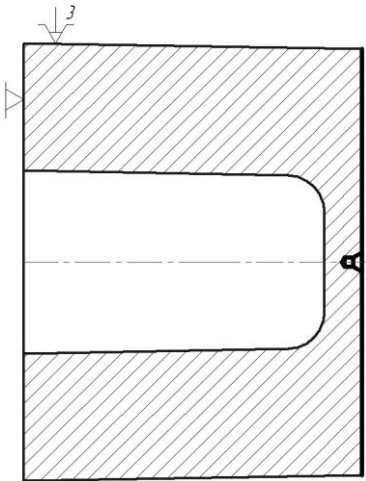
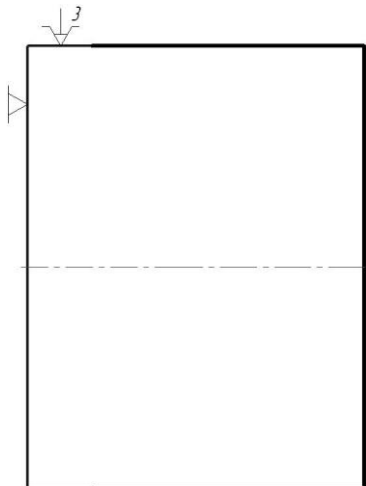
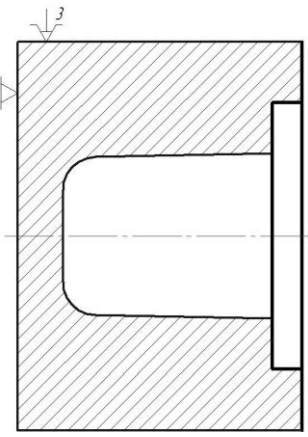
714122. БВ9454.11444435А

Технологічний процес виготовлення деталі розробляється на основі заводського технологічного процесу, який було взято за основу виготовлення деталі поршень.

Заводський технологічний маршрут обробки деталі приведений у таблиці 2.4.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 - Типовий технологічний маршрут обробки

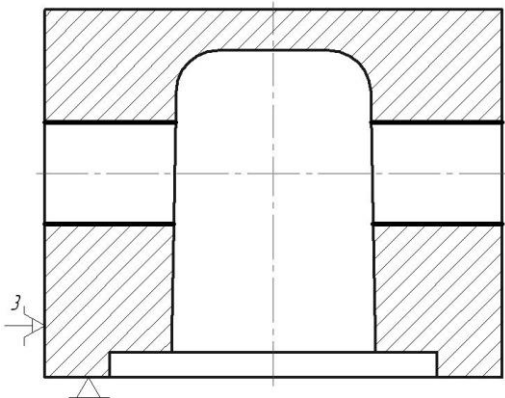
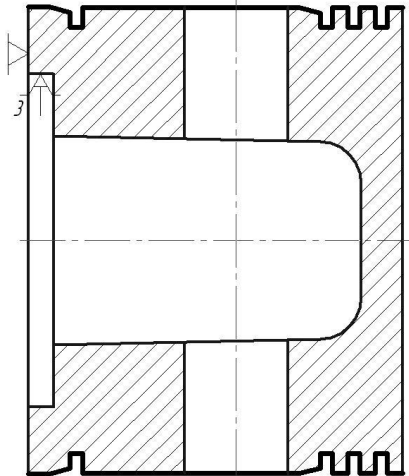
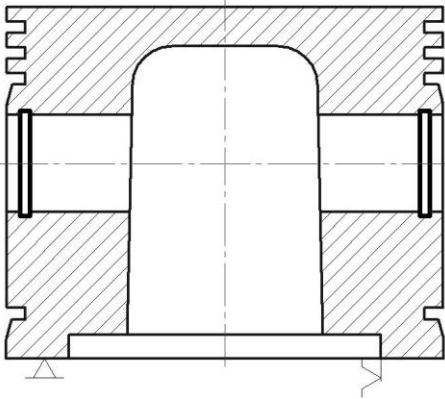
№ операцій	1. Назва операції 2. Модель верстата 3. Зміст переходів	Ескіз операції
1	2	3
005	1. Токарна 2. Токарно-гвинторізний 16K20 3. Підрізати ливникову прибіль на $L=95\text{мм}$ від лівого торця. Центрувати правий торець.	
010	1. Токарна 2. Токарно-гвинторізний 16K20 3. Підрізати правий торець на $L=90_{-0,35}$. Точити заготовку до $\varnothing 116_{-0,2}\text{мм}$	
015	1. Токарна 2. Токарно-гвинторізний 16K20 3. Підрізати правий торець начисто. Розточити торцеву поверхню до $\varnothing 80^{+0,03}$ на глибину $6^{+0,3}$	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-08. 02. ТЕА

Арк.

Продовження таблиці 2.4

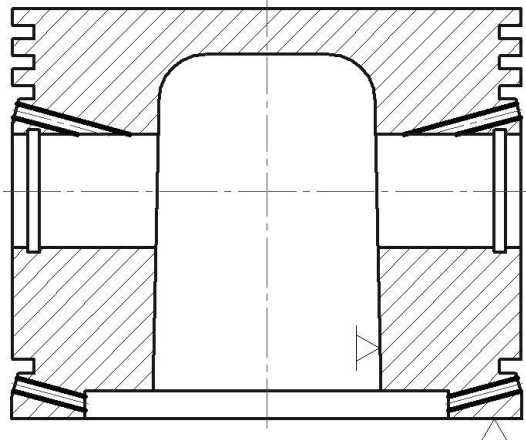
1	2	3
020	1. Розточувальна 2. Горизонтально розточувальний 2620А 3. Свердлити отвір на прохід Ø23мм. Зенкерувати отвір до Ø24,8^{+0,082}мм. Розгорнути отвір до Ø25^{+0,006}_{-0,15}	
025	1. Токарна 2. Токарно-гвинторізний 16K20 3. Точити циліндричну поверхню під кутом 0° - 3'30" витримуючи розмір Ø112^{-0,072}_{-0,126}-111,9^{-0,072}_{-0,126} Точити верхні 3 канавки витримуючи розміри 3^{0,02} і Ø102,3 Точити нижню канавку витримуючи розміри 3^{0,02} і Ø102,4 Точити 2 фаски витримуючи розмір 5×15°	
030	1. Токарна 2. Токарно-гвинторізний 16K20 3. Проточити з переустановкою 2 канавки в розмір Ø27^{+0,4} шириною 2,5мм	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-08. 02.ТЕА

Арк.

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
035	1. Свердлильна 2. Свердлильний W-40 3. Свердлити верхні 8отв. Ø3мм на прохід під кутом 15° до осі поршневого кільця. Свердлити нижні 8отв. Ø3мм на прохід під кутом 15° до площини торця юбки поршня.	

Задачами проектування є впровадження ефективного обладнання в технологію обробки деталі, щоб знизити час на її обробку, розробити технологічний процес з використанням верстатів з ЧПК. Також задачами магістрантської роботи є проектування заготовки, проектування технологічного процесу, аналітичний розрахунок припусків, розрахунок між операційних лінійних розмірів, режимів різання та похибки встановлення деталі, вибір технологічного оснащення і контрольних приладів.

Для вдосконалення заводського технологічного процесу виконуємо наступні зміни:

1. Використання більш дешевої заготовки, що за рахунок зменшення припусків на заготовці.
2. Вибір прогресивного верстатного устаткування, що дозволяє скоротити на декілька операцій технологічний процес.
3. Суміщення виконання операцій різної технологічної направленості на одному технологічному обладнанні.
4. Скорочення затрат допоміжного часу за рахунок використання автоматизованих систем затиску і закріплення заготовки на верстаті.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

3.1.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовок

Отримати заготовку для деталі поршень можна литтям в кокіль або в оболонкові форми. Для вибору більш економічного та оптимального варіанту отримання заготовки проводимо техніко-економічне обґрунтування.

Одним із основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечить їй максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку суттєво скорочуються витрати металу, об'єм механічної обробки і виробничий цикл виготовлення деталі.

Для вибору більш економічного та оптимального варіанту отримання заготовки заповнимо матрицю впливу факторів [8].

Таблиця 3.1 - Матриця впливу факторів

Способи одержання заготовки		Фактори					Сума
		річна програма випуску	форма і розміри деталі	властивості матеріалу	точність, шорсткість поверхневого шару	виробничі можливості підприємства	
Лиття	в кокіль	+	-	+	-	+	4
	в оболонкові форми	+	+	+	+	+	5

Пріоритетним є одержання заготовки шляхом лиття в оболонкові форми, але для повного обґрунтування доцільності вибору виконуємо техніко-економічне порівняння способів одержання заготовки.

Вихідні дані для розрахунку:

- маса деталі 1,4кг;
- маса лиття в кокіль 2,11кг
- маса лиття в оболонкові форми 2,07кг

					КНУ.КБР.131.25.2-08.03.ПТП					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Рева			ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Цивінда								
Т.контр										
Н. Контр.		Нечасв						Кафедра ТМ гр.ПМ22ск		
Затв.		Рязанцев								

Розрахунок техніко-економічного обґрунтування заготовки проводимо за визначенням вартості заготовки по двом варіантам, оскільки заготовки відрізняються припусками та масою [12].

Вартість заготовки лиття в оболонкові форми та в кокіль визначаємо за формулою:

$$A = Q \cdot C \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_{OP} - (Q - q) \cdot Ц, \quad (3.1)$$

де Q – маса заготовки;

C – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки, грн.;

K_M – коефіцієнт, який враховує масу заготовки;

K_C – коефіцієнт, який враховує групу складності заготовки;

K_{OP} – коефіцієнт, який враховує групу серійності;

q – маса деталі, кг;

$Ц$ – ціна 1 т відходів, грн.

Розраховуємо вартість заготовки лиття в кокіль.

Складові формули для лиття в кокіль мають наступні величини: $Q=2,11\text{кг}$; $K_M=1,0$; $K_C=0,98$; $K_{OP}=1,15$; $Ц=1,6$; $C=4,7$.

Отже вартість заготовки по першому варіанту:

$$A = 2,11 \cdot 4,7 \cdot 1,0 \cdot 0,98 \cdot 1,15 - (2,11 - 1,4) \cdot 1,6 = 9,80 \text{ грн.}$$

Розраховуємо вартість заготовки лиття в оболонкові форми.

Складові формули для лиття в оболонкові форми мають наступні величини: $Q=2,04\text{кг}$; $K_M=1,0$; $K_C=0,91$; $K_{OP}=0,88$; $Ц=1,6$; $C=8,4$.

Вартість заготовки по другому варіанту:

$$A = 2,04 \cdot 8,4 \cdot 1,0 \cdot 0,91 \cdot 0,88 - (2,04 - 1,4) \cdot 1,6 = 12,7 \text{ грн.}$$

З розрахунків вартості виготовлення заготовки видно, що вартість заготовки отриманої литтям в кокіль дешевше ніж лиття в оболонкові форми. Але враховуючи, те що заготовка отримана литтям в оболонкові форми має менші припуски, що зменшить час на механічну обробку деталі, а також більш точна, що в свою чергу зменшить похибку базування при механічній обробці. Виходячи з цього обираємо для деталі поршень компресора отримання заготовки методом лиття в оболонкові форми.

3.1.2 Проектування заготовок

Литтям отримують заготовки шляхом заливання рідкого металу у форми. Матеріал АК5М7 деталі поршень відноситься до кольорових сплавів, маса деталі 1,4 кг та середня за розмірами, тому доцільними і найпродуктивнішими методами отримання заготовки буде лиття в кокіль та в оболонкові форми [8].

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.2.1 Проектування лиття в оболонкові форми

Вихідні данні для проектування заготовки:

Ø112^{-0,072}_{-0,126} L=90^{-0,35}мм

Ø80 L=6мм

Ø25^{+0,006}_{-0,015} L=112мм

Ø3мм

50×70×80мм

Матеріал – алюмінієвий сплав АК5М7 ДСТУ 2839-94;

Маса деталі – 1,4кг.

Для деталі поршень компресора, матеріал якого алюмінієвий сплав АК5М7 ДСТУ 2839-94 використовуємо лиття в оболонкові форми, виробництво серійне. Виконаємо суміщене креслення деталі (рисунок 3.1)

Для заданої деталі та умов її виготовлення назначаємо клас точності розмірів і мас, ряд припусків за додатком 1 [13]:

$$\frac{5_T - 10}{1 - 3}.$$

В числівнику вказані класи точності розмірів і мас, а в знаменнику – ряди припусків. Приймаємо: $\frac{6_T}{2}$.

Призначаємо допуски на розміри відливки в залежності від класу точності розмірів за таблицею 1 [13].

Граничні відхилення призначаємо симетрично, так як всі поверхні механічно оброблюються.

За таблицями 5, 6 [13] визначаємо основні припуски на механічну обробку в залежності від допуску и ряду припуску.

Назначаємо граничні відхилення зміщення від номінального положення елементів відливки по площині роз'єму за допомогою таблиці 2 [13], $\Delta_{см}=\pm 0,5$.

За допомогою таблиці 3 визначаємо граничні відхилення короблення. Залежність ступеня короблення від габаритних розмірів вибираємо за додатком 2 [13]. Відношення габаритних розмірів деталі дорівнює 0,8, отже ступінь короблення від 1 до 7. Виходячи із конструкції деталі та її матеріалу приймаємо ступінь короблення 5.

Отже граничне відхилення короблення приймаємо $\Delta_{кор.}=\pm 0,1$.

Додаткові припуски не призначаємо так, як граничні відхилення зміщення і короблення не перевищують половину допуску.

Дані проектування заносимо в таблицю 3.2.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Дані проектування відливки в оболонкові форми

№ з/п	Номінальний розмір, мм	Характеристика поверхні		Поле допуску, мм	Граничні відхилення, мм	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм	Примітки
		квалітет	шорсткість						
1	Ø112	8	1,6	0,64	±0,32	2,4x2	—	116,8±0,32	$\Delta_{\text{см}}=\pm 0,5$
2	L90	12	3,2/12,5	0,56	±0,28	2,2+1,6	—	93,8±0,28	$\Delta_{\text{кор}}=\pm 0,1$
3	50×70	12		0,56	±0,28	—	—	50±0,28× ×70±0,28	
4	80	12	 /12,5	0,56	±0,28	-/1,6	—	81,6±0,28	

Виконуємо креслення відливки в оболонкові форми (рисунок 3.2).

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ЛТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

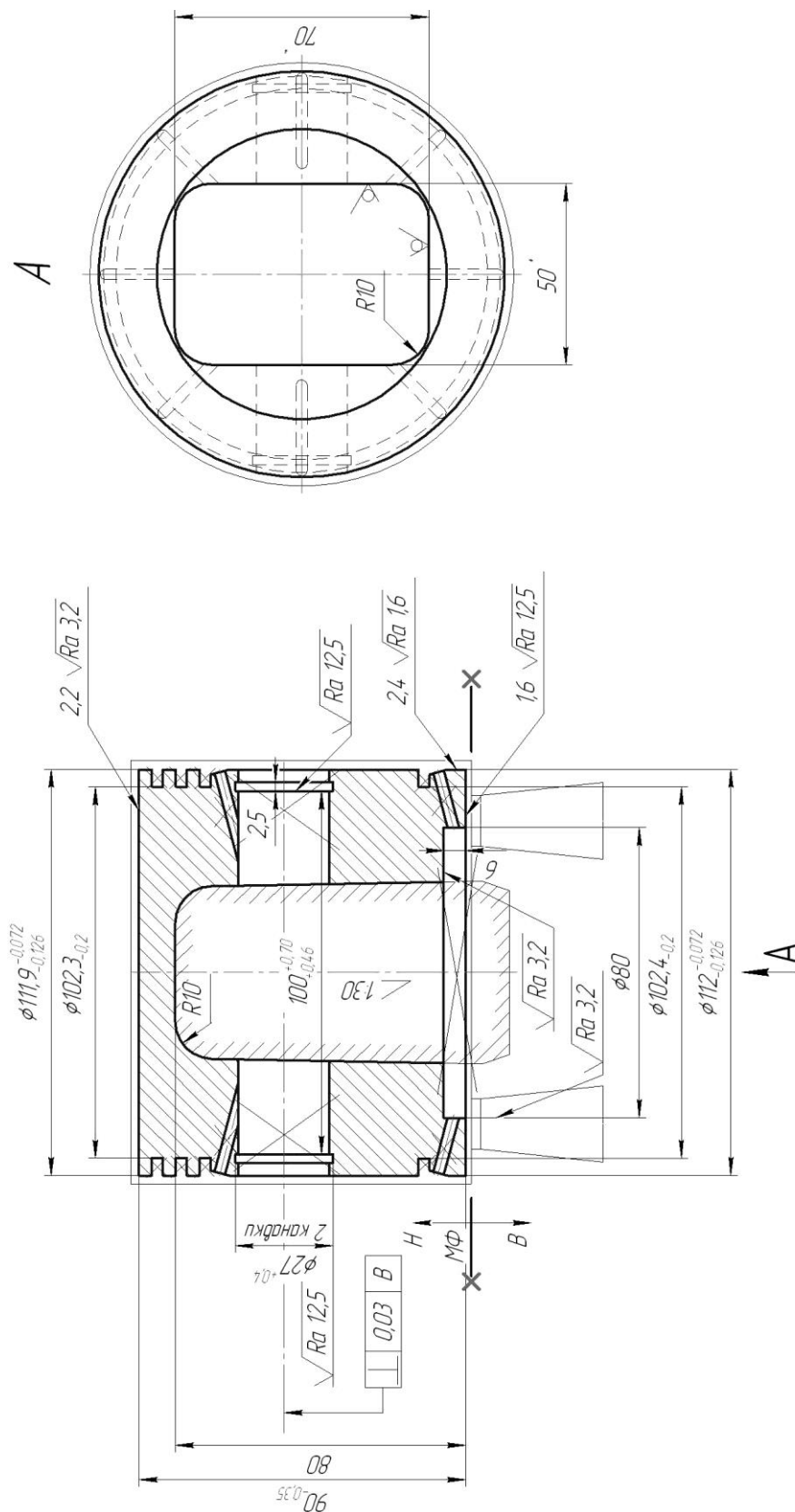


Рисунок 3.1 – Суміщене креслення деталі поршень компресора (відливка в оболонковій формі)

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

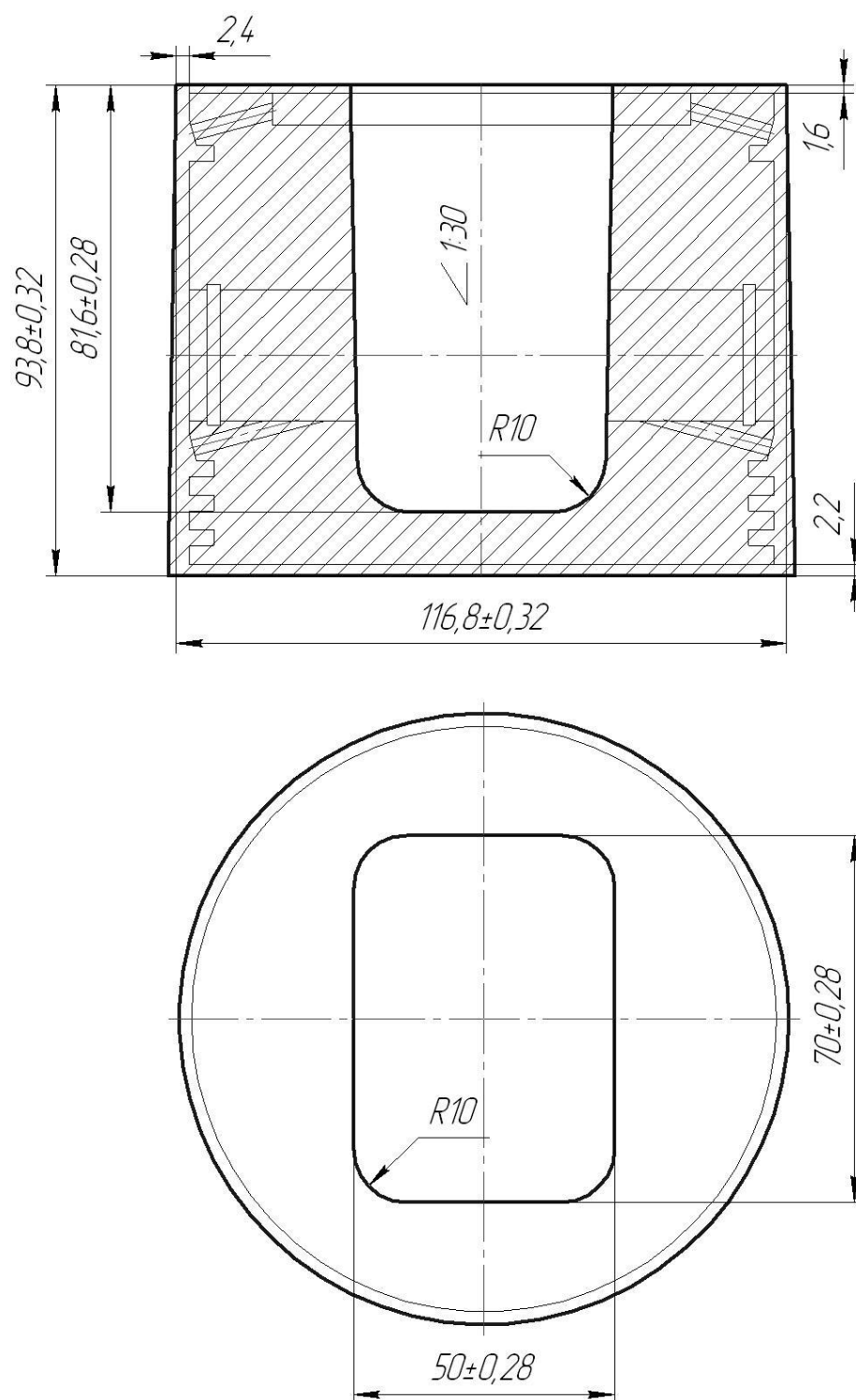


Рисунок 3.2 – Ескіз самостійного креслення лиття в оболонкову форму

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП

Арк.

3.1.2.2 Проектування лиття в кокіль

Для заданої деталі та умов її виготовлення назначаємо клас точності розмірів і мас, ряд припусків за додатком 1 [13]:

$$\frac{5_T - 10}{1 - 3}.$$

В числівнику вказані класи точності розмірів і мас, а в знаменнику – ряди припусків. Приймаємо: $\frac{8_T}{2}$.

Призначаємо допуски на розміри відливки в залежності від класу точності розмірів за таблицею 1 [13].

Граничні відхилення призначаємо симетрично, так як всі поверхні механічно оброблюються.

За таблицями 5, 6 [13] визначаємо основні припуски на механічну обробку в залежності від допуску і ряду припуску.

Назначаємо граничні відхилення зміщення від номінального положення елементів відливки по площині роз'єму за допомогою таблиці 2 [13], $\Delta_{см} = \pm 0,7$.

За допомогою таблиці 3 визначаємо граничні відхилення короблення. Залежність ступеня короблення від габаритних розмірів вибираємо за додатком 2 [13]. Відношення габаритних розмірів деталі дорівнює 0,8, отже ступінь короблення від 1 до 7. Виходячи із конструкції деталі та її матеріалу приймаємо ступінь короблення 5.

Отже граничне відхилення короблення приймаємо $\Delta_{кор.} = \pm 0,1$.

Додаткові припуски не призначаємо так, як граничні відхилення зміщення і короблення не перевищують половину допуску.

Дані проектування заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Дані проектування відливки в кокіль

№ з/п	Номінальний розмір, мм	Характеристика поверхні		Поле допуску, мм	Граничні відхилення, мм	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розмір заготовки, мм	Примітки
		квалітет	шорсткість						
1	Ø112	8	1,6	1,0	±0,5	3,0x2	—	118±0,5	$\Delta_{см} = \pm 0,6$
2	L90	12	3,2/12,5	0,9	±0,45	2,8+2,0	—	94,8±0,45	$\Delta_{коп} = \pm 0,1$
3	50×70	12		0,9	±0,45	—	—	50±0,45×70±0,45	
4	80	12	 /12,5	0,9	±0,45	-/2,0	—	82±0,45	

Виконуємо креслення відливки в кокіль (рисунки 3.3).

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

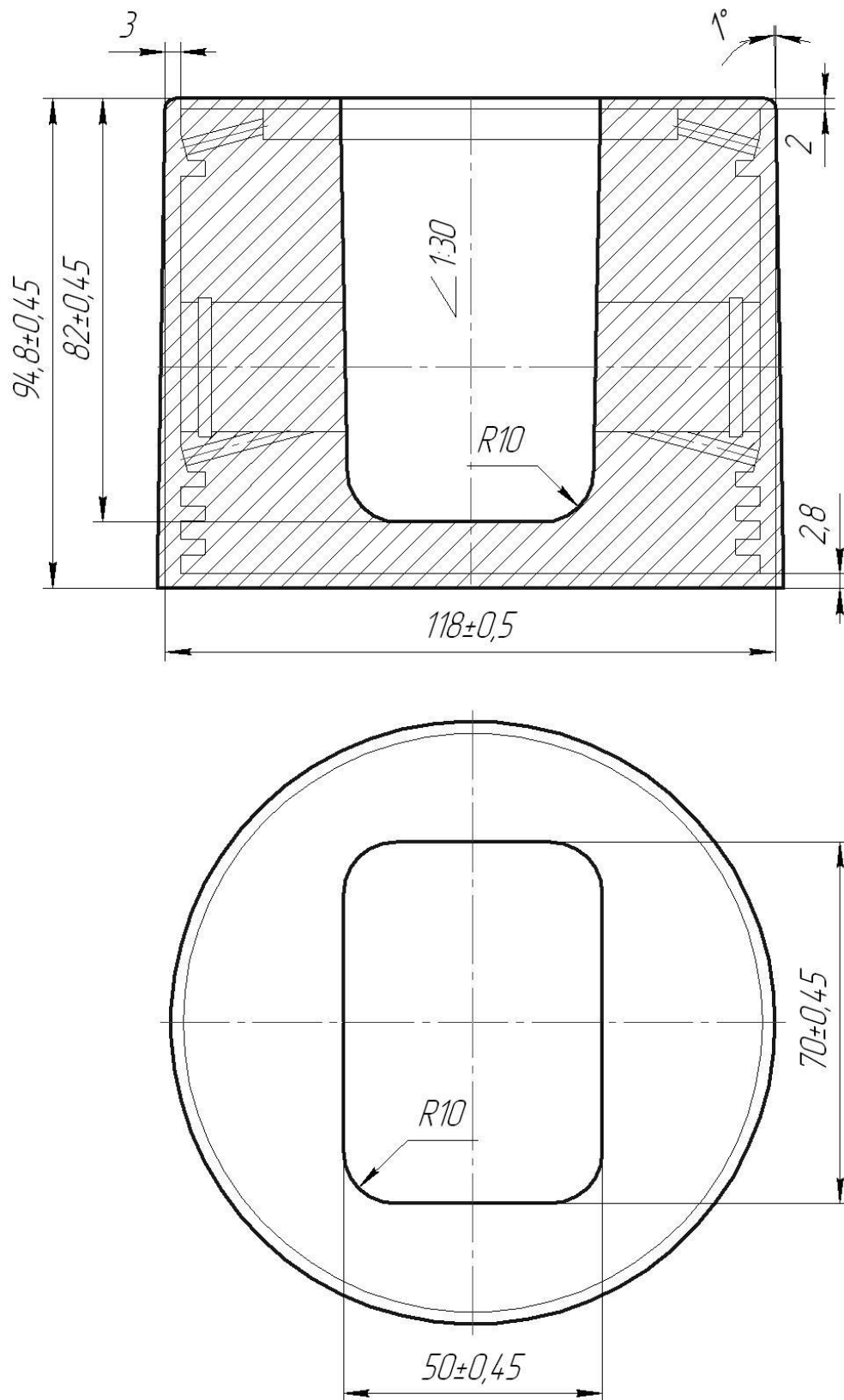


Рисунок 3.3 – Ескіз креслення відливки в кокіль

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП

Арк.

3.2 Вибір і обґрунтування баз

При виборі баз необхідно дотримуватися принципів єдності і постійності баз.

Бази, в машинобудуванні, за призначенням і областю використання поділяють на конструкторські, вимірювальні і технологічні, які використовуються при механічній обробці або при зборці механізму чи вузла [14].

Конструкторською та вимірювальною базою для поршня є зовнішня поверхня $\varnothing 112^{+0,072}_{-0,126}$.

Технологічною базою, яка визначає положення деталі при обробці, буде внутрішня поверхня $\varnothing 80^{+0,03}$ мм та правий торець з розміром $L90_{-0,35}$.

При обробці деталі можливе сполучення конструкторської, технологічної і вимірювальних баз.

Для встановлення поршня компресора можна прийняти теоретичну схему базування, яка зображена на рисунку 3.4. Таку схему використовуємо на перших механічних операціях, а схема зображена на рисунку 3.5 приймаємо при виконанні інших механічних операціях.

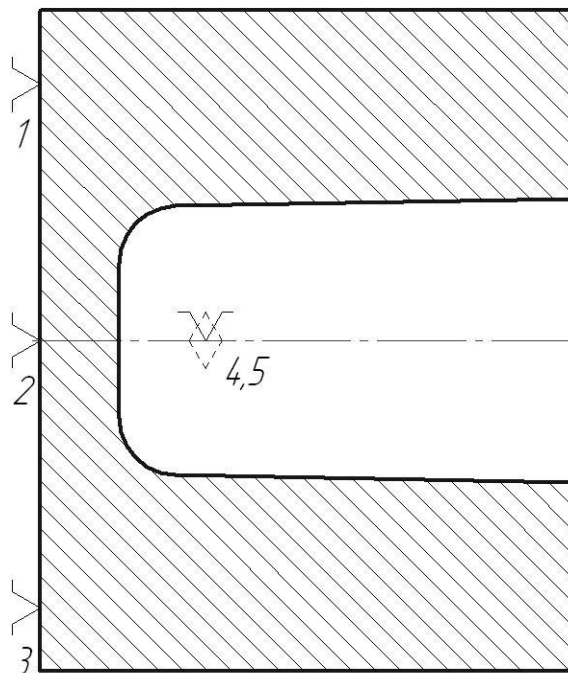


Рисунок 3.4 – Теоретична схема базування

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

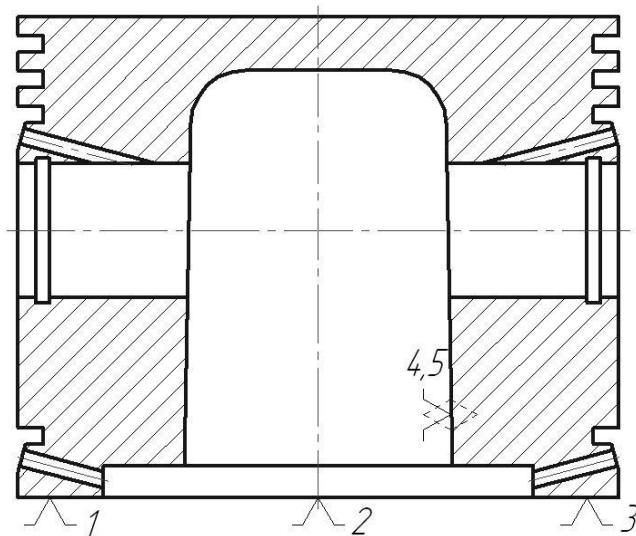


Рисунок 3.5 – Теоретична схема базування на іншій операції

На першій операції оброблюємо торець поршня і центруємо його, базуючи заготовку по протилежним торцю – установча база і зовнішній поверхні, яку використовуємо в якості направляючої бази та опорної. Практична схема закріплення на першій операції приведена на рисунку 3.7.

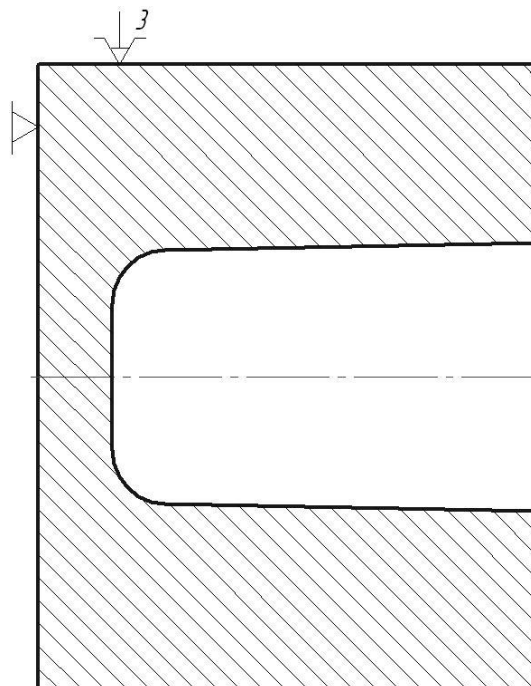


Рисунок 3.6 – Умовна схема закріплення на першій операції

При аналізі вибраних схем базування можна зробити висновок, що принцип єдності баз витримується, а принцип постійності баз виконується не повністю, так як при обробці деталей необхідно переустановлювати, а значить змінювати бази.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні та торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Дані заносимо до таблиці 3.4. при складанні таблиці користуємось нумерацією поверхонь, яка використовувалась в пункті 2.2.

Таблиця 3.4 - Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, Т
1	2	3	4	5
1	Заготовка	12,5	14	870
90	Токарна чорнова	12,5	12	350
2,	Заготовка	12,5	14	870
90	Токарна чорнова	12,5	13	540
	Токарна напівчистова	3,2	12	350
3,	Свердлення	12,5	14	520
Ø25	Зенкерування попереднє	3,2	12	210
	Розгортання попереднє	1,6	9	52
	Розгортання чистове	0,8	7	21
4, 6	Свердлення	12,5	14	250
Ø3				
5,	Токарна чорнова	12,5	12	120
5×15°				
7, 10	Заготовка	12,5	14	870
Ø111,9,	Токарна чорнова	12,5	12	350
Ø112	Токарна напівчистова	6,3	10	140
	Токарно чистова	1,6	8	54
8,	Розточування чистове	3,2	11	220
Ø102,3				
9,	Розточування чорнове	12,5	11	220
Ø 102,4				
11,	Токарна чорнова	12,5	12	300
Ø80	Токарна напівчистова	6,3	9	74
	Токарна чистова	3,2	7	30
12,	Розточування чистове	12,5	9	52
Ø27				
13,	Заготовка	12,5	14	740
50×70×80				
14,15	Заготовка	12,5	14	740
R10				

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

На основі типового заводського технологічного процесу розробимо технологічну послідовність обробки деталі і заповнимо таблицю 3.5. Номера поверхонь використовуємо згідно пункту 2.2.

Таблиця 3.5 - Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ поверхні, яка базується	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Заготовча			
010	Токарна Установ А Установ Б	2, 10 1, 10	1, 10 2, 10	Універсальний токарний верстат INDUSTRIE 2000/250 HD
015	Токарна з ЧПК Установ А Установ Б	11 1,	1, 10 2, 10,	Токарний HARDINGE CONQUEST 42SP
020	Токарна з ЧПК	10, 10-11, 8, 9, 5	11	Токарний HARDINGE CONQUEST 42SP
025	Контрольна			
030	Координатно-розточувальна Установ А Установ Б	3, 12	2, 10	Координатно-розточувальний 2E440
035	Радіально-свердлильна	4, 6	2, 13	Радіально-свердлильний 2Л53
040	Контрольна			

3.5 Розробка технологічної операції

Уточнюємо модель верстатного устаткування, вибираємо верстатне пристосування, ріжучий і допоміжний інструмент [7, 15, 16].

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Послідовність технологічних операцій

№ операцій і переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	Заготовча		
010	1. Токарна 2. Універсальний токарний верстат INDUSTRIE 2000/250 HD 3. а) установ А - встановити, закріпити, зняти; - підрізати торець 2; - точити зовнішню поверхню 10. б) установ Б - переустановити, закріпити, зняти; - підрізати торець 1; - точити зовнішню поверхню 10.	Трикулачковий патрон	Токарний підрізний різець ВК4 2112-0005 ДСТУГОСТ18880-73 Токарний прохідний різець ВК4 2103-0007 ДСТУГОСТ18879-73
015	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний верстат INDUSTRIE 2000/250 HD а) установ А - встановити, закріпити, зняти; - розточити внутрішню поверхню 11 б) установ Б - переустановити, закріпити, зняти; - підрізати торець 1; - свердлили центровий отвір	Трикулачковий патрон, центр	Різець розточувальний: Державка: S25R-CCCLR09 Пластина: CNGN 090304S-01020 Різець підрізний Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57 Свердло центрувальне: SD203-20.0-49-20R.
020	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний верстат INDUSTRIE 2000/250 HD 3. Встановити, закріпити, зняти; - точити зовнішню поверхню 10 напівчисто; - точити зовнішню поверхню 10-7 під кутом 0° - 3'30" начисто; - точити кільцеві канавки 8;	Трикулачковий патрон, центр	Різець прохідний Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
	- точити канавку 9; - точити фаски 5		Різець канавковий
025	Контрольна		
030	1. Координатно-розточувальна 2. Координатно-розточувальний 2E440 3. а) установ А - встановити, закріпити, зняти; - свердлими отвір 3; - зенкерувати попередньо отвір 3; - розгорнути попередньо отвір 3; - розгорнути начисто отвір 3; - розточити внутрішню канавку 12; б) установ Б - повернути деталь на 90°; - свердлими отвір 3; - зенкерувати отвір 3; - розгорнути отвір 3; - розгорнути начисто отвір 3; - розточити внутрішню канавку 12;	Верстатний	За каталогом SECO: Свердло Ø 24 SD203-5.0-20-6R1 Зенкер Ø 24,5 Розгортка Ø24,9 Розгортка Ø25 Різець канавочний 035-2128-0541 BK3 ОСТ 2И10-8-84 Втулка 40-3 ОСТ П12-7-84 Оправка 191421331 ТУ 2-035-775-80 Державка 40-36-120 ОСТ 2П15-2-84
035	1. Радіально-свердлильна 2. Радіально-свердильний 2Л53 3. Встановити, закріпити, зняти - свердлими отвори 4; - свердлими отвори 7.	Верстатний	Свердло 2300-7515 ДСТУГОСТ 10902-77 Патрон 2-40-3-90 ДСТУГОСТ 26539-85
040	Контрольна		

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню

Данні про поверхню: Поверхня – внутрішня циліндрична Ø25K7;Точність – 7 квалітет;Поле допуску – К;Параметр шорсткості – $R_a = 0,8\text{мкм}$

Послідовність обробки поверхні приводимо в таблиці 3.7.

Таблиця 3.6 – Послідовність обробки

Номер переходу	Послідовність обробки поверхні	Квалітет і позначення поля допуску	Величина допуску Т, мм	Параметр шорсткості R_a , мкм
1	Свердлення	14 (Н14)	0,520	12,5
2	Зенкерування попереднє	12 (Н12)	0,210	3,2
3	Розгортання попереднє	9 (Н9)	0,052	1,6
4	Розгортання чистове	7 (К7)	0,021	0,8

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок припусків ведемо по методу максимум - мінімум.

Розраховуємо мінімальні припуски на діаметральні розміри для кожного переходу за формулою [6]:

$$2Z_{i\min} = 2 \left[(R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (3.2)$$

де R_{Zi-1} – висота мікро нерівностей і профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності) на попередньому переході;

ε_i – похибка установки заготовки на переході, що виконується.

Величину сумарних відхилень Δ_{Σ} після свердлення отвору отримуємо з формули:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_y \cdot l)^2 + C_0^2}, \quad (3.3)$$

де C_0 - зміщення осі отвору, дорівнює 21мкм,

Δ_y - значення уводу вісі свердла, дорівнює 0,9мкм на 1мм довжини отвору;

l – довжина отвору, дорівнює 31мм.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(0,9 \cdot 31)^2 + 210^2} = 212 \text{ мкм.}$$

Величину залишкових просторових відхилень Δ при розточуванні визначаємо по рівнянню:

$$\Delta = K_y \cdot \Delta_{\Sigma}, \quad (3.4)$$

де $K_y = 0,05$ - коефіцієнт уточнення.

$$\Delta = 0,05 \cdot 212 = 10,6 \text{ мкм.}$$

Оскільки значення відхилення дуже маленьке, то це значення не враховуємо і подальші розрахунки сумарних відхилень не проводимо.

Похибка установки розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{i+1} = \varepsilon_i \cdot K_y. \quad (3.5)$$

Похибка установки заготовки при встановленні на чисто оброблені поверхні складає 50мкм [6].

Похибку установки на наступні переходи приймаємо рівною нулю, так як деталь при обробці отвору не переустановлюється.

Значення R_{Zi-1} і h_{i-1} вибираємо з довідника [6] і підставляємо одразу у формулу (3.1).

Розраховуємо мінімальні припуски на діаметральні розміри для кожного переходу підставивши значення у формулу (3.2):

- свердління:

$$2Z_{\min 1} = 2 \left[(50 + 70) + \sqrt{212^2 + 50^2} \right] = 676 \text{ мкм,}$$

- зенкерування:

$$2Z_{\min 3} = 2(40 + 40) = 160 \text{ мкм,}$$

- розгортання чорнове:

$$2Z_{\min 4} = 2(5 + 10) = 30 \text{ мкм,}$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розгортання чистове:

$$2Z_{\min 5} = 2(3,2 + 5) = 16,4 \text{ мм.}$$

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 7 таблиці 3.7.

Розрахунок найбільших розрахункових розмірів по технологічних переходах робимо, віднімаючи величину припуску на виконаний перехід від значення найменших граничних розмірів, що відповідають попередньому технологічному переходу:

$$d_{p \max} = d_p - 2Z_{\min}; \quad (3.6)$$

$$d_{p \max 1} = 25,006 - 0,0164 = 24,9896 \text{ мм};$$

$$d_{p \max 2} = 24,9896 - 0,03 = 24,9596 \text{ мм};$$

$$d_{p \max 3} = 24,9596 - 0,160 = 24,7996 \text{ мм.}$$

Найбільші розрахункові розміри заносимо в графу 8 таблиці 3.7, округлені розміри заносимо в графу 10.

Визначаємо найменші розміри по переходах:

$$d_{\min 1} = 25,006 - 0,021 = 24,985 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = 24,99 - 0,052 = 24,94 \text{ мм};$$

$$d_{\min 3} = 24,96 - 0,210 = 24,75 \text{ мм};$$

$$d_{\min 4} = 24,8 - 0,520 = 24,28 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків вносимо в графу 11.

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах робимо, віднімаючи відповідно значення найбільших і найменших граничних розмірів, що відповідають виконаному і попередньому технологічним переходам.

Максимальний припуск:

$$2Z_{\max 1} = 24,985 - 24,94 = 0,045 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 2} = 24,94 - 24,75 = 0,19 \text{ мм};$$

$$2Z_{\max 3} = 24,75 - 24,28 = 0,47 \text{ мм.}$$

Мінімальні припуски:

$$2Z_{\min 1} = 25,006 - 24,99 = 0,016 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 2} = 24,99 - 24,96 = 0,03 \text{ мм};$$

$$2Z_{\min 3} = 24,96 - 24,8 = 0,16 \text{ мм};$$

Результати розрахунків вносимо в графи 12 і 13.

Розрахунок загальних припусків виконуємо за рівнянням:

– для максимальних припусків

$$Z_{0 \max} = \sum Z_{\max} = 0,47 + 0,19 + 0,045 = 0,705 \text{ мм};$$

– для мінімальних припусків

$$Z_{0 \min} = \sum Z_{\min} = 0,16 + 0,03 + 0,016 = 0,206 \text{ мм.}$$

Перевірку правильності розрахунків виконуємо за рівнянням:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = T_z - T_\delta, \quad (3.7)$$

$$0,705 - 0,206 = 0,52 - 0,021 = 0,499 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

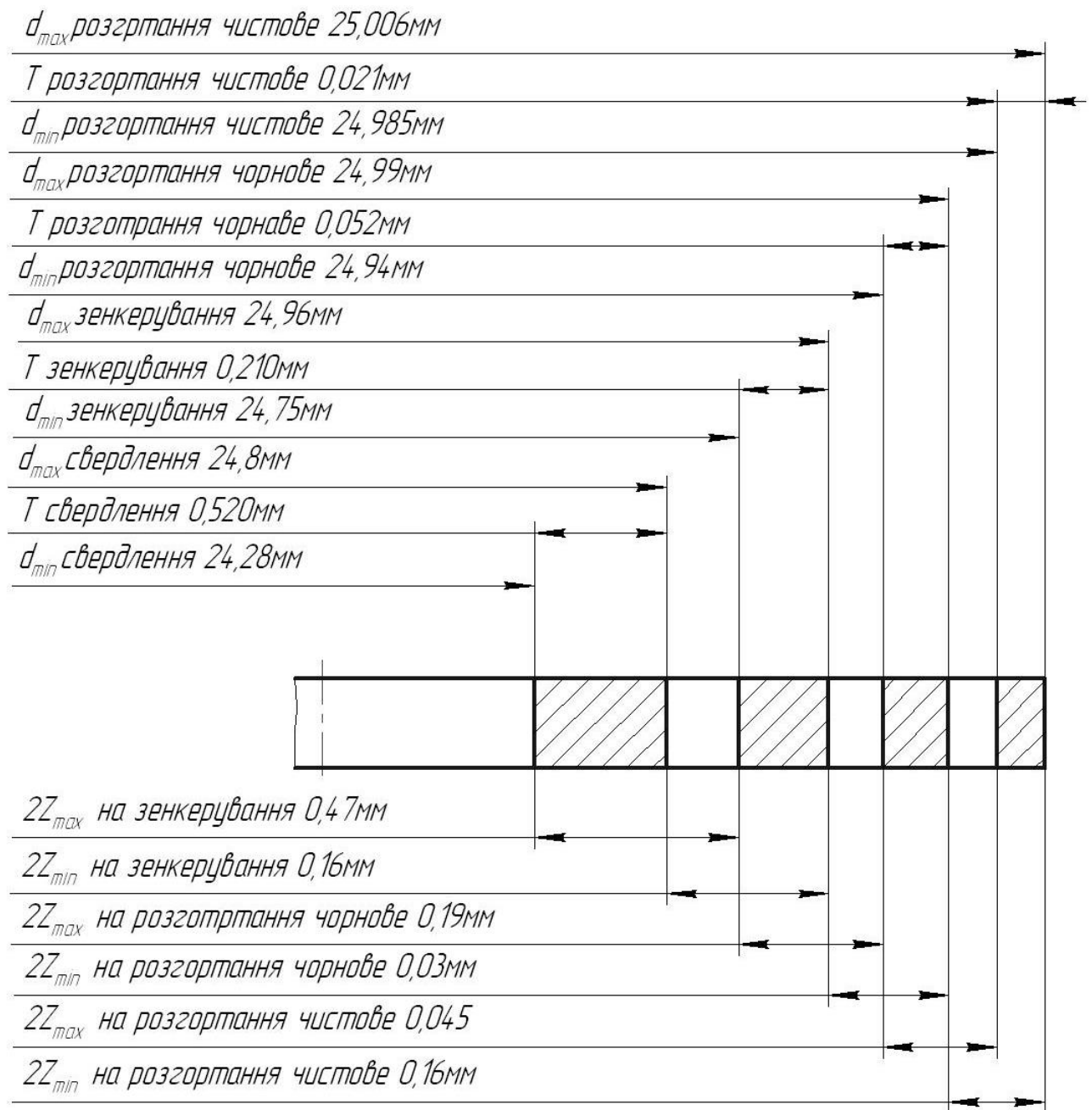


Рисунок 3.7 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору Ø25K7

3.6.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Проводимо розрахунки міжопераційних лінійних розмірів [17]. Будуємо схему технологічного процесу обробки торців поршня компресора у таблиці 3.8. Розрахунок ведемо в таблиці 3.10.

Таблиця 3.8 – Послідовність обробки торцевих поверхонь

№ п/п	Послідовність обробки	Шорсткість, Ra	Точність	Допуск	Припуск	Позначення припуску
1	2	3	4	5	6	7
1	Заготовка	12,5	14	870	1,6	—
	Підрізання чорнове	12,5	12	350	1,6	z_1
2	Заготовка	12,5	14	870	2,2	—
	Підрізання чорнове	6,3	13	540	1,2	z_3
	Підрізання напівчистове	3,2	12	350	1,0	z_2

Таблиця 3.9 – Схема технологічного процесу обробки торців

№ операції	Розмірна схема технологічного процесу	Схеми розмірних ланцюгів
010		
005		

3.6.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 3.11 – Міжопераційні розміри з допусками

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість Ra	Точність IT	Допуск T	Припуск t	Між операційний розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
1 90	Заготовка Токарна чорнова	12,5 12,5	14 12	870 350	1,6 1,6	93,8±0,32 92,2±0,175
2, 90	Заготовка Токарна чорнова Токарна напівчистова	12,5 12,5 3,2	14 13 12	870 540 350	2,2 1,2 1,0	92,2±0,175 91±0,27 90 _{-0,35}
3, Ø25	Свердлення Зенкерування попереднє Розгортання попереднє Розгортання чистове	12,5 3,2 1,6 0,8	14 12 9 7	520 210 52 21	11,5×2 0,85×2 0,1×2 0,05×2	Ø23±0,26 Ø24,7±0,105 Ø24,9±0,026 Ø25 ^{+0,006} _{-0,015}
4, 6 Ø3	Свердлення	12,5	14	250	1,5×2	Ø3±0,125
5, 5×15°	Токарна чистова	12,5	12	120	5	5±0,60
7, 10 Ø111,9, Ø112	Заготовка Токарна чорнова Токарна напівчистова Токарно чистова	12,5 6,3 3,2 1,6	14 12 10 8	870 350 140 54	4,8 1,5×2 0,85×2 0,05×2	Ø116,8±0,435 Ø113,8±0,175 Ø112,1±0,0435 Ø112 ^{+0,072} _{-0,126} / Ø111,9 ^{+0,072} _{-0,126}
8, Ø102,3	Розточування чистове	3,2	11	220	4,8	Ø102,3±0,11
9, Ø102,4	Розточування чорнове	12,5	11	220	4,8	Ø102,4±0,11

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5	6	7
11, Ø80	Токарна чорнова	12,5	12	300	5×2	Ø60
	Токарна напівчистова	6,3	9	74	5×2	Ø70
	Токарна чистова	3,2	7	30	5×2	Ø80 ^{+0,03}
12, Ø27	Розточування чистове	12,5	9	52	1×2	Ø27 ^{+0,052}
13, 50×70×80	Заготовка	12,5	14	740	—	50±0,37× ×70±0,37× ×80±0,37
14,15 R10	Заготовка	12,5	14	740	—	R10±0,37

3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

3.7.1 Розрахунок режимів різання на токарну операцію розрахунково-аналітичним методом

Для розрахунку режимів різання технологічної операції [7] вибираємо операцію токарну чорнову на універсальному токарному верстаті INDUSTRIE 2000/250 HD

Вихідні дані для обробки:

деталь – поршень компресора;

матеріал – алюмінієвий сплав АК5М7 ДСТУ 2839-94;

точність обробки поверхні – Н12;

шорсткість поверхні – Ra12,5мкм;

маса деталі – 1,4кг;

стан поверхні – заготовка.

Зміст операції приведений у таблиці 3.5, ескіз операцій приведений на рисунку .

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

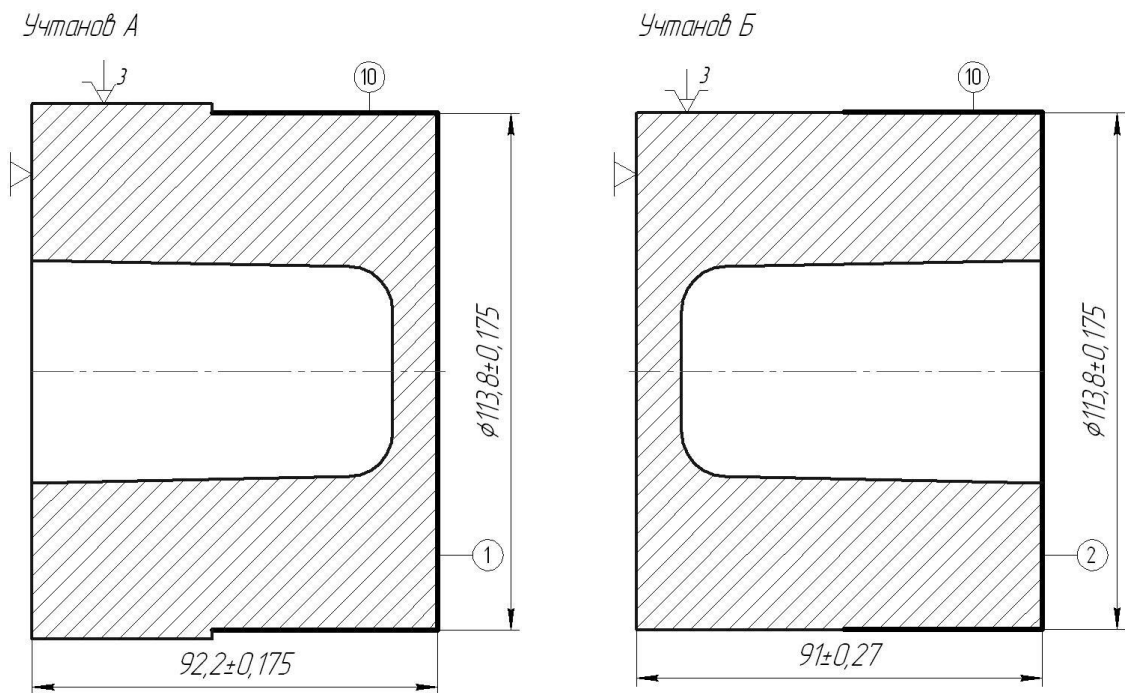


Рисунок 3.8 – Ескіз операції обробки поверхонь

Тип різця та його розміри вибираються в залежності від верстату на якому виконується обробка, характеру обробки, форми та потрібної жорсткості оброблюваної поверхні.

Для підрізання торця і точіння зовнішньої поверхні вибираємо різці:

- токарний підрізний різець ВК4 2112-0005 ДСТУГОСТ18880-73.
- токарний прохідний різець ВК4 2102-0055 ДСТУГОСТ18868-73.

Для прийнятого верстату 16К20 максимально допустимі розміри перерізу державки різця – 25×25 мм. Розміри перерізу різця обираємо по паспортним даним верстату, у нашому випадку вони дорівнюють $b \times h = 25 \times 25$.

Матеріал ріжучої частини різця обираємо в залежності від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, стану поверхні заготовки та умов обробки.

Вибір матеріалу ріжучої частини різця виконаємо по даним [7] для заданої деталі матеріал ріжучої частини різців для обробки алюмінієвого сплаву обираємо твердий сплав ВК4

Вибір глибини різання.

Глибину різання вибираємо в залежності від розрахованих припусків в пункті 3.7.3:

Установ А:

- підрізання торця 1: $t_1 = 1,6 \text{ мм}$;.
- точіння зовнішньої поверхні 10: $t_2 = 1,5 \text{ мм}$.

Установ Б:

- підрізання торця 2: $t_3 = 1,2 \text{ мм}$;

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- точіння зовнішньої поверхні 10: $t_4 = 1,5 \text{ мм}$.

Так як глибина різання поверхні 10 однакова, то наступні розрахунки будемо тільки по установу А.

Вибір подачі різання.

По таблицям довідника [7], в залежності від діаметра деталі, розміру державки різця і оброблююмого матеріалу обираємо розміри повздовжньої подачі.

Приймаємо розміри подачі:

Установ А:

- підрізання торця 1: $S_1 = 0,4 \text{ мм}$;

- точіння зовнішньої поверхні 10: $S_2 = 1,0 \text{ мм}$.

Установ Б:

- підрізання торця 2: $S_3 = 0,4 \text{ мм}$.

Подальші розрахунки ведемо по цим значенням подач.

Вибір стійкості різця.

Стійкість різця вибираємо при одно інструментальній обробці різцями, оснащеними пластинами з твердого сплаву, стійкість різця становить $T = 60 \text{ хв}$.

Визначення швидкості різання.

Швидкість різання визначається за формулами:

$$V_p = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}}, \text{ м/хв} \quad (3.8)$$

де C_v – коефіцієнт залежний від умов різання;

T – стійкість різця, хв;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

m, x, y – показники степенів;

$$K_v = K_{\varphi_v} \cdot K_{\varphi_{lv}} \cdot K_{r_v} \cdot K_{u_v} \cdot K_{m_v} \cdot K_{n_v}, \quad (3.9)$$

$K_{\varphi_v} = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий вплив головного кута в плані [7];

$K_{\varphi_{lv}} = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий вплив допоміжного кута в плані [7];

$K_{r_v} = 0,94$ – коефіцієнт враховуючий вплив радіусу при вершині кута [7];

$K_{u_v} = 2,5$ – коефіцієнт враховуючий вплив матеріалу ріжучої частини різця [7];

$K_{m_v} = 0,8$ – коефіцієнт враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу [7];

$K_{n_v} = 0,9$ – коефіцієнт враховуючий вплив стану поверхні заготовки [7].

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 2,5 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 1,69.$$

Значення коефіцієнта C_v та показників степенів вибираємо по довіднику [7]:
 $C_v = 328$; $x = 0,12$; $y = 0,50$; $m = 0,28$.

Підставимо отриманні значення величин до формули (3.8):

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Установ А:

- підрізання торця 1:

$$V_{p1} = \frac{328 \cdot 1,69}{60^{0,28} \cdot 1,6^{0,12} \cdot 0,4^{0,5}} = 264 \text{ м / хв};$$

- точіння зовнішньої поверхні 10:

$$V_{p2} = \frac{328 \cdot 1,69}{60^{0,28} \cdot 1,5^{0,12} \cdot 1,0^{0,5}} = 173 \text{ м / хв}.$$

Установ Б:

- підрізання торця 2:

$$V_{p3} = \frac{328 \cdot 1,69}{60^{0,28} \cdot 1,5^{0,12} \cdot 0,4^{0,5}} = 266 \text{ м / хв}.$$

Визначення числа обертів шпинделя верстату за хвилину.

Число обертів верстату визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}, \text{ об/хв} \quad (3.10)$$

де V_p – розрахункова швидкість різання;

D – діаметр заготовки в мм.

Установ А:

- підрізання торця 1:

$$n_{p1} = \frac{1000 \cdot 264}{3,14 \cdot 113,8} = 737 \text{ об / хв};$$

- точіння зовнішньої поверхні 10:

$$n_{p2} = \frac{1000 \cdot 173}{3,14 \cdot 113,8} = 483 \text{ об / хв}.$$

Установ Б:

- підрізання торця 2:

$$n_{p1} = \frac{1000 \cdot 266}{3,14 \cdot 113,8} = 743 \text{ об / хв}.$$

Коректуємо число обертів шпинделя по паспорту верстата: $n_{\phi 1} = 800 \text{ об/хв}$,
 $n_{\phi 2} = 500 \text{ об/хв}$, $n_{\phi 3} = 800 \text{ об/хв}$.

Визначаємо фактичну швидкості різання за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000}, \text{ м/хв} \quad (3.11)$$

Установ А:

- підрізання торця 1:

$$V_{\phi 1} = \frac{3,14 \cdot 113,8 \cdot 800}{1000} = 286 \text{ м / хв};$$

- точіння зовнішньої поверхні 10:

$$V_{\phi 2} = \frac{3,14 \cdot 113,8 \cdot 500}{1000} = 180 \text{ м / хв};$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Установ Б:

- підрізання торця 2:

$$V_{\phi 3} = \frac{3,14 \cdot 113,8 \cdot 800}{1000} = 286 \text{ м / хв.}$$

Визначення хвилинної подачі на оберт.

Хвилина подача на оберт визначається за формулою:

$$S_m = S \cdot n_{\phi}, \text{ м/хв} \quad (3.12)$$

Установ А:

- підрізання торця 1:

$$S_m = 0,4 \cdot 800 = 320 \text{ м / хв};$$

- точіння зовнішньої поверхні 10:

$$S_m = 1,0 \cdot 500 = 500 \text{ м / хв};$$

Установ Б:

- підрізання торця 2:

$$S_m = 0,4 \cdot 800 = 320 \text{ м / хв.}$$

Визначення сили різання.

Силу різання визначаємо за формулою [7]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot v^n \cdot K_p, \quad (3.13)$$

де t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

v – швидкість різання, м/хв.;

$x_p = 1,0$ – показники степенів при глибині різання;

$y_p = 0,75$ – показники степенів при подачі;

$C_p = 40$ – коефіцієнти, який замінюються в залежності від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, та геометрії різця;

K_p – сталий коефіцієнт [17]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{rp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}, \quad (3.14)$$

де $K_{mp} = 1,5$ – коефіцієнт враховуючий вплив властивостей оброблюваного матеріалу,

$K_{\phi p} = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий вплив головного кута в плані різця;

$K_{rp} = 0,93$ – коефіцієнт враховуючий вплив радіусу при вершині різця;

$K_{\gamma p} = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий вплив переднього кута різця;

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт враховуючий вплив кута нахилу вершини різця.

$$K_p = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,93 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,4.$$

Установ А:

- підрізання торця 1:

$$P_{z1} = 10 \cdot 40 \cdot 1,6^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 286^0 \cdot 1,4 = 449 \text{ Н};$$

- точіння зовнішньої поверхні 10:

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{z2} = 10 \cdot 40 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 1,0^{0,75} \cdot 180^0 \cdot 1,4 = 670H ;$$

Установ Б:

- підрізання торця 2:

$$P_{z3} = 10 \cdot 40 \cdot 1,2^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 286^0 \cdot 1,4 = 421H .$$

Визначення необхідних потужностей верстату.

Необхідна потужність, яка витрачається на різання, визначається за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1020}, \text{кВт} \quad (3.15)$$

Установ А:

- підрізання торця 1:

$$N_{e1} = \frac{449 \cdot 286}{60 \cdot 1020} = 2,1 \text{ кВт};$$

- точіння зовнішньої поверхні 10:

$$N_{e1} = \frac{670 \cdot 180}{60 \cdot 1020} = 1,95 \text{ кВт};$$

Установ Б:

- підрізання торця 2:

$$N_{e1} = \frac{421 \cdot 286}{60 \cdot 1020} = 1,97 \text{ кВт}.$$

Необхідна потужність приводу верстату:

$$N_{np} = \frac{N_e}{\eta}, \quad (3.16)$$

де η - К.К.Д, береться по паспорту верстату і для моделі INDUSTRIE 2000/250 HD $\eta = 0,75$.

$$N_{np} = \frac{4,2}{0,75} = 5,6 \text{ кВт}.$$

Підраховавши значення N_{np} співвідносимо його з потужністю двигуна при цьому повинна виконуватись нерівність $N_{ел.дв} < N_{np}$. Перевірку виконуємо по найбільшій потужності, яка виникає при чорновій обробці:

$$2,1 \text{ кВт} < 5,6 \text{ кВт} .$$

Так як перевірка виконується, то робимо висновок, що розрахунки зроблені вірно.

На всі інші операції і переходи режими різання призначаємо табличним способом за літературою [18] і заносимо до таблицю 3.12.

3.7.2 Розрахунок технологічних норм часу на токарну операцію розрахунково-аналітичним методом

Основний час на операцію визначаємо за формулою [19]:

$$T_o = \sum T_{oj}, \quad (3.17)$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де T_{oj} – основний час на виконання j -го переходу обробки елементарної поверхні;

$$T_{oj} = \frac{(L+l) \cdot i}{S_m}, \quad (3.18)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні;

l – довжина врізання і перебігу,

i – число робочих ходів;

S_m – хвилинна подача.

$$T_{o1} = \frac{(56,9+2) \cdot 1}{320} = 0,18 \text{ хв};$$

$$T_{o2} = \frac{(65+2) \cdot 1}{500} = 0,134 \text{ хв};$$

$$T_{o3} = \frac{(56,9+2) \cdot 1}{320} = 0,18 \text{ хв};$$

$$T_{o4} = \frac{(26+2) \cdot 1}{500} = 0,056 \text{ хв}.$$

$$T_o = 0,18 + 0,134 + 0,18 + 0,056 = 0,55 \text{ хв}.$$

Визначаємо допоміжний час за формулою:

$$T_e = T_{e,y} + T_{m,e}, \quad (3.19)$$

де $T_{e,y} = 6,3$ – час на установку і зняття заготовки, хв;

$T_{m,e}$ – час зв'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні.

$$T_e = 6,3 + 0,9 = 7,2 \text{ хв}.$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця та час на особисті потреби:

$$T_{обс.} + T_n = 8\% T_{on}, \quad (3.20)$$

де T_{on} – оперативний час

$$T_{on} = T_o + T_e, \quad (3.21)$$

$$T_{on} = 0,55 + 7,2 = 7,75 \text{ хв}.$$

$$T_{обс.} + T_n = 0,62 \text{ хв}.$$

Штучний час обробки деталі визначаємо за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_e + T_{обс.} + T_n, \quad (3.22)$$

$$T_{шт} = 0,55 + 7,2 + 0,62 = 8,37 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою [19]:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{n-3}}{n_3}, \quad (3.23)$$

де T_{n-3} – підготовчо-заключний час на партію, хв.;

n_3 – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво.

Підготовчо-заключний час розраховуємо за формулою:

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} + T_{n-33}, \quad (3.24)$$

де $T_{n-31} = 12 \text{ хв}$ – норма часу на організаційну підготовку [19];

$T_{n-32} = 9 \text{ хв}$ – норма часу на додаткові прийоми, які не ввійшли до T_{n-31} ;

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{n-33}=1,7\text{хв}$ – час пробної обробки деталі.

$$T_{n-3} = 12 + 9 + 1,7 = 22,7\text{хв} .$$

$$T_{шт-к} = 8,37 + \frac{22,7}{100} = 8,6\text{хв} .$$

Норми часу на інші операції визначаємо табличним методом і значення заносимо до таблиці 3.12. .

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ІІІІІ	Апр.
3мн.	Апр.	№ док-м.	Підпис	Дата		

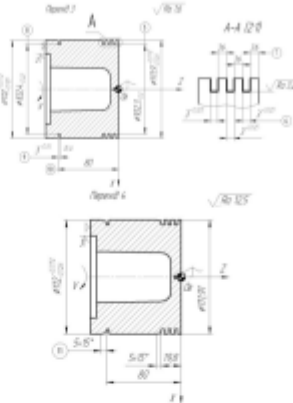
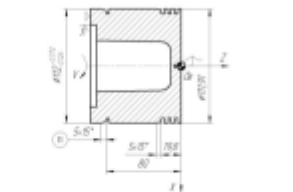
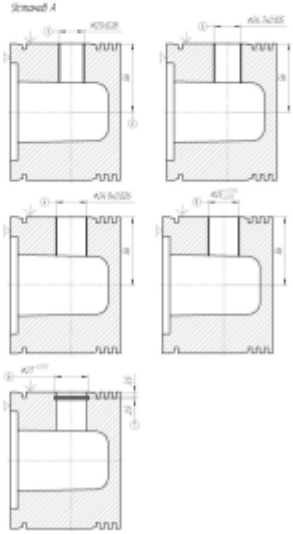
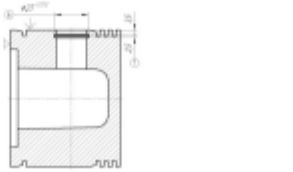
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ІТЦ				
	Арк.			

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	б) установ Б - переустановити, закріпити, зняти; - підрізати торець, витримуючи розмір 3; - свердлили центровий отвір, витримуючи розмір 4	Стандарт Б Перед 1 Перед 2 Об'єм 43,5 ГЛТ 403-78	Різець підрізний Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57 Свердло центрувальне: SD203-20.0-49-20R.	113,8	90	1,0	0,6	335	1000	1						
				3,5	6,97	1,75	0,2	50	700	1						
020	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК HARDINGE CONQUEST 425P. 3. Встановити, закріпити, зняти; - точити зовнішню поверхню, витримуючи розмір 1; - точити зовнішню поверхню, витримуючи розміри 2-4 начисто;	Перед 1 Перед 2 Об'єм 43,5 ГЛТ 403-78	Різець прохідний Державка: DCBNR3232P19-M Пластина: CNMM 190612-57 Різець канавковий	112,1	90	0,85	0,2	335	1100	1						
				112/111,9	90	0,05	0,2	335	1100	1	4,26	6,3	10,56	0,84	11,40	11,61

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТЦ	Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	- точити канавки, витримуючи розміри 5-10; - точити фаски, витримуючи розмір 11.			102,3	3	2,4	0,2	400	1000	1							
				112	5	2,5	0,5	350	1000	1							
030	1. Свердлильна 2. Координатно-розточувальний 2Е440 3. а) установ А - встановити, закріпити, зняти; - свердлити отвір, витримуючи розмір 1 і 2; - зенкерувати попередньо отвір, витримуючи розмір 3 і 2; - розгорнути попередньо отвір, витримуючи розмір 4 і 2; - розгорнути начисто отвір, витримуючи розмір 5 і 2; - розточити внутрішню канавку, витримуючи розмір 6 і 7;		Свердло 2301-1729 ДСТУГОСТ 22736-77 Зенкер 2320-5725 ДСТУГОСТ 3231-71 Розгортка Ø24,9 2363-0861 ДСТУГОСТ 19268-73 Розгортка Ø25 2363-0862 ДСТУГОСТ 19268-73	23	56	11,50	0,48	75	900	1	0,38	3,55					
				24,7	56	0,85	0,86	61	800	1	0,17	0,9					

3.8 Розрахунок складу та кількості обладнання

Розрахунок кількості основного технологічного устаткування виконується за формулою :

$$C_P = \frac{T_P}{F_\delta \cdot m \cdot \eta}, \quad (3.25)$$

де T_P – трудомісткість виготовлення деталі;

F_δ – річний дійсний фонд роботи обладнання при роботі в дві зміни, год.,
 $F_\delta = 2030_{год.}$;

m – кількість змін, $m = 1$;

η_s – нормований коефіцієнт завантаження, $\eta = 0,8$.

Трудомісткість виготовлення деталі розраховуємо за формулою:

$$T_P = \frac{T_{шт.к.} \cdot N_{зан}}{60}, \quad (3.26)$$

де $T_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час операції, год.;

N – програма запуску, шт., яку розраховуємо за формулою:

$$N_{зан} = N + N_{zn} + N_\delta, \quad (3.27)$$

де N – річна програма випуску, $N_p = 2000_{шт.}$;

N_{zn} – кількість запасних деталей, шт., яку розраховуємо за формулою:

$$N_{zn} = (0,05 - 0,1) \cdot N, \quad (3.28)$$

$$N_{zn} = 2000 \cdot 0,1 = 200_{шт.}$$

N_δ – кількість браку, шт., яку розраховуємо за формулою:

$$N_\delta = (0,03 - 0,05) \cdot N, \quad (3.29)$$

$$N_\delta = 2000 \cdot 0,05 = 100_{шт.}$$

Підставимо значення у формулу (3.27):

$$N_{зан} = 2000 + 200 + 100 = 2300_{шт.}$$

Отже підставимо значення в формулу (3.26):

$$T_1 = \frac{8,857 \cdot 2300}{60} = 340_{год.},$$

$$T_2 = \frac{10,43 \cdot 2300}{60} = 400_{год.},$$

$$T_3 = \frac{11,61 \cdot 2300}{60} = 445_{год.},$$

$$T_4 = \frac{12,08 \cdot 2300}{60} = 463_{год.},$$

$$T_5 = \frac{9,73 \cdot 2300}{60} = 373_{год.}.$$

Розрахуємо кількість обладнання за технологічними операціями підставивши значення у формулу (3.25):

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{1P} = \frac{340}{2030 \cdot 0,8} = 0,21,$$

Приймаємо $C_{1П} = 1$.

$$C_{2P} = \frac{400}{2030 \cdot 0,8} = 0,25$$

Приймаємо $C_{2П} = 1$.

$$C_{3P} = \frac{445}{2030 \cdot 0,8} = 0,27,$$

Приймаємо $C_{3П} = 1$.

$$C_{4P} = \frac{463}{2030 \cdot 0,8} = 0,29,$$

Приймаємо $C_{4П} = 1$.

$$C_{5P} = \frac{373}{2030 \cdot 0,8} = 0,23,$$

Приймаємо $C_{5П} = 1$.

Сумарна кількість обладнання:

$$\Sigma C_{П} = 5.$$

Розраховуємо коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

$$\eta_3 = \frac{C_P}{C_{П}} \cdot 100\%, \quad (3.30)$$

$$\eta_{31} = \frac{0,21}{1} \cdot 100\% = 21\%,$$

$$\eta_{32} = \frac{0,25}{1} \cdot 100\% = 25\%,$$

$$\eta_{33} = \frac{0,27}{1} \cdot 100\% = 27\%,$$

$$\eta_{34} = \frac{0,29}{1} \cdot 100\% = 29\%,$$

$$\eta_{35} = \frac{0,23}{1} \cdot 100\% = 23\%.$$

Результати розрахунків зводяться в таблицю 3.13

Середній коефіцієнт завантаження обладнання розраховуємо за формулою:

$$\eta_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_3}{n}, \quad (3.31)$$

$$\eta_{сер} = \frac{21 + 25 + 27 + 29 + 23}{5} = 25\%.$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.13 – Кількість та коефіцієнт завантаження основного технологічного обладнання

Модель верстата	T_P , год.	C_P	C_{II}	η , %
1	2	3	4	5
INDUSTRIE 2000/250 HD	340	0,21	1	21
HARDINGE CONQUEST 42SP	400	0,25	1	25
HARDINGE CONQUEST 42SP	445	0,27	1	27
2E440	463	0,29	1	29
2Л53	373	0,23	1	23
Σ	2021	–	5	$\eta_{cp.} = 25\%$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

Розробку верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти виконуємо на 020 операцію токарну з ЧПК технологічного процесу виготовлення деталі поршень компресора. Ескіз обробки деталі приводимо на рисунку 4.1. Операція виконується на токарному верстаті HARDINGE CONQUEST 42SP.

Інструмент який використовуємо на даній операції наводимо в таблиці 4.1.

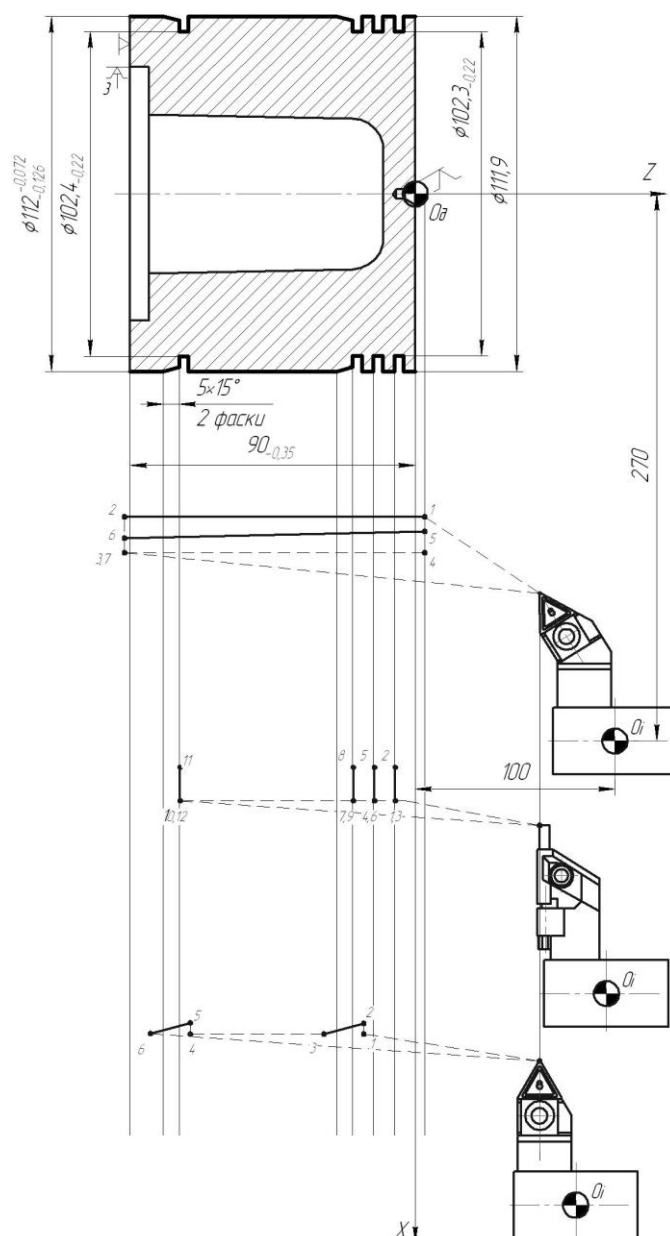


Рисунок 4.1 – Ескіз обробки деталі

					КНУ.КБР.131.25.2-08.04.РВІН		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Рева				РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ	Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда						
Т.контр						Кафедра ТМ гр.ПМ22ск	
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						

Для розробки керуючої програми спочатку вирахуємо опорні точки (таблиця 4.2) і призначаємо режими різання (таблиця 4.3).

Таблиця 4.2 – Координати опорних точок

№ точки	Координати	
	X	Z
1	2	3
Інструмент T1		
0	270	100
1	112,1	1
2	112,1	-91
3	114	-91
4	114	1
5	111,898	1
6	112,001	-91
7	113	-91
0	270	100
Інструмент T2		
0	270	100
1	113	-6,6
2	102,3	-6,6
3	113	-6,6
1	2	3
4	113	-13,2
5	102,3	-13,2
6	113	-13,2
7	113	-19,8
8	102,3	-19,8
9	113	-19,8
10	113	-80
11	102,4	-80
12	113	-80
0	270	100
Інструмент T3		
0	270	100
1	108,68	-18,8
2	113	-28,69
3	113	-79
4	108,76	-79
5	113	-86,87

Таблиця 4.3 – Кодування технологічної інформації

Позиція різцетримача	Функція інструменту Т	Частота оборотів шпинделя, хв ⁻¹	Подача мм/об
1	T1	1100	0,6
2	T2	1000	0,2
3	T3	1100	0,5

Підготовка керуючої програми здійснюється у програмному середовищі Future CAM, що забезпечить надійність цього процесу.

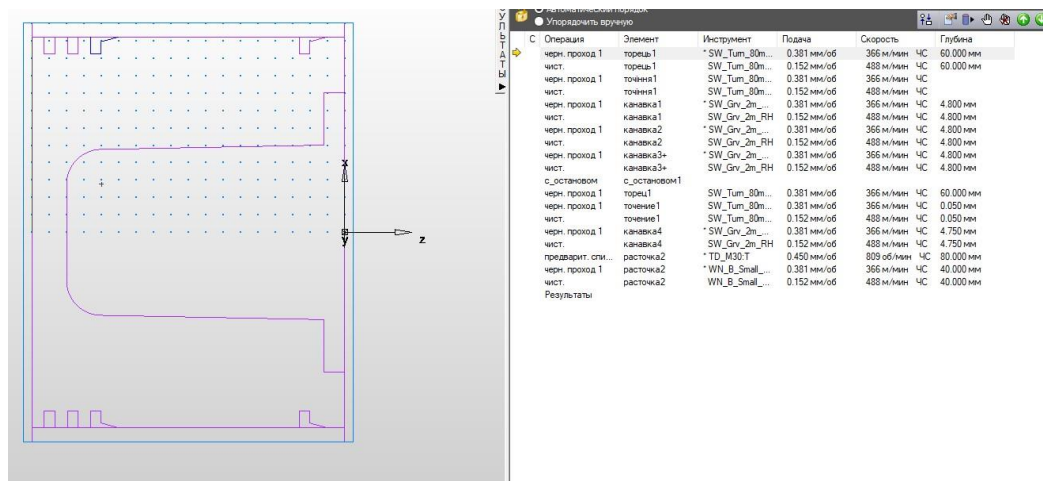


Рисунок 4.2 -Вибір осей координат та послідовності переходів в інтерфейсі Future CAM

Таблиця 4.1 – Ріжучий інструмент

Позиція інструменту	Найменування інструменту
T1	Різець для контурного точіння PCLNR 20 20 K12
T2	Різець для канавок під стопорні кільця
T3	Різець розточний A14M-SCLCR-06R

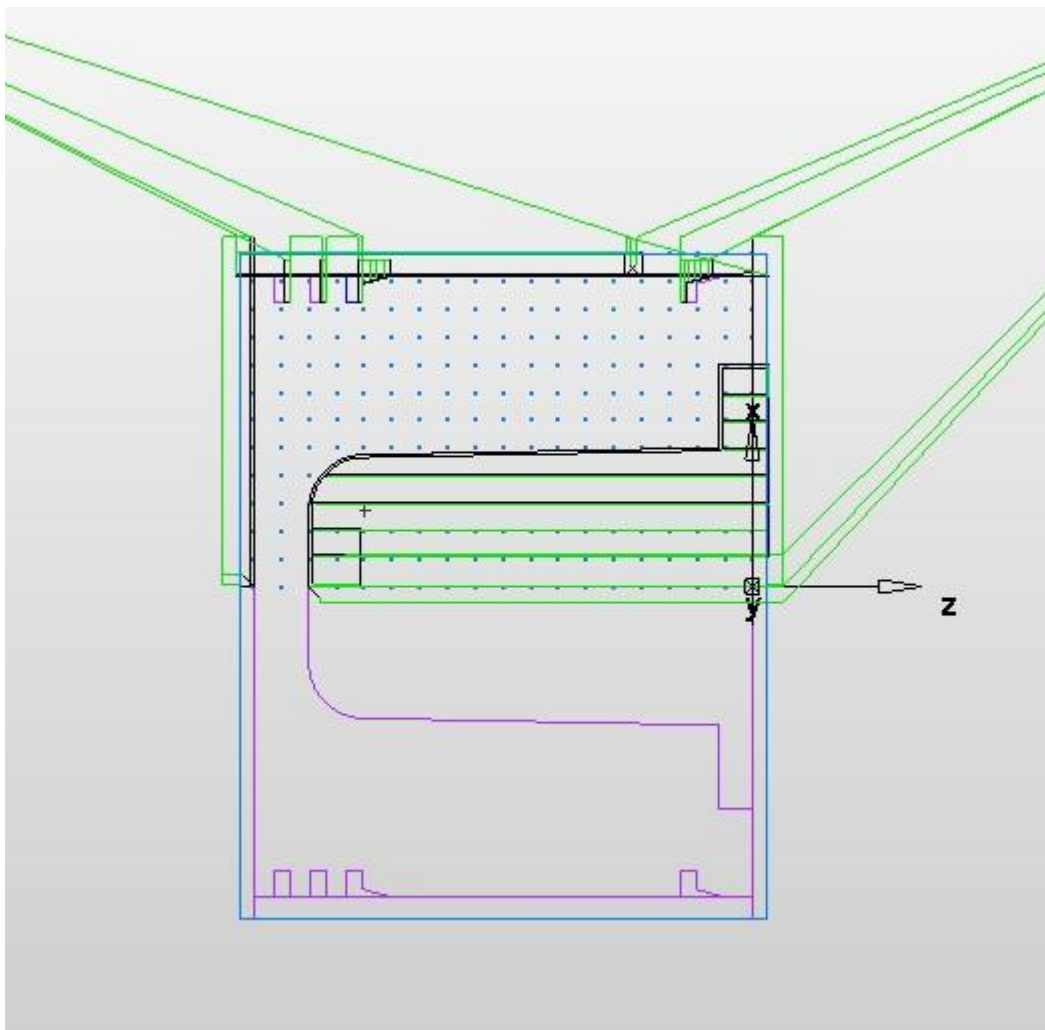


Рисунок 4.3- Візуалізація траєкторії переміщення контурного, канавкового та розточного різця

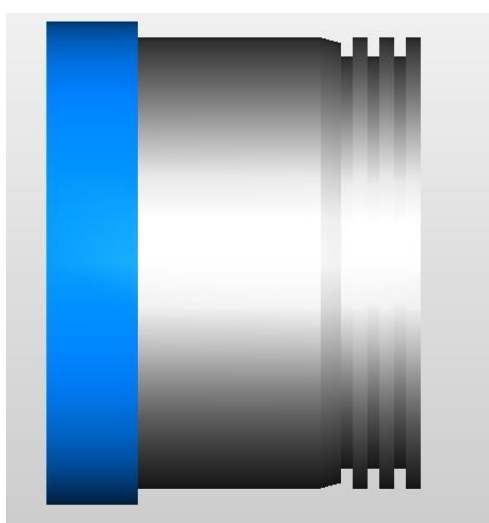


Рисунок 4.4-Візуалізація 1 установу

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 04.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

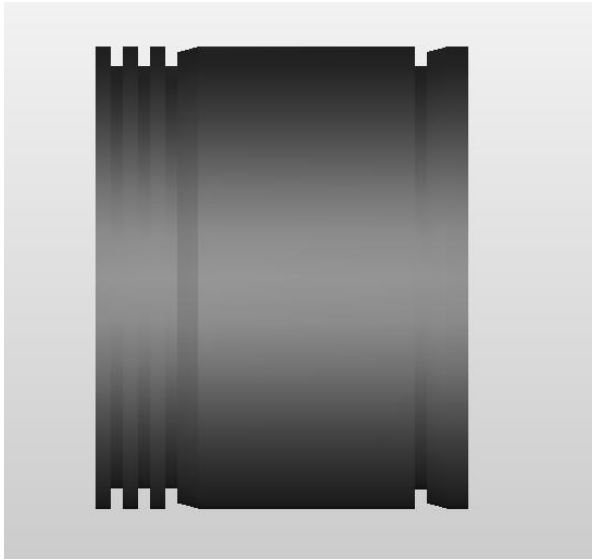


Рисунок 4.5- Візуалізація 2 установу

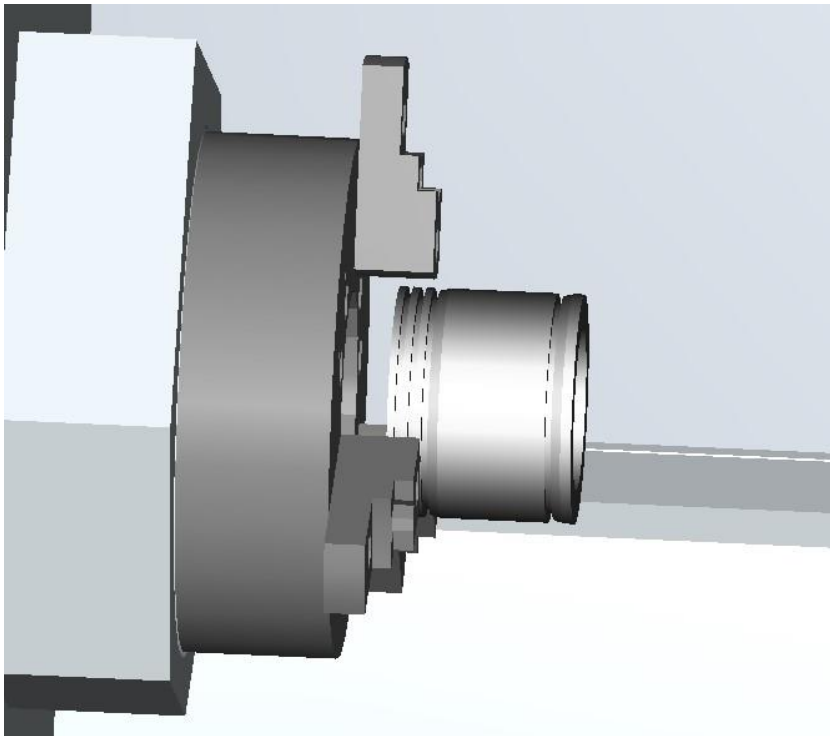


Рисунок 4.6-Верифікація обробки на верстаті

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 04.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

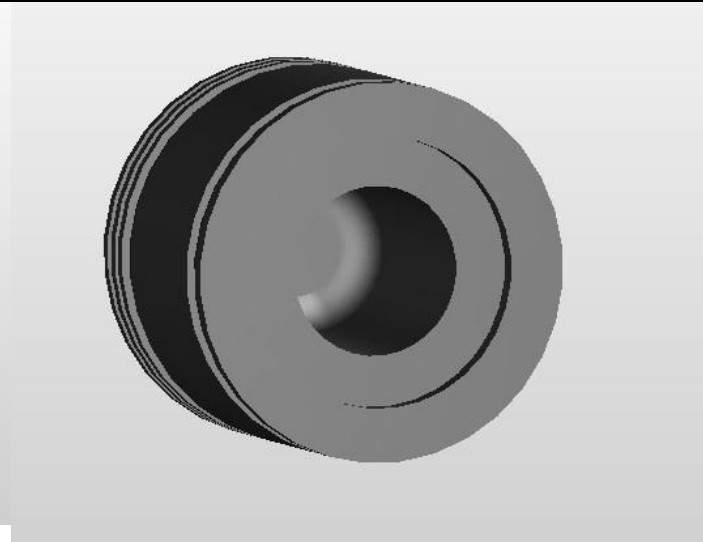
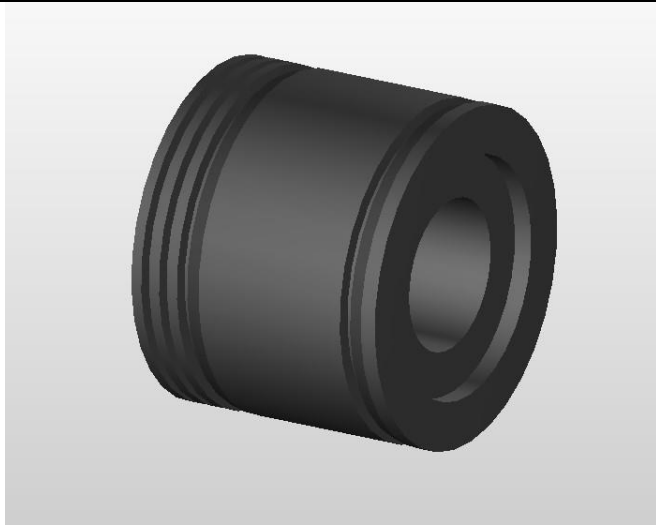


Рисунок 4.7- Виготовлена 3D модель деталі

Згенеруємо керуючу програму

%

O0100 (Porshen)

N15 G00 G99

N20 G28 U0 W0

(ROUGH FACE SW_Turn_80m_RH_r0)

N30 G00 T0101 M08

N35 G50 S3000

N40 G96 S365 M03

N45 G00 X126.0 Z0.5

N50 G01 X0. F0.381

N55 Z2.5

N60 X0.707 Z2.854

N65 Z5.5

(FINISH FACE)

N75 G50 S3000

N80 G96 S487 M03

N85 G00 X126.0 Z5.5

N90 Z0.

N95 G01 X0. F0.152

N100 X4.243 Z2.121

N105 Z5.5

(ROUGH TURNING)

N570 G96 S487 M03

N575 G00 X112.013 Z3.0

N580 G01 X111.9 Z-23.0 F0.152

N585 X116.143 Z-20.879

N590 X126.0

N595 M05

N600 M09

N605 G28 U0 W0

N610 M01

(ROUGH GROOVE: OUTER
SW_Grv_2m_RH)

N620 G00 T0202 M08

N625 G50 S3000

N630 G96 S365 M03

N635 G00 X111.9 Z-5.187

N640 G01 X109.321 Z-10.0 F0.381

N645 X102.4

N650 Z-13.0

N655 X111.9

N660 X117.9 Z-5.187

(FINISH GROOVE)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KHY.KBP.131.25.2-08. 04.PBIIH

Арк.

N115 G50 S3000
 N120 G96 S365 M03
 N125 G00 X126.0 Z5.5
 N130 Z3.0
 N135 X112.9
 N140 G01 Z-70.0 F0.381
 N145 X120.0
 N150 X120.707 Z-69.646
 N155 Z3.0
 (FINISH TURNING)
 N165 G50 S3000
 N170 G96 S487 M03
 N175 G00 X111.9 Z3.0
 N180 G01 Z-70.0 F0.152
 N185 X116.143 Z-67.879
 N190 X126.0
 N195 M05

N670 G50 S3000
 N675 G96 S487 M03
 N680 G00 X117.9 Z-13.0
 N685 X111.9
 N690 X126.0
 N695 M05
 N700 M09
 N705 G28 U0 W0
 N710 M01
 (DRILL TD_M30:T)
 N720 G00 T0303 M08
 N725 G97 S808 M03
 N730 G00 X0. Z5.5
 N735 Z3.0
 N740 G01 Z-30.0 F0.45
 N745 Z3.0
 N750 Z-27.0

N200 M09
 N205 G28 U0 W0
 N210 M01
 (ROUGH GROOVE: OUTER
 SW_Grv_2m_RH)
 N220 G00 T0202 M08
 N225 G50 S3000
 N230 G96 S365 M03
 N235 G00 X111.9 Z-3.6
 N240 G01 X102.3 F0.381
 N245 Z-6.6
 N250 X111.9
 N255 X117.9 Z-3.6
 (FINISH GROOVE)
 N265 G50 S3000
 N270 G96 S487 M03
 N275 G00 X117.9 Z-6.6
 N280 X111.9
 N285 X126.0
 (ROUGH GROOVE)
 N295 G50 S3000
 N300 G96 S365 M03

N755 G01 Z-60.0
 N760 Z3.0
 N765 Z-57.0
 N770 G01 Z-80.0
 N775 Z5.5
 N780 M05
 N785 M09
 N790 G28 U0 W0
 N795 M01
 (ROUGH BORE
 WN_B_Small_80m_RH)
 N810 G50 S3000
 N815 G96 S365 M03
 N820 G00 X11.331 Z5.5
 N825 Z-73.596
 N830 G01 Z-79.5 F0.381
 N835 X1.664
 N840 X0.957 Z-79.146
 N845 Z-70.691
 N850 G01 X20.998
 N855 Z-79.5
 N860 X11.331

N305 G00 X126.0 Z-12.3 N310 X111.9 Z-10.2 N315 G01 X102.3 F0.381 N320 Z-13.2 N325 X111.9 N330 X117.9 Z-10.2 (FINISH GROOVE) N340 G50 S3000 N345 G96 S487 M03 N350 G00 X117.9 Z-13.2 N355 X111.9 N360 X126.0 (ROUGH GROOVE) N370 G50 S3000 N375 G96 S365 M03 N380 G00 X126.0 Z-18.9 N865 X10.624 Z-79.146 N870 Z3.0 N875 G01 X30.665 N880 Z-79.371 N885 G03 X27.539 Z-79.5 R9.5 N890 G01 X20.998 N895 X20.291 Z-79.146 N900 Z3.0 N805 G00 T0404 M08 N905 G01 X40.332 N910 Z-77.024 N915 G03 X30.665 Z-79.371 N920 G01 X29.958 Z-79.017 N925 Z3.0 N930 G01 X49.999 N935 Z-5.5				
N385 X111.9 Z-16.8 N390 G01 X102.3 F0.381 N395 Z-19.8 N400 X109.221 N405 X111.9 Z-24.8 N410 X117.9 Z-16.8 (FINISH GROOVE) N420 G50 S3000 N425 G96 S487 M03 N430 G00 X117.9 Z-24.8 N435 X111.9 N440 X126.0 N445 M05 N450 M09 N455 G28 U0 W0 N460 M01 N940 G02 X49.0 Z-5.99 R0.5 N945 G01 X46.535 Z-70.182 N950 G03 X40.332 Z-77.024 R9.5 N955 G01 X39.625 Z-76.67 N960 Z3.0 N965 G01 X59.666 N970 Z-5.5 N975 X50.0 N980 X49.292 Z-5.146 N985 Z3.0 N990 G01 X69.333 N995 Z-5.5 N1000 X59.666 N1005 X58.959 Z-5.146 N1010 Z3.0 N1015 G01 X79.0				
(ROUGH FACE SW_Turn_80m_RH_r0) N470 G00 T0101 M08 N475 G50 S3000 N480 G96 S365 M03 N485 G00 X126.0 Z0. N490 G01 X0. F0.381 N495 Z2.5 N1020 Z-5.5 N1025 X69.333 N1030 X68.626 Z-5.146 N1035 Z3.0 (FINISH BORE) N1045 G50 S3000 N1050 G96 S487 M03				
				Арк.
KHУ.КБР.131.25.2-08. 04.РВІН				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

N500 X0.707 Z2.854
 N505 Z5.5
 (ROUGH TURNING)
 N515 G50 S3000
 N520 G96 S365 M03
 N525 G00 X126.0 Z5.5
 N530 Z0.
 N535 G01 X113.0 F0.381
 N540 X112.9 Z-23.0
 N545 X120.0

N1055 G00 X68.626 Z3.0
 N1060 X80.0
 N1065 G01 Z-6.0 F0.152
 N1070 X50.0
 N1075 X47.535 Z-70.192
 N1080 G03 X27.539 Z-80.0 R10.0
 N1085 G01 X0.
 N1090 X-4.243 Z-77.879
 N1095 X-6.0
 N1100 Z5.5
 N1105 M05
 N1110 M09
 N1115 G28 U0 W0
 N1120 M30
 %

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 04.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5.1 Проектування контрольного пристосування

5.1.1 Розробка технічного завдання на проектування контрольного пристосування

Проектуємо контрольний пристрій для вимірювання перпендикулярності осі отвору $\varnothing 25^{+0,006}_{-0,015}$ до бази Б.

Розробка технічного завдання включає в себе ескіз деталі (рисунок 5.1) з вказівкою вимог по точності та відхиленню форми і розташування поверхонь.

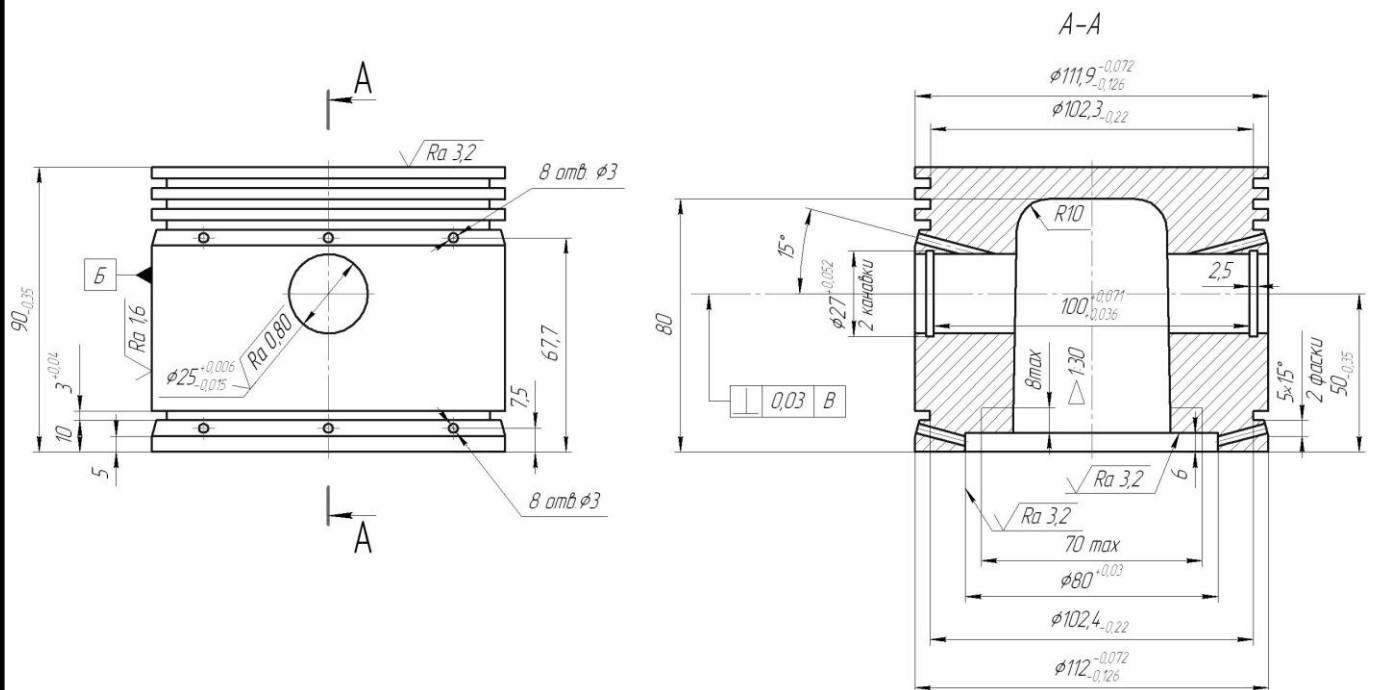


Рисунок 5.1 - Ескіз деталі

5.1.2 Етапи проектування контрольного пристрою

5.1.2.1 Вибір схеми контролю

Схему контролю для циліндричних заготовок виконуємо відносно вимог по точності відхилення форми і розташування поверхонь деталі.

При виборі схеми контролю дотримуємось вимог по співпаданню установчої та вимірної бази.

Виконуємо ескіз схеми контролю деталі.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Рева				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ		
Перевір.	Цивінда						
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						
					Лім.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ		

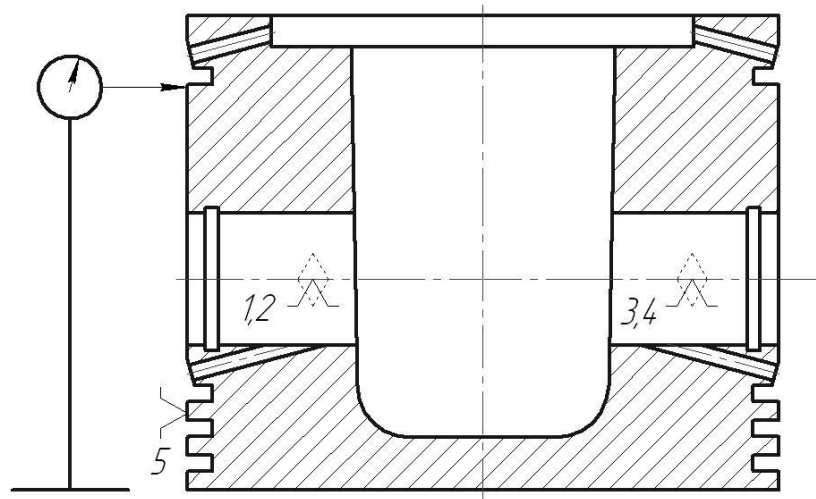


Рисунок 5.2 – Ескіз схеми контролю

5.1.2.2 Розробка схеми базування деталі при виконанні контролю

Розробляємо схему базування (рисунок 7.3) при контролі перпендикулярності осі отвору до бази Б.

При виконанні контролю деталь базується по внутрішньому отвору $\varnothing 25K7$ і конічній поверхні $\varnothing 112/\varnothing 111,9\text{мм}$. Такою установкою позбавляємо деталь п'яти ступенів свободи, що є достатнім для вимірювання заданих параметрів.

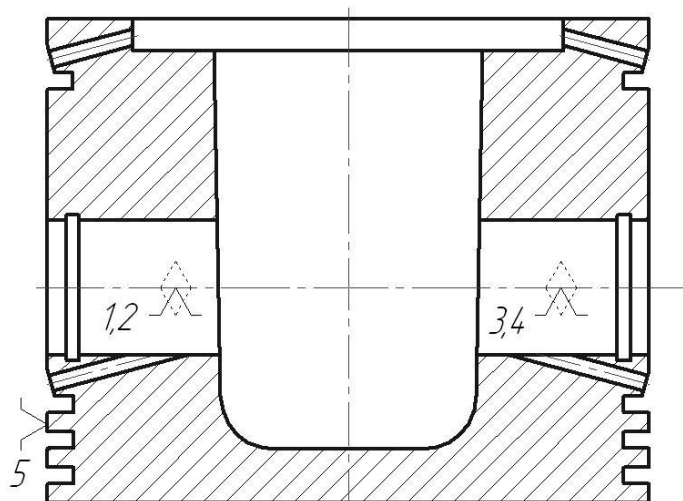


Рисунок 5.3 – Ескіз схеми базування

5.1.2.2 Вибір і проектування установчих елементів пристрою

Вибір і проектування установчих елементів пристрою виконуємо відносно схеми базування контролю, а також конструктивних параметрів деталі.

Вибір розмірів установчих елементів виконуємо відповідно до ГОСТ на стандартні деталі верстатного оснащення. Деталь у пристрої встановлюємо на циліндричну оправку і робимо упор в палець, що є достатнім для виконання контрольних операцій.

5.1.2.3 Вибір контрольного приладу

Вибір засобів контролю варто проводити з урахуванням допустимої похибки контролю. Контрольний прилад вибирають на порядок точніше, ніж вимоги визначені на робочому кресленні деталі.

В якості контрольного приладу вибираємо електронний індикатор TESA DIGICO 10, який представлено на рисунку 5.4.

Таблиця 5.1.–Характеристика контрольного приладу

Тип	Діапазон вимірювання мм/дюйм	Дискретність цифрової шкали, мм / дюйм	Найбільша похибка, мкм	Габаритні розміри, мм	
				А	В
19.30104	12,5 / 0,5	0,001 / 0,00005	5	65,9	53,4

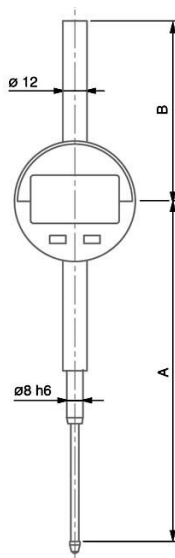


Рисунок 5.4 – Ескіз контрольного приладу

5.1.2.4 Загальна компоновка контрольного пристрою

Виконуємо загальну компоновку контрольного пристосування (рисунок 5.5).

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристосування складається з повірочної плити 7, на яку встановлено стійку 8. На стійку запресовано оправку 4 і закріплено індикатор 2, за допомогою гвинта 1. Деталь встановлюємо на оправку 4 до упора в палець 7. Для запобігання провороту деталі навколо осі упираємо її в палець 5, який закріплено на кутнику 3.

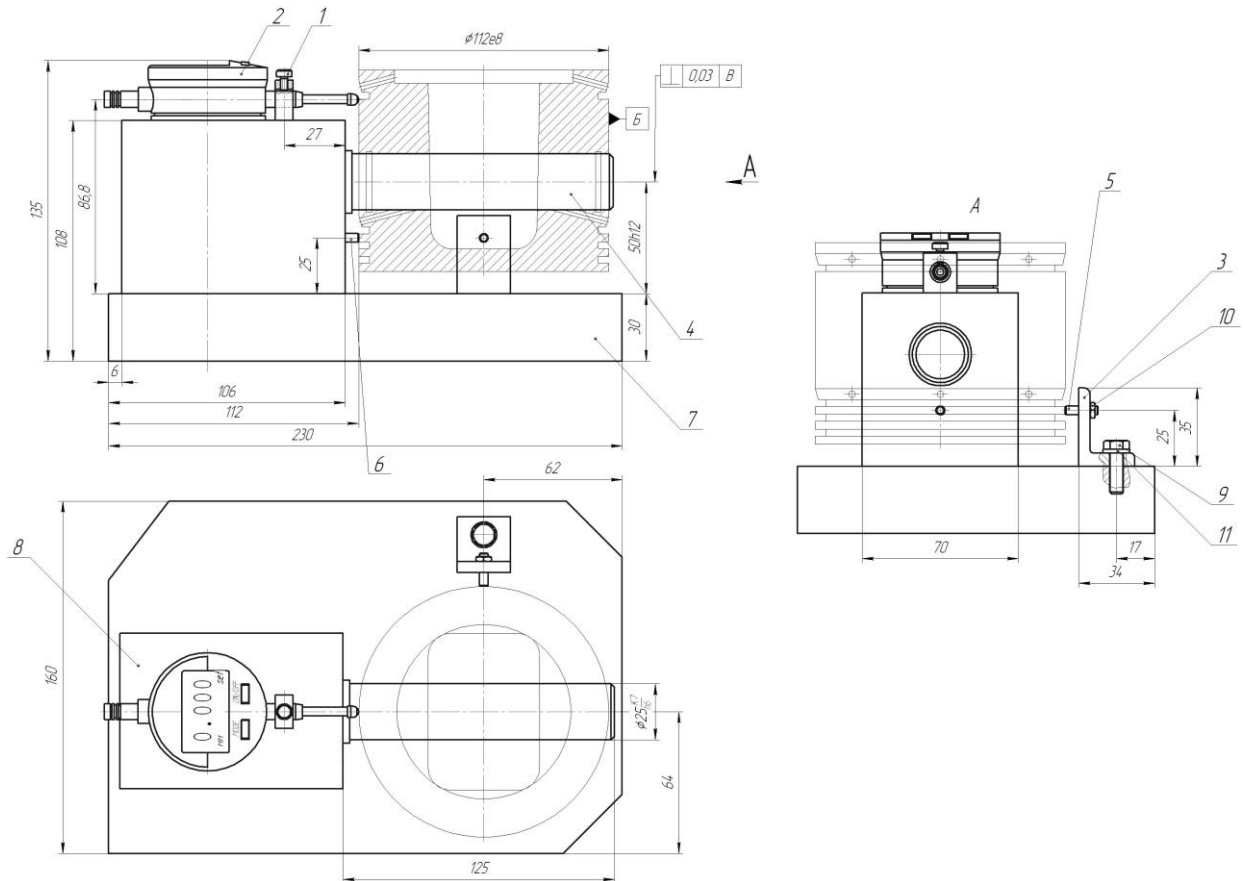


Рисунок 5.5 – Ескіз компоновки контрольного пристрою

5.1.2.5 Розрахунок точності контрольного пристрою

Розрахунок точності контрольного пристрою виконуємо в такій послідовності:

- 1) визначимо допустиму похибку контролю.
- 2) визначимо сумарну похибку контролю.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарну похибку контролю визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{л.р.} + \Delta_{н.н.} + \Delta_{у.е} + \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{деф}^2 + \Delta_{вин.}^2 + \Delta_z^2 + \Delta_{в.п.}^2}, \quad (5.1)$$

де $\Delta_{л.р.}$ – допустима похибка вимірювання;

$\Delta_{н.н.}$ – похибка пристрою;

$\Delta_{у.е}$ – похибка установочних елементів;

Δ_{δ} – похибка базування;

$\Delta_{деф}$ – похибка деформації;

$\Delta_{вин.}$ – випадкова похибка;

$\Delta_{в.п.}$ – похибка вимірювального приладу.

Необхідно виявити та розрахувати складові сумарної похибки контролю.

Допустима похибка контролю може досягати від 8% до 30% від допуску на розмір, що контролюється.

Допустима похибка вимірювання буде:

$$\Delta_{н.р.} = 0,08 \div 0,3 \cdot T, \text{ мм}; \quad (5.2)$$

де $\Delta_{н.р.}$ – допустима похибка вимірювання;

T – допуск на контролюємий параметр;

$$\Delta_{н.р.} = 0,25 \cdot 0,03 = 0,0075 \text{ мм};$$

Похибка деформації відсутня, так як деталь достатньо жорстка і закріплення не виконується

Для даного пристосування сумарна похибка контролю визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{у.е} + \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{вин.}^2 + \Delta_{в.п.}^2}, \quad (5.3)$$

Випадкові похибки визначаються:

$$\Delta_{вин.} = 0,04 \cdot T = 0,04 \cdot 0,005 = 0,0002 \text{ мм};$$

Так як оправка має посадку h6, то похибку базування визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\delta} = \Delta / 2,$$

$$\Delta_{\delta} = 0,012 / 2 = 0,006.$$

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{у.е} + \sqrt{0,006^2 + 0,0012^2 + 0,0002^2} = \Delta_{у.е} + 0,0061$$

Прирівнюємо та округлюємо $\Delta_{\Sigma} = \Delta_{н.р.}$, отримуємо:

$$0,0075 = \Delta_{у.е.} + 0,0061;$$

$$\Delta_{у.е.} = 0,0075 - 0,0061 = 0,0014 \text{ мм}.$$

Похибка установочних елементів не перевищує значення 0,03мм, що контролюємо. Отже можна зробити висновок, що вимірювальний пристрій можна застосовувати при контролюванні.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Проектування спеціального пристосування

5.2.1 Розробка ескізу механічної операції

Деталь поршень компресора зображено на рисунку 7.6 в положенні, в якому він буде розташована на верстаті при обробці. Також на рисунку показано умовну схему базування відповідно до існуючих стандартів і умовно зображено місце докладання зусиль затиску та нанесені розміри з вимогами по точності та шорсткості на поверхні, що оброблюються.

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

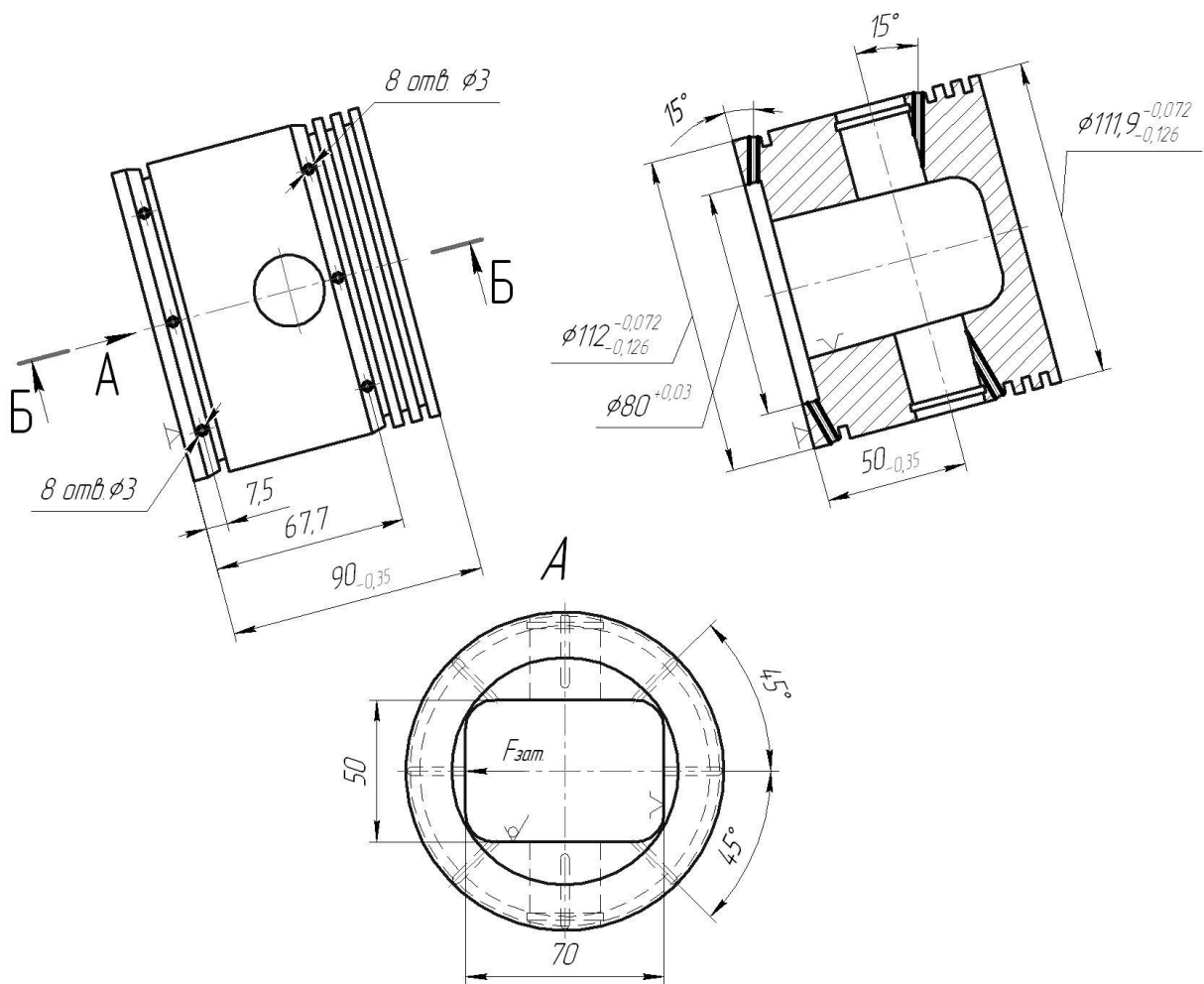


Рисунок 5.6 – Ескіз механічної обробки деталі поршень компресора

5.2.2 Вибір режимів різання на свердлильну операцію

Свердлильну операцію виконуємо на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Л53.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для свердління отворів Ø3 у алюмінієвому сплаві АК5М7 ДСТУ 2839-94 вибираємо свердло спіральне з твердим сплавом ВК4 з конічним хвостовиком нормальної серії ДСТУГОСТ 10902-77.

Визначаємо режими різання:

Глибина різання $t=1,5\text{мм}$;

Призначаємо подачу. При твердості алюмінієвого сплаву $HB \leq 170$ і діаметрі свердла 2-4мм подача дорівнює: $S=0,12-0,18\text{мм/об}$. Приймаємо $S=0,13\text{мм/об}$.

Перевіряємо прийняту подачу по осьовій силі, яка складає сили різання, допустиму міцністю механізму подачі верстата. Для цього визначаємо осьову складову сили різання за формулою:

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P, \quad (5.5)$$

де C_P – коефіцієнт, $C_P = 9,8$ [7];

q, y – показники степенів: $q = 1,0, y = 0,7$ [7];

K_P – коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки, $K_P = 1,0$;

$$P_O = 10 \cdot 9,8 \cdot 3^{1,0} \cdot 0,13^{0,7} \cdot 1,0 = 70 \text{ Н}.$$

Необхідно виконати умову:

$$P_O \leq P_{\max}, \quad (5.6)$$

де $P_{\max}$ – максимальне значення складової сили різання, яка допускається механізмом подачі верстата.

По паспортним даним верстата 2Л53 $P_{\max} = 8000 \text{ Н}$. Так як $8000 < 56 \text{ Н}$, то назначена подача допустима.

Визначаємо швидкість різання допустиму ріжучими властивостями свердла за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S_0^y} \cdot K_V, \quad (5.7)$$

де C_V – коефіцієнт, $C_V = 36,3$;

q, y, m – показники степенів: $q = 0,25; y = 0,55; m = 0,125$;

T – період стійкості, $T = 60 \text{ хв}$;

K_V – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, $K_V = 0,8$.

$$V = \frac{36,3 \cdot 3^{0,25}}{60^{0,125} \cdot 0,13^{0,55}} \cdot 0,8 = 70 \text{ м/хв}.$$

Визначимо частоту обертання шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (5.8)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 70}{3,14 \cdot 3} = 1000 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначимо крутний момент за формулою:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_0^y \cdot K_P, \quad (5.9)$$

де C_M – коефіцієнт, $C_M = 0,005$;

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q, y – показники степенів: $q = 2,0, y = 0,8$;

K_p – коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки, $K_p = 1,0$.

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3^2 \cdot 0,13^{0,8} \cdot 1,0 = 1,08 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність витрачена на різання визначається за формулою:

$$N_p = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750}, \quad (5.10)$$

$$N_p = \frac{1,08 \cdot 1000}{9750} = 0,12 \text{ кВт}$$

Перевіряємо достатність потужності верстата. обробка можлива якщо:

$$N_p \leq N_{\epsilon}, \quad (5.11)$$

Потужність на шпинделі верстата

$$N_{\epsilon} = N_{\delta} \cdot \eta. \quad (5.12)$$

У верстата 2Л53 $N_{\delta} = 2,9 \text{ кВт}, \eta = 0,8$.

Отже

$$N_{\epsilon} = 2,9 \cdot 0,8 = 2,32 \text{ кВт}.$$

Так як $0,12 < 2,32 \text{ кВт}$.

Як видно з розрахунку потужність отримали в допустимій нормі і робимо висновок, що обробка можлива.

5.2.3 Вибір металорізального верстату

Свердлильну операцію виконуємо на радіально-свердлильному верстаті моделі 2Л53.

Характеристика верстату:

- найбільший діаметр свердлення – 35мм;
- відстань від осі шпинделя до колони – 290-1000мм;
- найбільша відстань від кінця шпинделя до плити – 1160мм;
- відстань від кінця шпинделя до столу – 15-685мм;
- число оборотів шпинделя – 35,5-1400хв;
- подача – 0,1-1,1мм/об
- допустимий крутний момент – 180Н;
- розмір робочої поверхні плити, ширина×довжину – 800-1000мм;
- ширина Т-подібного пазу – 22мм;
- ширина між пазами – 140мм;
- габарити верстату (довжина×ширина×висота) - 2000×800×2390мм;
- маса верстату – 2300кг.

Посадочне місце верстату зобразимо на рисунку 5.7.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

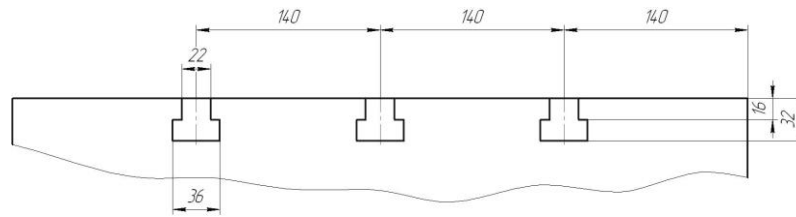


Рисунок 5.7 – Ескіз посадочних місць столу верстата 2Л53

5.2.4 Аналіз схеми базування

5.2.4.1 Аналіз технологічних баз

Виконуємо аналіз технологічних баз. Установчою базою є торець поршня $\varnothing 112\text{мм}$, яка позбавляє трьох ступенів вільності, направляючою базою є поверхня з розмірами $50 \times 70\text{мм}$, яка позбавляє двох ступенів вільності. Такою установкою позбавляємо деталь п'яти ступенів вільності, що є достатнім для обробки.

Представимо схему базування деталі, яка оброблюється, у пристрої з позбавленням її потрібної кількості ступенів вільності.

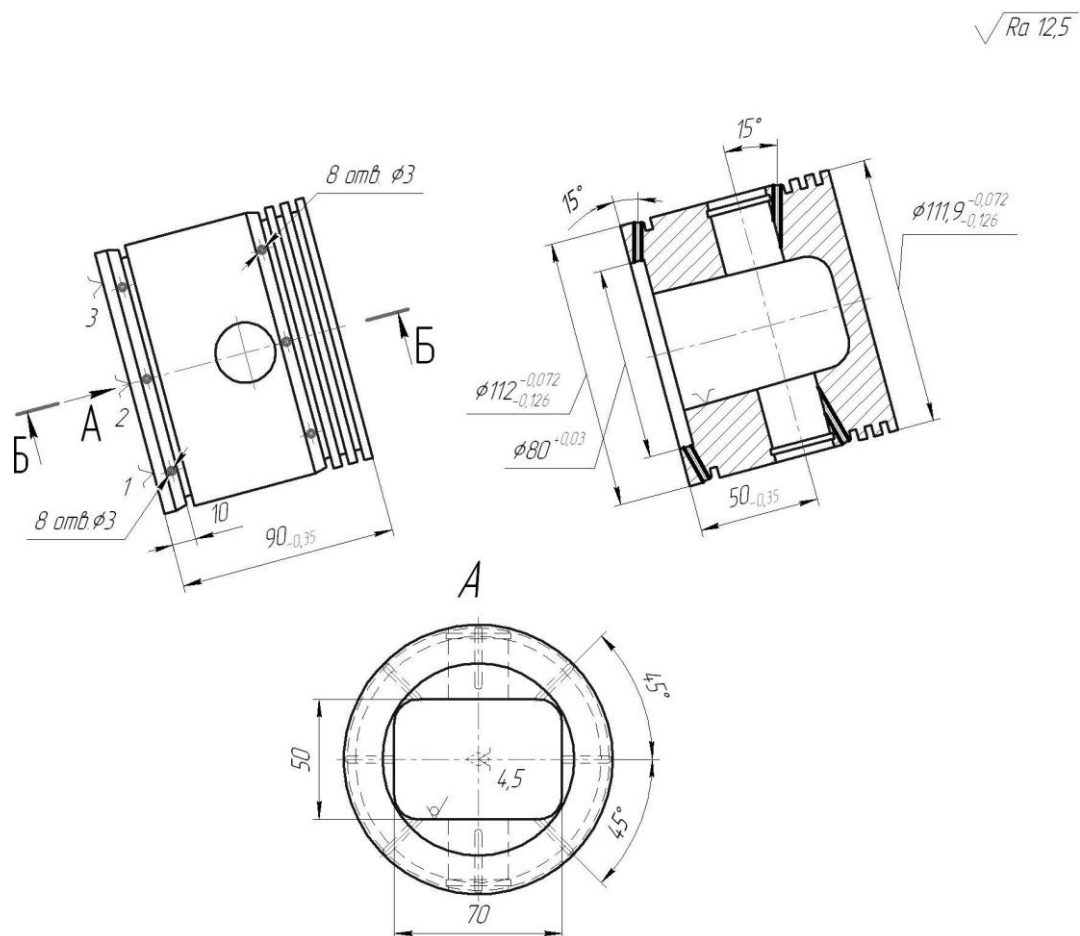


Рисунок 5.7 – Схема базування оброблюваної деталі поршень компресора

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.3.2 Вибір установчих елементів спеціального пристрою

Базові деталі пристрою:

- Спеціальна стійка;

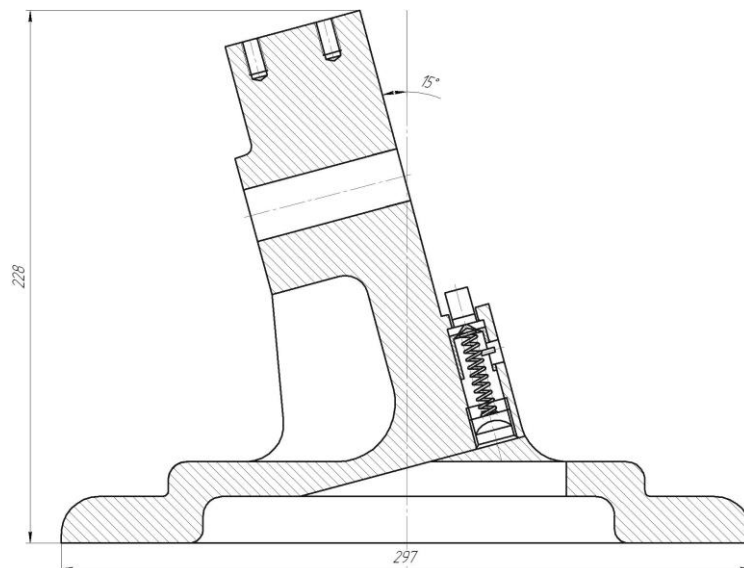


Рисунок 5.8 – Ескіз спеціальної стійки

- Стандартна ділильна диск;
- Кулачкова оправка;

5.2.4 Розрахунок похибки базування

Згідно до аналізу схем базування деталі виконуємо розрахунок дійсного значення похибки базування.

Деталь базується по отвору і внутрішній прямокутній поверхні. Та к як при базуванні деталі поршень виконується принцип єдності та постійності баз то похибка базування буде дорівнювати нулю.

$$\varepsilon_{\phi} = 0 \text{ мм.}$$

5.2.5 Розробка схеми закріплення

На підставі способу базування деталі та розміщення установчих елементів, визначаємо місце прикладання сил затиску деталі та розраховуємо її величину.

Виконуємо схему закріплення деталі, який представлено на рисунку 5.8. Згідно рішення задачі статички на рівновагу твердого тіла під дією всіх прикладених

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до нього сил і моментів, визначаємо величину сили затиску деталі в залежності від сили різання, моментів, сил тертя.

Визначимо силу затиску з прийнятої схеми закріплення:

$$F_{mp.1} = F_{mp.3} = 2 f \cdot W, \quad (5.13)$$

$$F_{mp.2} = F_{mp.4} = 2 f \cdot W. \quad (5.14)$$

де:

$$4F_{mp} = k \cdot M, \quad (5.15)$$

Підставимо у рівняння F_{mp} :

$$4 \cdot f \cdot W = k \cdot M, \quad (5.16)$$

Звідки:

$$W = \frac{k \cdot M}{2 \cdot f}, \quad (5.17)$$

$$W = \frac{4,2 \cdot 1,08}{4 \cdot 0,15} = 7,56 H.$$

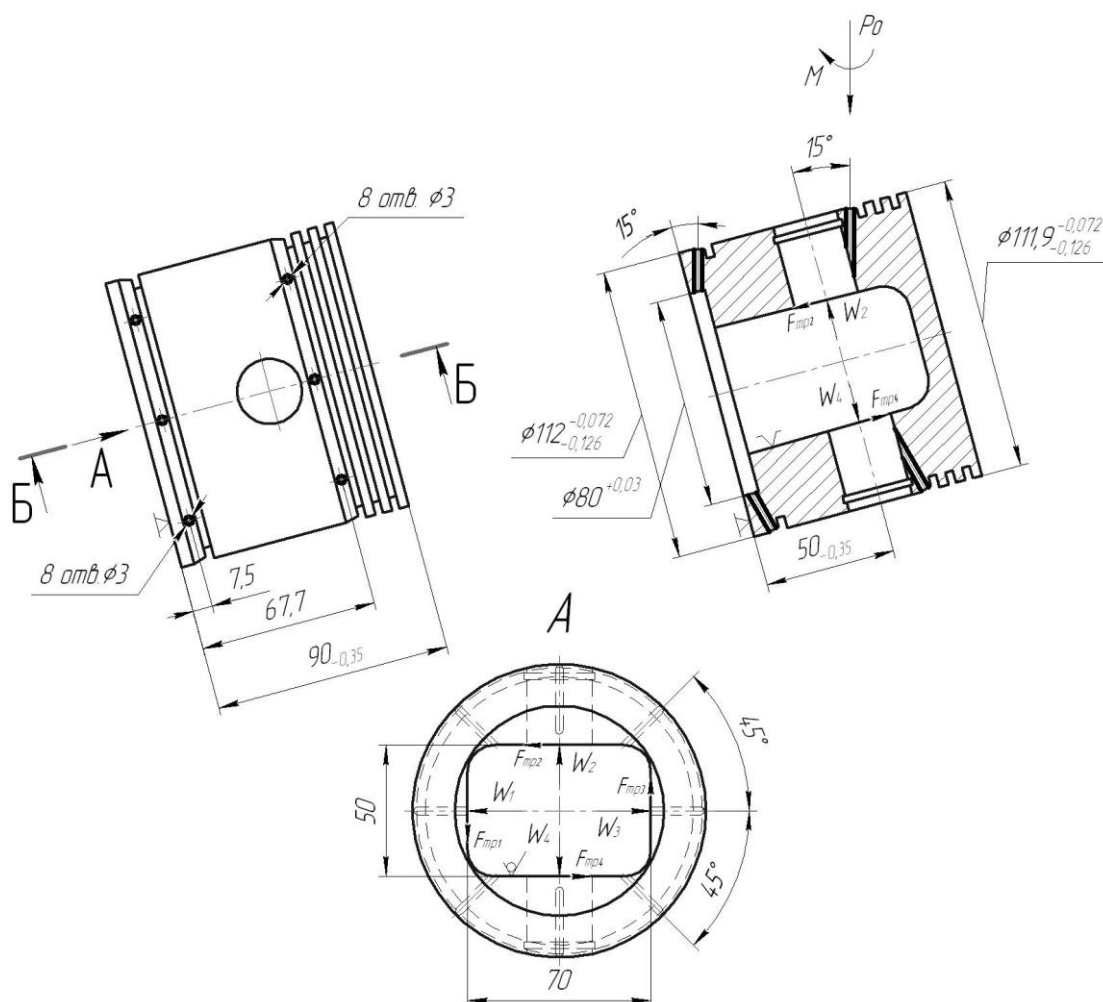


Рисунок 5.9 – Ескіз схеми закріплення деталі

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова рівноваги деталі в пристрої :

$$W \geq k \cdot f \cdot M, \quad (5.18)$$

де k – коефіцієнт запасу,

f – коефіцієнт тертя, що дорівнює 0,15;

P_z – сила різання.

Коефіцієнт запасу розраховується наступним чином:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (5.19)$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запаса для всіх випадків;

$k_1 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні (для чорнової обробки);

$k_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструмента;

$k_3 = 1$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні;

$k_4 = 1,3$ – коефіцієнт, який враховує постійність сили затиску, які розвиваються від силового привода пристосування;

$k_5 = 1$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку ручних затискних елементів;

$k_6 = 1,5$ – коефіцієнт, який враховує крутні моменти.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,5 = 4,2$$

Перевіримо по умові рівноваги:

$$7,56 \geq 0,15 \cdot 4,2 \cdot 1,08 \text{ Н}$$

$$7,56 \geq 0,68 \text{ Н.}$$

5.2.6 Вибір конструкції затискного механізму

Розрахунок затискних зусиль пристрою проводять з метою визначення вихідної сили (моменту) на рукоятці або силовому вузлі приводу та визначення основних розмірів цих механізмів.

Вибір конструкції затискного механізму чи силового приводу залежить від типу виробництва, сили різання, ваги заготовки, сили затиску.

Вибір затискних механізмів чи приводів виконуємо відповідно до існуючих стандартів.

Для закріплення деталі використовуємо клино-плунжерний механізм.

Для розрахунку зусилля прикладеного на кулачки можна використати формулу :

$$W = \frac{Q \cdot (1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_2)}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (5.20)$$

Звідки:

$$Q = \frac{W \cdot (\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1)}{(1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_2)}, \quad (5.21)$$

де α – кут скосу клина, град;

φ – кут тертя на наклонній площині клина;

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

φ_1 – кут тертя на горизонтальній площині клина;

φ_2 – кут тертя чотирьохопорного плунжера.

Підставимо значення у формулу (7.21):

$$Q = \frac{7,56 \cdot (\operatorname{tg}(2^\circ + 5^\circ 50') + \operatorname{tg} 5^\circ)}{(1 - \operatorname{tg}(2^\circ + 5^\circ 50') + \operatorname{tg} 12^\circ)} = 2,23H.$$

Розрахуємо зусилля, яке потрібно прикласти на рукоятці :

$$P_{\text{зам.}} = \frac{r_{\text{ср}} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}}) + \frac{1}{3} \cdot f \cdot \frac{D_H^3 - d^3}{D_H^2 - d^2}}{l} \cdot Q,$$

де Q – сила затиску, яка розвивається кулачками при закріпленні;

l – плече на яке прикладаємо силу $P_{\text{зам}}$ мм;

$r_{\text{ср}}$ – середній радіус різьблення гвинта в мм;

α – кут підйому витка різьблення;

φ – приведений кут тертя в різьбовій парі;

f – коефіцієнт тертя при плоскому контакті двох деталей, що сполучаються;

r – радіус циліндрової частини нижнього кінця гвинта в мм;

D_H – зовнішній діаметр опорного торця гайки в мм;

D_B – внутрішній діаметр опорного торця гайки в мм

$$P_{\text{зам}} = \frac{9,35 \cdot \operatorname{tg}(2^\circ 30' + 3^\circ 30') + 0,33 \cdot 0,67 \cdot \frac{16^3 - 10^3}{16^2 - 10^2} \cdot 2,23}{25} = 0,43H.$$

5.2.7 Вибір або проектування базових та допоміжних елементів пристрою

Вибираємо допоміжні елементи пристрою:

- гвинт М6 ДСТУ ГОСТ 10338-80;
- болт М8 ДСТУ ГОСТ 15589-70;
- болт М4 ДСТУ ГОСТ 15589-70;
- болт М14 ДСТУ ГОСТ 7789-70;
- гайка М14 ДСТУ ГОСТ 15526-70;
- гайка М8 ДСТУ ГОСТ 9449-78;
- плита 200x360x60 ДСТУ ГОСТ 12948-67.

5. 2. 8 Ескіз компоновки пристрою

Виконуємо ескіз компоновки пристрою з вказівкою габаритних, приєднувальних та основних посадкових розмірів. На ескізі показано базова плита 26, на якій встановлена спеціальна стійка 8 під кутом 15° . На стійці встановлено ділильний диск 5, для повороту деталі на заданий кут 45° . Поворот ділильного диску здійснюється за допомогою штурвалу 15, а положення на заданий кут

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фіксується фіксатором 17. До ділильного диску прикріплена кулачкова оправка 9 на якій закріплюють деталь.

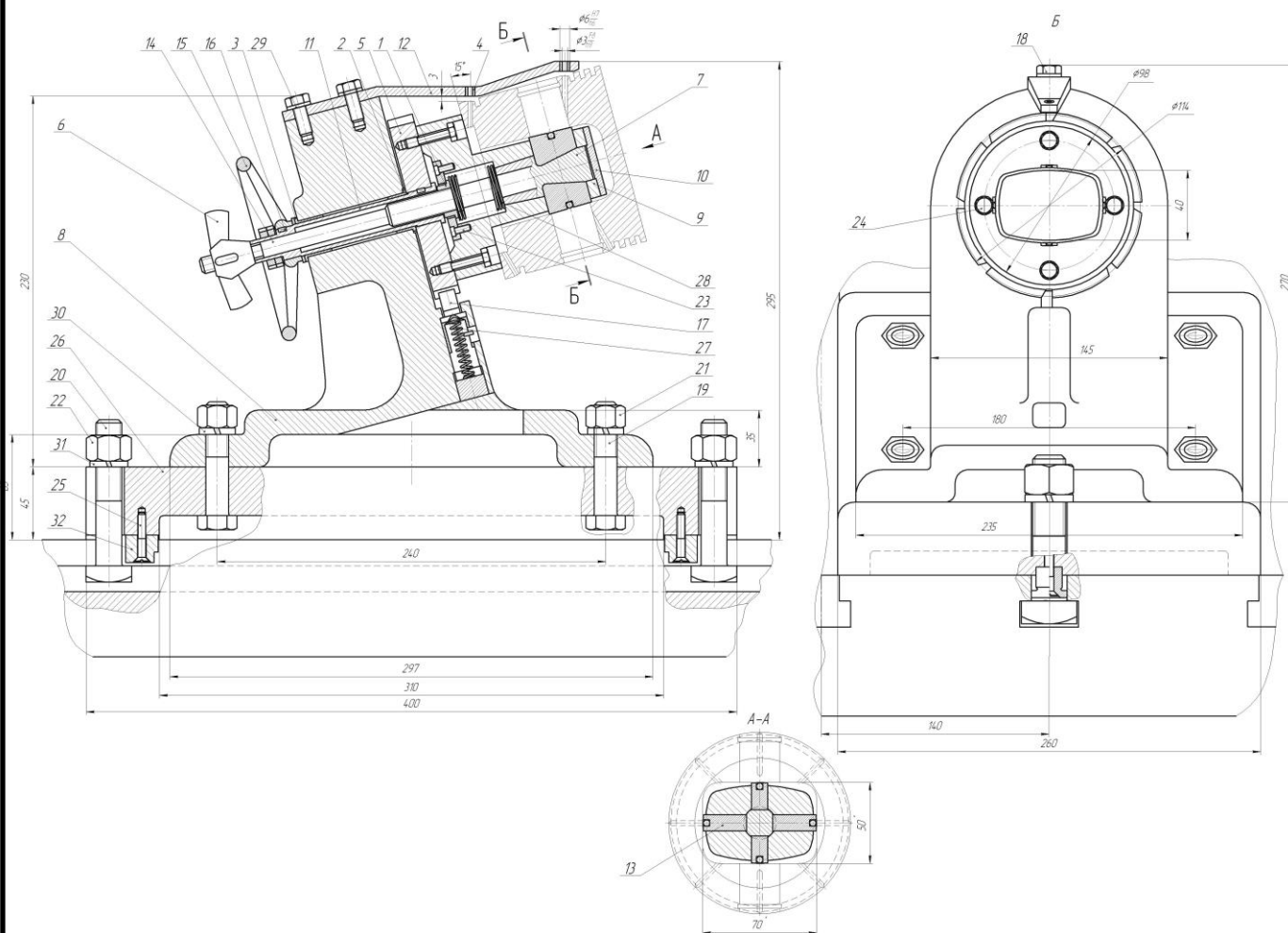


Рисунок 5.10 – Ескіз компоновки пристрою

5.2.9 Вибір засобів встановлення і визначення похибки розташування пристрою на верстаті

Пристрій встановлюється на стіл верстата моделі 2Л53 без вивірки та центрується за допомогою двох Т-подібних шпонок, пристрій кріпиться до столу за допомогою двох різьбових з'єднань. Пристрій повністю вміщується на столі верстату.

Плита має П - подібний паз шириною 12мм, стіл має Т-подібний паз шириною 22мм, плита та стіл з'єднуються Т-подібною шпонкою 12×22 мм.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При встановленні пристрою на столі верстата елементами фіксації взаємного положення пристрою і столу верстата стають призматичні шпонки, які встановлюються у Т-подібний паз столу верстата. З'єднання шпонка – плита і стіл – шпонка – виконані з зазором за наступними посадками: Н7/н6 та Н7/г6 відповідно.

Переки́с, який виникатиме за рахунок зазорів у з'єднанні плита – стіл – шпонка, не буде впливати на розмір, що необхідно отримати після обробки. Тому похибка розташування пристрою на верстаті дорівнюватиме нулю.

5.2.10 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Сумарна похибка обробки є наслідком сукупного впливу різних факторів, що впливають на похибки обробки.

До їхнього числа відносяться: похибки виготовлення і зносу елементів верстата, пристрою, інструмента; похибки деформації пристрою і заготовки під дією сил різання та інші. Кожний з факторів породжує свою складову похибку обробки.

При виконанні заданої операції на налаштованому верстаті виникають наступні незалежні основні складові похибки:

$\delta_{\text{б}}$ – похибка базування заготовки у верстатному пристрої;

$\delta_{\text{р.н}}$ – похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті;

$\delta_{\text{н.н}}$ – похибка розташування направляючих елементів пристрою щодо базових поверхонь верстатного пристрою;

$\delta_{\text{з}}$ – похибка закріплення заготовки в пристрої;

$\delta_{\text{зн}}$ – похибка зносу елементів верстатного пристрою.

Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\text{б}}^2 + \delta_{\text{р.н}}^2 + \delta_{\text{н.н}}^2 + \delta_{\text{з}}^2 + \delta_{\text{зн}}^2}, \quad (5.22)$$

де K – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу. $K = 1,1 \dots 1,2$;

$\delta_{\text{б}}$ – похибка базування заготовки у верстатному пристрої, $\delta_{\text{б}} = 0$;

$\delta_{\text{р.н}}$ – похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті, $\delta_{\text{р.н}} = 0$;

$\delta_{\text{н.н}}$ – похибка розташування направляючих елементів пристрою щодо базових поверхонь верстатного пристрою.

На похибку $\delta_{\text{н.н}}$ впливають три складових похибка установочних елементів $\delta_{\text{к}} = 0,015$, похибка ексцентриситету втулки $\delta_{\text{ет}} = 2 \cdot 0,005 = 0,01$ і похибка, яка враховує переко́с інструменту $\delta_{\text{ні}} = 0,02$

$$\delta_{\text{н.н}} = 0,015 + 0,01 + 0,02 = 0,045$$

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

δ_z – похибка закріплення заготовки в пристрої, $\delta_z = 0,01$

δ_{zn} – похибка зносу елементів верстатного пристрою.

На знос впливають розміри і конструкція установочних елементів, матеріал і маса оброблювальної деталі, стан її базових поверхонь.

Виконаємо розрахунок похибки δ_{zn} :

$$\delta_{zn} = U_0 \cdot k, \quad (5.23)$$

Визначаємо поправочний коефіцієнт:

$$K_{загал.} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$$

де k_1, k_2, k_3, k_4 – коефіцієнти, які враховують відповідно матеріал деталі, обладнання, умови обробки і число установок.

$$K_{загал.} = 0,97 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 0,9 = 0,82$$

U_0 – середній знос установочних елементів, $U_0 = 0,025$.

$$\delta_{zn} = 0,025 \cdot 0,82 = 0,02.$$

Сумарна похибка пристрою буде дорівнювати:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{0,045^2 + 0,01^2 + 0,02^2} = 0,06.$$

Порівнюємо підсумкову похибку $\delta_{\Sigma} = 0,06$ мм з допуском $T = 0,1$ мм.

Умова, яку потрібно виконати $\delta_{\Sigma} < T$, тоді підставивши значення $0,06 < 0,1$ мм, робимо висновок, що пристрій буде забезпечувати задану точність обробки, і використовувати його доцільно.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 05.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПРОЕКТОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СОБІВАРТОСТІ

Техніко-економічне обґрунтування вибору верстатів з ЧПК за умови: заготовки однакові – два універсальних верстати замінюються верстатом із ЧПК ;

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	3-верстат	4-ий верстат	HARDINGE CONQUEST 428P
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	2000				2000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	2				2
Штучний час обробки деталі t _{шт} , хв.	16,5	17,12	0		11,61
Час наладки верстата, хв.	22	23	0		8,5
Розряд:					
контролера	5				4
верстатника	3	3	0		4
наладчика	3	3	0		4
наладчика інструменту		0			4
Кількість кадрів програми, шт.		0			200
Вартість заготовки S _{мг} , грн.	1524				1524
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.					10
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60			120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1			4
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k _т	0,1	0,1		0	0,2
Вартість одного кадру ПК, грн.					18,9
Вартість розробки ПК K _{пк} , грн.					350
Середньочасова зарплата робітника, грн:					
верстатника N _{ст}	33,6	32,3			45,3
наладчика N _{нал}	33,6	28,2			34,3
наладчика інструмента N _{ін}					31,1
контролера N _к	29,8				29,8

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 06.OEE		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Рева				ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПРОЕКТОВАНОГО ТП	Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда						Аркушів
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв					Каф. ТМ.гр ПМ-22ск	
Затв.	Рязанцев						

Верстати					
Клас точності верстата	H	H			A
Маса верстата, т	3	3			5
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	3200-1166 3200-1166-1324				9,4 x 6,4
Габарити пристрою ЧПК, м					
Тип пристрою ЧПК					CNC
Строк служби верстата до капітального ремонту T_{pc} , років	5	5			7
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10			50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_m	51	51			100
електротехнічної частини R_e	43	43			99
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1			2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	110000	110000			2925900
Коефіцієнт завантаження верстата η_v	0,75	0,75			0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	25,0	25,0			60,0
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_m	401	329			272
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.					1195
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5	0	0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	0	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{\text{об}}$, год	4055	4055	0	0	4015
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{м.м.} , грн	1000				1000
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл.поб.} , грн	2000				2000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл.} , грн.	180	180	0	0	200

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 06.OEE	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	3-верстат	4-ий верстат	HARDINGE CONQUEST 428P
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	550	570,667	0	0	387
Час наладки верстата впродовж року $T_{нл}$, год	4,4	5,36	0	0	1,7
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{нл.ін}$, год	0	0,00	0	0	8,39
Час контролю деталей впродовж року $T_{к}$, год	55	57,0667	0	0	77,4
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,30	0,31	0,00	0,00	0,10
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків верстатів $P_{нл}$, чол. (розрахункова)	0,0024	0,0029	0,0000	0,0000	0,0009
(дійсна)	1	1	0	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{нл.ін}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0	0	0,00451
(дійсна)	0	1	0	0	1
Кількість контролерів $P_{к}$, чол. (розрах.)	0,03	0,03	0,000	0,00	0,04
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{доп}$, чол. (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	6				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,18	0,19	0,0000	0,000	0,10

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_1

$$I_1 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$$

де $N_{ст.зар}$ – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахунками, грн;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$N_{ст.зар} = N_{ст} + Z_2 + C_{соц} + C_{прем}$$

де $N_{ст}$ – тарифна ставка верстатника, грн;

Z_2 – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{соц}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

	Базовий варіант				Новий варіант	
	$I_1 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$				HARDINGE CONQUEST	$I_1 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$
16K20	30716	55,85	550	1		14569
16K20	30100	52,74	570,67	1	Всього I_1	14569
3-верстат	0	0,00	0	0		
4-ий верстат	0	0	0	0		
Всього I_1	60816					

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-08. 06.OEE

Арк.

2. Зарплатня за наладку верстата I_n

$$I_n = N_{\text{нал.зав}} \cdot T_n$$

де $N_{\text{нал.зав}}$ – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;
 T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$N_{\text{нал.зав}} = N_{\text{нал}} + Z_2 + C_{\text{відр}} + C_{\text{прем}}$$

де $N_{\text{нал}}$ – тарифна ставка наладчика, грн;
 Z_2 – додаткова заробітна платня, 8%
 $C_{\text{відр}}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%
 $C_{\text{прем}}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_n = t_n \cdot j_p / 60$$

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;
 j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
16К20	$I_n =$	$N_{\text{нал}}$	T_n	HARDINGE CONQUEST 42SP	$I_n =$	$N_{\text{нал}}$	T_n
	232,48	52,84	4,4		91,69	53,94	1,7
16К20	$I_n =$	$N_{\text{нал}}$	T_n	Всього I_{n2}	91,69		
	237,68	44,34	5,36				
3-верстат	$I_n =$	$N_{\text{нал}}$	T_n				
	0,00	0,00	0				
4-ий верстат	$I_n =$	$N_{\text{нал}}$	T_n				
	0,00	0,00	0				
Всього I_{n1}	470,16						

3. Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{n.in}$

$$I_{n.in} = N_{in} \cdot T_{n.in}$$

де N_{in} – середньочасова зарплатня наладчика, грн;
 $T_{n.in}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв;
 $T_{n.in} = 1,3 \cdot t_{in} \cdot T_{\text{обр}} \cdot \text{кг} / (T \cdot \text{пг})$
 де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;
 t_{in} – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв;
 $T_{\text{обр}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;
 кг – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;
 T – середній період стійкості інструменту, хв;
 пг – кількість граней пластинки, що не переточується

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$I_{n.in} =$ 0	N_{in} 0	$T_{n.in}$ 0	HARDINGE CONQUEST 42SP	$I_{n.in} =$ 260,77	N_{in} 31,1	$T_{n.in}$ 8,39
16K20	$I_{n.in} =$ 0,00	N_{in} 31,1	$T_{n.in}$ 0,00	Всього $I_{n.in2}$	260,77		
3-верстат	$I_{n.in} =$ 0,00	N_{in} 0	$T_{n.in}$ 0				
4-ий верстат	$I_{n.in} =$ 0,00	N_{in} 0	$T_{n.in}$ 0				
Всього $I_{n.in1}$	0,00						

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{\text{пг}}$

$$I_{\text{пг}} = K_{\text{пг}} / Z$$

3-верстат	$I_{\text{пг}} =$	$K_{\text{пг}}$	Z
	0	0	2000
4-ий верстат	$I_{\text{пг}} =$	$K_{\text{пг}}$	Z
	0	0	2000

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$I_{\text{пг}} =$ 0	$K_{\text{пг}}$ 0	Z 2	HARDINGE CONQUEST 42SP	$I_{\text{пг}} =$ 175	$K_{\text{пг}}$ 350	Z 2
16K20	$I_{\text{пг}} =$ 0,00	$K_{\text{пг}}$ 0	Z 2	Всього $I_{\text{пг}2}$	175		
Всього $I_{\text{пг}1}$	0,00						

Арк.

КНУ.КБР.131.25.2-08. 06.OEE

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{\text{сп}}$

$$I_{\text{сп}} = K_{\text{сп}} \cdot (1/Z + 0,04)$$

де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань

Базовий варіант			Новий варіант		
16К20	$I_{\text{сп}} = K_{\text{сп}} \cdot (1/Z + 0,04)$		HARDIN GE CONQU EST 42SP	$I_{\text{сп}} = K_{\text{сп}} \cdot (1/Z + 0,04)$	
	0	0		0	0,5
16К20	$I_{\text{сп}} = K_{\text{сп}} \cdot (1/Z + 0,04)$		Всього $I_{\text{сп}2}$	0	
	0	0			
3-верстат	$I_{\text{сп}} = K_{\text{сп}} \cdot (1/Z + 0,04)$				
	0	0			
4-ий верстат	$I_{\text{сп}} = K_{\text{сп}} \cdot (1/Z + 0,04)$				
	0	0			
Всього $I_{\text{сп}1}$	0				

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{\text{уст}}$

$$I_{\text{уст}} = C_{\text{уст}} \cdot j_p$$

де $C_{\text{уст}}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
16К20	$I_{\text{уст}} = C_{\text{уст}} \cdot j_p$		DINGE CONQUEST	$I_{\text{уст}} = C_{\text{уст}} \cdot j_p$	
	0	0		0	12
16К20	$I_{\text{уст}} = C_{\text{уст}} \cdot j_p$		Всього $I_{\text{уст}2}$	0	
	0	0			
3-верстат	$I_{\text{уст}} = C_{\text{уст}} \cdot j_p$				
	0	0			
4-ий верстат	$I_{\text{уст}} = C_{\text{уст}} \cdot j_p$				
	0	0			
Всього $I_{\text{уст}1}$	0				

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання $I_{\text{а}}$

$$I_{\text{а}} = K_{\text{а}} \cdot A$$

де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається:

- для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0,053 та 0,056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно

Базовий варіант			Новий варіант		
16К20	$I_{\text{а}} = K_{\text{а}} \cdot A$		DINGE CONQUEST	$I_{\text{а}} = K_{\text{а}} \cdot A$	
	1169,05	22058		17383,35	327988
16К20	$I_{\text{а}} = K_{\text{а}} \cdot A$		Всього $I_{\text{а}2}$	17383,35	
	1214,65	22918			
3-верстат	$I_{\text{а}} = K_{\text{а}} \cdot A$				
	0,00	0			
4-ий верстат	$I_{\text{а}} = K_{\text{а}} \cdot A$				
	0,00	0			
Всього $I_{\text{а}1}$	2383,70				

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{\text{ам}}$

$$I_{\text{ам}} = H_{\text{ам}} \cdot (A + A_p) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $H_{\text{ам}}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі металічного цеху

- для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
- для верстатів класів точності В та ОВ – 200 грн

Базовий варіант							Новий варіант						
16К20	$I_{\text{ам}} = H_{\text{ам}} \cdot (A + A_p) \cdot \gamma \cdot \beta$						HARDINGE CONQUEST 42SP	$I_{\text{ам}} = H_{\text{ам}} \cdot (A + A_p) \cdot \gamma \cdot \beta$					
	2060,99	180	25,002	0	2,5	0,18		2456	200	60	0,25	2	0,10
16К20	$I_{\text{ам}} = H_{\text{ам}} \cdot (A + A_p) \cdot \gamma \cdot \beta$						Всього $I_{\text{ам}2}$	2455,97					
	2130,80	180	25	0	2,5	0,19							
6610	$I_{\text{ам}} = H_{\text{ам}} \cdot (A + A_p) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	0,00	0	0	0	0	0,00							
4-ий верстат	$I_{\text{ам}} = H_{\text{ам}} \cdot (A + A_p) \cdot \gamma \cdot \beta$												
	0,00	0	0	0	0	0,00							
Всього $I_{\text{ам}1}$	4181,79												

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{ам}$

$$I_{ам} = H_{ам} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{м} + P_{звз} + P_{д})$$

Базовий варіант						
$K_{ам} =$	$\Pi_{пл.б}$	A_6	$(P_{ст} + P_{м} + P_{звз} + P_{д})$			
84000	2000	7	2	3	0	1
Всього $K_{ам1}$	84000					

Новий варіант						
$K_{ам} =$	$\Pi_{пл.б}$	A_6	$(P_{ст} + P_{м} + P_{звз} + P_{д})$			
70000	2000	7	1	2	1	1
Всього $K_{ам2}$	70000					

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_p

$$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$$

де H_m, H_e – витрати на оцінку ремонтної складності відповідного механічної та електротехнічної частин, грн;
 R_m, R_e – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для двох верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Базовий варіант							Новий варіант											
16K20	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	4402,2	401	51	86	43	1	0,18	HARDINGE CONQUEST	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	2435,3	272	100	60	99	1,8	0,10	
16K20	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	3786,3	329	51	71	43	1	0,19		Всього I_{p2}	2435,3							
6610	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	0,0	0	0	0	0	0	0,00										
4-ий верстат	$I_p = (H_m \cdot R_m + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	0,0	0	0	0	0	0	0,00										
Всього I_{p1}	8188,5																	

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК I_y

$$I_y = Q \cdot \beta$$

де Q – річні витрати при експлуатації у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$I_y =$	$Q \cdot \beta$		FOUR-STAR-FD	$I_y =$	$Q \cdot \beta$	
	0	0	0,18		121,8	1195	0,10
16K20	$I_y =$	$Q \cdot \beta$		Всього I_{y2}	121,8		
	0	0	0,19				
6610	$I_y =$	$Q \cdot \beta$					
	0	0	0,00				
4-ий верстат	$I_y =$	$Q \cdot \beta$					
	0	0	0,00				
Всього I_{y1}	0,0						

12. Зарплатня контролера I_k

$$I_k = H_k \cdot T_k$$

де H_k – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн;

T_k – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{k1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контролерів

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{k1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$I_k =$	$H_k \cdot T_k$		HARDINGE E	$I_k =$	$H_k \cdot T_k$	
	1639,00	29,8	55,00		2306,52	29,8	77,4
16K20	$I_k =$	$H_k \cdot T_k$		Всього I_{k2}	2306,52		
	1700,59	29,8	57,07				
6610	$I_k =$	$H_k \cdot T_k$					
	0,00	29,8	0,00				
4-ий верстат	$I_k =$	$H_k \cdot T_k$					
	0,00	29,8	0,00				
Всього I_{k1}	3339,59						

1. Балансова вартість верстата K_6

$$K_6 = \Pi \cdot \alpha \cdot \beta$$

де Π – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{шт} + T_{м} / (\Phi_{об} \cdot \eta_p)$$

Базовий варіант					Новий варіант				
16K20	$K_6 =$	Π	α	β	HARDINGE CONQUEST 42SP	$K_6 =$	Π	α	β
	22058	110000,00	1,1	0,18		327988	2925900,00	1,1	0,10
16K20	$K_6 =$	Π	α	β	Всього K_{62}	327988			
	22918	110000,00	1,1	0,19					
3-верстат	$K_6 =$	Π	α	β					
	0	0	1,1	0,00					
4-ий верстат	$K_6 =$	Π	α	β					
	0	0	1,1	0,00					
Всього K_{61}	44975								

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.2-08. 06.OEE

Арк.

2. Вартість приміщень, які займає верстат K_{12}

$$K_{12} = C_{12.12} \cdot (A + A_1) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $C_{12.12}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;
 A_1 – площа, яку займають висносні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант							Новий варіант						
16K20	$K_8 = C_{12.12}$	$(A + A_1)$	γ	β			HARDINGE	$K_8 = C_{12.12}$	$(A + A_1)$	γ	β		
	11394	1000	25	0	2,5	0,18	CONQUEST	12279,832	1000	60	0,25	2	0,10
16K20	$K_8 = C_{12.12}$	$(A + A_1)$	γ	β			Всього $K_{12.1}$					12279,83	
	11838	1000	25	0	2,5	0,19							
3-верстат	$K_8 = C_{12.12}$	$(A + A_1)$	γ	β									
	0	1000	0	0	0	0,00							
4-ий верстат	$K_8 = C_{12.12}$	$(A + A_1)$	γ	β									
	0	1000	0	0	0	0,00							
Всього $K_{12.1}$						23232							

3. Вартість службово-побутових приміщень K_{13}

$$K_{13} = C_{13.13} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{к} + P_{доп} + P_0)$$

де $C_{13.13}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

A_6 – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{ст}$, $P_{к}$, $P_{доп}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_0 – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{13} = C_{13.13}$	A_6	$(P_{ст} + P_{к} + P_{доп} + P_0)$				
84000	2000	7 2 3 0 1				
Всього $K_{13.1}$						84000

Новий варіант						
$K_{13} = C_{13.13}$	A_6	$(P_{ст} + P_{к} + P_{доп} + P_0)$				
70000	2000	7 1 2 1 1				
Всього $K_{13.2}$						70000

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві K_{14}

$$K_{14} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{р\text{ічн}} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться всередньому на одне робоче місце;

n'' – розмір наладочної партії деталей (партії запуску), шт.:

$$n'' = N_{р\text{ічн}} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант						
$K_{14} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{р\text{ічн}} \cdot 0,5) \cdot \beta$						
290823,48	166,7	1524	163349,28	2000	0,37	
Всього $K_{14.1}$						290823

Новий варіант						
$K_{14} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{р\text{ічн}} \cdot 0,5) \cdot \beta$						
79052,05	166,7	1524	109799,77	2000	0,10	
Всього $K_{14.2}$						79052

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_{12} + I_{13} + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10}$$

де I_1 – зарплата верстатника;

I_2 – зарплата за наладку верстата;

I_3 – зарплата наладжувальника інструмента поза верстатом I_4 – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

I_5 – витрати на підготовку та поновлення каруючої програми I_6 – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

I_{12} – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань I_{13} – зарплата контролера

I_7 – витрати на прокат універсально-зв'язних пристосувань

при їх використанні;

I_8 – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

I_{12} – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

I_{13} – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

C_1 на деталь = 81,67

C_2 на деталь = 54,90

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_{12}	I_{13}	I_5	I_6	I_7	I_8	I_9	I_{10}	
$C_1 =$	60816	+	470,16	+	0,00	+	0,00	+	0	+	0	+	2383,70 + 4181,79 + 84000 + 8158,5 + 0,0 + 3339,59 = 163349,28
$C_2 =$	14569	+	91,69	+	260,77	+	175	+	0	+	0	+	17383,35 + 2455,97 + 70000 + 2435,3 + 121,8 + 2306,5 = 109799,77

КНУ.КБР.131.25.2-08. 06.OEE

Арк.

ЗМН. Арк. № докум. Підпис Дата

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_6 + K_{23} + K_{сл} + K_{мз} + K_{сп} + K_{п.у.}$$

де K_6 – балансова вартість верстата, грн;

K_{23} – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

$K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

$K_{мз}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;

$K_{сп}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

$K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

$$\begin{array}{rclclclclclclclcl} K_6 & K_{23} & K_{сл} & K_{мз} & K_{сп} & K_{п.у.} & & & & & & \\ K_1 = & 44975 & + & 23232 & + & 84000 & + & 290823 & + & 0 & + & 0 & = & 443031 \\ K_2 = & 327988 & + & 12279,83 & + & 70000 & + & 79052 & + & 0 & + & 350 & = & 489669,58 \end{array}$$

Приведені витрати

$$\begin{array}{rclclclclcl} Z_1 & = & C_1 & + & E_m & \cdot & K_1 \\ 229804 & & 163349 & & 0,15 & & 443031 \\ Z_2 & = & C_2 & + & E_m & \cdot & K_2 \\ 183250 & & 109800 & & 0,15 & & 489670 \end{array}$$

Річний економічний ефект

$$\begin{array}{rclclclclcl} E & = & Z_1 & - & Z_2 \\ 46554 & & 229804 & & 183250 \end{array}$$

Строк окупності

$$\begin{array}{rclclclclclclclcl} T_{ок} & = & (K_2 & - & K_1) & / & (C_1 & - & C_2) \\ 0,387 & & 489669,58 & & 443031 & & 163349,28 & & 42977,00 \end{array}$$

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній бакалаврській роботі для вдосконалення заводського технологічного процесу виготовлення поршня були виконані наступні зміни:

1. Заміна заготовки, з врахуванням того, що заготовка отримана литтям в оболонкові форми має менші припуски, що зменшить час на механічну обробку деталі, також заготовка являється більш точною, що в свою чергу зменшить похибку базування при механічній обробці;

2. Вибір прогресивного верстатного устаткування, що дозволяє скоротити на декілька операцій технологічний процес.

3. Суміщення виконання операцій різної технологічної направленості на одному технологічному обладнанні.

4. Скорочення затрат допоміжного часу за рахунок використання автоматизованих систем затиску і закріплення заготовки на верстаті.

З метою підвищення економічної ефективності виробництва були впроваджені верстати з ЧПК.

У роботі проводили кількісний і якісний аналізи заданої деталі і визначили, що за показниками шорсткості, уніфікації поверхонь, коефіцієнту використаного матеріалу та квалітетами деталей є технологічною за винятком отворів які розташовані під кутом 15° і канавки, які знаходиться у внутрішньому отворі $\varnothing 25\text{мм}$. Провели розрахунок обладнання, яке повинно бути задіяне при виготовленні деталі поршень в кількості:

Також в роботі проводили розрахунок обладнання, яке повинно бути задіяне при виготовленні деталі поршень в кількості:

-010 Універсальний токарний верстат INDUSTRIE 2000/250 HD— 1шт;

-015, 020Токарний HARDINGE CONQUEST 42SP – 2шт;

- радіально свердлильний 2Л53 – 1шт;

- координатно розточувальний 2431 – 1шт.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання становить 25%. Оскільки цей показник низький, обладнання потрібно буде довантажувати іншими виробами.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. 06.В		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Рева				ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда						Аркуші
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв					Каф. ТМ.гр ПМ-22ск	
Затв.	Рязанцев						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 3.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
- 4.Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування” до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024
5. ДСТУ 7505-89 Поковки сталеві штамповані
6. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
7. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
- 8.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-860 с.
- 9.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні
10. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування” до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024
- 11.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
- 12.Кіянєвський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
- 13.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстатах з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2019.
16. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
17. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.

					КНУ.КБР.131.25.2-08. СВД		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Рева				СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		
Перевір.	Цивінда						
Т.контр							
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ гр.ПМ22ск		

- 18.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 19.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
20. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ. вищ. закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
- 21.А.І.Грабченко, М.В.Верезуб, Ю.М.Внуков, П.П.Мельничук, Г.М.Виговський Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні /Під ред. Грабченко А.І.- Житомир: ЖДТУ, 2004.-451с.
- 22.Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 1 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.
23. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 2 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.
- 24.Кіянєвський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412с.
- 25.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).
- 26.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).
- 27.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготування виробництва. Основні терміни та визначення.
- 28.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.
- 29.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).
- 30.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення
- 31.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).
- 32.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013
- 33.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2024.

					КНУ.КБР.131.25.2-08.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Дубл.														
Взам.														
Подл.									Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
										Листов		Лист		
Разраб.				КНУ										
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Поршень										
Н. Контр.														
«ЗАТВЕРДЖУЮ» Зав. кафедрою технології машинобудування _____ (Рязанцев А.О.) «___» _____ 2025 р.														
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі Поршень Виріб Компресор ЕК-4М УЗГОДЖЕНО: Керівник _____ (Цивінда Н.І.) Розробник _____ (Рева М.В.) Н.контроль _____ (Нечаєв В.П.) .														
ТП		ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС												

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі
«Поршень» та обґрунтування параметрів надійності процесу за
допомогою САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-22ск

/Рева М.В./

Керівник роботи

/к.т.н., доц. Цивінда Н.І./

Нормоконтроль

/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П./

Завідувач кафедри

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О./

Кривий Ріг
2025 р

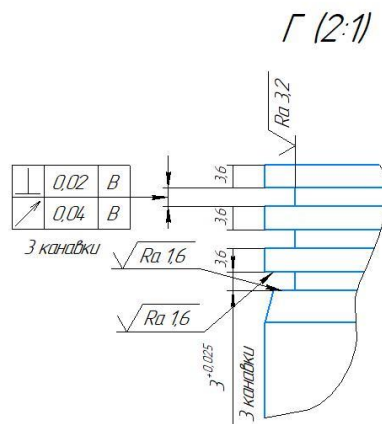
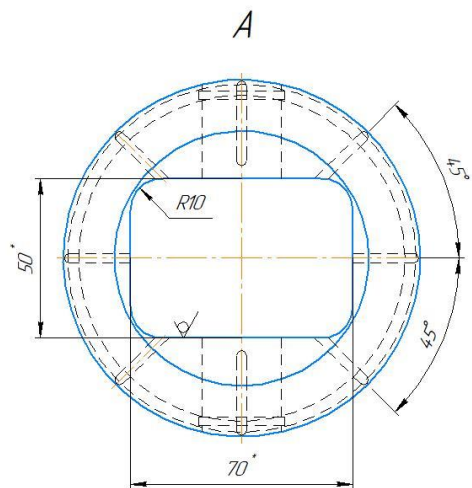
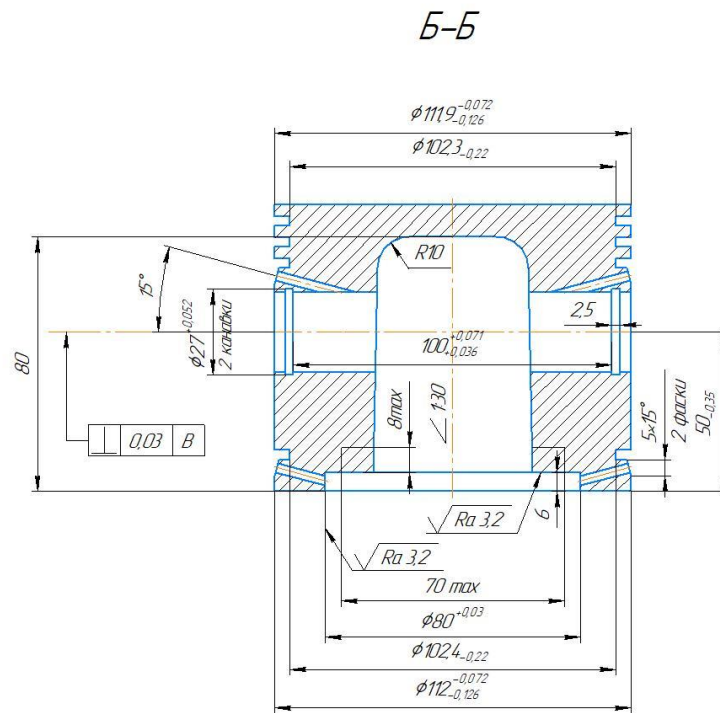
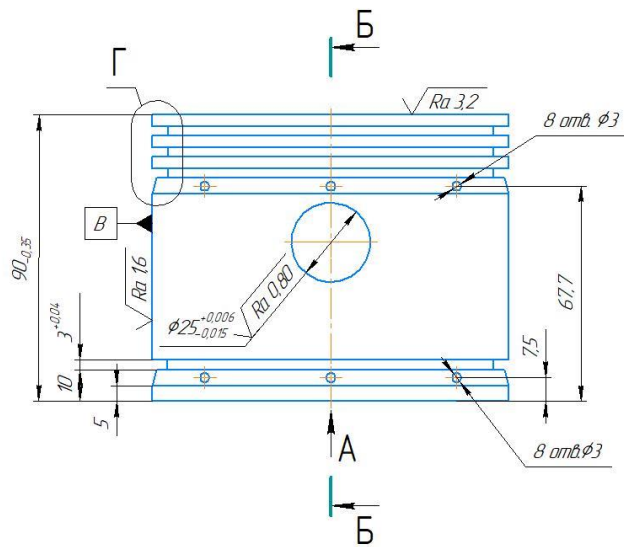
Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документація		
		A4		1				
		A4		2				
		A4						
						Креслення		
		A1		4	КНУ.КБР.131.25.2-08.СК	Компресор повітряного тиску	1	
		A2		5	КНУ.КБР.131.25.2-08.П	Поршень	1	
				6	КНУ.КБР.131.25.2-08.ПВ	Поршень (відливка)	1	
				7	КНУ.КБР.131.25.2-08.ЕО	Ескізи операцій поршня	1	
		A1		8	КНУ.КБР.131.25.2-08.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
		A2		9	КНУ.КБР.131.25.2-08.СП	Спеціальний пристрій	1	
		A1		10	КНУ.КБР.131.25.2-08.КП	Контрольний пристрій	1	
		A1						
		A1						
		A2						
		A2						
		A1						
		A2						
		A2						
		A1						
					КНУ.КБР.131.25.2-08.ВІЗА			
Ізм.		Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Разроб.		Рева				Відомість інформаційно-засвідчуючих архівів		
Пров.		Цивінда						
Н.контр.		Нечаєв				Лист Лист Листов 1		
Утв.		Рязанцев						
						Кафедра ТМ, гр ПМ-22ск		

Копировал

Формат А4

КНУКБР.13125.2-08.П

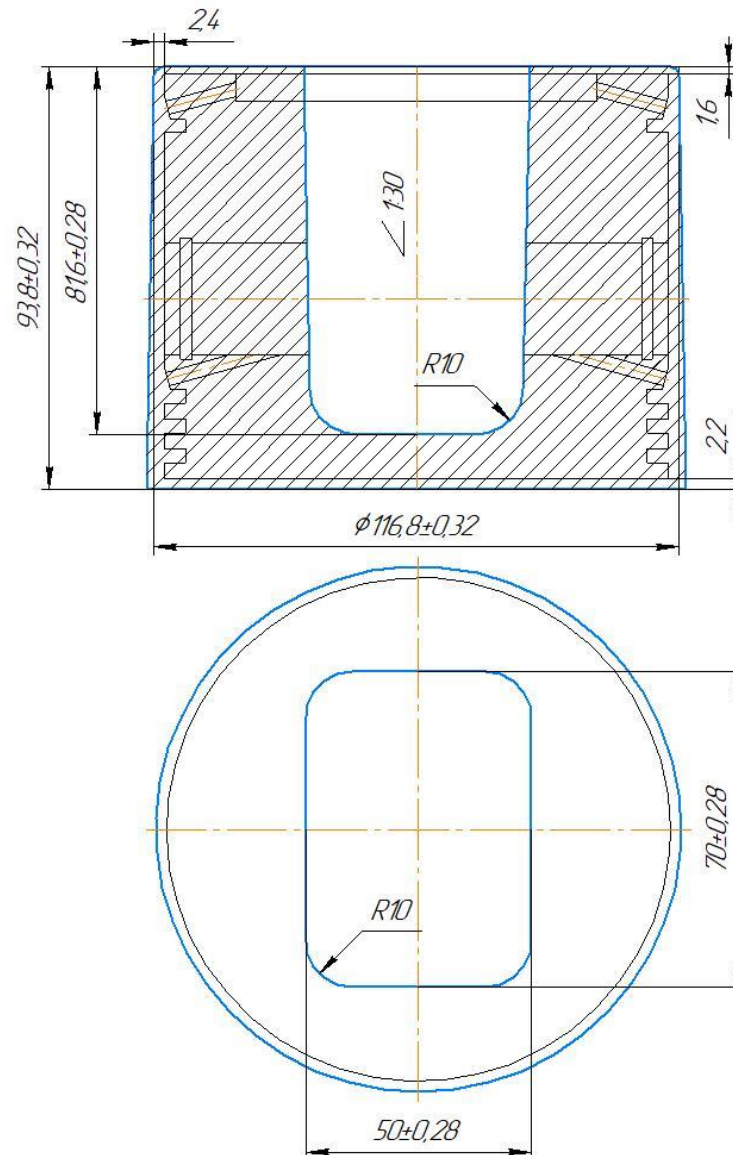
✓ Ra 12,5 (✓)



1. *Размеры для доводки.
2. Твердость НВ 90.111.
3. Незазначені граничні відхилення розмірів: отворів-Н12; валів-н12; інших- IT12/22.
4. Для підгонки маси поршня проточити по розмірам Д і Е.
5. Гострі краї притупити (фаска 3х45°).
6. Допускається виготовлення із алюмінію А/25 ДСТУ 2539-94.

КНУКБР.13125.2-08.П				Поршень		
Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Рева			14	11	
Пров.	Шибда			Лист	Листов	1
Т.контр.				АК5М7 ДСТУ 2839-94 Кафедра ТМ.гр. ПМ-22ск		
Н.контр.	Не-час			Катрибал		
Утв.	Рязанцев			Формат А2		

KHY/KBP.131.25.2-08.LTK



1. Можлива заміна матеріалу на алюмінієвий сплав А/25 ДСТУ2839-94
2. Піддати штучному старінню до НВ 90.
3. Поверхню заготовки дробеструють.
4. Точність відливки 6-5-3 ГОСТ26645-85.
5. Верхнє граничне відхилення маси відливки не повино перевищувати 0,47кг.
6. Невказані ливарні радіуси: зовнішні 2мм внутрішні 10мм
7. Контролювати 25% виливок.

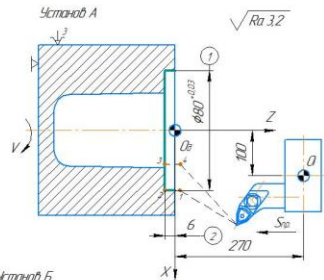
					КНУ.КБР.131.25.2-08.ПК				
					Поршень (відливка в оболонковій формі)	Лит.	Маса	Масштаб	
Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Н		21	1:1		
Разработ.	Рева								
Пров.	Цибинда								
Т.контр.									
Н.контр.	Нечасов				Сплав АК5М7 ДСТУ 2839-94	Лист	Листов	1	
Утв.	Рязанцев					Кафедра ТМ гр.ПМ-22ск			

Копирова

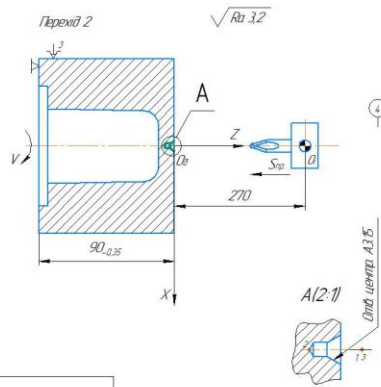
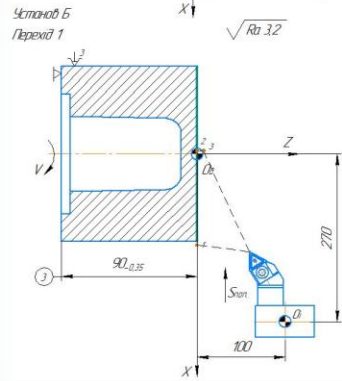
Формат А3

КНУКБР131252-08Е0

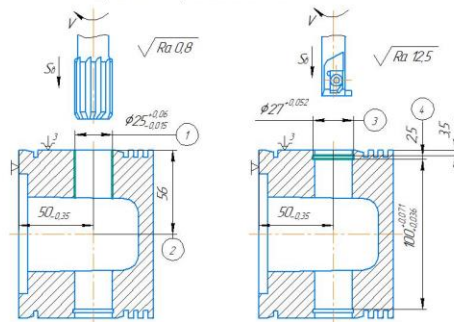
015 Токарна з ЧПК
токарний INDUSTRIE 2000/250 HD



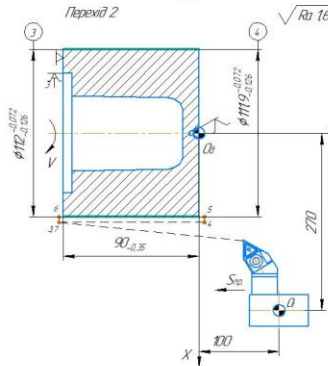
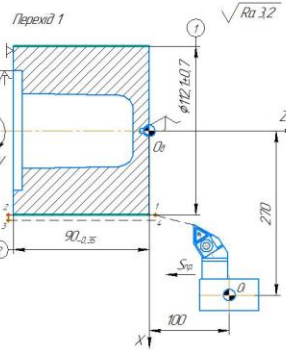
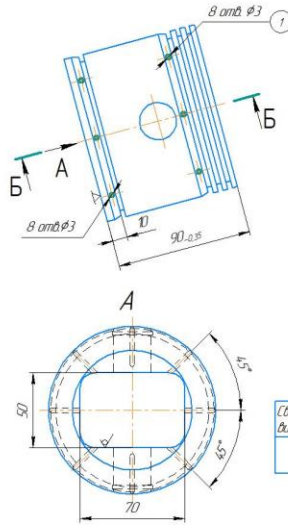
Центрувати торць, витримувати розмір 4	175	0.2	50	70		
Підготувати торць, витримувати розмір 3	10	0.6	335	1100	8.05	10.29
Розточити отвір витримувати розміри 11 2	15	0.55	330	1200		
Найменування переходів	l, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об ⁻¹	T _ш , хв	T _{ум} , хв



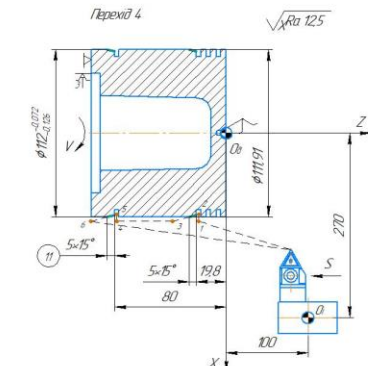
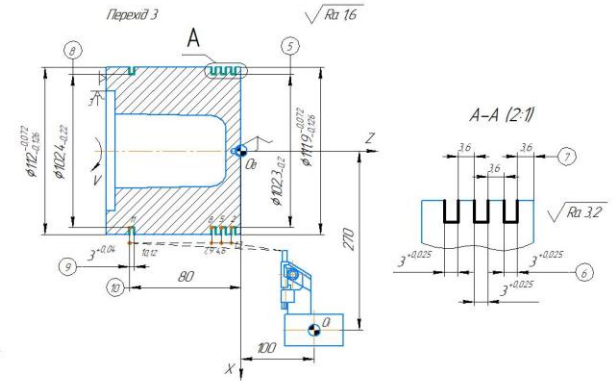
025 Координатно-розточувальна
координатно-розточний 2431



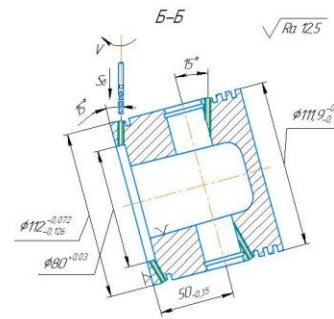
Розточити канавку, витримувати розміри 3 1 4	10	0.6	15	300		
Розточити нахил отвір 3, витримувати розміри 11 2	0.05	0.56	18	400		
Розточити поперечний отвір 24,9, витримувати розміри 11 2	0.1	0.63	15	300	3.79	11.88
Закерувати отвір 24,7, розміри 11 2	0.85	0.86	61	800		
Свердлити отвір 22, витримувати розміри 11 2	115	0.48	75	900		
Найменування переходів	l, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об ⁻¹	T _ш , хв	T _{ум} , хв



020 Токарна з ЧПК
токарний INDUSTRIE 2000/250 HD



030 Радіально-свердильна
радіально-свердильний 2/153



Свердлити 16 отворів наскрізна, витримувати розмір 1	15	0.13	70	1100	7.2	9.53
Найменування переходів	l, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об ⁻¹	T _ш , хв	T _{ум} , хв

Точки 2 фаски, витримувати розмір 11	0.85	0.5	350	1000		
Точки 4 канавки, витримувати розміри 5-10	0.05	0.1	400	1000	4.26	11.40
Точки поверхня, витримувати розміри 2-4	2.4	0.2	335	1100		
Точки поверхня, витримувати розміри 11 2	2.4	0.2	335	1100		
Найменування переходів	l, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, об ⁻¹	T _ш , хв	T _{ум} , хв

КНУКБР131252-08Е0

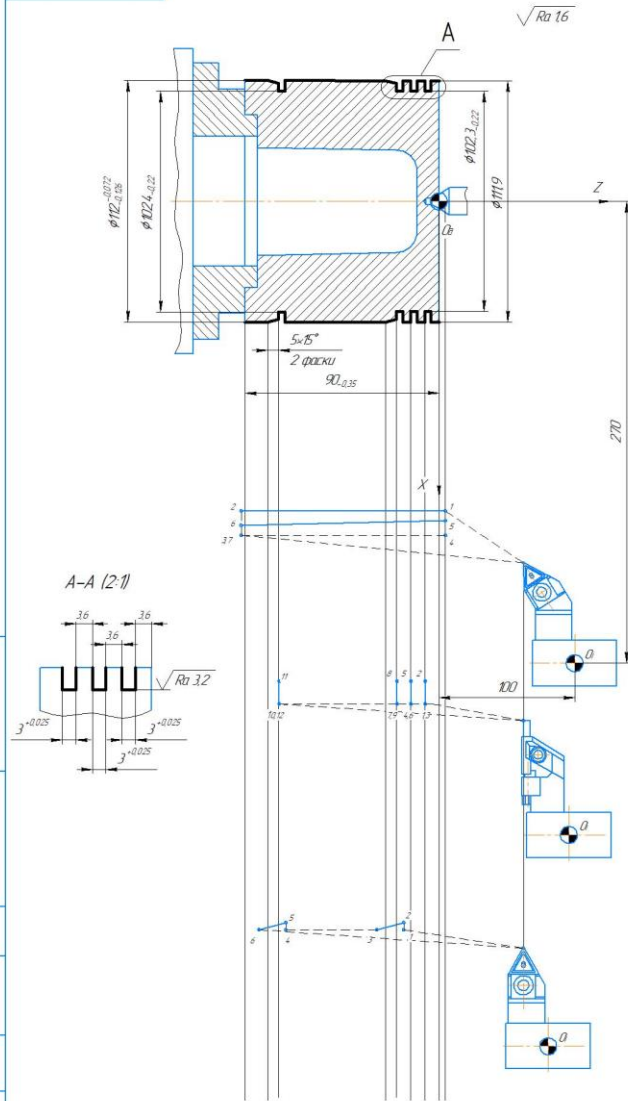
Ескізи операцій

Кафедра ТМ зр.ПМ-22сх

Курсовий

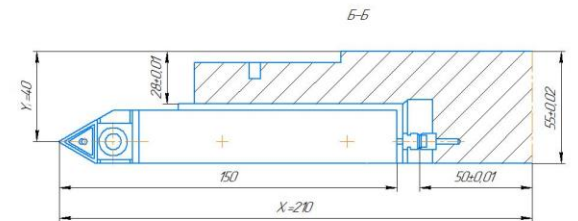
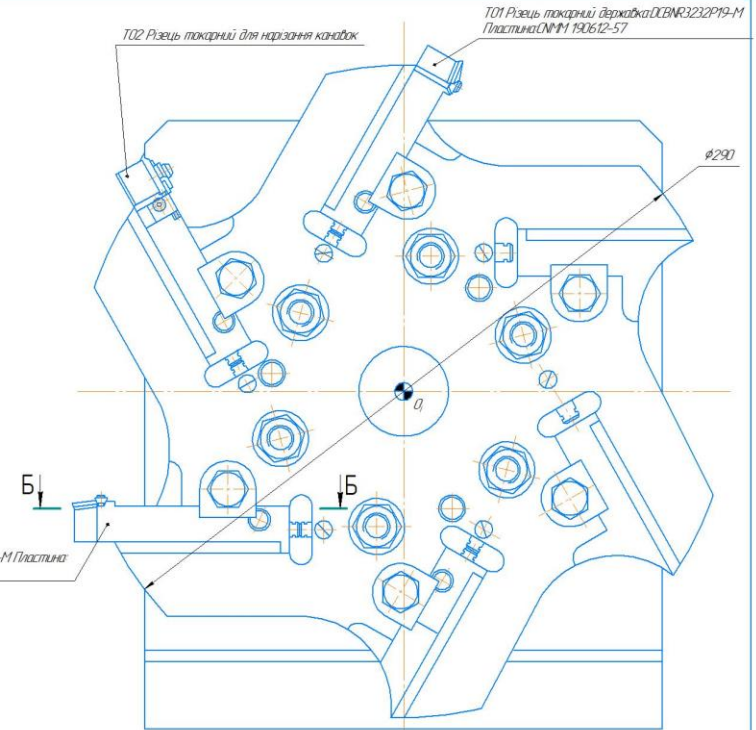
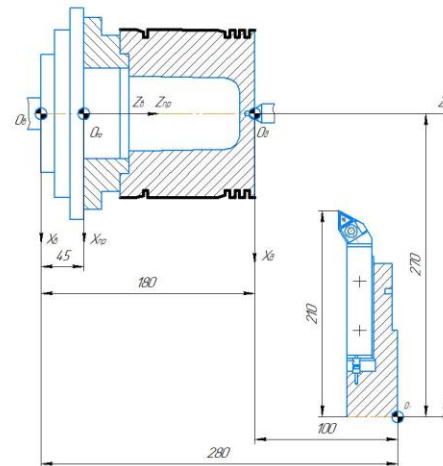
Формат А1

КНУКБР.131252-08.ВН

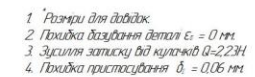
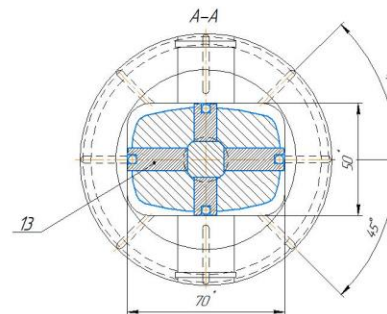


№ точки	Координата X	Координата Z	№ точки	Координата X	Координата Z
Инструмент T01					
0	270	100	7	113	-13,2
1	112,1	1	8	102,3	-19,8
2	112,1	-91	9	113	-19,8
3	113	-91	10	113	-80
4	113	1	11	102,4	-80
5	111,898	1	12	113	-80
6	112,001	-91	0	270	100
7	113	-91	Инструмент T03		
0	270	100	0	270	100
Инструмент T02					
0	270	100	1	113	-19,8
1	113	-6,6	2	108,68	-19,8
2	102,3	-6,6	3	113	-28,69
3	113	-6,6	4	113	-79
4	113	-13,2	5	108,76	-79
5	102,3	-13,2	6	113	-86,87
			0	270	100

Схема узкождения координат



КНУКБР.131252-08.ВН					
Изм. Лист	№ докум.	Лист	Дата	Верхняя-инструментальные	Лист
Рисун	Рисун	Рисун	Рисун	настройка на верстак	Лист
Техн. рисун	Техн. рисун	Техн. рисун	Техн. рисун	подв. HARDINGE CONQUEST 42SP	Лист
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Копирин	Лист
Мод.	Мод.	Мод.	Мод.	Копирин	Лист
Копирин ТМ сп/ПМ-22сх					
Формат А1					

[illegible]

