

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва приводу транспортера комбайну за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу картеру редуктора.

Виконав: магістрант
групи ПМ-23м
Зуєв І.О.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва приводу транспортера комбайну за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу картеру редуктора.

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Зуєв І.О.

Керівник КМР

(підпис)

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

м. Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технології машинобудування

Затверджую
Зав. кафедри, доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну магістерську роботу**

Магістранта гр. ПМ-23м Зуєва Івана Олеговича

Тема: Підвищення ефективності виробництва приводу транспортера комбайну за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу картеру редуктора.

1. Керівник КМР: доц., к.т.н. Цивінда Н.І.

Затверджена наказом по КНУ № 858 с від « 18» 09 2024 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі «Картер редуктору». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1.Проектування технологічного процесу складання. 2.Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту3. Проектування технологічного процесу обробки деталі. 4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу. 5.Програмування обробки в середовищі FEATURECAM_ 6.Проектування технологічного оснащення 7_Статичне дослідження засобами моделювання SOLIDWORKS_ 8.Економічна частина 7 Науково-дослідна частина

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Картер редуктору. 3. Картер редуктору (заготовка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Верстатне пристосування. 7. Контрольне пристосування. 8. Наукова частина.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно-економічна підготовка виробництва	Нечаєв В.П. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	12.09.2024
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2024
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2024
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2024
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2024
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки в САМ системі	18.10.2024
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2024
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2024
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2024
6.2 Статичне дослідження засобами моделювання SOLIDWORKS	10.11.2024
6.3 Економічна частина	13.11.2024
7 Наукова частина	16.11.2024
Висновки	17.11.2024
Додатки	18.11.2024
Попередній захист	21.11.2024

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник

кваліфікаційної магістерської роботи _____

/ Цивінда Н.І./

Завдання отримав

магістрант _____

/ Зуєв І.О./

РЕФЕРАТ

Актуальність роботи: забезпечення безперебійної роботи силосоприбирального комбайну КСС-2,6М в умовах проведення сільськогосподарських робіт з застосуванням таких методів автоматизації, як верстати з ЧПК, CAD/CAM/CAE системи, проведення розрахунків в математичних додатках, тощо з одночасним корегуванням технології на основі наукових досліджень підвищення надійності процесу. Робота виконана на базі матеріалів та практичних завдань підприємства.

Мета роботи: Підвищення ефективності виробництва приводу транспортера за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення картеру редуктору

Постановка задачі: По заданій річній програмі розробити ефективний технологічний процес, спроектувати заготовку картера, обрати прогресивне обладнання та оснащення, рекомендувати режими різання. Розглянути точність складального вузла. При проектуванні використати елементи САПР, а саме: програмні продукти Solid Works, Delcam.

КОМБАЙН, КАРТЕР, САПР, ІННОВАЦІЙНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, СОБІВАРТІСТЬ, КОВКИЙ ЧАВУН

ABSTRACT

Relevance of the work: ensuring uninterrupted operation of the KSS-2.6M silage harvester in agricultural work conditions using such automation methods as CNC machines, CAD/CAM/CAE systems, calculations in mathematical applications, etc., with simultaneous adjustment of the technology based on scientific research to increase the reliability of the process. The work was carried out on the basis of materials and practical tasks of the enterprise.

Objective: Increasing the efficiency of conveyor drive production by using CAD technologies in the design of the technological process for manufacturing the gearbox housing

Problem statement: According to the given annual program, develop an effective technological process, design the housing blank, select equipment and tools, recommend cutting modes. Consider the accuracy of the assembly unit. When designing, use CAD elements, namely: Solid Works, Delcam software products.

COMBINE, CRANKCASE, CAD, INNOVATIVE TECHNOLOGICAL PROCESS, COST, DUCIBLE IRON

					КНУ.КМР.131.24.1-06.Р			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зуєв				РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечасєв					Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
				Документація		
A4		1	КНУ.КМР.131.24.1-06.ПЗ	Пояснювальна записка		
		2	КНУ.КМР.131.24.1-06.АТК	Альбом технологічних карт		
				<u>Креслення</u>		
A1		3	КНУ.КМР.131.24.1-06. ВР	Вал ведений редуктора (складальне креслення)	1	
A1		4	КНУ.КМР.131.24.1-06.КР	Картер редуктора (суміщене креслення)	1	
A1		5	КНУ.КМР.131.24.1-06.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження редуктора	1	
A1		6	КНУ.КМР.131.24.1-06.ЕО	Ескізи операцій		
A1		7	КНУ.КМР.131.24.1-06.ВП	Верстатне пристосування	1	
A1		8	КНУ.КМР.131.24.1-06.КП	Контрольне пристосування	1	
A1		9	КНУ.КМР.131.24.1-06.НДЧ	Науково-дослідна частина	1	

					КНУ.КМР.131.24.1-06.ВОКМР			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зуєв				ВІДОМІСТЬ ОБСЯГУ КМР	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ, гр ПМ-23м			
Зав. каф.	Рязанцев							

ЗМІСТ

Вступ.....	
1. Проектування технологічного процесу складання вузла.....	
2. Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту.....	
2.1. Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіанти замін.....	
2.2 Аналіз якості поверхонь деталі.....	
2.3 Технічний контроль робочого креслення.....	
2.4 Аналіз технологічності деталі.....	
2.4.1 Якісний аналіз технологічності.....	
2.4.2 Кількісний аналіз технологічності.....	
2.5 Вибір типу виробництва.....	
2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування.....	
3. Проектування технологічного процесу обробки деталі.....	
3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок..	
3.1.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки.....	
3.1.2 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.....	
3.6.1 Аналітичний розрахунок припусків на циліндричну поверхню.....	
3.6.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів.....	
3.6.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку.....	
3.7 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.....	
4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу.....	
5 Програмування обробки в середовищі FEATURECAM.....	
6 Проектування технологічного оснащення.....	
6.1 Проектування верстатного пристосування.....	
6.2 Проектування контрольного пристосування.....	
7.Статичне дослідження засобами моделювання SOLIDWORKS.....	
8 Економічна частина	
9 Науково-дослідна частина	
Висновки	
Список використаних джерел.....	
Додатки.....	

					КНУ.КМР.131.24.1-06.3			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.	Зуєв							
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечасв					Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

ВСТУП

Розвиток країни та її обороноздатність визначається технологічним прогресом машинобудування. Тож необхідне збільшення продукції машинобудування і підвищення його якості. Досягти цього можливо за рахунок інтенсифікації виробництва на основі широкого використання досягнень науки і техніки, застосування прогресивної технології. Підвищення ефективності виробництва досягається шляхом його автоматизації та механізації, використання високопродуктивних верстатів з ЧПК, промислових роботів, створення гнучких виробничих систем та CAD/CAM/CAE технологій.

Технологічний процес в машинобудуванні повинен створювати умови не тільки для покращення конструкції машини, а й безперервно вдосконалювати технологію їх виробництва. Завдяки розвитку нових прогресивних технологічних процесів обробки виникає необхідність в створенні більш сучасних машин при незначній їх собівартості. Актуальною задачею є підвищення якості і точності випускаємих машин, що веде до підвищення експлуатаційної якості. Забезпечення заданої точності – відповідальна задача конструкторів, а її технологічне забезпечення при мінімальних витратах основна задача технологів.

Верстатобудівна промисловість створила високопродуктивні верстати різного технологічного призначення і прогресивні конструкції різального інструменту забезпечуючи високу ефективність і точність обробки. Це обладнання в комплексі з автоматичними системами, організацією робіт і керуванням на базі ЕОМ є дуже складним і дорого коштовним. У зв'язку з цим необхідною умовою його використання є висока надійність всіх елементів, довготривалий безперервний режим роботи при достатньо високих режимах різання з урахуванням можливості автоматичної заміни зношеного інструменту. Одним із головних елементів будь-якого машинобудівного виробництва є налагодження інструменту для забезпечення надійного функціонування кожного окремого верстата і виробничої системи в цілому.

Метою проектування є підвищення ефективності виробництва приводу транспортера комбайна, що було здійснено за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу виготовлення картеру редуктору та проведення конструкторського аналізу складального вузла редуктору.

Три складові інноваційного технологічного проектування – це аналіз наукових досліджень за темою, застосування САПР технологій та техніко-економічне обґрунтування впровадження нових технологій, з метою забезпечення конкурентоздатності, є основою для цієї розробки.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.В			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зуєв				ВСТУП	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Призначення та умови роботи машини

Деталь картер редуктора входить до складу редуктору приводу транспортера силосоприбирального комбайну КСС-2,6М.



Рисунок 1.1- Транспортер силосоприбирального комбайну

Силосозбиральний комбайн КСС-2,6М призначений для роботи в пильному середовищі в діапазоні температур від -10 до +50 С и відносної вологості повітря не більше 95 %. Деталі комбайна під час роботи є під впливом вібрації.

Редуктор приводу транспортера силосозбирального комбайна служить для передачі крутного моменту із заданим значенням передатного відношення, а також для стабілізації обертового руху й забезпечення плавності роботи комбайна. Підшипники й картерні деталі редуктора навантажені довгими валами, компенсація прогину яких здійснюється застосуванням сферичних шарикопідшипників.

1.2 Виявлення та розрахунок лінійних розмірних ланцюгів валу веденого редуктору транспортеру

					КНУ.КМР.131.24.1-06.01.ПТП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зуєв				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА	Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ, гр ПМ-23м			
Зав. каф.	Рязанцев							

Для визначення методу складання вузла та необхідної точності, яку він повинен забезпечувати необхідно визначити кутовий та лінійний розмірні ланцюги.

Був виявлений лінійний розмірний ланцюг А, що визначає величину зазору між підшипником та колесом зубчастим. Ланцюг складається з двох підшипників та колеса зубчастого, інші деталі не входять до його складу з-за відсутності між ними зазорів так, як вони усуваються розпірною пружиною та різьбовою втулкою, встановленою на кінці валу. Схема лінійного розмірного ланцюга представлена на рисунку 1.2.

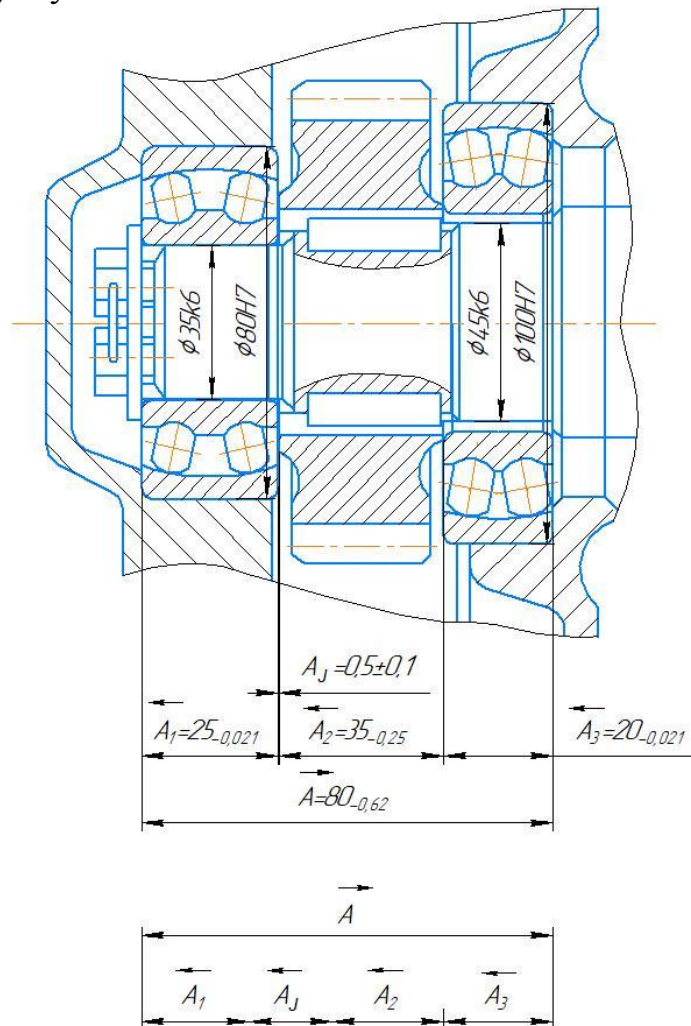


Рисунок 1.2 – Схема лінійного розмірного ланцюга А

Проводимо прямий розрахунок лінійного ланцюга за методикою max-min. Вихідні дані: $A_1=25_{-0,021}$, $A_2=35_{-0,25}$, $A_3=20_{-0,021}$, $A=80_{-0,62}$, $A_\Sigma = 0,5 \pm 0,1$ мм.

Розраховуємо кількість одиниць допуску:

$$a = \frac{T_\Sigma - 2 \cdot \Sigma T_n}{\Sigma_i} = \frac{0,2 - 0,026}{4} = 0,044 \text{ мм}, \quad (1.1)$$

де T_Σ – допуск на замикаючу ланку, T_n – допуск на ширину підшипників.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-06.01.ПТП				

Дана кількість одиниць допуску відповідає квалітету IT9, тому призначаємо допуски на ланки A_2 , та A відповідно до цього квалітету [1]:

$$A_2 = 35 \text{ IT9 (62 мкм);}$$

$$A = 80 \text{ IT9 (74 мкм).}$$

Визначаємо правильність розрахунків та відповідність призначених допусків на ланки. Допуск на замикаючу ланку повинен бути більше суми допусків на інші складові ланки ланцюга:

$$A_{\Sigma} = \sum T_i; \quad (1.2)$$

$$200 > 13 + 13 + 63 + 74;$$

$$200 > 162.$$

Отже допуски на ланки призначені вірно.

Зображуємо схему лінійного ланцюга, де вказуємо відстані між деталями та торцьові биття підшипників та торців вала і картеру (рисунок 1.3).

A_1, A_2 – ширина підшипників;

A_3 – відстань між торцями вала;

A_4 – відстань від торцю картеру до торцю кришки;

β_1, β_2 – биття підшипників;

β_3 – торцьові биття вала;

β_4 – торцеве биття картеру;

A_{Σ} – замикаюча ланка.

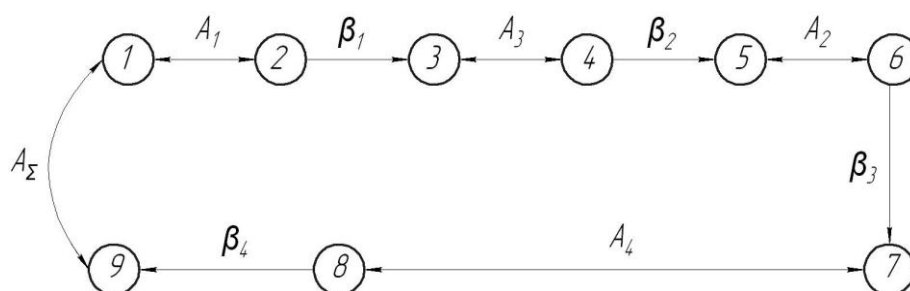


Рисунок 1.3 – Схема лінійного розмірного ланцюга A

1.3 Виявлення та розрахунок кутових розмірних ланцюгів

Схема кутового розмірного ланцюга α представлена на рисунку 1.4. так як підшипники з валом та картером мають з'єднання з натягом та перехідні відповідно, то перекіс буде залежати від радіального зазору у сферичних підшипниках.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-06.01.ПТПСВ				

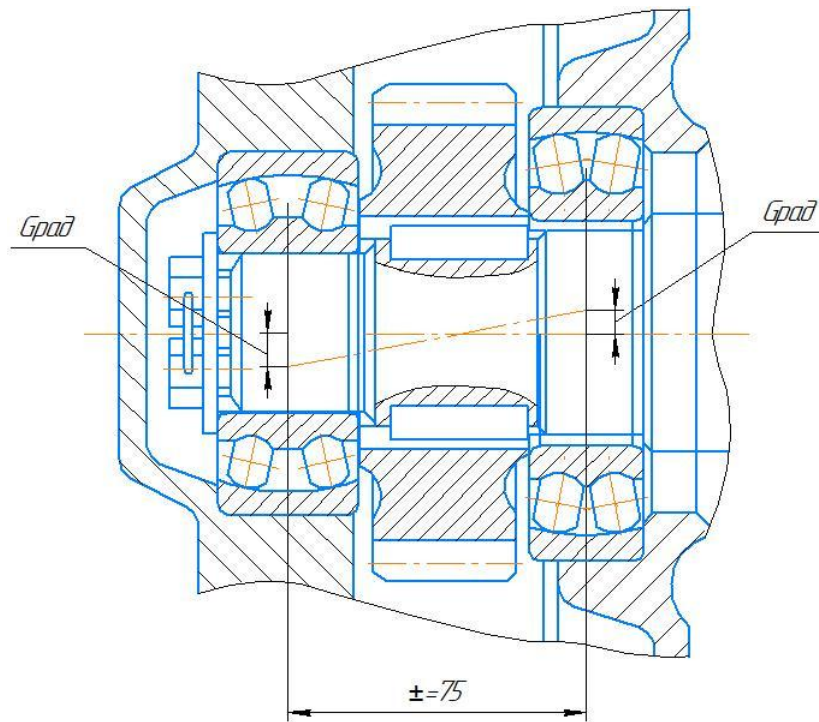


Рисунок 1.4 – Схема кутового розмірного ланцюга α

Визначаємо величину кута перекосу у найгіршому випадку.

Визначаємо допуски розмірів :

$$T_S = S_{max} - S_{min}; \quad (1.3)$$

Визначаємо максимальний та мінімальний зазор:

$$S_{max} = ES - ei; \quad (1.4)$$

$$S_{min} = Ei - es; \quad (1.5)$$

Підставляємо данні до формул:

$$S_{max} = 25 - (+2) = 23 \text{ мкм};$$

$$S_{min} = 0 - (+18) = -18 \text{ мкм};$$

$$T_S = 23 - 18 = 5 \text{ мкм};$$

Розраховуємо допуск валу та отвору:

$$e_{mD} = \frac{ES + Ei}{2} = \frac{25 + 0}{2} = 12,5 \text{ мкм};$$

$$e_{md} = \frac{es + ei}{2} = \frac{18 + 2}{2} = 10 \text{ мкм};$$

$$e_{mS} = \frac{e_{mD} + e_{md}}{2} = \frac{12,5 + 10}{2} = 11,25 \text{ мкм};$$

Розраховуємо сумарний допуск:

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{Si}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{ej}^2} =$$

$$= 0,36 \cdot (2 \cdot 0^2 + 2 \cdot 0,005^2) + 0,56 \cdot (2 \cdot 0,005^2 + 2 \cdot 0,105^2 + 0,025^2) = 0,0395 \text{ мкм}$$

Тоді:

$$e_{me\Sigma} = \sum_{i=1}^n (e_{msi} + 0,5 \cdot T_{ei} + 0,05 \cdot (T_{Si} + T_{ei})) - \sum_{j=1}^m [e_{msj} + 0,5 \cdot T_{ej} + 0,05 \cdot (T_{Sj} + T_{ej})] = 0,0124 \text{ мм}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-06.01.ПТПСВ

Арк.

Розраховуємо допуски на зазор:

$$eS_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} + \frac{T_{e\Sigma}}{2} = 0,0124 + \frac{0,0395}{2} = 0,03215 \text{ мм}$$

$$ei_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} - \frac{T_{e\Sigma}}{2} = 0,0124 - \frac{0,0395}{2} = 0,00735 \text{ мм}$$

Тоді зазор що утворюється при перекосі валу дорівнює $e_{\Sigma} = 0_{-0,00735}^{+0,03215}$ мм.

Розраховуємо перекоє валу:

$$P_{3\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l}{L} = \frac{0,0395 \cdot 40}{75} = 0,018 \text{ мм}$$

Отримане значення перекоє валу в роботі не повинно перевищувати величину гарантованого бічного зазору для підшипників сферичних дворядних роликових підшипників 3622 та 3628 ДСТУГОСТ 5721-75

$$P_{3\Sigma} < f_n \quad (1.6)$$

$$0,018 < 0,074$$

Отже розрахунки виконані вірно.

Зображуємо схему кутового ланцюга, де вказуємо величини посадок підшипників на вал та ексцентриситет кілець підшипників (рисунок 1.4).

e_{10}, e_{12} – ексцентриситет підшипників;

S_1, S_2 – посадка внутрішнього кільця підшипників на вал;

e_{14}, e_{16} – ексцентриситет шийок валу;

S_3, S_4 – посадка зовнішнього кільця підшипників у картері;

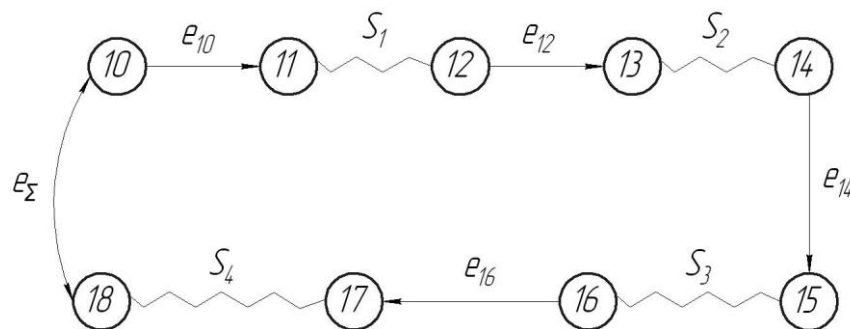


Рисунок 1.5 – Схема кутового розмірного ланцюга α

1.4 Технологічний процес складання

Визначаємо порядок складання вузла валу веденого методом повної взаємозамінності за рахунок та представляємо послідовність складання на рисунку 1.6.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.01.ПТПСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

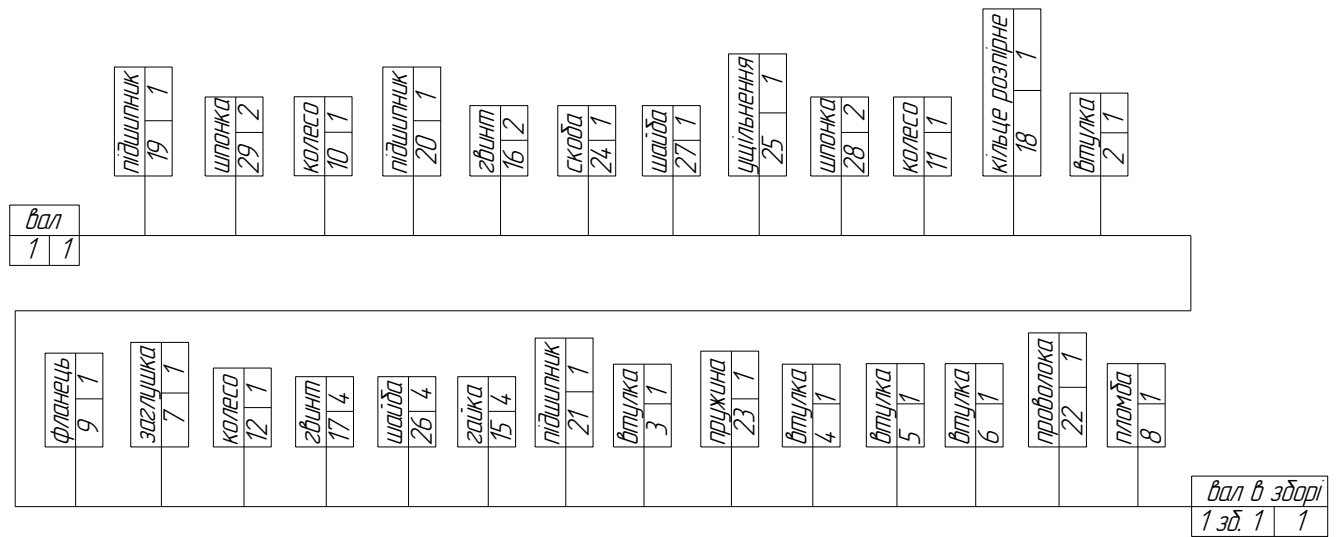


Рисунок 1.6 – Схема складання вузла вал привідний

На основі схеми складання розроблюємо операційний технологічний процес складання, що складається з напесовки підшипників на вал, встановленні на валу втулок, напесовки шпонок, фланцю та зубчастих коліс. Послідовність процесу відображаємо у технологічних картах складання виробу.

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіанти замін

Картер редуктору є однією з базових деталей редуктора приводу транспортера силосозбирального комбайна КСС-2,6М.

Картер редуктора є опорою, на яку монтуються окремі складальні одиниці редуктора. Картер редуктора повинен бути виконаний з необхідною точністю, мати необхідну твердість і вібростійкість, щоб забезпечити правильне взаємне положення деталей, що з'єднують, і вузлів, якісню роботу редуктора й комбайна в цілому.

Площина, по якій картер сполучається із кришкою, має підвищені вимоги до точності геометричної форми й шорсткості.

Отвори під підшипники кочення повинні мати підвищену зносостійкість, мають високі вимоги до точності геометричної форми й точності взаємного розташування поверхонь.

У процесі роботи картер редуктора випробовує розтягання, стиск, вигин, вібрації й удари, тому матеріал, з якого виготовлений картер, повинен мати необхідний комплекс механічних властивостей. Картер редуктора виконаний з ковкого чавуну марки КЧ-35-10 ДСТУ EN 1562:2019 Литво. Ковкий чавун (EN 1562:2019, IDT). [2]

Таблиця 2.1-Хімічний склад в % матеріала КЧ35-10

C	Si	Mn	S	P	Cr	-
2.5 - 2.8	1.1 - 1.3	0.3 - 0.6	до 0.2	до 0.12	до 0.06	C+Si = 3.6 - 4

Таблиця 2.2- Механічні властивості при T=20°C матеріалу КЧ35-10

Сортамент	Розмір	Напр.	σ_b	σ_T	δ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Відливки			333		10			
Твердість КЧ35-10-10 ,					HV 10 ⁻¹ = 100 - 163 МПа			

Таблиця 2.3 -Фізичні властивості матеріалу КЧ35-10

T	E 10 ⁻⁵	α 10 ⁶	λ	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	1.66					

					КНУ.КМР.131.24.1-06.02.ТЕА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Зуєв				Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Цивінда						
Н. Контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев						
ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ							

Таблиця 2.4- Зарубіжні аналоги матеріалу КЧ35-10

США	Германія	Японія	Франція	Англія	Італія	Швеція	Польща	Чехія	Австрія
-	DIN,WNr	JIS	AFNOR	BS	UNI	SS	PN	CSN	ONORM
32510	GTS35-10	FCMB35	MM35-10	B35-12	B35-10	0815-00	Zcc35010	42253	GTS-5

Ковкий чавун має високу міцність і зносостійкість, займаючи по механічних властивостях проміжне положення між сірим чавуном і сталлю.

Процес виготовлення виливків з ковкого чавуну тривалий і енергоємний, тому економічним є одержання заготовок із ливарної сталі 35Л. Ковкий чавун одержують тривалим нагріванням при високих температурах виливків з білого чавуну.

Хімічний склад білого чавуну, відпалюємого на ковкий чавун, вибирають у межах: 2,5–3,0% С; 0,7–1,5% Si; 0,3–1,0% Mn; ≤0,12% S; ≤0,18% P.

Відпал проводять у дві стадії.

Спочатку виливки витримують при $t = 950 - 970^{\circ}\text{C}$. У цей період протікає стадія I графітизації, тобто розпад цементиту, що входить до складу ледебуриту ($A + Fe_3C$) і встановлення стабільної рівноваги аустеніту+графіту. У результаті розпаду цементиту дифузійним шляхом утвориться пластинчатий графіт.

Потім виливки охолоджують до температури, що відповідає інтервалу евтектоїдного перетворення. При охолодженні відбувається виділення з аустеніту вторинного цементиту, його розпад і ріст графітних включень.

При досягненні евтектоїдного інтервалу температур охолодження різко сповільнюють або дають тривалу витримку при температурі трохи нижче цього інтервалу. У цей період протікає стадія II графітизації: розпад аустеніту з утворенням фериту й графіту. Після закінчення стадії II графітизації структура чавуну складається з фериту й пластинчатого графіту.

Ковкий чавун КЧ35-10 використовують для виготовлення деталей, які експлуатуються при високих динамічних і статичних навантаженнях.

Як заміна матеріалу ковкому чавуну КЧ35-10 вибирають сталь 35Л-I ДСТУ 8781:2018. Сталь 35Л-I є дешевим замінником ковкого чавуну КЧ35-10, що трохи програє останньому в комплексі механічних властивостей, однак процес одержання заготовки з сталі 35Л-I набагато менш енергоємний, що робить варіант заміни економічно привабливим.

Таблиця 2.5 - Хімічний склад сталі 35Л-I ДСТУ 8781:2018

Зміст елементів, %					
C	Si	Mn	P	S	Ni
			не більше		
0,32-0,40	0,17-0,37	0,50-0,80	0,04	0,045	0,3

Таблиця 2.6 - Механічні властивості сталі 35Л-I

Твердість HB	Границя текучості σ_B , МПа	Межа міцності σ_B , МПа	Відносне звуження ψ , %	Відносне подовження ρ , %
137-217	280	500	25	15

					КНУ.КМР.131.24.1-06.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сталь 35Л-I ДСТУ 8781:2018 - загального призначення, застосовується для деталей, які не розраховують на міцність, конфігурацію й розміри яких визначаються конструктивними й технологічними міркуваннями.

Для забезпечення необхідних механічних властивостей і зняття внутрішніх напружень відливку піддають термічній обробці: нормалізації (Н) з відпуском (В) або загартування (З) або відпуск у воді або мастилі (М).

Для картерних деталей обрана нормалізація (860–880 °С) і відпуск (600–630 °С). При цьому механічні властивості наступні: $\sigma_T = 280$ МПа; $\sigma_B = 500$ МПа; $\rho = 15\%$; $\psi = 25\%$; $HB = 137-217$.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталі

Основною поверхнею картеру редуктора є торець 4, по якому картер сполучається із кришкою, а також зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 75B12$, по якій картер приєднується до опори. Допоміжною поверхнею є 2 отвори $\varnothing 80H7$ і отвір $\varnothing 90H7$, призначені для розміщення підшипників кочення. Поверхнями, що сполучають, є кріпильні отвори. Вільні поверхні - внутрішні й зовнішні необроблювані поверхні картеру.

Високі вимоги до точності, шорсткості й відносному розташуванню поверхонь пред'являються в місцях, призначених для монтажу підшипників кочення. Так отвори під підшипники виготовляються по 7-му квалітету із шорсткістю $R_a 1,6$.

У машинобудуванні в 50% випадків отвори, призначені для монтажу підшипників, виготовляють по 7-му квалітету точності із шорсткістю $R_a 0,8$. Тому вимоги, пропоновані до точності даних отворів, не є завищеними.

Точність форми й розташування поверхонь, призначених для монтажу підшипників кочення, характеризуються наступними відхиленнями:

Припустиме відхилення від круглості поперечних перерізів становить 0,007 мм (для $\varnothing 80H7$) і 0,009 мм (для $\varnothing 90H7$), що відповідає підвищеній нормі точності.

Припустиме відхилення профілю поздовжнього перетину циліндричних поверхонь, яке характеризується відхиленнями від прямолінійності й паралельності утворюючих, становить від 0,007 мм (для $\varnothing 80H7$) і 0,009 мм (для $\varnothing 90H7$).

Припустиме відхилення від перпендикулярності утворюючої циліндричної поверхні щодо торця 4 (основні конструкторські бази) становить 0,02 мм.

Припустиме значення торцевого биття торця, призначеного для упору підшипника, щодо циліндричної поверхні становить 0,046 мм (для $\varnothing 80H7$) і 0,054 мм (для $\varnothing 90H7$), що відповідає підвищеній нормі точності.

Проаналізувавши вимоги до точності форми й розташування поверхонь, призначених для монтажу підшипників кочення, дійдемо висновку, що дані вимоги є підвищеними, але обґрунтованими. Також досить високими є вимоги до точності, шорсткості й відносного розташування поверхонь, призначених для монтажу ущільнювальних кілець.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так, отвори під ущільнювальні кільця виготовляються по 9-му квалітету точності із шорсткістю $R_a 1,6$ (для $\varnothing 70H9$) і $R_a 3,2$ (для $\varnothing 65H9$).

Проаналізувавши вимоги до точності й шорсткості, дійдемо висновку, що значення шорсткості $R_a 1,6$ поверхні $\varnothing 70H9$ було призначено з урахуванням особливостей експлуатації ущільнювального кільця.

Допустиме відхилення від співвісності отвори під ущільнювальні кільця щодо отвори під підшипник становить 0,015 мм як для отвори $\varnothing 70H9$, так і для $\varnothing 65H9$, що є підвищеною вимогою.

Всі інші поверхні картеру виконуються з нормальною точністю (IT14). Зовнішні поверхні, а також внутрішні вільні поверхні не обробляються.

Фізико-механічні характеристики поверхневого шару для всіх поверхневого шару для всіх поверхонь однакові й відповідають характеристикам ковкого чавуну після графітізованого відпалювання ($HB = 142...449$).

Таблиця 2.7 - Вимоги до поверхонь

№ пов.	Найменування поверхні, розмір	Квалітет	Допуск Т, або відхилення розмірів	Шорсткість R_a	Відхилення форми й розташування поверхні
1	2	3	4	5	6
1	Внутрішня циліндрична поверхня У - $\varnothing 80$	H7	+0,03	1,6	
2	Внутрішня циліндрична поверхня Т - $\varnothing 80$	H7	+0,03	1,6	
3	Внутрішня циліндрична поверхня С - $\varnothing 90$	H7	+0,035	1,6	
4,5	Отвори $\varnothing 10$	H7	+0,015	1,6	
6	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 70$	H9	+0,074	1,6	
7	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 65$	H9	+0,074	3,2	
8	Базовий торець – 10	h11	-0,1	3,2	
9	Різьбовий отвір – M12	6H	+0,15	3,2	
10,2 8	Різьбовий отвір – M16×1,5	6H	+0,15	3,2	
11	Зовнішня бічна площина – 5	IT14	±0,15	3,2	
12	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 75$	IT14	-0,2 -0,5	12,5	
13	Фаска $2,5 \times 45^\circ$	IT14	±0,125	6,3	
14	Фаска $2 \times 45^\circ$	IT14	±0,125	6,3	
15	Фаска $1,5 \times 30^\circ$	IT14	±0,125	6,3	

					КНУ.КМР.131.24.1-06.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
16	Фаска 4×15°	IT14	±0,125	6,3	
17	Фаска 0,5×30°	IT14	±0,125	3,2	
18	Отвір Ø17	IT14	+0,43	12,5	
19	Торець – розмір 89	IT14	±0,435	12,5	
20	Торець – розмір 119	IT14	±0,435	12,5	
21	Внутрішня циліндрична поверхня Ø59	H14	+0,74	12,5	
22	Зовнішня фаска 2×45°	IT14	±0,125	12,5	
23	Внутрішня фаска 1,5×30°	IT14	±0,125	12,5	
24	Торець – розмір 64	-	+0,5 -0,25	12,5	
25	Торець – розмір 62	-	+0,5 -0,25		
26	Торець – розмір 71	-	+0,5 -0,25		

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Креслення виконане відповідно до вимог ДСТУ [3,4]. Значення розмірів (лінійних і діаметральних) відповідає нормальним рядам розмірів. Значення допусків і шорсткості також відповідають вимогам ДСТУ [5,6].

На кресленні є вся необхідна інформація про розміри, допуски, шорсткість, відхилення форми й взаємного розташування поверхонь. Видів і розрізів досить для уявлення форми деталі. На кресленні є позначення базових поверхонь.

Розмірні ланцюги побудовані комбінованим способом, зручним для обробки деталі.

Технічні умови робочого креслення містять інформацію про нанесення покриття на неопрацьовані поверхні емаллю АС-182 червоною VII-У1, інформації про спеціальні методи обробки й випробування нема.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь - картер редуктора являє собою виливок коробчатої форми з ковкого чавуну КЧ35-10.

Виливок середньої складності, вимагає застосування стрижневого формування для одержання внутрішніх порожнин. Спосіб лиття - лиття в піщані форми по дерев'яних моделях.

Деталь не має розвинену чорнову базу для фрезерування торця 4, який є базовою поверхнею на наступних операціях. Це змушує розробляти спеціальне пристосування для базування деталі на операції фрезерування торця 4.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-06.02.ТЕА					

Майже всі отвори картеру обробляються за один установ, не змінюючи бази, що дозволяє досягти необхідну точність розмірів, форми й взаємного розташування поверхонь при використанні верстатів і оснащення нормальної точності.

Інші оброблювані поверхні з погляду забезпечення точності й шорсткості не створюють технологічних труднощів, що дозволяє вести обробку на прохід.

2.5 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

Деталь «Картер редуктора» відповідно до класифікації ЄСКД відноситься до загальномашинобудівних деталей, які виготовляються за допомогою механічної обробки.

Деталь «Картер редуктора» є корпусною деталлю, тому відноситься до класу 730000, деталь має поверхню роз'єму, що відповідає підкласу 732000. Поверхня роз'єму одна й паралельна основній баз, що відповідає групі 732100. Деталь має плоску основну базу, сполучену з поверхнею роз'єму, три базові отвори - це відповідає підгрупі 732180. Базові отвори паралельні між собою, тому код виду - 732184.

Конструкторський код деталі - 732184.

Основні ознаки технологічної класифікації деталі.

Розмірна характеристика, мм:

-ширина - 232 код 9;

-довжина - 307 код 7;

-висота - 119 код 5.

Група матеріалу: чавун ковкий КЧ35-10 - код 33.

Вид деталі по технологічному методу обробки різанням - код 4.

Технологічна класифікація деталі.

Вид вихідної заготовки:

- виліток у піщану форму - код 11;

- квалітет зовнішніх поверхонь h11 - код 3;

- квалітет внутрішніх поверхонь Н7 - код 4;

- відхилення форми й розташування - код Д.

Поверхонь:

- допуск співвісності поверхонь - 0,015; 0,045;

- допуск перпендикулярності - 0,02;

- допуск округлості - 0,009; 0,007;

- допуск профілю поздовжнього перетину - 0,009; 0,007;

- торцеве биття - 0,046; 0,054.

Ступінь точності: 8,9; 7; 6,7; 6,7; 9,9 - код 4

Вид додаткової обробки й покриття неопрацьованої поверхні емаллю - код 1.

Характеристика маси - 9,35 кг - код Г.

Технологічний код деталі - 975334.1134Д41М.

Повний конструкторсько - технологічний код:

АБВГ.732184.001.975334.1134Д41М

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КНУ.КМР.131.24.1-06.02.ТЕА

Таблиця 2.4. - Типовий технологічний процес виготовлення корпусних деталей

Найменування, зміст операцій	Верстат	Оснащення
1. Чорнова й чистова обробка плоских поверхонь або площини й двох отворів.	Вертикально-фрезерний 6P13	Спец. пристосування
2. Обробка інших зовнішніх поверхонь.	Вертикально-фрезерний 6P13	Пристосування
3. Чорнова й чистова обробка головних отворів.	Горизонтально-розточний 2M615	Пристосування
4. Обробка дрібних і різьбових отворів.	Радіально-свердлильний 2H55	Пристосування
5. Оздоблювальна обробка плоских поверхонь і головних отворів.	Вертикально-фрезерний 6P13	Пристосування
6. Контроль.		

Проаналізувавши типовий технологічний процес виготовлення картеру приймаємо рішення застосувати верстати з ЧПК, що дозволить витримати принципи концентрації операцій, єдності та постійності баз.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

3.1 Проектування заготовки

Картер редуктора являє собою деталь геометрично складної форми з різними порожнинами й отворами. Матеріал, з якого виготовлений картер, а також його замітник мають прекрасні ливарні властивості. Тому заготовку доцільно одержати литтям.

Одержання заготовки картера редуктора відцентровим литтям неможливо через відсутність у деталі осі симетрії.

Спосіб лиття під тиском характеризується високими витратами на устаткування і його ремонт, а також складністю й тривалістю виготовлення пресформ. Тому використовувати даний спосіб лиття недоцільно.

Для попереднього вибору оптимального способу одержання заготовки скористаємося так називаємою матрицею впливу факторів.

Таблиця 3.1 - Матриця впливу факторів

Спосіб лиття	Тип вироб-ва	Матеріал ви-ливка	Маса вилив-ка	Товщина сті-нок	Отрим. точ-ність, квалі-тет	Шорст-кість поверхні	Область за-стосування	Σ
У піщані форми	+	+	+	+	+	+	+	7
В оболонкові форми	+	+	+	-	+	+	-	5
По виплавляємим мо-делям	+	-	+	+	+	+	-	5
У кокіль	+	+	+	+	+	+	+	7

З наведених у таблиці способів одержання заготовки найбільш прийнятний спосіб лиття в піщані форми.

Менш кращим є кокільне лиття, тому що сам кокіль коштує досить дорого й можливо їхнє жолоблення через значні усадочні й термічні напруги. Але при заданій програмі випуску N=2000 шт. цей метод може бути ефективним.

3.1.2 Проектування заготовки- вилівка [7]

Проаналізуємо товщину стінок вилівка.

Найменша товщина стінок визначається залежно від наведеного габариту заготовки:

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зусв				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХ-НОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕ-СУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ	Лім.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

$$N = (2l + b + h) / 3; \quad (3.1)$$

де: l, b, h - відповідно довжина, ширина й висота заготовки:

$l = 307$ мм; $b = 232$ мм; $h = 119$ мм.

$$N = (2 \cdot 0,307 + 0,232 + 0,119) / 3 = 0,32 \text{ мм.}$$

Мінімальна товщина стінки для виливків з сталі 35Л - 8 мм, для виливка з КЧ 35-10 - 5 мм.

Проаналізуємо можливість одержання внутрішніх порожнин виливка.

Мінімальний діаметр отворів, виконуваних литтям, може бути визначений по формулі:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1 \cdot S; \quad (3.2)$$

де: d_0 - вихідний діаметр;

S - товщина стінки, мм.

Для виливка з сталі 35Л:

$$\text{Ø}59 - d_{\min} = 10 + 0,1 \cdot [119 - (64 + 17,5)] = 13,75 \text{ мм.}$$

Одержуємо литтям.

Кріпильні й отвори, що орієнтують, литтям не одержуємо.

Форма картера редуктора допускає одержання всіх зовнішніх поверхонь відливки однією частиною форми.

Найбільш відповідальною поверхнею картера є його основна конструкторська база - торець 4. у зв'язку із цим ми розташовуємо виливок у формі таким чином, щоб торець 4 перебував у нижній її частині. Внутрішні порожнини й отвори одержуємо стрижневим формуванням.

В умовах дрібносерійного виробництва для лиття в піщані форми отверджуємо в контакт з оснащенням при найбільшому габаритному розмірі виливка $L = 307$. Установлюємо 9 клас точності [7]

Допуски лінійних розмірів виливків призначаємо по табл.2 [7] Основні припуску на механічну обробку виливків визначаємо по табл.3 [7]

Виливок у піщані форми.

Клас точності розмірів і мас - 9.

Ряд припусків - 4.

Граничні відхилення зсуву $\pm 0,8$ мм (табл. 2 [7]).

Визначаємо ступінь жолоблення.

$$\text{Співвідношення сторін виливка } \frac{119}{307} = 0,39.$$

Ступінь жолоблення 1-7. призначаємо 6.

Граничні відхилення жолоблення $\pm 0,4$.

Верхнє граничне відхилення маси виливка не повинне перевищувати % .

Визначаємо припуски на механічну обробку.

Ряд припусків 4 .

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 - Одержання розмірів заготовки

Номинальний розмір	Допуск на розмір вилівка	Загальний припуск	Розрахунковий розмір	Прийнятий розмір
Ø90H7	2,2	$4,6 \times 2 = 9,2$	80,8	$80,5 \pm 1,1$
Ø80H7	2,2	$4,6 \times 2 = 9,2$	70,8	$70,5 \pm 1,1$
Ø70H9	2,2	$4,6 \times 2 = 9,2$	60,8	$60,5 \pm 1,1$
Ø65H9	2,2	$4,6 \times 2 = 9,2$	55,8	$55,5 \pm 1,1$
Ø75b12	2,2	$3,8 \times 2 = 7,6$	82,6	$82,5 \pm 1,1$
Ø59H14	2,0	$3,4 \times 2 = 6,8$	52,2	$52 \pm 1,0$
L10h11	1,2	3,4	13,4	$13,5 \pm 0,6$
L119I _s 14	2,4	$3,8 + 3,4 = 7,2$	126,2	$126 \pm 1,2$
L89I _s 14	2,2	$3,8 + 3,4 = 7,2$	96,2	$96 \pm 1,1$
L71	2,2	$3,8 - 3,4 = 0,4$	71,4	$71,5 \pm 1,1$
L64	2,2	$3,8 - 3,4 = 0,4$	64,4	$64,5 \pm 1,1$
L62	2,0	$3,4 - 3,4 = 0$	62	$62 \pm 1,0$

Призначаємо формувальні ухили.

Ø83,5±0,9 - 1°31'

Ø53±0,8 - 2°051

Ø60,5±0,9 - 3°49'

Ø80,5±0,9 - 3°03'

Ø55,5±0,9 - 3°49'

Ø70,5±0,9 - 3°03'

Ø70,5±0,9 - 3°03'

Призначаємо радіуси закруглення при сполученні стінок.

Незначені лінійні радіуси для виливків із чавуну R5мм.

Для виливків із чавуну КЧ 35-10 призначаємо термообробку: графітізоване відпалення для розкладання карбідів (усунення відбілу) і зниження твердості поверхневого шару. Він виробляється при температурі 950° ... 980°С. Нагрівання до температури 950 -980 С впродовж 20 годин. Потім відбувається графітізація надлишкового цементиту (за 10-12 годин). Потім печі виключають і деталі в ній прохолоджуються до 740°С.

Потім роблять другу витримку, що триває близько 30 год (іноді ізотермічну витримку замінюють повільним охолодженням від 770° до 700° протягом приблизно 30 год). Після витримки при 740 ° виливка вивантажують із печі й прохолоджують на повітрі. Це дозволяє одержати більше фериту й надає більшу пластичність виливку.

Кінцеве охолодження виливків в інтервалі температур 500° - 300 С прагнуть робити швидко щоб уникнути відпускнуї крихкості.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для сталі 35Л: сталеві виливки звичайно мають грубозернисту неоднорідну структуру й низьку пластичність. Сталеве лиття відпалити при температурі 850 - 870 С з витримкою протягом 4 годин і остудити з піччю. У цьому випадку одержуємо найбільшу пластичність і мінімальний рівень внутрішніх напружень.

Технічні умови.

Можлива заміна матеріалу на сталь 35Л ДСТУ 8781:2018.

Графітізуючий відпал до $HV \leq 149$, $\sigma_B = 500$ МПа, $\rho = 10\%$.

Поверхню заготовки дробоструїти.

Твердість вимірювати на торці 4.

Граничні відхилення не більше $\pm 0,8$ мм.

На поверхні Ю допускається чорнота до 100%.

Поверхня Ш повинна бути чистою й рівною.

На неопрацьованих поверхнях допускаються одиночні раковини глибиною, що не перевищує 20% від товщини стінки, діаметром не більше подвоєної глибини.

Внутрішню поверхню ретельно очистити від формувальної суміші, окалини й пригару, прибутки й живильники видалити.

Точність вилівка 9-9-6-4.

Виливок III-й групи складності.

Незазначені ливарні радіуси 5 мм.

Контролювати 20% заготовки.

3.2 Вибір і обґрунтування баз

Деталь «Картер редуктора» є картерною деталлю коробчатої форми. Основною конструкторською базою є торець 4 і два отвори $\varnothing 10H7$.

Допоміжною конструкторською базою є два отвори $\varnothing 80H7$ і отвори $\varnothing 90H7$.

Деталь не має розвинутої чорнової бази для фрезерування торця 4, що є поверхнею, що базує, на наступних операціях. Торець 4 є основною конструкторською, технологічною, вимірювальною, настановною, явною базою.

На першій операції - №005 вертикально-фрезерній з ЧПК – базування заготовки здійснюється по площині на чотири опори й по двох бічних сторонах. Площина - установна база позбавляє заготовку 3-х ступенів вільності. Одна бічна сторона - напрямна база, позбавляє двох ступенів вільності, інша бічна сторона - опорна база, позбавляє одного ступеня вільності.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

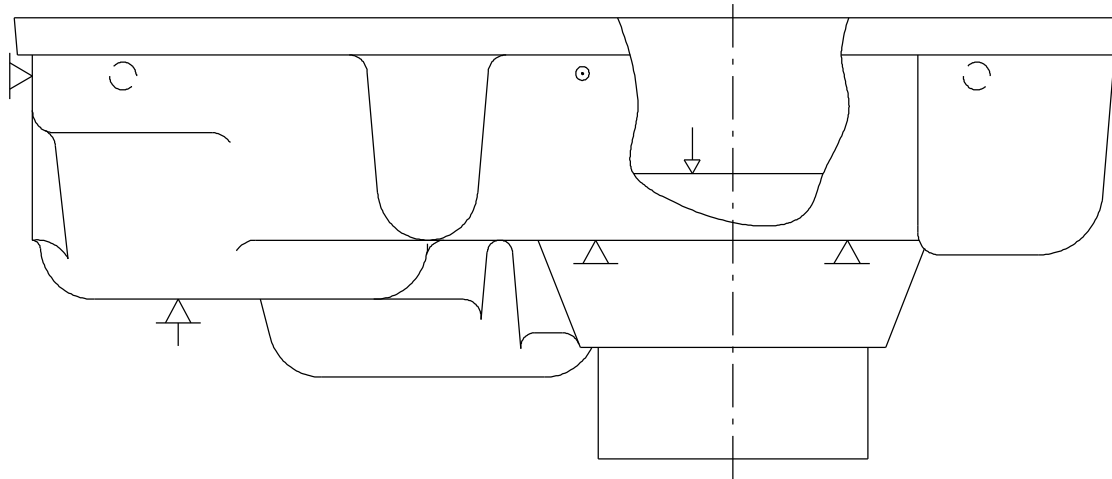


Рисунок 3.1 - Базування деталі на першій операції

На операціях №010, 045 свердлильних з ЧПК установка заготовки здійснюється по площині й двом внутрішнім поверхням. При такій схемі базування торцева поверхня - установна база, позбавляє заготовку трьох ступенів вільності, одна внутрішня поверхня - напрямна база, позбавляє заготовку двох ступенів вільності, друга внутрішня поверхня - опорна база, позбавляє заготовку одного ступеня вільності.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

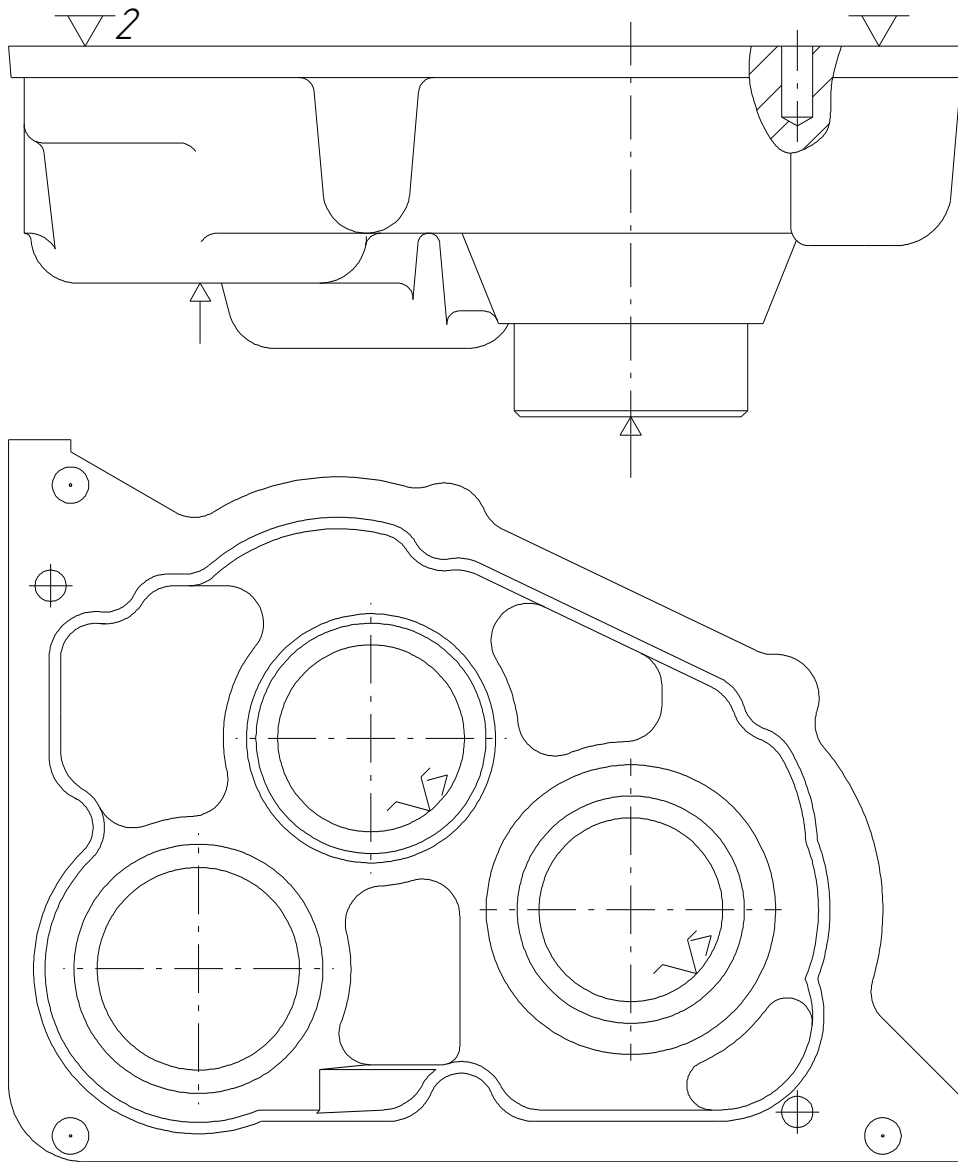


Рисунок 3.2 – Можливі схеми базування при обробці

На токарних операціях з ЧПК 015, 020, 025 встановлення заготовки здійснюється по торцю й двом отворам на циліндричний і зрізаний пальці. Торець - установна база, позбавляє заготовку трьох ступенів вільності, один отвір - пряма база, позбавляє заготовку двох ступенів вільності, другий отвір - опорна база, позбавляє заготовку одного ступеня вільності.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На фрезерній операції з ЧПК 035 та свердлильній з ЧПК 040 базування заготовки здійснюється по торцю й двом внутрішнім поверхням на пальці. При такій схемі базування торець - установна база, позбавляє заготовку трьох ступенів вільності, одна внутрішня поверхня - напрямна база позбавляє заготовку двох ступенів вільності, інша внутрішня поверхня є опорною базою, позбавляє заготовку одного ступеня вільності.

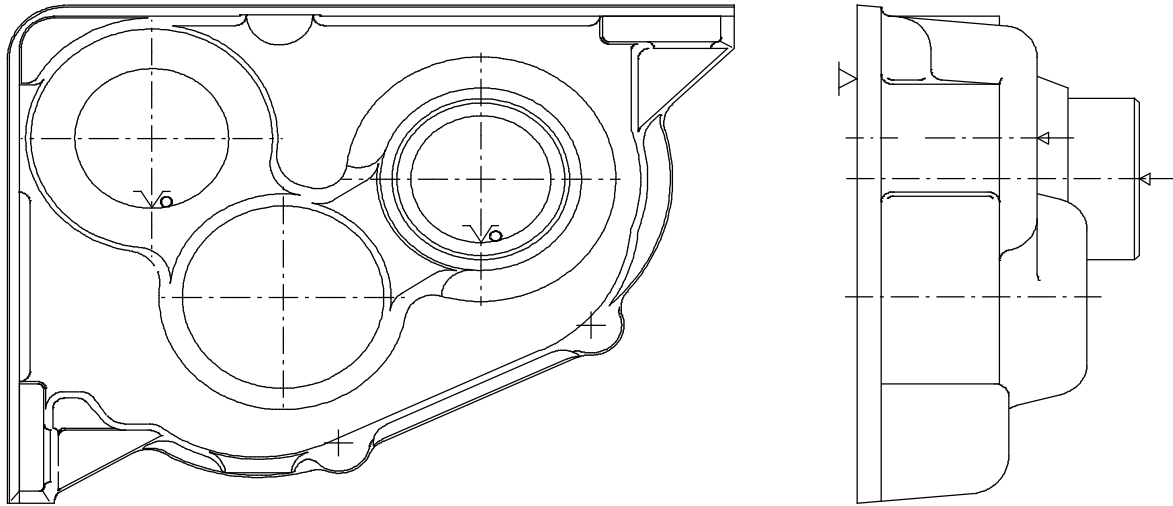


Рисунок 3.5 – Схеми базування при обробці

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі «Картер редуктора» дотримується принцип єдності й постійності баз. Так торець 2 є конструкторською, технологічною, вимірювальною базою. Отвори $\text{Ø}10\text{H}7$ є конструкторськими, технологічними базами. Отвори $\text{Ø}80\text{H}7$, $\text{Ø}90\text{H}7$ є допоміжними конструкторськими й технологічними базами. На всіх операціях (крім першої) торець є настановною базою. Збереження постійної технологічної бази при обробці на різних операціях знижує похибку взаєморозташування оброблюваних поверхонь.

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Таблиця 3.3 - Обробка поверхонь по переходах

№ з/п поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість R_a , мкм	Точність IT	Допуск T, мм
1	2	3	4	5
Пов. 1 - $\text{Ø}80\text{H}7$	Чорнове розточування	12,5	H12	0,30
Пов. 2 - $\text{Ø}80\text{H}7$	Чистове розточування	3,2	H9	0,074
	Тонке розточування	1,6	H7	0,03

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
Пов. 3 – Ø90H7	Чорнове розточування	12,5	H12	0,35
	Чистове розточування	3,2	H9	0,087
	Тонке розточування	1,6	H7	0,035
Пов. 4,5 – 80H7	Центрування	12,5	H14	0,30
	Свердління	12,5	H12	0,15
	Розгортання попереднє	3,2	H9	0,036
	Розгортання остаточне	1,6	H7	0,015
Пов. 6 – Ø70H9	Чорнове розточування	12,5	H12	0,30
	Чистове розточування	3,2	H11	0,19
	Тонке розточування	1,6	H9	0,074
Пов. 7 – Ø65H9	Чорнове розточування	12,5	H12	0,30
	Чистове розточування	3,2	H9	0,074
Пов. 8 - торець в р 10h11	Чорнове фрезерування	12,5	h12	0,15
	Чистове фрезерування	3,2	h11	0,1
Пов. 9 – M12 – 6H	Свердлення отворів	12,5	H12	0,18
	Зенкування фаски	12,5	H12	0,18
	Нарізання різьби	3,2	6H	0,15
Пов. 10 – M16×1,5 – 6H	Свердлення отворів	12,5	H12	0,18
Пов. 28	Зенкування фаски	12,5	H12	0,18
	Нарізування різьблення	3,2	6H	0,15
Пов. 11 – 5IT14	Фрезерування площини	3,2	IT14	0,3
Пов. 12 – 75b12	Чорнове точіння	12,5	b12	0,3
Пов. 13 – 2,5×45°	Напівчистове розточування фа- ски	6,3	IT14	0,25
Пов. 14 – 2×45°	Напівчистове розточування фа- ски	6,3	IT14	0,25
Пов. 15 – 1,5×30°	Напівчистове розточування фа- ски	6,3	IT14	0,25
Пов. 16 – 4×15°	Напівчистове розточування фа- ски	6,3	IT14	0,3
Пов. 17 – 0,5×30°	Чистове розточування фаски	3,2	IT14	0,25
Пов. 18 – 17H14	Свердлення отворів	12,5	H14	0,43
Пов. 19 – р-р 89	Чорнове підрізання торця	12,5	IT14	0,87

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД

Арк.

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
Пов. 20 – р-р 119	Чорнове підрізання торця	12,5	IT14	0,87
Пов. 21 – Ø59H14	Чорнове розточування	12,5	H14	0,74
Пов. 22 – 2×45°	Чорнове точіння фаски	12,5	IT14	0,25
Пов. 23 – 1,5×30°	Чорнове розточування фаски	12,5	IT14	0,25
Пов. 24 – р-р 64	Чорнове підрізання торця	12,5	-	0,75
Пов. 25 – р-р 62	Чорнове підрізання торця	12,5	-	0,75
Пов. 26 – р-р 71	Чорнове підрізання торця	12,5	-	0,75
Пов. 27 – р-р 5	Чорнове фрезерування	12,5	IT14	0,3

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

Таблиця 3.4 - Маршрут обробки

№ опер.	Найменування операцій	№ з/п оброб. поверхні	№ з/п базуючої поверхні	Тип моделі верста-та
005	Вертикально-фрезерна з ЧПК	8	3 площини	Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-2
010	Свердлильна з ЧПК	4,5	8,1,3	Вертикально-фрезерна з ЧПК HAAS VF-2
015	Токарна з ЧПК	6,3,13,23,24	4,5,8	Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410 SX12
020	Токарна з ЧПК	1,16,26	4,5,8	Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410 SX12

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4				
1	2	3	4	5
025	Токарна з ЧПК	2,7,14,15,17,25	4,5,8	Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410 SX12
030	Токарна з ЧПК	21,12,22	3,8	Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410 SX12
035	Вертикально-фрезерна з ЧПК	Ч, Ф, Х	3,8,2	Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-2
040	Вертикально-фрезерна з ЧПК	18,10	3,8,2	Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-2
045	Свердлильна з ЧПК	9	8,1,3	Вертикально-фрезерний з ЧПК HAAS VF-2
050	Фарбувальна			
055	Контрольна			

3.5 Розробка технологічних операцій

Таблиця 3.5 - Технологічні операції

№ з/п опер. та пер-ів	1.Назва операції 2.Верстат 3.Зміст переходів технологічної операції	Верстатне при-стосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005 А 1 2 Б	Вертикально-фрезерна з ЧПК HAAS VF-2 Установити й закріпити заготовку Фрезерувати торець 8 начорно Фрезерувати торець 8 начисто Відкріпити, зняти деталь	УСП	Фреза торцева Sandvik 357-315Q60-24M Ø315, z = 30 Фреза торцева RA245-254R63-18M Лінійка 0-500 ДСТУ ГОСТ 427-75
010 А 1	Свердлильна з ЧПК HAAS VF-2 Установити й закріпити деталь Центрувати отвори пов-ні 4, 5 Свердлити отвори поверхні 4, 5 Розгорнути попередньо отвори повер	УСП	Свердло 326R08-B25100VM-TH за каталогом "Sandvik Coromant", Свердло 495-012A16-4509L за каталогом "Sandvik Coromant",

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
2 3 4 Б	хні 4,5 Розгорнути остаточно отвори поверхні 4,5 Відкріпити й зняти деталь		Розгортання Ø9,96 Розгортання Ø10H7 ДСТУ ГОСТ 1672-80 Втулка перехідна КМ1-КМ4 ДСТУ ГОСТ 13598-68, Патрон цанговий, Патрон свердлильний Калібр-пробка 10H7 ДСТУ ГОСТ 14811-79
015 А 1	Токарна з ЧПК Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410 SX12Установити й закріпити деталь Розточити начорно поверхні 6,3,24	Спец. приспосовування	Різець розточний S40V-PCLNR12 (CNMG-120408-NR) «SECO»
2 3 Б	Розточити начисто поверхні 6,3,13,23 Розточити тонко поверхні 6,3 Відкріпити й зняти деталь	Спец. приспосовування	Різцетримач Пробка 70H9 Пробка 90H7
020 А 1 2 3 Б	Токарна з ЧПК Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410 SX12 Установити й зняти деталь Розточити начорно поверхні 1,26 Розточити начисто поверхні 1,16 Розточити тонко поверхню 1 Відкріпити й зняти деталь	Спец. приспосовування	Різець розточний S40V-PCLNR12 (DCM-T11T304-NN) «Lamina» Різцетримач Пробка 80H7 ДСТУ ГОСТ 14815 - 79 Шаблон спеціальний
025 А 1 2 3 Б	Токарна з ЧПК Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410 SX12 Установити й закріпити деталь Розточити начорно поверхня 2,25,7 Розточити начисто поверхня 2,7,14,15,17 Розточити тонко поверхня 2 Відкріпити й зняти деталь	Спец. приспосовування	Розточна оправка CoroTurn® 107 для точіння A16T-SCLCR 4HP Ріжуча пластина CCMT 12 04 12-PM 4325 S40V-PCLNR12 (DNMG-150412-NN) S40V-PCLNR12 (VBMT-160404-NN) Пробка 80H7 Пробка 65H9 ДСТУ ГОСТ 14815-79 Шаблон спеціальний

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД

Арк.

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
030 А 1 2 Б	Токарна з ЧПК Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410 SX12 Установити й закріпити деталь Розточити начорно поверхню 21 Точити начорно поверхню 12,22 Відкріпити й зняти деталь	Спец. прис- тосування	S4 Розточна оправка CogoTurn® 107 для то- чіння A16T-SCLCR 4HP Ріжуча пластина CCMT 12 04 12-PM 4325 Державка T-Max для точіння DSSNR 2020K 12 Ріжуча пластина SNMG 25 07 24-PR 4325 Ш-Ц I-125-0,1 ДСТУГОСТ 166-89 Скоба 75b12 ДСТУ ГОСТ 18356- 73
035 А 1 Б	Вертикально-фрезерна HAAS VF-2 Установити й закріпити деталь Фрезерувати площини Ч, Ф, Х с поворотом деталі на 90° Відкріпити й зняти деталь	Спец. прис- тосування	Фреза торцева Sandvik 357-315Q60-24M Ø125, z = 12,
040 А 1 2 3 4 Б 5 В 6 7 8 Г	Вертикально-свердлильна HAAS VF-2 Установити й закріпити деталь Свердлити отвору поверхня 18 Свердлити отвору поверхня 10 Зенкувати фаску в отвір 10 Нарізати різьбу в отвір 10 Повернути деталь Свердлити отвір поверхня 18 Повернути деталь Свердлити отвір поверхня 28 Зенкувати фаску в отвір 28 Нарізати різьбу в отвір 28 Відкріпити й зняти деталь		Свердло SD103-11.00-30-16R7 Свердло SD103-13.50-40-16R7 Зенківка Ø20 ДСТУГОСТ 14953-80 Мітчик машинний DIN2181 M8 885 HSS “Sandvik Coromant” ШЦ I-1250,1 ДСТУ ГОСТ 166-89, Пробка різьбова M16×1,5 ДСТУГОСТ 17758-72 Втулка перехідна
045 А 1 2 3	Свердлильна з ЧПК HAAS VF-2 Установити й закріпити деталь Свердлити 7 отворів поверхня 9 Зенкувати фаску Нарізати різьбу в 7 отворах повер- хня 9	Спец. прис- тосування	Свердло SD103-13.50-40-16R7 Ø11 Зенківка Ø20 ДСТУ ГОСТ 14953- 80 Мітчик машинний

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4
Б	Відкріпити й зняти деталь		DIN2181 M8 885 HSS “Sandvik Coromant” Патрон свердлильний Патрон різьбонарізний Втулка перехідна КМ1-КМ4 ДСТУГОСТ 13598-68 Пробка різьбова 12 ДСТУ ГОСТ 17758-72
050	Фарбувальна		
055	Контрольна		

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.6.1 Розрахунок припусків на внутрішню циліндричну поверхню Ø80H7

Таблиця 3.6 - Переходи обробки поверхні

Переходи обробки	Чистота		Точність	
	Клас	Ra	Квалітет	Допуск, мкм
Заготовка	1	500		2200
Чорнове розточування	3	12,5	H12	300
Чистове розточування	5	3,2	H9	74
Тонке розточування	6	1,6	H7	30

Таблиця 3.7 - Розрахункова карта

Послідовність обробки	Елементи припуску				Розрахунковий припуск $2t_{min}$, мкм	Розрахунковий максимальний розмір D_p , мкм	Допуск T , мкм	Прийняті розміри, мм		Граничні значення припусків	
	Rz	h	$\Delta \Sigma$	ϵ_{γ}				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Заготовка	-	-	2210	-	-	73,695	2200	71,495	73,695	-	-
Чорнове розточування	100	-	132,6	100	5624	79,319	300	79,019	79,319	5624	7524
Чистове розточування	25	-	88	6	477	79,796	74	79,722	79,796	477	703
Тонке розточування	5	-	-	4	234	80,03	30	80	80,03	234	278

$$\text{Перевірка: } T_{\text{заг}} - T_3 = \sum 2Z_{Omax} - \sum 2Z_{Omin}$$

$$2200-30=8505-6335$$

$$2170=2170$$

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6.2 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Таблиця 3.8 - Послідовність обробки торцевих поверхонь

№ пов.	Найменування переходу	Номинальний розмір	Квалітет IT	Допуск T	Припуск t	Позначення припуску Z_i
8	Заготовка	13,5	Js 16	1,2	-	
	Чорнове фрезерування торцю	11,5	h 12	0,15	2	Z_1
	Чистове фрезерування торцю	10	h 11	0,1	1,5	Z_2
20	Заготовка	126	Js 16	2,4	-	
	Чорнове підрізання торцю	119	Js 14	0,87	3,8	Z_4
19	Заготовка	96	Js 16	2,2	-	
	Чорнове підрізання торцю	89	Js 14	0,87	3,8	Z_3

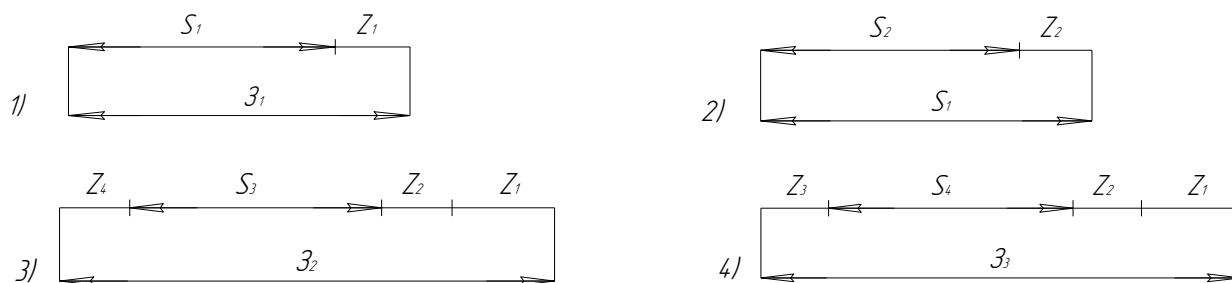


Рисунок 3.6 - Розмірні ланцюги

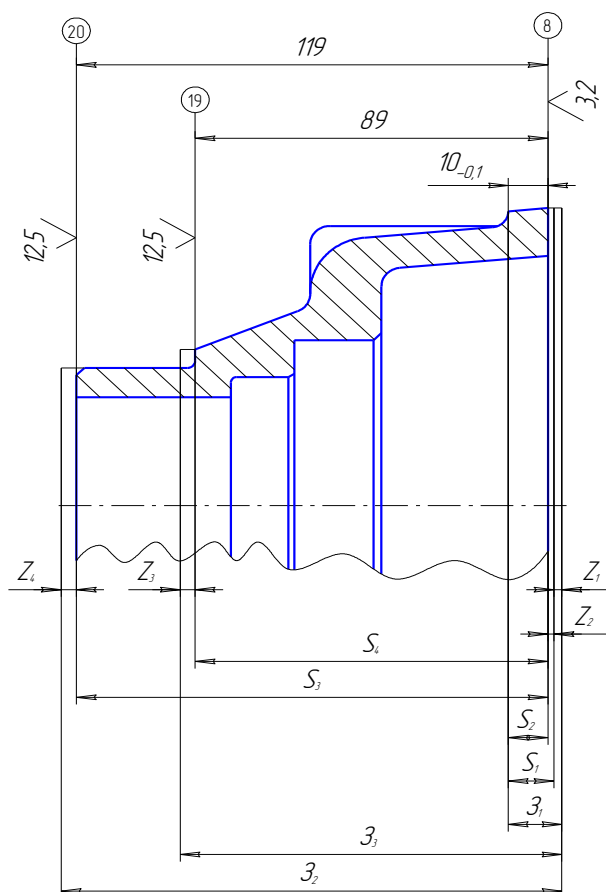


Рисунок 3.7 - Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

3.6.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 3.9 - Розрахунок розмірних ланцюгів з визначенням міжопераційних розмірів і припусків з допусками

№ ланцюга	Вихідні дані	Розрахунок номінальних значень	Міжопераційний розмір з відхиленням	Уточнене значення припуску Z_i
1	2	3	4	5
4	$S_4 = 89 \pm 0,435$ $Z_1 = 2$ $Z_2 = 1,5$ $Z_3 = 3,8$	$Z_3 = S_4 + Z_1 + Z_2 + Z_3;$ $Z_3 = 89 + 2 + 1,5 + 3,8 =$ $= 96,3$	$Z_3 = 96,3 \pm 1,1$	$Z_3 = Z_3 - S_4 - Z_1 - Z_2;$ $Z_3 = (96,3 \pm 1,1) - (89 \pm$ $+ 0,435) - 2 - 1,5 =$ $= 3,8 \pm 1,535$
3	$S_3 = 119 \pm$ $0,435$ $Z_1 = 2$ $Z_2 = 1,5$ $Z_4 = 3,8$	$Z_2 = S_3 + Z_1 + Z_2 + Z_4;$ $Z_2 = 119 + 2 + 1,5 + 3,8$ $=$ $= 126,3$	$Z_2 = 126,3 \pm 1,2$	$Z_4 = Z_2 - S_3 - Z_1 - Z_2;$ $Z_4 = (126,3 \pm 1,2) -$ $- (119 \pm + 0,435) - 2 - 1,5$ $= 3,8 \pm 1,535$

Продовження таблиця 3.10

1	2	3	4	5	6	7
Ø70H 9	Чорнове розточування	12,5	H12	0,3	7,5	68 ^{+0,3}
	Чистове розточування	3,2	H11	0,19	1,5	69,5 ^{+0,19}
	Тонке розточування	1,6	H9	0,074	0,5	70,0 ^{+0,074}
Пов. 7 Ø65H 9	Заготовка	500	IT16	2,2	-	55,5±0,1
	Чорнове розточування	12,5	H12	0,3	8,0	63,5 ^{+0,3}
	Чистове розточування	3,2	H9	0,074	1,5	65 ^{+0,074}
Пов. 8 торець в р-р 10h11	Заготовка	500	IT16	1,2	-	13,5±0,6
	Чорнове фрезерування	12,5	H12	0,15	2,0	11,5 _{-0,15}
	Чистове фрезерування	3,2	H11	0,1	1,5	10 _{-0,1}
Пов. 9 M12- 6H	Свердління отвору	12,5	H12	0,18	-	11 ^{+0,18}
	Зенкування фаски	12,5	H12	0,18	1,0	12 ^{+0,18}
	Нарізування різьблення	3,2	6H	0,15	1,0	M12 ^{+0,15}
Пов. 10,28 M16x1 ,5- -6H	Свердління отвору	12,5	H12	0,18	-	14,5 ^{+0,18}
	Зенкування фаски	12,5	H12	0,18	1,5	16 ^{+0,18}
	Нарізання різьби	3,2	6H	0,15	1,5	M16x1,5 ^{+0,15}
Пов. 19 р-р 89	Заготовка	500	IT16	1,8	-	96±1,1
	Чорнове підрізання торця	12,5	IT14	0,87	3,5+3,5	89±0,435
Пов. 20 р-р 119	Заготовка	500	IT16	2,4	-	126±1,2
	Чорнове підрізання торця	12,5	IT14	0,87	3,5+3,5	119±0,435
Пов. 21 Ø59H 14	Заготовка	500	IT16	2,0	-	52±1,0

Продовження таблиці 3.10

	Чорнове розточування	12,5	H14	0,74	7	59±0,74
Пов. 24	Заготовка	500	IT16	2,2	-	64,5±1,1
	Чорнове підрізання торця	12,5	-	+0,75	0,5	64 ^{+0,5} _{-0,25}
Пов. 25 р-р 62	Заготовка	500	IT16	2,0	-	62±1,0
	Чорнове підрізання торця	12,5	-	0,75	-	62 ^{+0,5} _{-0,25}
Пов. 26 р-р 71	Заготовка	500	IT16	2,2	-	71,5±1,1
	Чорнове підрізання торця	12,5	-	0,75	0,5	71 ^{+0,5} _{-0,25}
Пов. 12 Ø75в1 2	Заготовка	500	IT16	2,2	-	82,5±1,1

3.7 Розрахунок та вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Розрахунок режимів різання виконуємо на операцію 010 свердлильну з ЧПК.

Вихідні дані для розрахунку:

Деталь – картер редуктора

Матеріал – ковкий чавун КЧ35-10, HB<149, $\sigma_B=560-630$ МПа

Точність обробки – Ø10H7(+0,015)

Шорсткість поверхні – Ra1,6

Заготовка – відливка

Маса заготовки – 13,3кг

Припуск на обробку – отвір у суцільному матеріалі

Верстат – вертикально- фрезерний з ЧПК HAAS VF-2

Склад операцій: обробити 2 отв. Ø10H7 на глибину l=20мм

Переходи операцій:

зацентрувати 2 отв. Ø3,15 на l=7,5мм

свердлити 2 отв. Ø9,8 на l=20

розгортати 2 отв. попередньо Ø9,96 на l=20

розгортати 2 отв. остаточно Ø10H7 на l=20

Визначення глибини різання:

при центруванні $t=d/2=3,15/2=1,575$ мм

при свердлінні $t=D/2=9,8/2=4,9$ мм

при розгортанні попередньому $t = \frac{D_1 - D}{2} = \frac{9,96 - 9,8}{2} = 0,08$ мм

при розгортанні остаточно $t = \frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{10 - 9,96}{2} = 0,02$ мм

Вибір різального інструменту:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД					

Свердло 326R08-B25100VM-TH за каталогом “Sandvik Coromant“ Ø3,15
 Свердло 495-012A16-4509L за каталогом “Sandvik Coromant“ Ø9,8
 Розгортка 860.1-1000-045A1-PM за каталогом “Sandvik Coromant” Ø9,96
 Розгортка 860.1-1000-045A1-PM за каталогом “Sandvik Coromant” Ø10H7

Вибір подачі, швидкості, потужності та осьової сили різання визначається по картам 46...51[]

Елементи режимів різання для переходів:

центрування Ø3,15:

$S_{от}=0,13$ мм/об, $V_T=27,5$ м/хв, $P_T=509$ Н, $N_T=0,20$ кВт (карта 46, лист 1, поз.5, індекс а,б,в,г)

свердління Ø9,8:

$S_{от}=0,35$ мм/об, $V_T=25,8$ м/хв, $P_T=2647$ Н, $N_T=1,1$ кВт (карта 46, лист 1, поз.5, індекс Н,о,h,р)

розгортання чорнове Ø9,96:

$S_{от}=0,71$ мм/об, $V_T=7,55$ м/хв, $P_T=45,6$ Н, $N_T=0,53$ кВт (карта 49, поз.8, індекс а,б,в,г)

розгортання напівчистове Ø10H7:

$S_{от}=0,59$ мм/об, $V_T=9,9$ м/хв, $P_T=17$ Н, $N_T=0,34$ кВт (карта 49, лист 10, поз.5, індекс а,б,в,г)

Таблиця 3.12 - Значення величини режимів різання

Виконуємий перехід	Режими різання				
	$S_{от}$, мм/об	V_T , м/хв	N_T , кВт	P_T , Н	n , об/хв
1	2	3	4	5	6
Центрування Ø3,15	0,13	27,5	0,20	509	2780
Свердління Ø9,8	0,35	25,8	1,1	2647	838
Розгортання чорнове Ø9,96	0,71	7,5	0,53	45,6	239
Розгортання напівчистове Ø10H7	0,59	9,9	0,34	17	315

Величини частот обертання шпинделя n_T визначаємо по формулі:

$$n_T = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя n_T :

для центрування: $n_T = \frac{1000 \cdot 27,5}{3,14 \cdot 3,15} = 2780$ об/хв

для свердління: $n_T = \frac{1000 \cdot 25,8}{3,14 \cdot 9,8} = 838$ об/хв

для розгортання чорнового: $n_T = \frac{1000 \cdot 7,5}{3,14 \cdot 9,96} = 239$ об/хв

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД					

$$S_M = S_0 \cdot n$$

для центрування: $S_M = 0,11 \cdot 2077 = 220$ мм/хв

для свердління: $S_M = 0,29 \cdot 604 = 175$ мм/хв

для розгортання чорнового: $S_M = 0,60 \cdot 173 = 103$ мм/хв

для розгортання напівчистового: $S_M = 0,50 \cdot 227 = 113,5$ мм/хв

з урахуванням паспортних даних верстату приймаємо найближчі подачі S_Φ та частоту обертання n_Φ :

1) для центрування: $S_{M\Phi} = 200$ мм/хв, $n_\Phi = 1400$ об/хв,

$S_{O\Phi} = 0,14$ мм/об,

2) для свердління: $S_{M\Phi} = 160$ мм/хв, $n_\Phi = 710$ об/хв,

$S_{O\Phi} = 0,22$ мм/об,

3) для розгортання чорнового: $S_{M\Phi} = 100$ мм/хв, $n_\Phi = 180$ об/хв,

$S_{O\Phi} = 0,55$ мм/об,

4) для розгортання напівчистового: $S_{M\Phi} = 125$ мм/хв, $n_\Phi = 250$ об/хв,

$S_{O\Phi} = 0,5$ мм/об.

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\Phi}{1000}$$

для центрування: $V = \frac{3,14 \cdot 3,15 \cdot 1400}{1000} = 13,8$ м/хв

для свердління: $V = \frac{3,14 \cdot 9,8 \cdot 710}{1000} = 21,8$ м/хв

для розгортання чорнового: $V = \frac{3,14 \cdot 9,96 \cdot 180}{1000} = 5,6$ м/хв

для розгортання напівчистового: $V = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 250}{1000} = 7,85$ м/хв

коректуємо значення потужності та осьової сили за формулами :

для центрування, свердління: $N = \frac{N_T}{K_{NM}}$, $P = \frac{P_T}{K_{PM}}$,

для розгортання: $N = \frac{N_T \cdot K_N}{K_{NM}}$, $P = \frac{P_T \cdot K_P}{K_{PM}}$

По карті 53 лист 2 визначаємо поправочні коефіцієнти:

$K_{NM} = K_{PM} = 0,85$

По таблиці визначаємо:

$K_{NI} = 1,93$ для розгортання чорнового

$K_{NI} = 1,0$ для розгортання напівчистового

$K_{PI} = 3,0$ для розгортання чорнового

$K_{PI} = 1,0$ для розгортання напівчистового

З урахуванням коефіцієнтів скоректовані значення потужності різання та осьової сили:

1) для центрування $N = \frac{0,20}{0,85} = 0,23$ кВт, $P = \frac{5,09}{0,85} = 589$ Н,

2) для свердління $N = \frac{1,1}{0,85} = 1,29$ кВт, $P = \frac{2647}{0,85} = 3114$ Н,

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) для розгортання чорнового $N = \frac{0,53 \cdot 1,93}{0,85} = 1,2 \text{ кВт}$, $P = \frac{45,6 \cdot 3,0}{0,85} = 160,9 \text{ Н}$,

4) для розгортання напівчистового $N = \frac{0,34 \cdot 1}{0,85} = 0,4 \text{ кВт}$, $P = \frac{17 \cdot 1}{0,85} = 20 \text{ Н}$.

Перевірка режимів по потужності приводу головного руху та допустимому зусиллю подачі.

Згідно паспорту верстату потужність двигуна $N_d=10 \text{ кВт}$, коефіцієнт корисної дії $\eta=0,81$, допустима сила подачі $P_{CT}=15000\text{Н}$. Зі всіх переходів найбільша потужність різання відповідає свердлінню $N=1,29\text{кВт}$.

Перевіряємо умову $N \leq N_d \cdot \eta$

$$11,29 < 3,24 \text{ – умова виконується}$$

Максимальна сила подачі необхідна для переходу свердління та складає $P=3114\text{Н}$, що менше допустимого значення по верстату.

Отже, встановлені режими різання можливі на даному верстаті.

Розробка технологічного процесу

Визначення часу автоматичної роботи верстату за програмою

Основний час автоматичної роботи верстату T_o визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L_{PX}}{S_{M\Phi}}$$

Довжина робочого ходу:

$$L_{PX}=l_0+l_1+l_2$$

де l_0 - довжина (глибина) оброблюваного отвору, l_1 – довжина підводу інструменту, l_2 – довжина врізання інструменту.

З додатка 23 [] визначаємо величини l_1 та l_2 .

Довжина робочого ходу інструменту:

для центрування $L_{PX}=7,5+5+3=15,5\text{мм}$

для свердління $L_{PX}=20+5+5=30\text{мм}$

для розгортання чорнового $L_{PX}=20+5+3=28\text{мм}$

для розгортання напівчистового $L_{PX}=20+5+3=28\text{мм}$

основний час автоматичної роботи верстату:

для центрування $T_o = \frac{15,5}{200} \cdot 2 = 0,155 \text{ хв}$

для свердління $T_o = \frac{30}{160} \cdot 2 = 0,375 \text{ хв}$

для розгортання чорнового $T_o = \frac{28}{100} \cdot 2 = 0,56 \text{ хв}$

для розгортання напівчистового $T_o = \frac{28}{100} \cdot 2 = 0,45 \text{ хв}$

Сумарний основний час:

$$\sum T_o = 0,155 + 0,375 + 0,56 + 0,45 = 1,54 \text{ хв}$$

Для визначення машинно-допоміжного часу на виконання автоматичних допоміжних ходів $T_{МВХ}$ з даних на операцію обираємо величину швидкого підводу інструменту від вихідної точки R (та його відводу для заміни інструменту), з карти

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наладки інструментів, значення корекції на виліт кожного інструменту по відношенню до інструменту з максимальним вильотом.

Приймаємо $R=100\text{мм}$, величина корекції для розгорток чорної та напівчистової $K=10,0\text{мм}$, для центровочного свердла $K=20\text{мм}$. Величина підводу інструменту складається з величин R, K, L_{PX} .

Машинно-допоміжний час $T_{\text{МВХ}}$ визначається за формулою:

$$\text{для центрування } T_{\text{МВХ}} = \left(\frac{2(R+K) + L_{PX}}{S_{XX}} \right) \cdot i$$

$$\text{для свердління } T_{\text{МВХ}} = \left(\frac{2R + L_{PX}}{S_{XX}} \right) \cdot i$$

$$\text{для чорнового та напівчистового розгортання } T_{\text{МВХ}} = \left(\frac{2(R+K) + L_{PX}}{S_{XX}} \right) \cdot i$$

де S_{XX} – подача холостого ходу, $S_{XX}=4000\text{мм/хв}$, i – кількість отворів, $i=2$.

Машинно-допоміжний час на холості ходи:

$$\text{для центрування } T_{\text{МВХ}} = \left(\frac{2(100+50) + 15,5}{4000} \right) \cdot 2 = 0,157 \text{ хв,}$$

$$\text{для свердління } T_{\text{МВХ}} = \left(\frac{2100+30}{4000} \right) \cdot 2 = 0,115 \text{ хв,}$$

для чорнового та напівчистового розгортання

$$T_{\text{МВХ}} = \left(\frac{2(100+10) + 28}{4000} \right) \cdot 2 = 0,124 \text{ хв}$$

Визначаємо сумарний час $T_{\text{МВХ}}$:

$$\sum T_{\text{МВХ}} = 0,157 + 0,115 + 0,124 + 0,124 = 0,52 \text{ хв.}$$

Машинно-допоміжний час на автоматичну заміну інструменту $T_{\text{МВИ}}$ берем з паспортних даних верстату. Час повороту револьверної головки на одну позицію $0,05\text{хв}$. Для обробки необхідно 4 інструменту. Сумарний час на автоматичну заміну інструменту

$$T_{\text{МВХ}} = 4 \cdot 0,05 = 0,2 \text{ хв}$$

Машинно-допоміжний час на холосте переміщення від отвору №1 до отвору №2

$$T_{\text{М-М1-2}} = \frac{L}{S_{XX}}$$

де L – відстань між отворами при переміщенні по двом координатам одночасно:

$$L = \sqrt{240^2 + 169^2} = 293,53 \text{ мм}$$

Машинно-допоміжний час на холосте переміщення:

$$T_{\text{М-М1-2}} = \frac{293,53}{4000} = 0,07 \text{ хв}$$

Сумарний машинно-допоміжний час:

$$\sum T_{\text{М-В}} = T_{\text{МВХ}} + T_{\text{М-ВИ}} + T_{\text{М-В1-2}}$$

$$\sum T_{\text{М-В}} = 0,52 + 0,2 + 0,07 = 0,79 \text{ хв}$$

Час циклу автоматичної роботи верстату по програмі:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД				

$$T_{\text{ЦА}} = \sum T_{\text{О}} + \sum T_{\text{М-В}}$$

$$T_{\text{ЦА}} = 1,54 + 0,79 = 2,33 \text{ хв.}$$

Норми штучного часу.

Норми штучного часу визначаються за формулою:

$$T_{\text{ШТ}} = (T_{\text{ЦА}} + T_{\text{В}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{ТЕХ}} + a_{\text{ОРГ}} + a_{\text{ОТЛ}}}{100}\right)$$

Допоміжний час складається з показників:

$$T_{\text{В}} = T_{\text{ВУСТ}} + T_{\text{ВОИ}} + T_{\text{ВИЗМ}}$$

Допоміжний час на установку та зняття деталі:

$$T_{\text{ВУСТ}} = 0,15 \text{ хв ([] ч I карта 13, лист 1, поз.1, індекс з)}$$

Допоміжний час, що пов'язаний з операцією:

$$T_{\text{ВОИ}} = 0,20 + 0,03 + 0,20 + 0,1 + 0,24 + 0,03 = 0,82 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на контрольні виміри гладким калібром – пробкой 10Н7:

$$T_{\text{ВИЗМ}} = 0,08 \text{ хв ([] ч I карта 15, поз.186, індекс б)}$$

Сумарний допоміжний час:

$$T_{\text{В}} = 0,15 + 0,82 + 0,08 = 1,05 \text{ хв}$$

Час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті відпочинок і особисті потреби складають 8% від оперативного часу.

$$a_{\text{ТЕХ}} + a_{\text{ОРГ}} + a_{\text{ОТЛ}} = 8\%$$

Норма штучного часу:

$$T_{\text{ШТ}} = (2,33 + 1,05) \cdot 1,08 = 3,65 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію:

$$T_{\text{ШТ-К}} = T_{\text{ШТ}} + T_{\text{П-З/п}}$$

де $T_{\text{П-З}}$ – підготовчо-заключний час, n – партія деталей.

$$T_{\text{ПЗ}} = T_{\text{ПЗ1}} + T_{\text{ПЗ2}} + T_{\text{ПЗОБР}}$$

де $T_{\text{ПЗ1}}$ – норма часу на організаційну підготовку, хв, $T_{\text{ПЗ2}}$ – норма часу на налагодження верстату, пристрою, інструменту, хв, $T_{\text{ПЗОБР}}$ – норма часу на пробну обробку.

Таблиця 3.13 – Нормування технологічних операцій

Склад роботи	Карта, позиція, індекс	Час, хв
Організаційна підготовка	Карта 24, поз.1,3,4, індекс в	4+2+2
$\sum T_{\text{ПЗ1}}$ Наладка верстату, пристрою, інструменту, програмних пристроїв		8,0
Встановити та зняти краном пристрій	Карта 24, поз.9, індекс б	7,0
Перемістити стіл у зону, що зручна для наладки	Поз.15, індекс б	0,35

Продовження таблиці 3.10

Встановити вихідні режими роботи верстату (число обертів, подачу)	Поз.16, індекс б	1,0
Встановити та зняти ріжучий інструмент	Поз.17, індекс б	0,6x4=2,4
Встановити програмоносій	Поз.18, індекс б	0,8
Перевірити справність зчитуючого пристрою та перфострічки	Поз.19, індекс б	1,5
Встановити вихідні координати X та Y (налагодити нульове положення)	Поз.20, індекс б	1,5
Настроїти пристрій подачі МОР	Поз.22, індекс б	0,3
$\sum T_{ПЗ1}$		14,85
Пробна обробка деталі $T_{ПРОБР}$	Карта №31, поз. 4, індекс б	5,4x0,85=4,6

Підготовчо-заключний час:

$$T_{ПЗ} = 8 + 14,85 + 4,6 = 27,45 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу

$$T_{шт-к} = 3,65 + 27,45 / 100 = 3,92 \text{ хв}$$

					КНУ.КМР.131.24.1-06.03.ПТПОД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм.
Арк.
№ докум.
Підпис
Дата

Таблиця 3.14 – Режими різання та норми часу

№ опер.	Найменування операції, модель верстату, склад переходів	Еск. опер.	Ріжучий інструмент	Режими різання							Норми часу					
				D, мм	l, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, хв ⁻¹	i	T _о	T _в	T _{оп}	T _{отд, Тобс}	Tшт	Tшт-к
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
005	Вертикально-фрезерна НААС VF-2. Фрезерувати торець пов.8 начорно	Див. рис.	Фреза торцева Sandvik 357-315Q60-24M Ø315, z = 30 Фреза торцева RA245-254R63-18M	B=307	232	2,0	0,3	98,9	100	1	0,41					
	2. Фрезерувати торець пов.8 начисто			B=307	232	1,5	0,15	123	125	1	1,06	0,92	1,98	0,16	2,14	2,44
010	Свердлильна з ЧПК НААС VF-2 1. Центрувати отв. пов. 4,5	Див. рис.	Свердло 326R08-B25100V M-TN за каталогом "Sandvik Coromant"	3,15	7,5	1,575	0,14	13,8	1400	2	0,165					
	2. Свердлити отв. пов. 4,5			9,8	20	4,9	0,22	21,8	710	2	0,375					

КНУ КМР.131.24.1-06.03.ІТТЮД

Арк.

4 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Оцінку варіантів маршруту технологічного процесу на сучасному верстаті з ЧПК, яким ми замінили 3 верстати з заводського технологічного процесу робимо по технологічній собівартості обробки деталі робимо в математичній програмі, яка забезпечить оптимальний підбір ефективної заміни з позитивним економічним ефектом.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2Н125	2Р135Ф2	6А56	4-ий верстат	НААС VF2
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N , шт.	2000				
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z , років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	3,01	11,02	4,45	0	15,6
Час наладки верстата, хв.	33	72,5	29	0	72,8
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	336,64				336,64
Вартість комплексу спеціальних пристосувань $K_{пр}$, грн	120	110	130	0	0
Оптова ціна на прокат одного УСП, грн	0	0	0	0	50,1
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0	4	0	0	0
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	60	45	0	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	2	2	0	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_T	0,083	0,2	0,083	0	0,2
Вартість розробки ПК $K_{ПК}$, грн.	0	2800	0	0	5340

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2Н125	2Р135Ф2	6А56	4-ий верстат	НААС VF2
Працівники					
Середньочасова заробітна плата, грн					
верстатника $H_{ст}$	33,6	32,3	32,3	0	30,1
наладчика $H_{нал}$	33,6	28,2	33,6	0	34,3
наладчика інструмента $H_{ін}$	0	31,1	0	0	0
контролера H_k	29,8				0
Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н	0	А
Маса верстата, т	30	36,35	39,15	0	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_M	51	97	39	0	100
електротехнічної частини R_e	43	75	50	0	99
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	2	1	0	3
Оптова ціна верстата C , грн.	110000	1800000	500000	0	4200000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,8	0,65	0	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	48,7	51,4	0	60,0

					КНУ.КМР.131.24.1-06.04.ТЕОВ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зуєв				ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечасєв				Кафедра ТМ, гр ПМ-23м			
Зав. каф.	Рязанцев							

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2Н125	2Р135Ф2	6А56	4-ий верстат	HAAS VF2
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.	0	0	0	0	0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_M	401	329	401	0	272
електротехнічної частини H_E	86	71	86	0	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	8600	0	0	11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2	2	0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об. год}$	3975	3850	3975	0	3850
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{пл.зд.}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі службово-побутових приміщень $\Pi_{ст. поб.}$, грн	1000				1000

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2Н125	2Р135Ф2	6А56	4-ий верстат	HAAS VF2
Площа служб.-побут. приміщень, що приходяться на одного робочого A_b , м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{пл.}$, грн.	180	180	180	0	200
Додаткові дані					
Розряд					
контролера	5				5
верстатника	4	3	3	0	2
наладчика	3	3	3	0	5
наладчика інструменту	0	4	0	0	4
Габарити верстата (довжина x ширина), м	5,495 x 4,55	8,7 x 5,6	10,79x4,76	0	9,4 x6,4
Габарити пристрою ЧПК, м	0	1,2 x 1,2	0	0	0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК	0	NC110	0	0	FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{пл.}$, років	7	10	7	0	15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	12	10	0	50

					КНУ.КМР.131.24.1-06.04.ТЕОВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2Н125	2Р135Ф2	6А56	4-ий верстат	HAAS VF2
Розрахунок допоміжних показників					
Трудомісткість обробки $T_{шт.}$ год	349,5	131,04	28,23	0	212,46
Час наладки верстата впродовж року $T_{в.}$ год	6,6	14,5	5,8	0	14,56
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{в.ін.}$ год	0	4,54	0	0	0
Час контролю деталей впродовж року $T_{к.}$ год	29,01	26,21	2,34	0,00	42,49
Кількість верстатників $P_{ст.}$ чол. (розр.)	0,19	0,04	0,02	0,00	0,04
дійсна	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків верст. $P_{в.}$ чол. (розр.)	0,004	0,008	0,003	0,000	0,008
дійсна	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків інстр. $P_{в.ін.}$ чол. (розр.)	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
дійсна	0	1	0	0	0
Кількість контролерів $P_{к.}$ чол. (розр.)	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
дійсна	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод.}$ чол	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03
дійсна	0	1	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	3				1
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,12	0,05	0,01	0,00	0,06

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей												
$C = I_з + I_в + I_{в.ін} + I_{лк} + I_{лр} + I_{усп} + I_а + I_{пл} + I_{сл} + I_р + I_у + I_к$												
де $I_з$ – зарплатня верстатника;												
$I_в$ – зарплатня за наладку верстата;												
$I_{в.ін}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом;												
$I_{лк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми;												
$I_{лр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань;												
$I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних												
$I_а$ – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;												
$I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;												
$I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;												
$I_р$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;												
$I_у$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;												
$I_к$ – зарплатня контролера												
										C_1 на деталь = 577,46		
										C_2 на деталь = 293,25		
$I_з$	$I_в$	$I_{в.ін}$	$I_{лк}$	$I_{лр}$	$I_{усп}$	$I_а$	$I_{пл}$	$I_{сл}$	$I_р$	$I_у$	$I_к$	
$C_1 =$	24490	+ 1298,15	+ 141,28	+ 933,33	+ 0	+ 0	+ 4610,34	+ 2440,70	+ 63000	+ 4906,74	+ 406,38	+ 1715,28 = 103942,19
$C_2 =$	3543	+ 785,31	+ 0,00	+ 1780,00	+ 0	+ 0	+ 11470,48	+ 1495,88	+ 28000	+ 3702,58	+ 741,73	+ 1266,26 = 52785,36

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

КНУ.КМР.131.24.1-06.04.ТЕОВ

Арк.

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

де K_6 – балансова вартість верстата, грн;

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

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

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

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

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

	K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$	
$K_1 =$	115258	+ 6780	+ 63000	+ 125700	+ 0	+ 2800	= 313538
$K_2 =$	286762	+ 3740	+ 28000	+ 42980	+ 0	+ 5340	= 366821,56

Приведені витрати

$Z_1 =$	C_1	+	E_n	·	K_1
150973	103942		0,15		313538
$Z_2 =$	C_2	+	E_n	·	K_2
107809	52785		0,15		366822

Річний економічний ефект

$E =$	Z_1	-	Z_2
43164	150973		107809

Строк окупності

$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$
1,04	366822 - 313538		103942 - 52785,4

Результати розрахунків показують економічну доцільність заміни 3 верстатів на один сучасний. Строк окупності впровадження нового верстату 1,04 роки.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.04.ТЕОВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURECAM

Перевага FeatureCAM перед іншими САМ системами — висока міра автоматизації ухвалення рішень. У базі даних системи закладені типові технології обробки різних елементів і достатньо велика кількість ріжучого інструменту, що забезпечує максимально точний автоматизований підбір геометрії інструменту і режимів різання, опираючись на дані каталогів.

Маршрут обробки деталі наведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Частина маршруту обробки деталі

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Тип та модель верстата
1	2	3	4
005	Заготівельна		
010	Свердлильна з ЧПК	1, 4-18, 24, 26	HAAS FV2
015	Токарна	-	-
020....	Токарна	-	-

Таблиця 5.2 – Вибір різального інструменту

№ позиції	Найменування інструменту
T1	Свердло 326R08-B25100VM-TH за каталогом “Sandvik Coromant”
T2	Свердло 495-012A16-4509L за каталогом “Sandvik Coromant”
T3	Фреза кінцева 635-012A78-4509L за каталогом “Sandvik Coromant”
T4	Розгортка 860.1-1000-045A1-PM за каталогом “Sandvik Coromant”

					КНУ.КМР.131.24.1-06.05.ПО			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зуєв				ПРОГРАМУВАННЯ ОБРОБКИ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURECAM	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

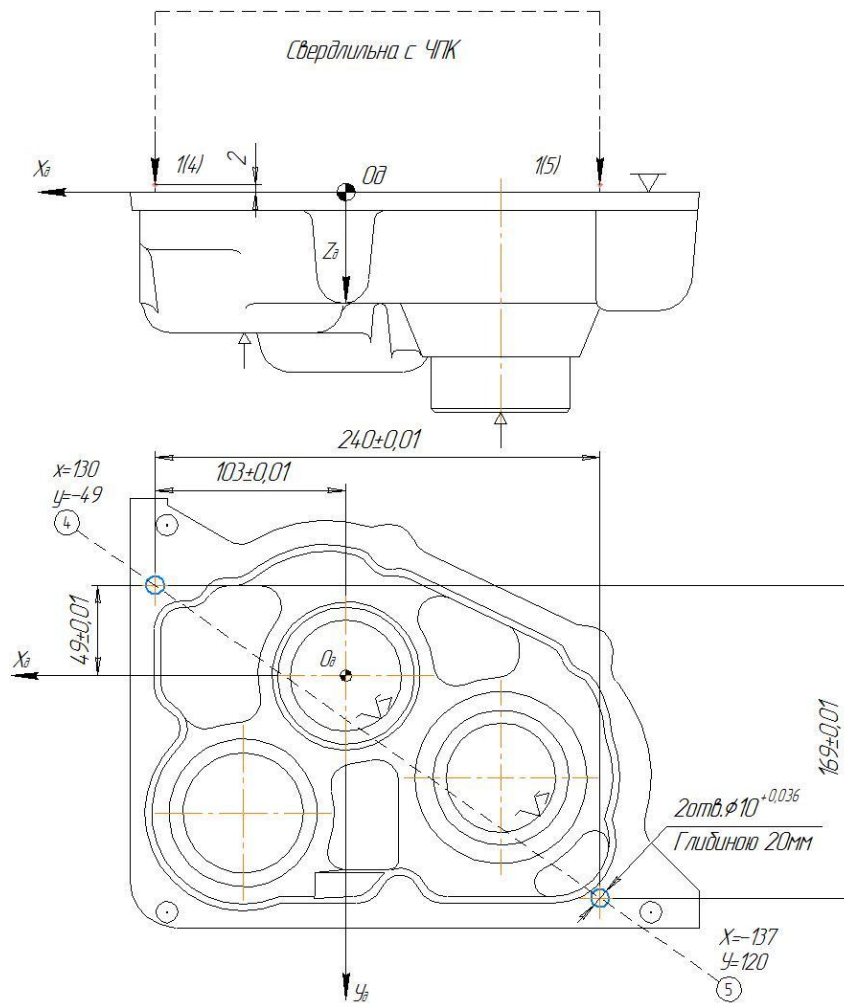


Рисунок 5.1- Технологічне налагодження на обробку
3D модель деталі наведена на рисунку 5.2.

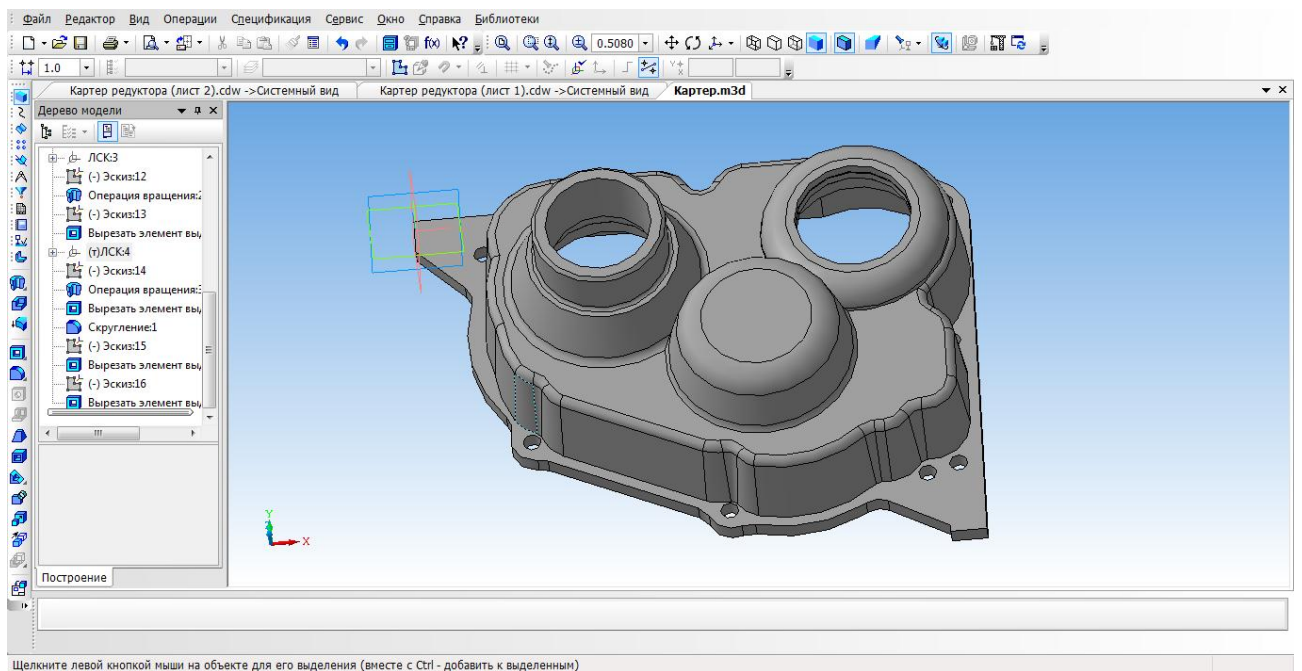


Рисунок 5.2 – Трьохвмірна модель

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-06.05.ПО

Арк.

N205 (DRILL ОТВЕРСТИЕ1)
 N210 T3 M06
 N215 G94
 N220 G00 G54 X37.059 Y25.442 S408 M03
 N225 G43 H3 Z25.0 M08
 N230 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N235 G80
 N240 X48.059 Y10.72
 N245 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N250 G80
 N255 X161.511 Y12.712
 N260 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N265 G80
 N270 X293.511 Y16.008
 N275 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N280 G80
 N285 Y107.118
 N290 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N295 G80

N545 Z25.0
 N550 X276.011 Y192.425
 N555 Z3.0
 N560 G85 R3.0 Z-11.0 F81.
 N565 G80
 N570 Z25.0
 N575 X165.525 Y206.346
 N580 Z3.0
 N585 G85 R3.0 Z-11.0 F81.
 N590 G80
 N595 Z25.0
 N600 X58.37 Y150.978
 N605 Z3 0

N300 Y187.425
 N305 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N310 G80
 N315 X276.011 Y192.425
 N320 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N325 G80
 N330 X165.525 Y206.346
 N335 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N340 G80
 N345 X58.37 Y150.978
 N350 G83 G98 Z-13.804 R3.0 Q9.5 F27.
 N355 G80
 N360 M5
 N365 G91 G28 Z0 M09
 N370 G49 G90 X0. Y0.
 N375 M01

N610 G85 R3.0 Z-11.0 F81.
 N615 G80
 N620 Z25.0
 N625 M5
 N630 G0 G91 G28 Z0 M09
 N635 G49 G90 X0. Y0.
 N640 M30
 %

					КНУ.КМР.131.24.1-06.05.ПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЦЕННЯ

6.1 Проектування верстатного пристосування

Проектування спеціального верстатного пристосування.

Пристосування фрезерне призначене для орієнтування й закріплення основної деталі "Картер редуктора" на вертикально-фрезерній операції з метою одержання заданого розміру обробки.

Проектоване фрезерне пристосування повинне володіти високою точністю, підвищеною твердістю та високою швидкістю при установці та знятті деталі на фрезерній операції.

Операція: чорнове та чистове фрезерування поверхні рознімання 8 (торця 4).

Устаткування: вертикально-фрезерний верстат з ЧПК з крестовим столом моделі HAAS FV2/

Інструмент: Фреза торцева Sandvik 357-315Q60-24M Ø315, $z = 30$

Розрахунок припустимої точності пристосування.

Точність обробки залежить від точності виконуваного розміру 60мм від оброблюваного торця до установчої бази.

Так як по вимогам креслення розмір 60мм повинен бути виконаний по IT14, то допуск дорівнює $T=870\text{мкм}$.

Точність пристосування повинна бути \leq половині допуску на розмір 60мм:

$$\varepsilon_y \leq 0,5 \cdot T$$

$$\varepsilon_y \leq 0,5 \cdot 870 = 435 \text{ мкм}$$

Установчою базою є необроблювана площина розміром 60мм. Отже, установча база є чорною.

Вибір конструкції настановних елементів.

У вигляді установчих елементів прийняті регульовані опори (поз.9 на кресленні пристосування), які мають шорсткість опорної поверхні Ra2,5 і точність по IT10, а також пластини (поз.3,8), що мають шорсткість опорних поверхонь Ra2,5 і точність IT14.

Всі опорні елементи жорстко кріпляться болтами та фіксуються уступами, виготовленими з Ra2,5 і точністю IT9.

Всі установчі елементи мають твердість HRC55...60 і виготовлені зі сталі У10.

Похибка базування буде дорівнює 0, тому що установча база збігається з вимірювальною.

Розробка схеми закріплення.

Закріплення відбувається прихватом, опорними елементами та пневмозажимами.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.06.ПТО			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Зуєв			ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЦЕННЯ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Цивінда						
Н. Контр.		Нечаєв				Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.		Рязанцев						

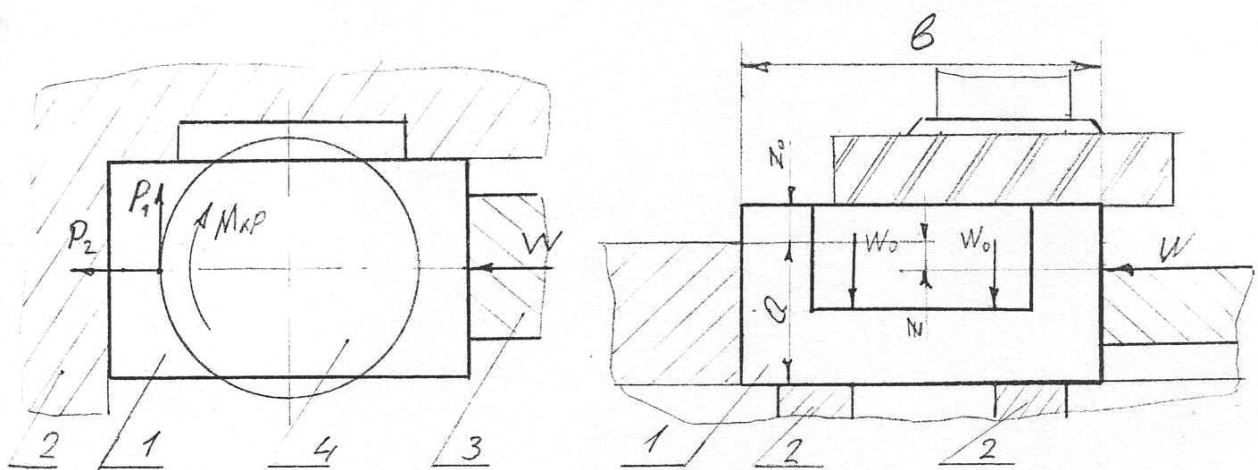


Рисунок 6.1 – Розробка схеми закріплення: - деталь, 2 - опорні елементи, 3 - прихвати, 4 - торцева фреза.

Проектування затискного пристрою

Для розрахунку затискного пристрою виберемо режим різання для чорнового фрезерування з таблиці режимів різання, тому що при чорновому фрезеруванні знімається найбільший припуск на даній операції й сили різання при цьому максимальні.

$t=2,5\text{мм}$, $V=118,75\text{м/хв}$, $B=232\text{мм}$, $S_Z=0,18\text{об/хв}$, $n_D=120\text{об/хв}$, $D=315\text{мм}$, $z=18$.

Визначаємо колову силу різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{MP}}{D^q \cdot n^w}$$

де $C_p=491$, $x=1,0$, $y=0,75$, $u=1,1$, $q=1,3$, $w=0,2$

$$K_{MP} = \left(\frac{HB}{150}\right)^n = \left(\frac{150}{150}\right)^1 = 1$$

$$P_Z = \frac{10 \cdot 491 \cdot 2,5^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 232^{1,1} \cdot 18 \cdot 1}{315^{1,3} \cdot 120^{0,2}} = 3914 \text{ Н}$$

Визначаємо складові P_Y та P_X :

$$P_Y=0,3 \quad P_Z=1174,2\text{Н}$$

$$P_X=0,3 \quad P_Z=1957\text{Н}$$

Затискним пристроєм є прихват із гідроциліндром, що розвиває зусилля W_0 . Зусилля P_1 і P_2 визначаємо зі значень режимів різання:

$$P_2=P_Z=3914\text{Н}, \quad P_1=P_Y=1174,2\text{Н}$$

Коефіцієнт запасу $k=k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$,

де $k_0=1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу, $k_1=1,2$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $k_2=1,3$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні інструмента, $k_3=1$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні, $k_4=1$ – коефіцієнт, що враховує сталість сили затиску, що розвиває силовим приводом пристосування, $k_5=1$ – коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних елементів, $k_6=1$ – коефіцієнт, що враховує тільки при наявності крутних моментів, що прагнуть повернути оброблювану деталь.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-06.06.ПТО					

$k=1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34$, т.к. $k < k_{\text{стан}}$, то приймаємо $k=2,5$.

$$W = k \frac{P_2 \cdot (b + a \cdot f) + P_1 \cdot Z_0}{a \cdot f^2 + b \cdot f + z}, W = W_0 \cdot n,$$

де $f=0,25$ – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях прихватів для гладких поверхонь, $n=2$ – число прихватів, $b=264\text{мм}$, $a=40\text{мм}$, $z_0=20\text{мм}$, $z=0\text{мм}$

$$W = 2,5 \frac{3,914 \cdot (264 + 40 \cdot 0,25) + 1174,2 \cdot 20}{40 \cdot 0,25^2 + 264 \cdot 0,25} = 39997 \text{ Н},$$

$$W_0 = W/n = 39997/2 = 19998,5 \text{ Н}$$

Зусилля затиску забезпечується гідроциліндрами.

Гідроциліндри, що розвивають зусилля Q_0 , мають діаметр плунжера $D=60\text{мм}$ і діаметр штока $d=30\text{мм}$.

Гідроциліндр, що розвиває зусилля Q_w , має діаметр плунжера $D=100\text{мм}$ і діаметр штока $d=50\text{мм}$.

К.к.д. гідроциліндрів $\eta=0,95$

Тиск масла в мережі $P=100\text{кг/см}^2$

Розраховуємо зусилля затиску:

$$Q_w = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta$$

$$Q_w = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \cdot 100 \cdot 0,95 = 7461,28 \text{ кгс} = 74612,8 \text{ Н}$$

$$Q_w = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta = \frac{3,14 \cdot (6^2 - 3^2)}{4} \cdot 100 \cdot 0,95 = 2013,525 \text{ кгс} = 20135,25 \text{ Н}$$

Умова виконується:

$$W < Q_w, 39997 < 74612,8 (\text{Н})$$

$$W_0 < Q_0, 19996,5 < 20135,25 (\text{Н})$$

Проектування базових і допоміжних деталей

Всі деталі виготовлені зі середньовуглецевих легованих сталей і показані на складальному кресленні пристосування.

Визначення похибки установки

$$\varepsilon_Y \leq 435 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_Y = \varepsilon_B + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{присп}}$$

$\varepsilon_B = 0$, тому що дотримується принцип єдності баз, $\varepsilon_3 = 0$ – похибка закріплення відсутня, тому що сили деформації, що виникають у деталі, незначні, $\varepsilon_{\text{присп}}$ – похибка пристрою

$$\varepsilon_{\text{присп}} = \varepsilon_{\text{нальц.}} + \varepsilon_{\text{растм-уальц.}}$$

$$\varepsilon_{\text{нальц.}} = 100 \text{ мкм}, \varepsilon_{\text{растм-уальц.}} = 300 \text{ мкм},$$

$$\varepsilon_{\text{присп}} = 100 + 300 = 400 \text{ мкм}, \varepsilon_Y = 0 + 0 + 400 = 400 \text{ мкм}$$

Умова виконується:

$$\varepsilon_Y \leq 435 \text{ мкм}$$

$$400 < 435$$

					КНУ.КМР.131.24.1-06.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Проектування переналагоджуваного верстатного пристосування

Пристосування токарне спеціальне призначене для орієнтування та закріплення деталі "Картер редуктора" на токарній операції з метою одержання заданих розмірів, а також точності взаємного розташування поверхонь при обробці.

Проектоване токарне пристосування повинне мати високу точність, підвищену твердість, а також бути придатним для обробки подібних деталей на даному верстаті.

Постійним елементом пристосування є картер, що установлений на шпинделі верстата.

Змінними елементами є планшайба, противага та пальці.

Операція: чорнове, чистове, тонке розточування отвору Ø80H7.

Устаткування: Токарний обробний центр з ЧПК MAST MLS 560x1410

Інструмент: різець 2141-0058 BK4 ДСТУ ГОСТ18883-73.

Базування: теоретична схема базування

Розрахунок пристосування

Розрахунок припустимої точності пристосування $\varepsilon_v \leq 30\text{мкм}$.

Конструкція установчих елементів.

За установчі елементи приймаємо площину планшайби (поз.2) і два пальці циліндричний (поз.3) і ромбічний (поз.4), на які встановлюється деталь. Притискання здійснюємо гвинтовим механізмом.

Саме пристосування встановлюється на шпиндель верстата по конічній поверхні й закріплюється гвинтами та гайками.

Розрахунок похибки базування.

Пальці, що базують деталь, мають установчі поверхні діаметром Ø 10g6 і шорсткість Ra0,63. Похибкою базування буде максимальний зазор між пальцями й технологічними отворами Ø 10H7. При установці утвориться посадка $\text{Ø}10 \frac{H7 \left(\begin{smallmatrix} +0,0115 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)}{g6 \left(\begin{smallmatrix} -0,005 \\ -0,014 \end{smallmatrix} \right)}$

$$\varepsilon_B = S_{\max} \left(\text{Ø}10 \frac{H7 \left(\begin{smallmatrix} +0,0115 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)}{g6 \left(\begin{smallmatrix} -0,005 \\ -0,014 \end{smallmatrix} \right)} \right) = E_s - e_i = 0,015 - (-0,014) = 0,029\text{мм}$$

Q_3 – зусилля затиску, R_1, R_2 – радіуси, $R_1=117,5\text{мм}$, $R_2=265\text{мм}$, $M_{\text{рез}}$ – момент різання.

$$M_{\text{рез}} = P_Z \cdot H = 1300 \cdot 33 = 42900\text{Н}\cdot\text{м}$$

$$Q_3 = \frac{k \cdot M_{\text{рез}}}{f_1 \cdot R_2 + f_2 \cdot R_1}$$

де $k=2,5$ – коефіцієнт запасу, $f_1=f_2=0,15$ – коефіцієнт тертя

$$Q_3 = \frac{2,5 \cdot 42900}{0,15 \cdot 117,5 + 0,15 \cdot 265} = 1869,28\text{Н}$$

Режими різання виписуємо з таблиці 5.7:

$$T=3,6\text{мм}, S=0,3\text{мм/об}, n_D=300\text{об/хв}, V_{\text{CP}}=73,5\text{м/хв}$$

					КНУ.КМР.131.24.1-06.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

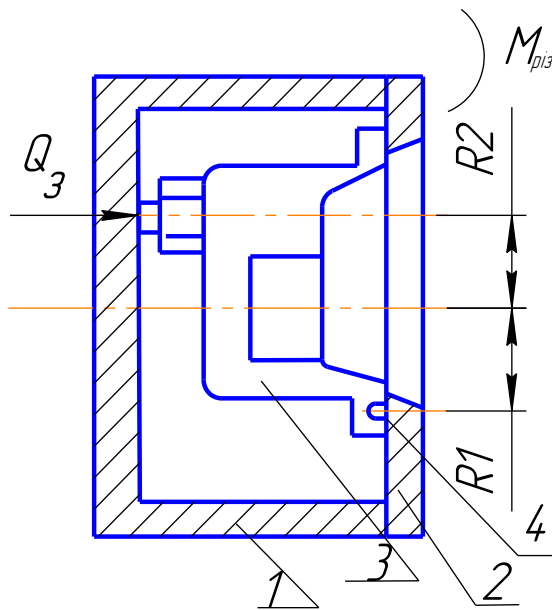


Рисунок 6.2 - Розробка схеми закріплення: де 1 - картер пристосування, 2 - планшайба, 3 - деталь, 4 - палець.

$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^N \cdot K_p$, де:

$C_{pZ}=100, X_{pZ}=1, Y_{pZ}=0,75, n=0,$

$C_{pZ}=88, X_{pZ}=0,9, Y_{pZ}=0,75, n=0,$

$C_{pZ}=40, X_{pZ}=1,2, Y_{pZ}=0,65, n=0.$

$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{jP} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{zP}$

де: $K_{\phi PZ}=0,89, K_{jPZ}=1,0,$

$K_{\phi PZ}=0,89, K_{jPZ}=1,0,$

$K_{\phi PZ}=0,89, K_{jPZ}=1,0,$

$K_{MP}=1, K_{PZ}=0,89, K_{PY}=0,5, K_{PX}=1,17$

$P_z = 10 \cdot 100 \cdot 3,6^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 73,5^0 \cdot 0,89 = 1300H$

$P_y = 10 \cdot 88 \cdot 3,6^{0,9} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 73,5^0 \cdot 0,5 = 565H$

$P_x = 10 \cdot 40 \cdot 3,6^{1,2} \cdot 0,3^{0,65} \cdot 73,5^0 \cdot 1,17 = 995H$

Умова виконується $:Q_3 > P_z$

$1869,28 > 1300H$

Перевірка шпильок і затиску деталі

Силовий привід являє собою механічні прихвати типу гвинт-гайка, розрахунок яких представлений вище.

Визначаємо похибку установки: $\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{ПРИСП}^2}$,

де $\varepsilon_B=0$ - похибка базування, дорівнює 0, тому що дотримується принцип єдності баз, $\varepsilon_3=0$ - похибка заготовки дорівнює 0, тому що сили деформації, що виникають у деталі незначні,

$\varepsilon_{ПРИСП}$ - похибка пристосування:

					КНУ.КМР.131.24.1-06.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{\text{ПРИСП}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{Бприсп}}^2 + \varepsilon_{\text{Уприсп}}^2 + \varepsilon_{\text{Зприсп}}^2},$$

де $\varepsilon_{\text{Бприсп}}$ - похибка базування пристосування на планшайбі верстата, $\varepsilon_{\text{Бприсп}}=0$, так як пристосування на планшайбу верстата встановлюється по конічній поверхні, $\varepsilon_{\text{Уприсп}}$ - похибка, пов'язана з неточністю виготовлення пристосування, буде визначатися як величина торцевого биття торця картера щодо осі пристосування, $\varepsilon_{\text{Уприсп}}=0,005\text{мм}$, $\varepsilon_{\text{Зприсп}}$ - похибка закріплення пристосування на планшайбі верстата, $\varepsilon_{\text{Зприсп}}=0$, бо картер пристосування твердий.

Отже, похибка пристосування:

$$\varepsilon_{\text{ПРИСП}} = \sqrt{0^2 + 5,0^2 + 0^2} = 5 \text{ мкм}$$

Визначаємо похибку установки:

$$\varepsilon_{\gamma} = \sqrt{29^2 + 0^2 + 5^2} = 29,8 \text{ мкм}$$

Умова виконується

$$\varepsilon_{\gamma} \leq 30 \text{ мкм}$$

$$29,8 < 30 \text{ мкм}$$

6.2 Розробка контрольного пристосування

6.2.1 Призначення та опис конструкції

Проектоване контрольне пристосування призначене для контролю перпендикулярності осі основного отвору Ø80H7 щодо баз торця.

Контрольне пристосування являє собою оправку, що встановлюється в деталь, установлену на опорах, де і проводиться перевірка. Вимірювальні вузли контрольного пристосування закріплені на оправці.

У розглянутій конструкції пристосування співвідношення довжини базового отвору та плеча, на якому виробляється вимір такі, що навіть невелика зазор оправки в отворі приведе до значних похибок виміру. Для виправлення цього втулка 6 повинна бути виконана розтисочною.

У цьому випадку елемент, що центрує, запроектований на базі застосування гідропластової маси. Кільцева порожнина між втулкою 6 і стаканом 7 заповнена гідропластом. Кільцева проточка каналами з'єднана із центральним отвором. Тиск на гідропласт здійснюється гвинтом 9 через плунжер. Для забезпечення герметичності плунжер має кільцевий лабіринт, до якого притертий отвір. Для обмеження величини розтиску служить поворотна головка 11, що стопоритися штифтом.

Заповнення робочої порожнини гарячим гідропластом здійснюється через різьбові отвори, що закривають після остигання пробкою 14. Для того, щоб при розтиску втулки 6 не перевищити її пружних деформацій, установку опорного гвинта 9 здійснюють по допоміжному кільцю, виконаному по найбільшому розміру отвору перевіряємої деталі. З тим же кільцем рекомендується зберігати пристосування в неробочому положенні, для запобігання виникнення залишкових деформацій. Поверхня втулки 6 шліфується в зборі на оправці 8 після заповнення її гідропластом.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після того, як оправка вставлена в отвір перевіряємої деталі і втулка 6 розтиснена в ньому, починають повертати траверсу 2 з індикатором 10. Вимірвальний стрижень індикатора ковзає по поверхні перевіряємої деталі, показання індикатора дозволяє судити про величину відхилення від перпендикулярності на плечі, рівному відстані від осі оправки до точки торкання вимірвального стрижня з деталлю.

Для кращого центрування втулки 6 у отворі в ній виконують дві проточки, які й деформуються при розтиску. Товщина стінок втулки біля проточок (залежно від діаметра) становить від 1 до 1,7мм із припустимою різностінністю 0,05мм. Матеріалом для втулки служить сталь 38ХСА із твердістю HRC47 після термообробки.

6.2.2 Призначення точності контролю

Контрольоване відхилення від перпендикулярності осі основного отвору і базового торця становить 20мкм. Отже, допуск похибки виміру буде становити 30% від вимірюваного відхилення, тобто 6мкм.

Установлює точність відносного положення базуючи елементів у пристосуванні рівної 2мкм.

Розрахунок точності контрольного пристосування

Визначаємо розрахункову сумарну похибку, у яку включаються ті види похибок, які впливають на похибку виміру даного пристосування:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{\text{Лин.р.}} + \delta_{\text{ПРИСП}} + \sqrt{\delta_{\text{БАЗ}}^2 + \delta_{\text{ДЕФ}}^2 + \delta_{\text{СЛУЧ}}^2 + \delta_{\text{ЗАКР}}^2 + \delta_{\text{ИНД}}^2}$$

де $\delta_{\text{Лин.р.}}$ - похибка лінійного розміру, дорівнює 0, тому що буде входити в розрахунки як постійна складова похибки виміру, $\delta_{\text{ПРИСП}}$ - точність відносного положення базуючого елемента і голки індикатора пристосування, $\delta_{\text{ПРИСП}}=2\text{мкм}$, $\delta_{\text{БАЗ}}$ - похибка базування оправки в контрольованій деталі, $\delta_{\text{БАЗ}}=0$, бо оправка гідропластова та установлена без зазору, $\delta_{\text{ДЕФ}}$ - похибка деформації,

$\delta_{\text{ДЕФ}}=0$, бо деталь и пристосування жорсткі, $\delta_{\text{СЛУЧ}}$ - випадкова похибка, дорівнює 5% від вимірюваного відхилення, $\delta_{\text{СЛУЧ}}=0,05 \times 0,02=0,001\text{мм}$, $\delta_{\text{ЗАКР}}$ - похибка закріплення, $\delta_{\text{ЗАКР}}=0$, $\delta_{\text{ИНД}}$ - похибка індикатора, $\delta_{\text{ИНД}}=0,003\text{мм}$, по паспорту індикатора.

$$\delta_{\Sigma} = 0 + 0,002 + \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,003^2} = 0,005\text{мм}$$

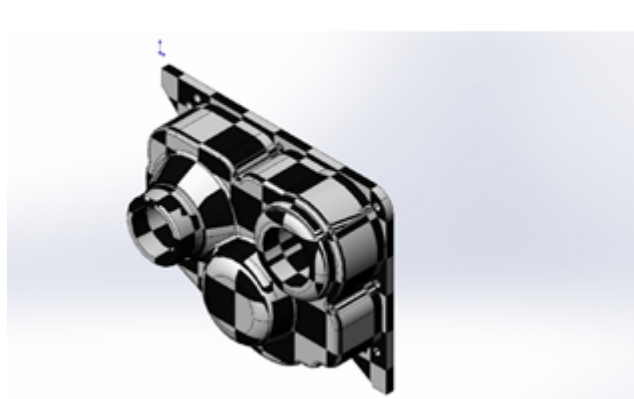
Умови виконуються:

$$\delta_{\Sigma} \leq 6\text{мкм}$$

$$5 < 6\text{мкм}$$

					КНУ.КМР.131.24.1-06.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 СТАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБАМИ МОДЕЛЮВАННЯ SOLIDWORKS



Симуляція Картер1.step

Date: 27 листопада 2024 г.
Solidworks

Ім'я дослідження: Статичний 1
Тип аналізу: Статичний

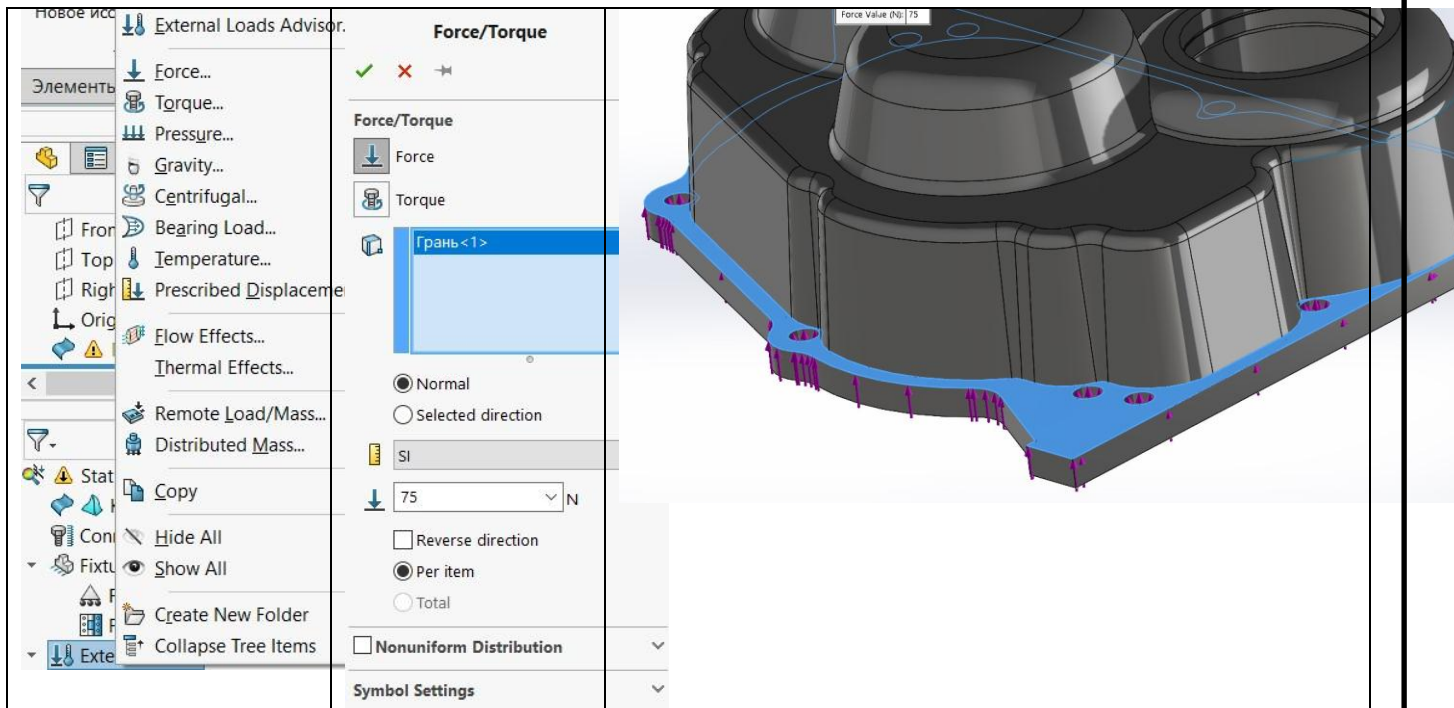


Рисунок 7.1-Прикладання сил

					КНУ.КМР.131.24.1-06.06.СДЗМ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Зуєв				Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Цивінда						
Н. Контр.	Нечасв				Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев						
СТАТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБАМИ МОДЕЛЮВАННЯ SOLIDWORKS							

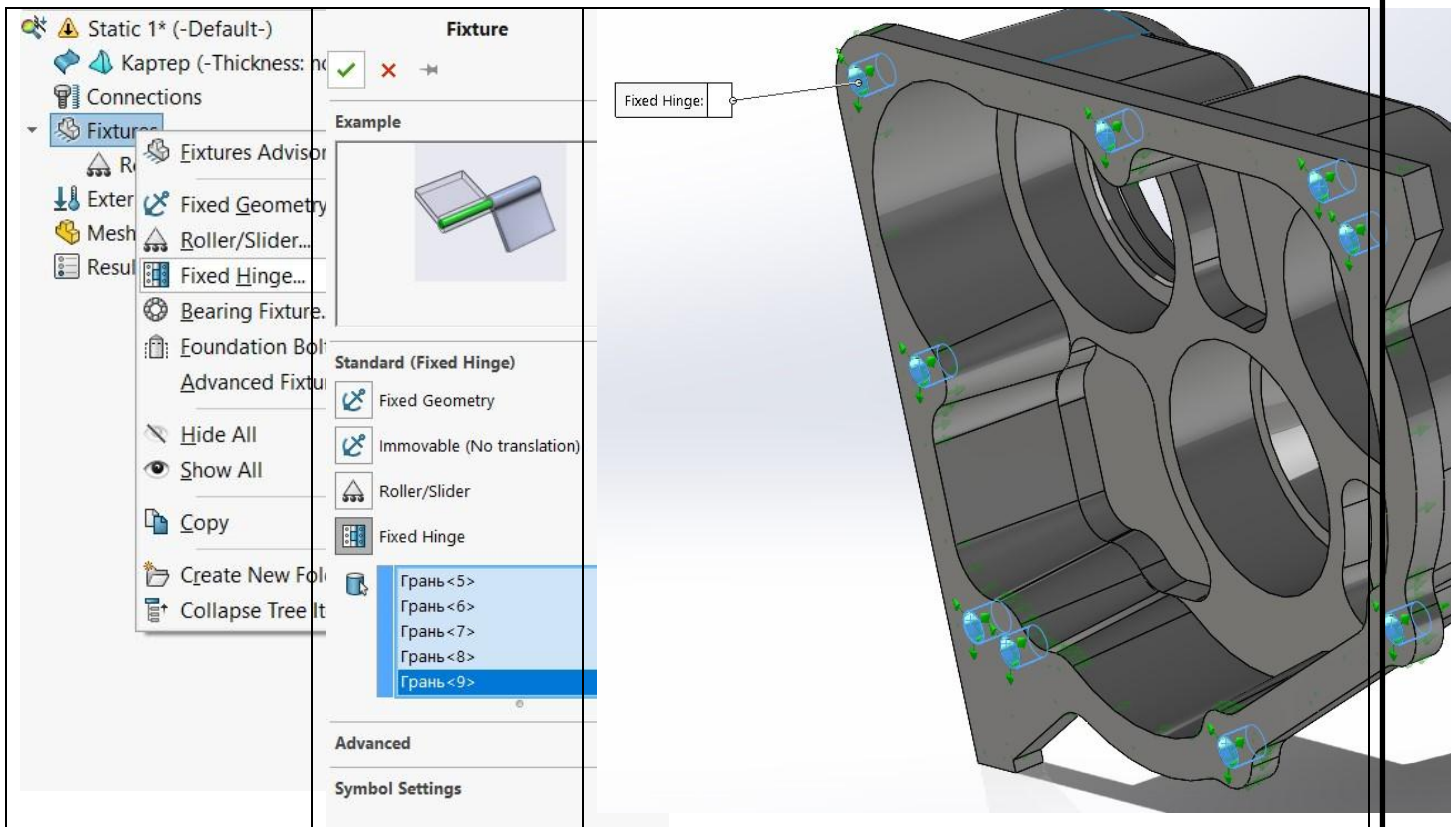


Рисунок 7.2-Створення фіксованого шарніру

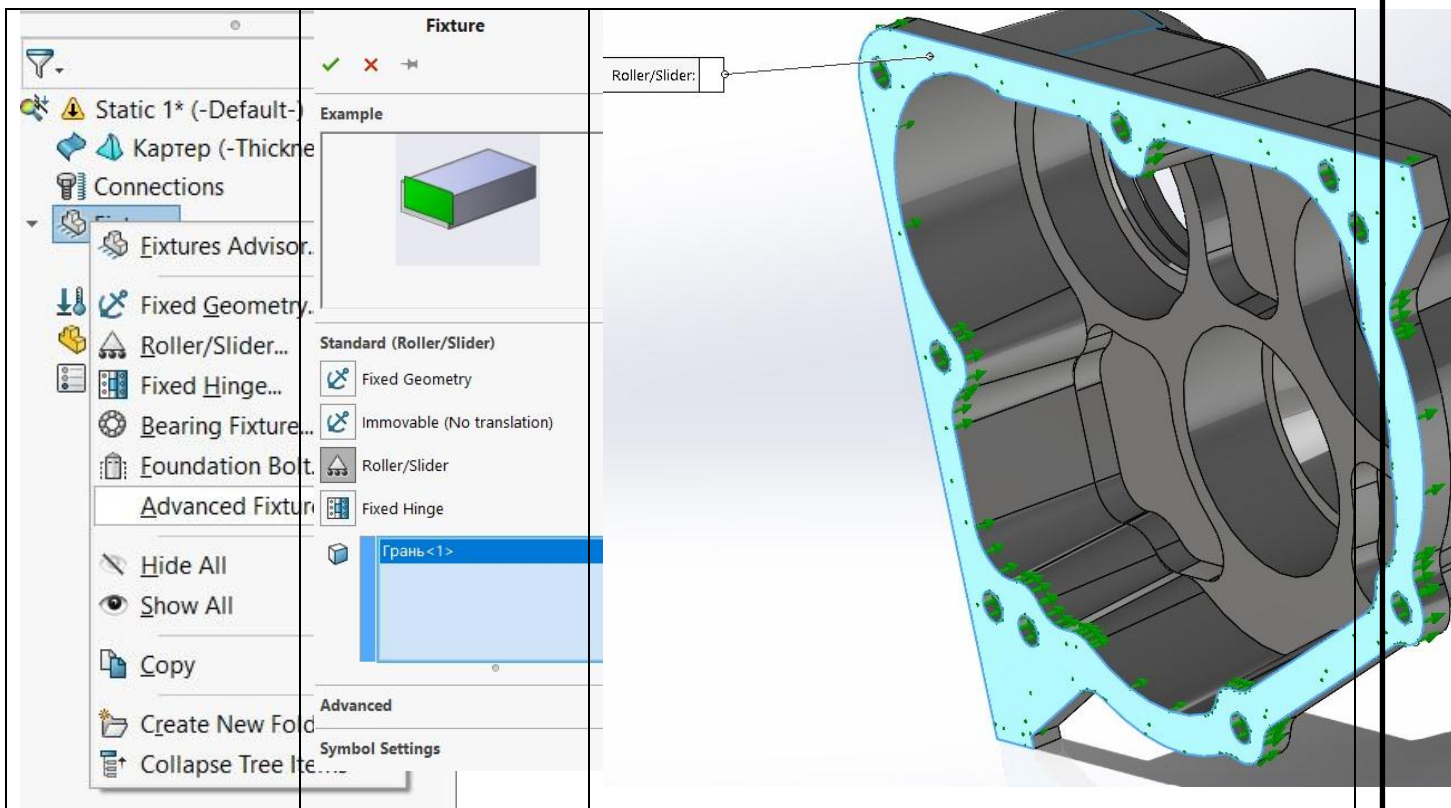


Рисунок 7.3- Створення ролика-повзунка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

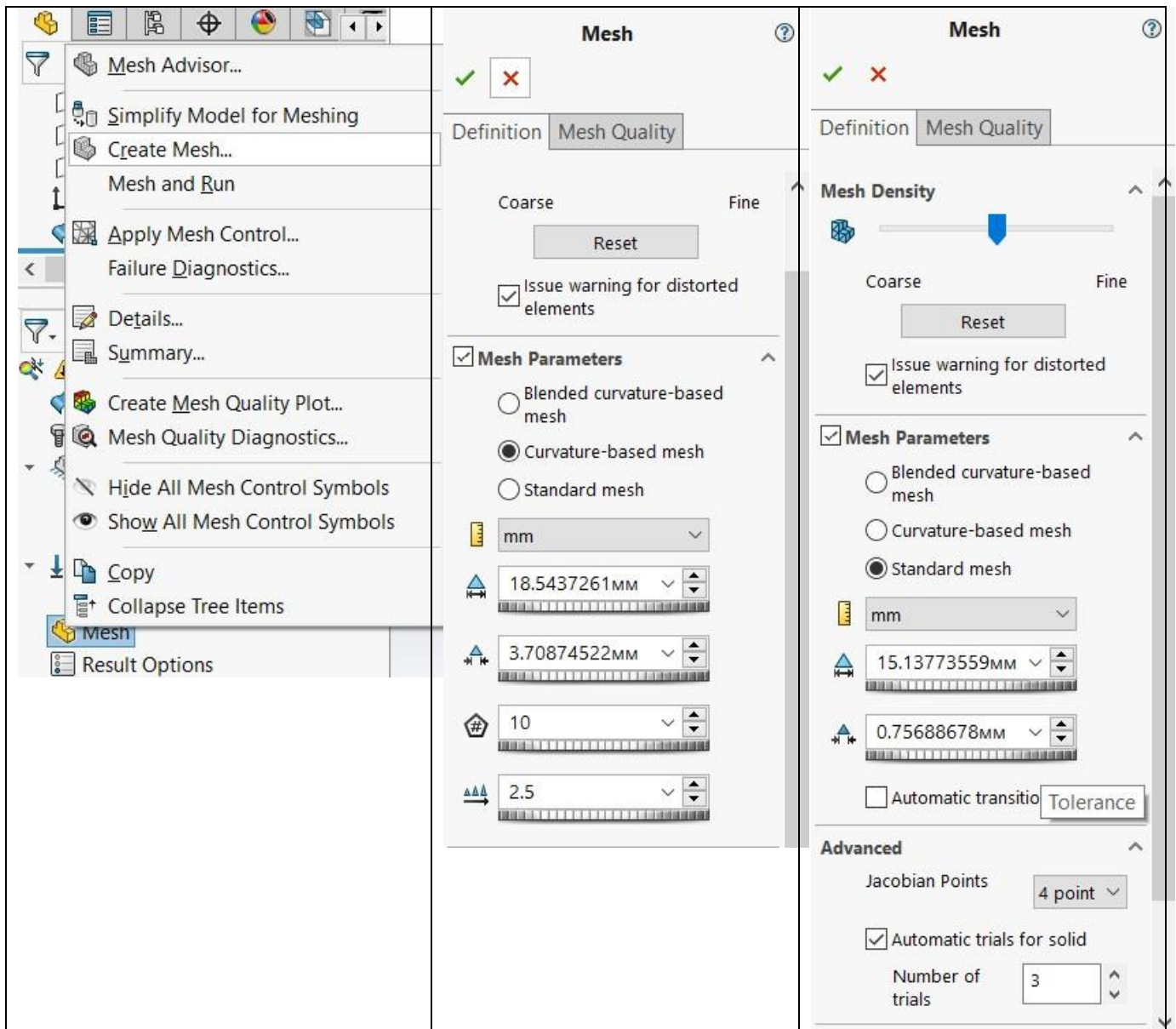


Рисунок 7.4-Етапи створення сітки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-06.07.СДЗМ

Арк.

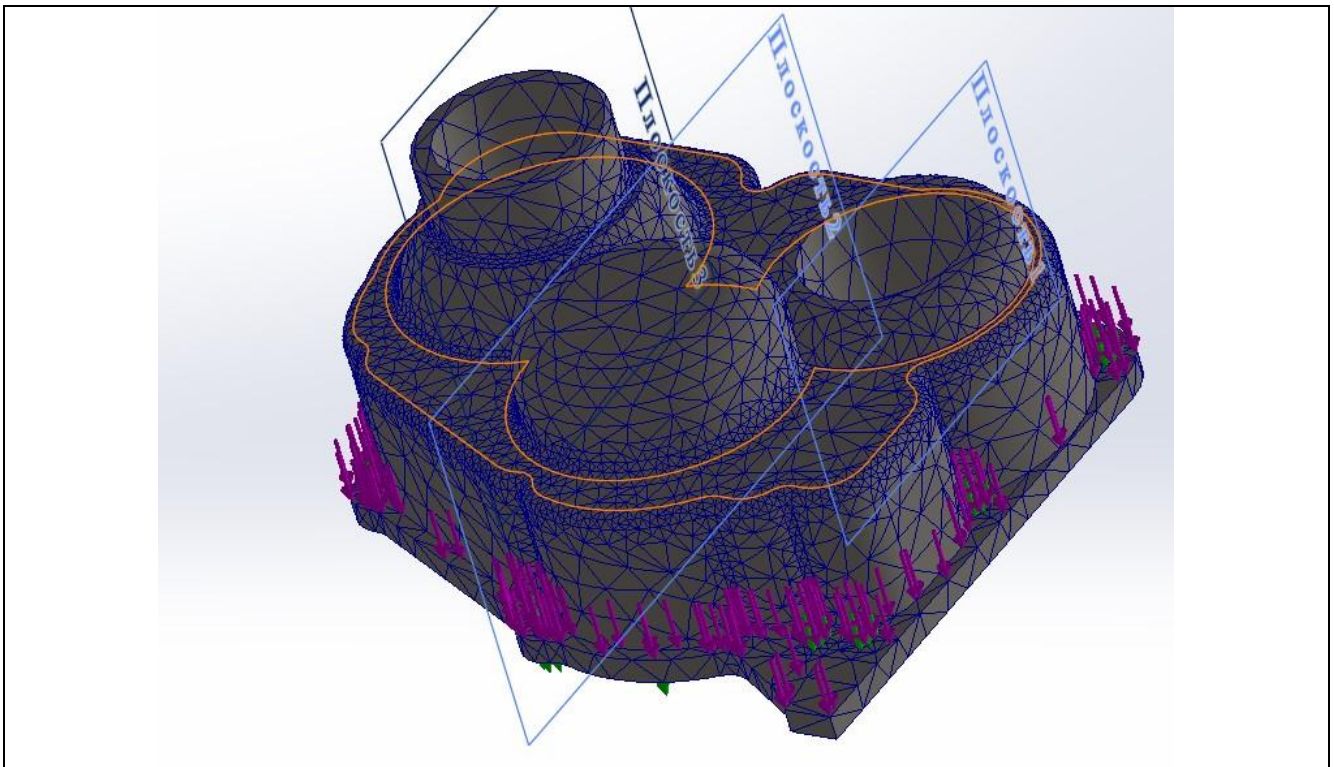


Рисунок 7.5-Створення сітки 2 (дослід 2)

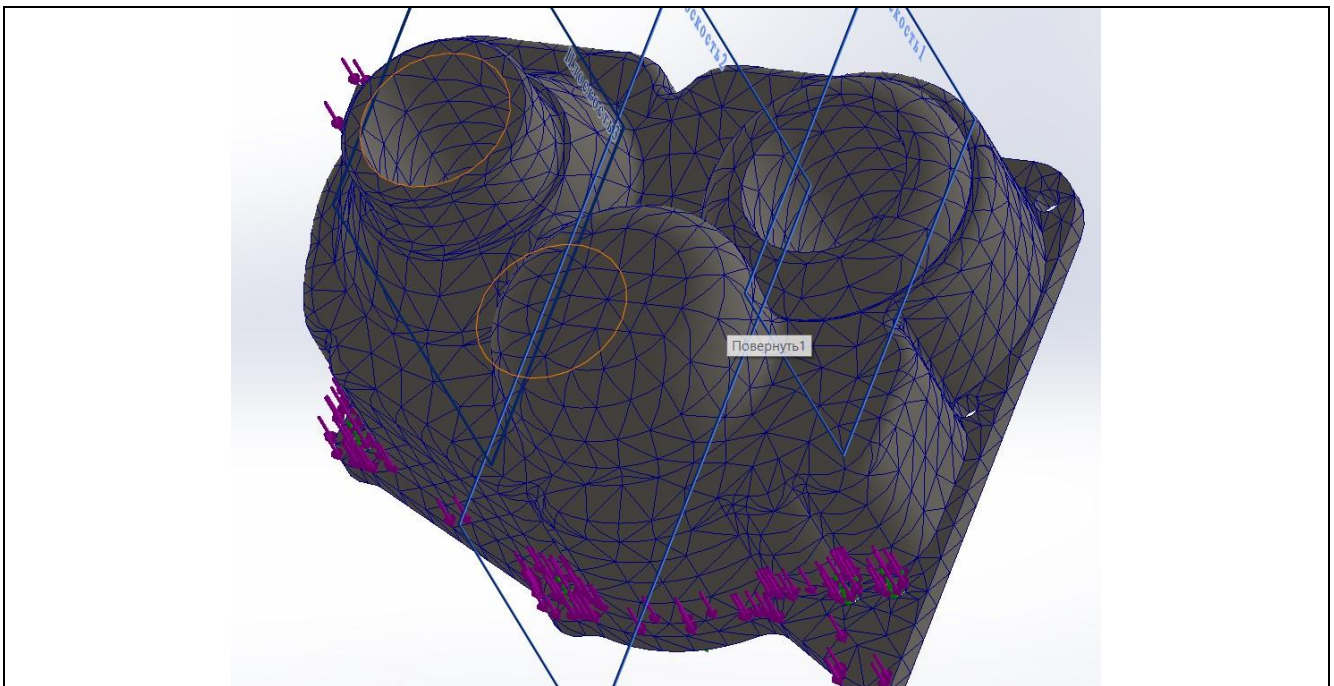


Рисунок 7.6-Створення сітки 2

Переглянемо результати двох досліджень у режимі порівняння (рис. 7.7). Порівняємо результати розрахунку на сітках різної точності, звертаючи увагу, що чим точніша сітка, тим результат гірший із точки зору міцності деталі: максимальна напруга – більша, запас міцності – менший.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розрахунки виконано в математичній програмі.

8.1 Вихідні дані

№ оп з/п	Обладнання							Норматив, м ²		Ціна, тис. грн.		Потужність електродвигуна, кВт		Т _{шт}
	Тип	Модель	Габаритні розміри	Маса	Кількість розрахункова	Кількість прийнята	Коефіцієнт завантаження	на одиницю	на усе	одиниці	усього	одиниці	усього	
5	Фрезерний центр з ЧПК	HAAS VF-2	5300x3900x4000	5000	1,58	2	0,79	30	60	4200	8400	50	100	2,44
10		HAAS VF-2	5300x3900x4000	5000	2,55	3	0,85	30	90	4200	12600	50	150	3,92
15	Токарний обробний центр з ЧПК	MAST MLS 560x1410	5550x2560x1990	4200	2,23	2	1,12	30	60	4200	8400	50	100	3,44
20		MAST MLS 560x1410	5550x2560x1990	4200	1,53	2	0,77	30	60	3200	6400	50	100	2,36
25		MAST MLS 560x1410	5550x2560x1990	4200	1,77	2	0,88	30	60	3200	6400	50	100	2,72
30		MAST MLS 560x1410	5550x2560x1990	4200	1,69	2	0,85	30	60	3200	6400	50	100	2,61
35	Фрезерний центр з ЧПК	HAAS VF-2	5300x3900x4000	5000	1,31	1	1,31	30	30	4200	4200	50	50	2,01
40		HAAS VF-2	5300x3900x4000	5000	1,95	2	0,98	30	60	4200	8400	50	100	3,01
45		HAAS VF-2	5300x3900x4000	5000	4,55	5	0,91	30	150	4200	21000	50	250	7,01
Середній коефіцієнт завантаження						21	0,94		630					29,52

Таблиця 8.2- Визначення вартості транспортних засобів

Операція	Обладнання	Модель	Габаритні розміри	Маса	Потужність електродвигуна, кВт	Відпускна ціна, тис. грн.
транспортна	Кран консольний	СКП315921	4 м	200	17,5	200

Таблиця 8.3- Розмір площі допоміжних та санітарно-побутових приміщень

№ з/п	Службове призначення площі	Норматив	Розмір, м ²
1	Основна виробнича		480
2	Допоміжна	35%	168
3	Санітарно-побутова і адміністративно-господарська	20%	129,6

КНУ.КМР.131.24.1-06.08.ЕЧ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Зуєв			
Перевір.	Цивінда			
Н. Контр.	Нечасв			
Зав. каф.	Рязанцев			
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА			Лім.	Арк.
ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА			Кафедра ТМ, гр ПМ-23м	

Таблиця 8.6 -Розрахунок вартості основних матеріалів

Вироб. матеріал	Річна програма випуску, шт	Норма витрат матеріалу				Величина відходів				Вартість основних матеріалів, тис. грн.	
		На одиницю, кг	На річну програму	Ціна 1 кг, грн	Загальна вартість, тис. грн.	На одиницю, кг	На річну програму	Ціна 1 кг, грн	Загальна вартість, тис. грн.	На програму	На одиницю
КЧ35-10	2000	13,3	26600	25,65	682,29	3,95	7900	6,50	51,35	630,94	0,315

Таблиця 8.7-Визначення величин енергетичних витрат

1. Вихідні дані для розрахунків	
1.1 Результати попередніх розрахунків	
- річний ефективний фонд часу роботи обладнання, год	3850
- коефіцієнт змінності роботи обладнання	
- коефіцієнт завантаження обладнання	0,94
- установча потужність обладнання дільниці, що проектується	1067,50
- площа дільниці, що проектується	777,6
- об'єм дільниці, що проектується	4212
- кількість верстатів, працюючих з охолодженням	21
- максимальна кількість працюючих в зміну	
1.2. Ціна на енергоносії	
- вартість 1 кВт/год електроенергії	4,5
- вартість 1 м ³ води	3,5
- вартість 1 т пари	54,62
1.3. Константи та коефіцієнти	
- витрати води на 1 верстат в літрах на зміну	12
- витрати води для господарчо-побутових потреб за зміну на одного працівника	68
2. Розрахункові величини	
Витрати	Вартість потреб, грн
2.1. Електроенергія для виробничих цілей	
270696,91 кВт/год	43311,51
2.2. Вода для виробничих цілей	
40,56 м ³	25,15
2.3. Електроенергія для невиробничих цілей	
48522,24 кВт/год	7763,5584
2.4. Вода для невиробничих цілей	
35,36 м ³	21,9232
2.5. Потреба в парі для опалювання	
673,92 т	30245,5296

Арк.

КНУ.КМР.131.24.1-06.08.ЕЧ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Таблиця 8.8 – Розрахунок заробітної плати

Категорія	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн				Загальний фонд оплати праці	Середньооблікова чисельність, чол.	Середньомісячна зарплата одного працюючого
	Заробітна плата по тарифу чи по посадовому окладу	Доплати передбачені законодавством	Преміальні виплати	Оплата відпусток	Усього додаткова заробітна плата			
Основні працівники	88796,16	23644,37	53277,70	8879,62	85801,68	174597,84	21	692,85
Допоміжні працівники:	34288,80	-	13715,52	3428,88	17144,4	51433,20	5	
які обслуговують обладнання	22859,2	-	9143,68	2285,92	11429,6	34288,80	3	952,47
які не обслуговують обладнання	11429,6	-	4571,84	1142,96	5714,8	17144,40	2	714,35
ІТП	43560	-	26136,00	4356,00	30492	74052,00	1	6171,00
МОП	0	-	0,00	0,00	0	0,00	1	0,00
Σ	166644,96				133438,08	300083,04		

Таблиця 8.9- Витрати, пов'язані з утриманням та експлуатацією устаткування

Номер і найменування статті витрат	Визначення витрат
1. Витрати пов'язані з утриманням і експлуатацією обладнання, грн.	
1. Затрати на виробництво:	43336,65
а) на силову електроенергію	43311,51
б) на воду	25,15
2. Допоміжні матеріали	94641,00
3. Основна заробітна плата допоміжних робітників з обслуговування обладнання	22859,20
4. Додаткова заробітна плата допоміжних робітників	11429,60
5. Відрахування на соц. страхування (37,5%)	12858,30
6. Амортизаційні відрахування:	67654036,19
а) на обладнання (металорізальні верстати, підйомно-транспортне обладнання)	59855426,27
б) на інструмент і пристрої	7798609,92
7. Утримання обладнання	447990,00
8. Утримання, ремонт і оновлення малоцінного інструментів і пристрою	7000,00
9. Поточний ремонт	1345132,91
Підсумок	69639283,86
З урахуванням К П = 0 , 6	52229462,89

					КНУ.КМР.131.24.1-06.08.ЕЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Загальноцехові витрати, грн.

1. Основна заробітна плата допоміжних робітників (крім вказаних раніше робітників з обслуговування обладнання)	11429,60
2. Додаткова заробітна плата допоміжних робітників	5714,80
3. Відрахування на соц. страхування	6429,15
4. Основна заробітна плата:	43560,00
а) ІТП	43560,00
б) МОП	0,00
5. Додаткова заробітна плата:	30492,00
а) ІТП	30492,00
б) МОП	0,00
6. Відрахування на соц. страхування	27769,50
7. Утримання будівель і споруд:	98295,01
а) електроенергія для освітлення	7763,56
б) вода на побутові потреби	21,92
в) пара на опалення	30245,53
г) матеріали та інші видатки	60264,00
8. Амортизаційні відрахування:	7544620,81
а) на будівлі і споруди	569709,82
б) на силові та електротехнічне обладнання	12804,46
в) на інвентар	706283,05
г) на вимірюючі і регулюючі прилади	6255823,48
9. Поточний ремонт будівель і споруд	28781,80
10. Утримання, ремонт і поновлення інвентарю	63592,99
Підсумок	8033032,68
З урахуванням п = 0 , 6	6024774,51

Таблиця 8.10 - Кошторис витрат на виробництво

Найменування показників	Одиниця вимірювання	Значення показника
1	2	3
1. Загальна ефективність капітальних вкладень по виконуваному проекту	д. о.	0,16
2. Виробнича собівартість партії деталі	грн.	101416756,94
3. Повна собівартість партії деталей	грн.	109530097,50
4. Фондовіддача	грн./грн.	1,79
5. Фондомісткість	грн./грн.	0,56
6. Виробнича потужність дільниці	шт.	2255
7. Середня тривалість обороту обігових коштів	дні	5
8. Коефіцієнт обіговості обігових коштів	об.	70,10
9. Норматив обігових коштів з основних матеріалів	грн.	1178068,75
10. Середньодобова потреба в основних матеріалах	грн.	52358,61
11. Запланована сума прибутку	грн.	18238468,49
12. Рентабельність виробництва	%	24,9%
13. Рентабельність продукції:	%	
–за ціною першого рівня;		13,8%
–за ціною другого рівня		-2,2%

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-06.08.ЕЧ

Арк.

9. НАУКОВА ЧАСТИНА НА ТЕМУ: ДОСЛІДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ З ВАЖКООБРОБЛЮВАНИХ ЧАВУНІВ

Ковкі чавуни, як одні із важкооброблюваних, мають широкий спектр застосування у гірничо-металургійній промисловості, наприклад для виготовлення картерів. Дослідження українських та зарубіжні вчених, досвід практичної роботи на машинобудівних підприємствах показав, що з механічна обробка ковкого чавуну, зокрема марки EN-GJS-350-22 (аналог КЧ35-10), може бути пов'язана з деякими технічними проблемами. Ось основні з них:

1. Високий рівень абразивності. Чавун має феритно-графітну структуру, високий вміст графіту і цементиту призводить до швидкого зношування інструментів під час механічної обробки, тому вимагає ретельного підбору матеріалу його різальної частини. Вчені запропонували використання спеціальних інструментів з покриттями, таких як твердосплавні або керамічні вставки, а також оптимізацію технологічних параметрів, включаючи швидкість різання, подачу та глибину різку. Використання змінної швидкості обробки також дозволяє зменшити навантаження на інструменти.

2. Ковкий чавун схильний до утворення тріщин або вібраційних пошкоджень під час механічної обробки, особливо при роботі з великими або тонкими деталями, через наявність фракцій графіту у вигляді пластівців та округлих включень.

3. Ковкий чавун має низьку пластичність в порівнянні з іншими матеріалами, такими як сталі, що може ускладнювати обробку, особливо при холодному різанні.

4. Ковкий чавун може не мати достатньо високої міцності на розрив у деяких випадках, що може призвести до вигину або інших дефектів у тонких деталях, таких як картер редуктору, що приводить до необхідності ретельно контролювати температурні режими і використовувати точні налаштування для запобігання перегріву і деформації.

5. Обробка ковкого чавуну може бути менш продуктивною порівняно з іншими металами через необхідність використання більш складних технологій і інструментів з високою твердістю, таких як, різальні пластини з КНБ.

6. Варіативність структури і хімічного складу ковкого чавуну може викликати зміни в його механічних властивостях. Тому необхідно ретельно підходити до питання технологічної якості сировини і процесу термічної обробки. Для покращення властивостей були розроблені методи термічної обробки, включаючи нормалізацію, відпуск або загартування. Проведені дослідження були зосереджені на оптимізації температурного режиму та швидкості охолодження, щоб досягти максимального рівня міцності без шкоди для пластичності

					КНУ.КМР.131.24.1-06.09.НЧ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Зуєв				Літ.	Арк.	Акрушіє
Перевір.	Цивінда						
Н. Контр.	Нечаєв				НАУКОВА ЧАСТИНА Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев						

Оптимізація технологічних параметрів при обробці ковкого чавуну EN-GJS-350-22 є критично важливою для зменшення абразивного зношування інструментів і забезпечення ефективної, економічної та стабільної обробки.

Для підвищення службових характеристик деталей із чавунів, що відрізняються як за структурою, так і за призначенням, використовують нанесення покриттів, поверхневе гартування струмами високої частоти (СВЧ), хіміко-термічної обробки, лазерне гартування, мікроплазмова обробка (МПО).

Для забезпечення стійкості до корозії та зносостійкості застосовуються різні методи обробки поверхні, такі як термічна обробка, нітрування або обробка лазером.

Лазерна термообробка для поверхневого зміцнення ковкого чавуну була вивчена як спосіб досягнення глибокої зміцненої поверхні без порушення основних механічних властивостей матеріалу.

Лазерна обробка (ЛО), як і інші методи модифікації поверхні, помітно впливає на трибологічні характеристики чавунів різних марок. Зокрема, при лазерній обробці (ЛО) сірого чавуну з використанням 5 кВт CO₂, лазера була отримана глибина зміцнення до 300 мкм при мікротвердості від 800 до 950 HV_{0,1}, що перевищує мікротвердість вихідного матеріалу майже в три рази. При цьому термін служби зміцненого шару майже вдвічі більший, ніж у необробленого, що безпосередньо пов'язане з утворенням мартенситної мікроструктури [14].

Аналогічна структура з незмінними графітовими конкреціями утворюється при ЛО без оплавлення ковкого чавуну на глибині до 150 мкм. І в цьому випадку мікротвердість досягає значень 800 HV при потужності випромінювання до 780 Вт [17]. Зменшення зносних параметрів характерне і для ЛО сірого чавуну імпульсним лазерним випромінюванням. Утворена мартенситна структура, в зоні плавлення при щільності енергії 10-12 Дж/мм² призводить до зменшення приблизно на 78% втрати маси і швидкості зносу зразка після ЛО випромінюванням Nd: YAG лазера [20].

Збільшення твердості в зоні оплавлення до 1025 HV майже в шість разів зменшує втрату маси для сірого чавуну марки СЧ20, знижує швидкість зносу до 78% [2] при ЛО випромінюванням волоконного лазера потужністю 5 кВт з тривалістю імпульсу до 1,5 нс і діаметрі плями до 4,4 мм. Лазерна обробка високоміцного чавуну марки ВЧ60-2 випромінюванням безперервного CO₂-лазера (потужність випромінювання до 2,5 кВт, швидкість сканування променя до 2000 мм/хв) у 2,1 - 3,3 рази підвищує його опір абразивного зношування [19]. Підвищення зносостійкості загартованого чавуну пов'язане з наявністю в зоні лазерного впливу (ЗЛВ) ділянок з термостійкою ледебуритною структурою та позитивним впливом на зносостійкість метастабільного залишкового аустеніту, що має підвищену стійкість до розпаду при нагріванні.

Таким чином, після зміцнювальної ЛО чавунів спостерігається підвищення їх зносних та міцнісних характеристик. Однак вибір обробки повинен

					КНУ.КМР.131.24.1-06.09.НЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

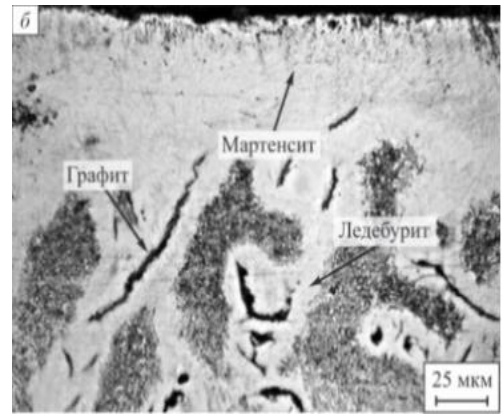
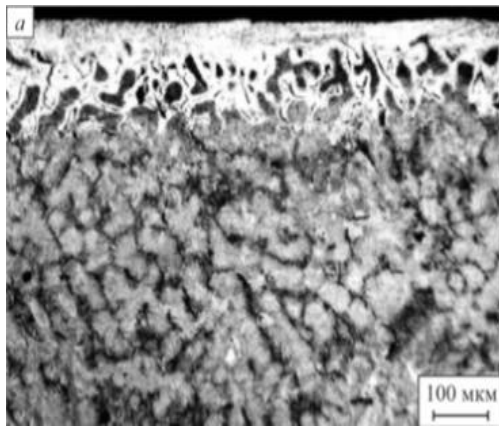


Рисунок 9.1-Мікроструктура чавуну марки ХФ після ЛО з оплавленням поверхні а)загальний вигляд; б) границя зони оплавлення і зони закалювання

Після випробувань оцінку лінійного зношування проводили візуально за допомогою оптичного мікроскопа або вимірювача шорсткості TR200 (компанія Tite Group Inc., Китай).

У вихідному стані чавун марки ХФ має ферито-перлітну структуру, цементит в основному розташований по межах перлітних колоній, форма графітних включень пластинчаста, мікротвердість приблизно 197 - 296 HV_{0,1}.

Зовнішній вигляд ЗЛВ на поперечному шліфі чавуну марки ХФ після лазерної обробки з оплавленням поверхні наведено на рис. 1, а. У зоні оплавлення основною структурою є мартенсит (рис. 9.1, б). У верхній частині зони оплавлення шириною близько 40 – 50 мкм карбід розчинені, графітова складова відсутня. Кордон між зонами оплавлення та загартування нерівномірний (рис. 9.1, б), а сама зона загартування з твердої фази відрізняється неоднорідною структурою. При нагріванні феритна матриця біля графітних включень насичується вуглецем, внаслідок чого температура її плавлення знижується. З цієї ж причини у верхній частині зони гартування область навколо фериту оплавляється і насичується вуглецем. Ступінь насичення на різній відстані від графіту відрізняється, тому біля графіту утворюється світлий шар ледебуриду (рис. 9.1, б). Ця структура є переважною при видаленні від поверхні ЗЛВ, спостерігаються сліди фериту та пластинчастий графіт. На межі зони гарту з основним металом у структурі чавуну переважає перлітна складова.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.09.НЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

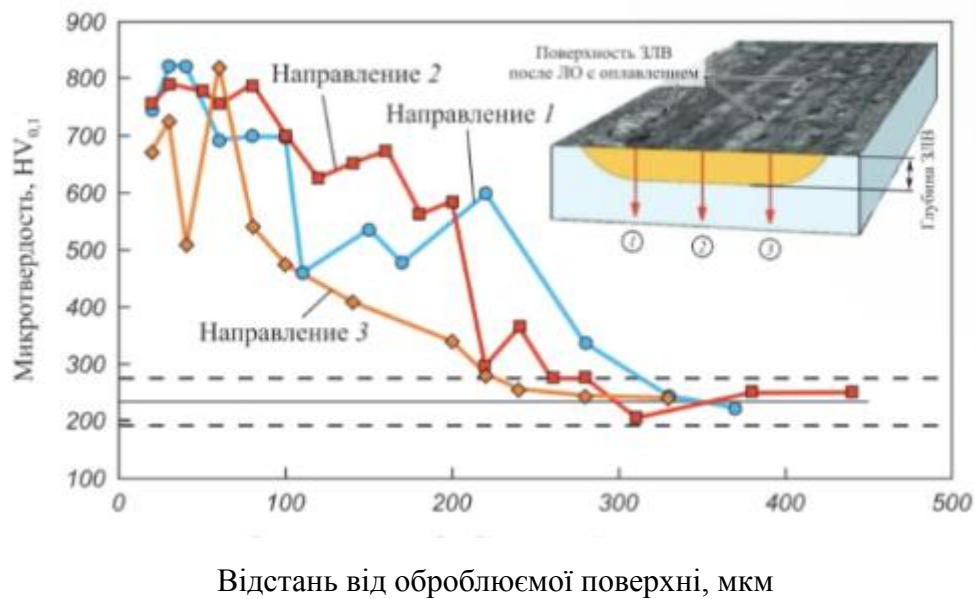


Рисунок 9.2- Зміна мікротвердості за глибиною ЗЛВ, отриманої при обробці чавуну марки ХФ з оплавленням поверхні (на врізанні показано схему вимірювання мікротвердості після ЛВ).

Мікротвердість по глибині ЗЛВ з оплавленням була виміряна за трьома напрямками, що знаходяться на різних відстанях від центру смуги обробки. Схема виміру показана на врізанні до рис. 9.2. Ширина доріжки обробки поверхні зразка 3,96 мм. Глибина зони зміцнення з модифікованою структурою при ЛО з оплавленням складала 220 – 310 мкм. Мікротвердість мартенситної структури в зоні оплавлення досягає приблизно 750 – 820 $HV_{0,1}$ (рис. 9.2), що в 2,5 – 4,2 рази перевищує мікротвердість вихідної структури, яка дорівнює $234 \pm 41 HV_{0,1}$ (рис. 9.2, штрихова лінія).

Після лазерної обробки без оплавлення поверхні зразка чавуну марки ХФ структура ЗЛВ на поперечному шліфі загалом подібна до структури чавуну у вихідному стані. Відмінності полягають у тому, що в окремих ділянках зони при ЛО без оплавлення поверхні спостерігаються згруповані розподілені по ЗЛВ локальні ділянки карбідної фази, рівномірно розташовані включення пластинчастого графіту.

Ближче до поверхні ЗЛВ знаходяться ділянки бейніту, зі зростанням глибини в структурі переважає ледебуритна складова. Вимірювання мікротвердості проводили за тією ж схемою, що і при ЛО з оплавленням поверхні. Ширина зони виміру 4,38 мм. Мікротвердість по глибині ЗЛВ, отриманої при обробці чавуну марки ХФ без оплавлення поверхні, знаходиться практично на рівні мікротвердості вихідного матеріалу, тільки в окремих дуже вузьких зонах перекриття лазерних доріжок, де спостерігали незначне оплавлення поверхні, мікротвердість перевищує вихідну і становить приблизно $500 HV_{0,1}$.

Лазерна обробка хромованадієвого чавуну марки ХФ випромінюванням безперервного волоконного лазера в режимі з оплавленням поверхні призводить до утворення структур у ЗЛВ, що забезпечують перевищення мікротвердості над

профілю лунки зношування після трибологічних випробувань зразка, обробленого з оплавленням поверхні, представлений на врізанні б до рис. 9.4, б.

Крім вимірювання лінійного зносу, що дорівнює глибині канавки в місці торкання «пальця» (порожнього циліндра (врізання а до рис. 9.4)) та поверхні досліджуваного зразка, визначали інтенсивність зношування як відношення лінійного зносу до шляху тертя. За шлях тертя приймали відносне переміщення поверхонь, що труться, протягом усього циклу вимірювань. Лінійний знос, інтенсивність зношування та шляхи тертя наведені в таблиці.

Силу тертя в місці контакту розраховували з умови рівності моментів тертя в місцях прикладання сили тертя та вимірювання моменту тертя. Причому останнє конструктивних міркувань знаходилося на відстані 25 мм від центру обертання «пальця» по поверхні зразка. Враховуючи геометричні розміри контртіла та просторове розташування місця вимірювання моменту тертя в експерименті, отримуємо

$$F_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}}}{2,5} \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Внаслідок абразивного зношування зразків, що випробовуються, спостерігався значний розкид значень моменту тертя (сили тертя і коефіцієнта тертя). Високий опір, що спостерігається, абразивному зношуванню при ЛО з оплавленням поверхні пов'язаний з наявністю в тонкому поверхневому шарі структури мартенситу, а зі збільшенням глибини ЗЛВ – ділянок з ледебуритною структурою, що мають підвищену твердість. Позитивний вплив на зносостійкість має залишковий аустеніт внаслідок його підвищеної стійкості до розпаду при нагріванні та можливості переходу в мартенсит деформації при терті.

Структурні зміни після ЛО з оплавленням за даними трибологічних випробувань призводять до зменшення лінійного зношування більш ніж у 50 разів, а інтенсивності зношування більш ніж у 100 разів, коефіцієнт тертя при цьому знижується майже на 30%. Після ЛО без оплавлення зменшення зазначених трибологічних характеристик суттєво менше: у 1,42 рази та 3,4 рази відповідно.

Експериментально показано, що обробка поверхності хромованадієвого чавуну марки ХФ безперервним лазерним випромінюванням волоконного лазера різноманітного рівня потужності призводить до суттєвих змін у поверхневому шарі матеріалу. При ЛО з оплавленням поверхні мікротвердість у ЗЛВ зростає у 2,5 – 4,2 рази при глибині зміцненого шару 220 – 310 мкм, що є суттєвим фактором підвищення зносних характеристик матеріалу. При лазерній обробці без оплавлення поверхні спостерігається локальне збільшення мікротвердості до 1,9 – 2,7 рази за глибини ЗЛВ 50 – 120 мкм. В результаті випробувань на тертя ковзання за схемою «диск – палець» встановлено, що структурні зміни в ЗЛВ після лазерної обробки безперервним випромінюванням поверхні контакту призводять до зниженню лінійного зносу та інтенсивності зношування. Після ЛО з оплавленням поверхні лінійний знос зменшується більш ніж у 50 разів, а інтенсивність зношування більш ніж у 100 разів, при цьому коефіцієнт тертя знижується

					КНУ.КМР.131.24.1-06.09.НЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

майже на 30%. Після ЛО без оплавлення поверхні зміни трибохарактеристик менш виражене та складає 1,42 рази і 3,4 рази відповідно.

В результаті аналізу досліджень та практичних застосувань остаточно була запропонована підприємству мікроплазмова обробка для поверхневого зміцнення ковкого чавуну була визначена як спосіб досягнення глибокої зміцненої поверхні без порушення основних механічних властивостей матеріалу [15]. Вигоди до зміцнення поверхонь, такі:

- залежно від характеристик зміцнювальних поверхонь вибирається один з варіантів зміцнення: з оплавленням або без оплавлення.

- при зміцненні з оплавленням поверхня деталі виходить шорстка та повинна мати подальше тонке розточування, або шліфування, а оскільки глибина проникнення невелика, складності подальшої обробки можуть полягати в забезпеченні мінімальних геометричних похибок верстату;

- при зміцненні без оплавлення поверхня не повинна мати грубої шорсткості, тобто необхідна попередня чистова обробка;

- забезпечення постійних властивостей по всій поверхні досягається шляхом перекриття плазмової дуги зміцненої доріжки на величину половини плазмової плями;

- забезпечення стабільної роботи дуги і попередження розбризкування частинок рідкого металу на поверхні сприяє подача захисного газу до сопла плазмотрона.

Мікроплазмова технологія відноситься до числа локальних методів термообробки. Сутність процесу мікроплазмового зміцнення чавунів полягає у високошвидкісному нагріванні ($10^2 \dots 10^5$ °C/c) мікроплазмовою дугою ділянок поверхневого шару і його охолодження ($10^2 \dots 10^4$ °C/c) за рахунок інтенсивного відводу тепла у масу деталі, що забезпечує умови для формування дрібнодисперсних структур, які мають високу зносостійкість за рахунок утворення дрібнодисперсного мартенситу та ледебуриту.



Рисунок 9.5-Процес мікроплазмового зміцнення



Рисунок 9.7- Види мікроплазмового зміцнення 1-оксамитове, 2-без оплавлення, 3- з оплавленням

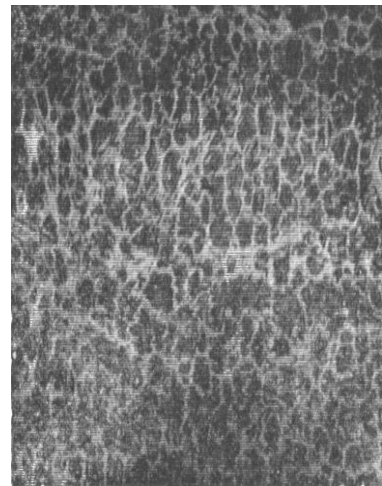


Рисунок 9.8 - Структура зміцненого чавуну

					КНУ.КМР.131.24.1-06.09.НЧ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Істотною перевагою мікроплазмового зміцнення, в порівнянні з плазмовим, газоплазмовим, СВЧ і електроконтактним способом нагрівання, є отримання великої диференціальної густини потужності (більше 10^3 Вт/см²) при малій інтегральній тепловій потужності (менш 8 кВт), напрузі дуги 30-40В, Робочого струму 55-70А, що зумовлює малий рівень термічних напруг при обробці.

При цьому термін служби зміцненого шару майже вдвічі більший, ніж у необробленого, що безпосередньо пов'язане з утворенням мартенситної мікроструктури. Стиснення дуги звичайно досягається інтенсивним її охолодженням аксіальним, радіальним або вихровим потоком газу, а також рідиною. Обжимання стовпа дуги дозволяє значно стабілізувати анодну пляму, зменшивши її переміщення по оброблюваній поверхні, значно підвищити густину енергії в анодній плямі.

Результати дослідження структури поверхневого шару чавунного корпусу після мікроплазмового зміцнення показали, що зміцнюючий ефект досягається в результаті подрібнення (до розмірів 5 мкм) перлітових утворювань проти вихідного 50...60 мкм, підвищеної щільності дефектів кристалічної будови, утворення дрібнодисперсного мартенситу і ледебуриту.

При обробці мікроплазмовою дугою в режимі оплавлення можливо виділити наступні зони:

- перша зона – оплавлення, яка складається із структури дрібнодисперсного ледебуриту, ділянок із аустеніту, що розплавився, і мартенситу;
- друга зона – перехідна, яка складається із дрібнодисперсного ледебуриту, який утворюється на місці цементиту і навколо графітових включень;
- третя зона – загартування на мартенсит;
- четверта зона – часткових фазових перетворювань.

Геометричні розміри зон залежать від технологічних параметрів зміцнення і виконання чавуна. При зміцненні з нагріванням до температур загартування з твердо-рідкого стану поверхні в структурі присутні останні три зони. Обробка мікроплазмовою дугою, яка забезпечує зміцнення з твердого стану поверхні, обумовлює утворення двох останніх зон.

Рентгенівський фазовий аналіз показав наявність в поверхневому зміцненому шарі $\alpha - Fe$, $\gamma - Fe$ (аустеніт) і карбідів Fe_3C . Найбільша кількість аустеніту спостерігається в першій зоні. Збільшення мікротвердості корелюється зі збільшенням параметру решітки аустеніту.

Промислові дослідження зміцнених чавунних деталей показали збільшення напрацювання в 1,3...1,5 рази по порівнянню з деталями поточного виробництва. Збільшення напрацювання пояснюється структурними змінами, які відбуваються після МПО обробки чавунних поверхонь.

Розрахунки показують, що максимально досяжна глибина зміцненого шару з оплавленням і без оплавлення поверхні відповідно дорівнює 1,4 і 1,0 мм. При цьому твердість оплавленої поверхні досягає 820 НВ, а без оплавлення 650 НВ.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-06.09.НЧ				

ВИСНОВКИ

Даний технологічний процес мав за мету підвищення ефективності виробництва приводу транспортера комбайну за рахунок сучасної технологічної підготовки виробництва на основі САПР технологій: а саме CAD CAM CAE в проектуванні технологічного процесу виготовлення картеру редуктору.

Мета була реалізована. Було впроваджено в технологічний процес багатоцільові верстати з ЧПК, що дозволило знизити трудомісткість обробки в два рази. Були розраховані техніко-економічні показники впровадження верстатів. Були вибрані оптимальні режими різання згідно з рекомендаціями застосування сучасних інструментальних матеріалів. Пронормовані технологічні процеси обробки картеру редуктору, що дало змогу зробити висновок, що штучно-калькуляційний час в порівнянні з базовим був скорочений на 30%.

Верстатно-інструментальне налагодження у Feature CAM в дало можливість розробити керуючу програму для верстату з ЧПК.

CAD CAE система Solid Works дозволив провести статичне і динамічне дослідження навантаження на картер редуктору. Пропонується розрахунок та проектування конструкції верстатного та контрольного пристосування для картера редуктору.

В даному проекті розглядалося актуальне наукове питання: основні методи зміцнення чавунних деталей, що дозволить підвищити їх міцність та довговічність.

Рентабельність виробництва 24,9 %. Розрахунок собівартості показав, що технологічний процес обробки деталі є економічно вигідний.

					КНУ.КМР.131.24.1-06.В			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Зуєв				ВИСНОВКИ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, гр ПМ-23м		
Зав. каф.	Рязанцев							

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності виробництва приводу транспортера комбайну за рахунок використання САПР технологій в проектуванні технологічного процесу картеру редуктора.

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Зуєв І.О.

Керівник КМР

(підпис)

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2024 р.

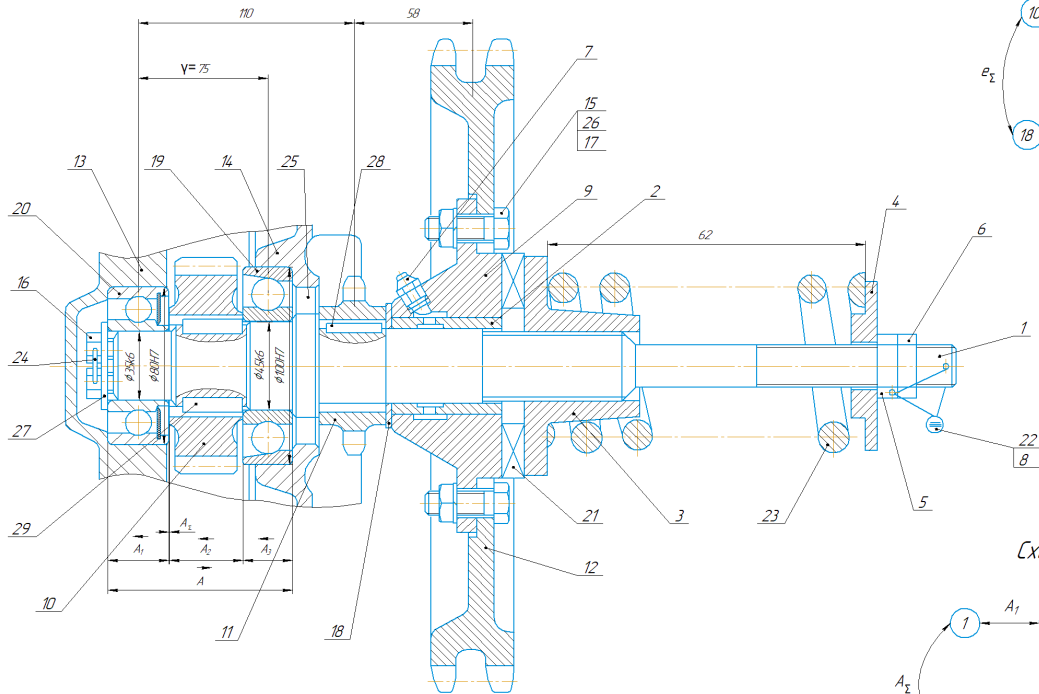


Схема складання вузла вал ведений

Схема кутового розмірного ланцюга

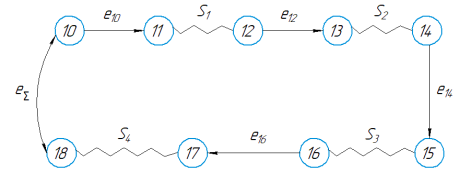
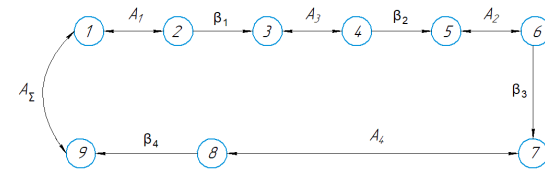


Схема лінійного розмірного ланцюга



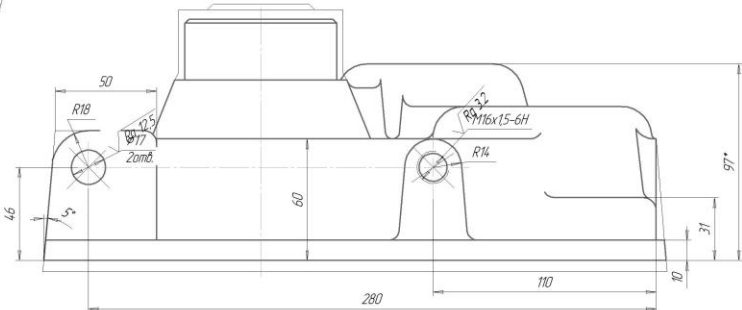
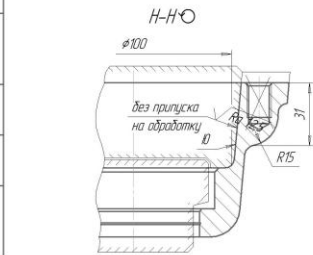
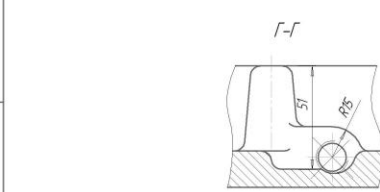
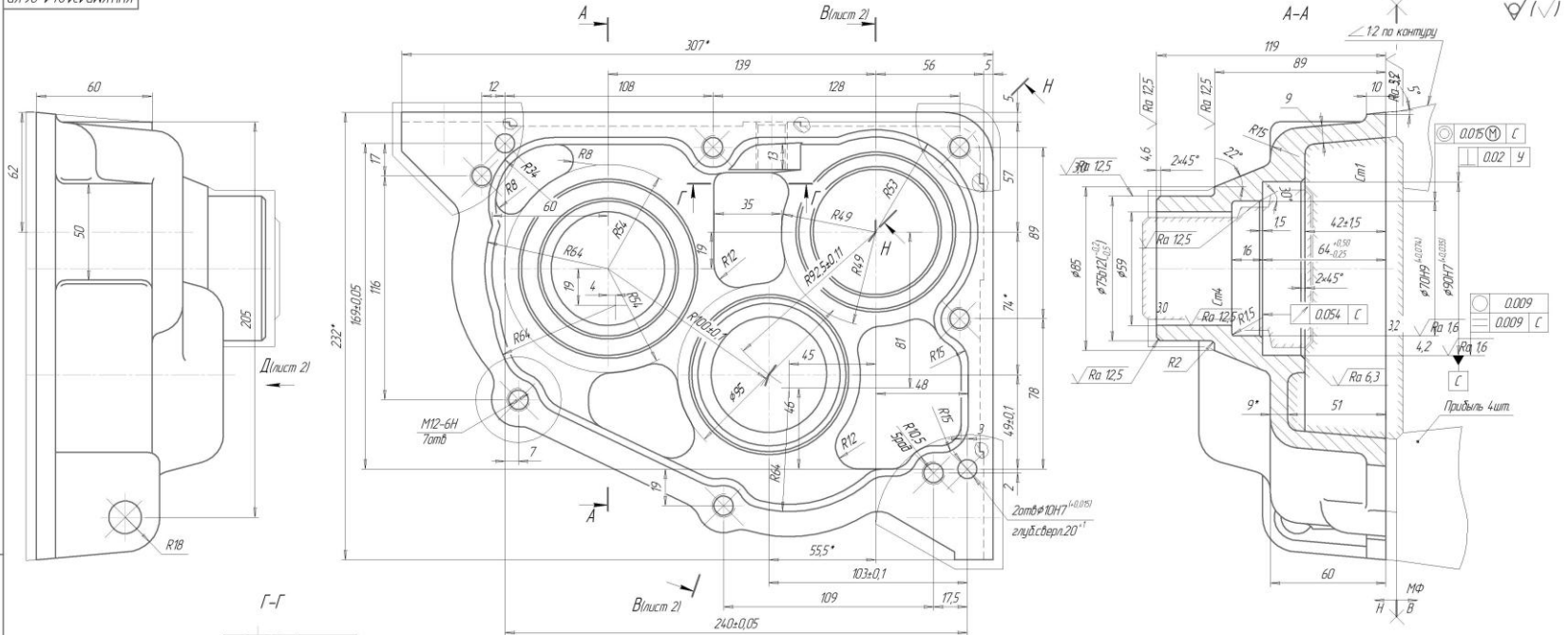
Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20
Лист № 21
Лист № 22
Лист № 23
Лист № 24
Лист № 25
Лист № 26
Лист № 27
Лист № 28
Лист № 29
Лист № 30

Вал	1	1
Підшипник	2	1
Підшипник	3	1
Підшипник	4	1
Підшипник	5	1
Підшипник	6	1
Підшипник	7	1
Підшипник	8	1
Підшипник	9	1
Підшипник	10	1
Підшипник	11	1
Підшипник	12	1
Підшипник	13	1
Підшипник	14	1
Підшипник	15	1
Підшипник	16	1
Підшипник	17	1
Підшипник	18	1
Підшипник	19	1
Підшипник	20	1
Підшипник	21	1
Підшипник	22	1
Підшипник	23	1
Підшипник	24	1
Підшипник	25	1
Підшипник	26	1
Підшипник	27	1
Підшипник	28	1
Підшипник	29	1
Підшипник	30	1

Невказані граничні відхилення Н14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$

КНУКМР 13124-1-06.ВВ			
Вал ведений приводу (складальне креслення)			
Лист	Маса	Масштаб	
1	25,3	1:1	
Листів	Креслел	Т	
1	1		
код: 1М			
дд: 14-23м			
Формат: А1			

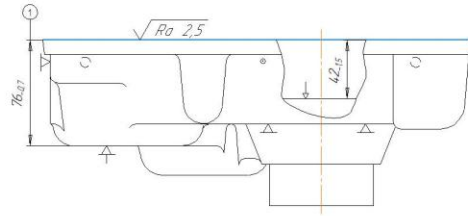
КНУКМР.131.24.1-06.КР



1. Точність відливки 9т-9-6-4 ДСТУ EN 1562:2019.
2. Невказані формовочні ухили 3°49', ливарні радіуси 5мм.
3. Зниження по лінії роз'єму допускається до 0,8мм.
4. Можлива заміна матеріалу на сталь 35Л ДСТУ 977-75.
5. Графітизмичний відгал до НВ<149.
6. Невказані граничні відхилення розмірів Н14, н14.
7. Внутрішня поверхню ретельно очистити від формовочної суміші, окалини і пригару, придатки чи питателі видалити.
7. На необроблених поверхнях допускається одиничні раковини глибиною, що не перевищує 20% від товщини стінки, діаметром не більше подвєної глибини.
8. Поверхня III ладина бути чистою і рівною.
9. На поверхні IV допускається чорнота до 100%.
10. Покриття необроблених поверхонь емаль АС-182 червона VІ-УІ ДСТУ 19024-81.
11. *Розмір для довідок.
12. **Розмір повторений.

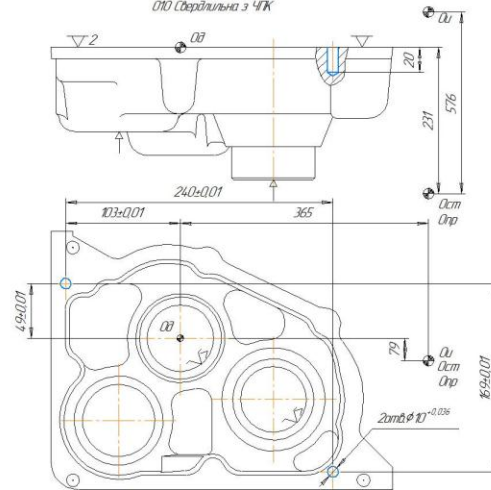
КНУКМР.131.24.1-06.КР			
Корпус регулятора (суміщене креслення)	Лист	Масштаб	Лінійний
	9.35	1:1	
Число копій КЧ 35-10 ДСТУ EN 1562:2019	Лист	1	Лінійний
	Кад. ТМ		
	ар.ЛМ-23м		

005 Вертикально-фрезерні



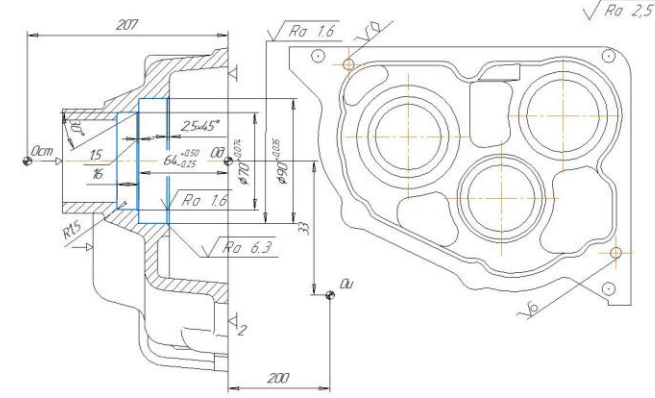
HAAS VF-2	123	125	25		0.15	106	2.14
Найменування та модель верстату	V м\хв	n об\хв	f мм	S мм\об	S мм\хв	T _с хв	T _{ум} хв

010 Свердильна з ЧПК



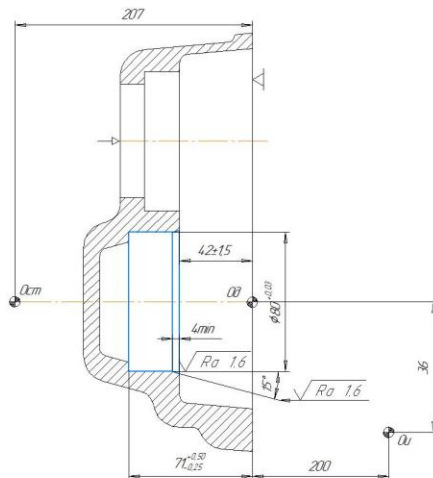
HAAS VF-2	7.85	250	0.04	0.5		2.33	3.65
Найменування та модель верстату	V м\хв	n об\хв	f мм	S мм\об	S мм\хв	T _с хв	T _{ум} хв

015 Токарна з ЧПК



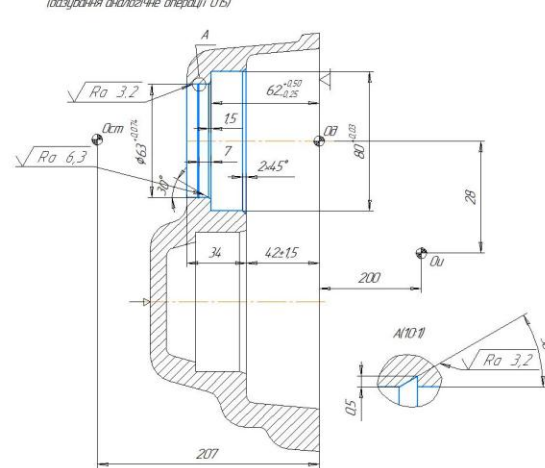
Токарний обробний центр з ЧПК	178	630	0.5	0.5		17	3.08
Найменування та модель верстату	V м\хв	n об\хв	f мм	S мм\об	S мм\хв	T _с хв	T _{ум} хв

020 Токарна з ЧПК (обслування аналогічне операції 015)



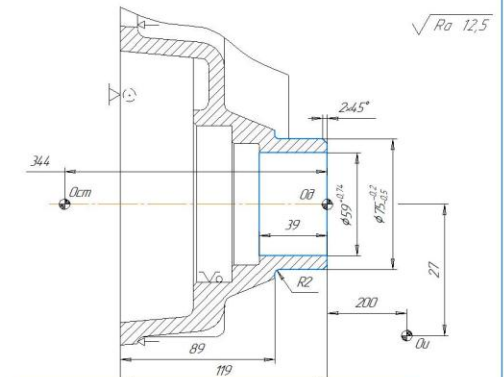
Токарний обробний центр з ЧПК	201	800	0.5	0.15		0.99	2.04
Найменування та модель верстату	V м\хв	n об\хв	f мм	S мм\об	S мм\хв	T _с хв	T _{ум} хв

025 Токарна з ЧПК (обслування аналогічне операції 015)



Токарний обробний центр з ЧПК	201	800	0.5	0.15		1.13	2.46
Найменування та модель верстату	V м\хв	n об\хв	f мм	S мм\об	S мм\хв	T _с хв	T _{ум} хв

030 Токарна з ЧПК



Токарний обробний центр з ЧПК	1177	500	85	0.4		0.55	1.52
Найменування та модель верстату	V м\хв	n об\хв	f мм	S мм\об	S мм\хв	T _с хв	T _{ум} хв

005 Вертикально-фрезерні
 010 Свердильна з ЧПК
 015 Токарна з ЧПК
 020 Токарна з ЧПК (обслування аналогічне операції 015)
 025 Токарна з ЧПК (обслування аналогічне операції 015)
 030 Токарна з ЧПК

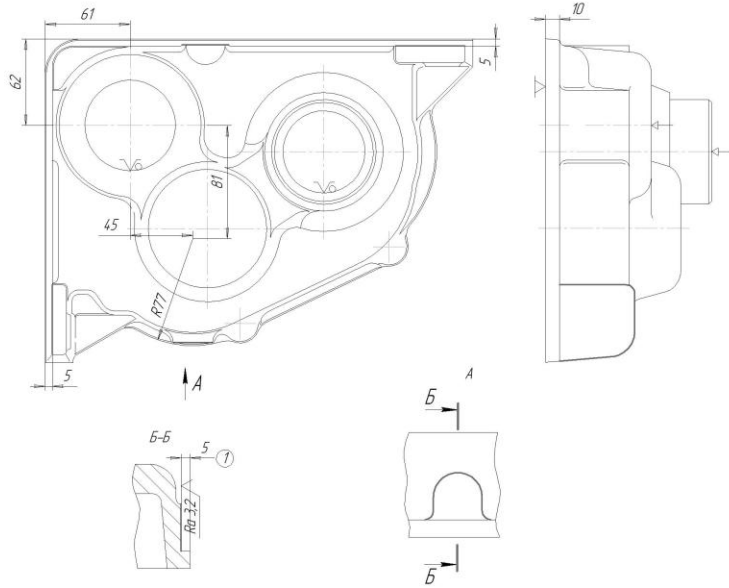
КНУ.КМР.131.24.1-06.ЕО

Ескізи операцій картера редуктора

Лист	Маса	Місця
Лист	Маса	Місця

карт. ПМ
ар. ПМ-234
сторінка 11

035 Вертикально-фрезерна з ЧПК

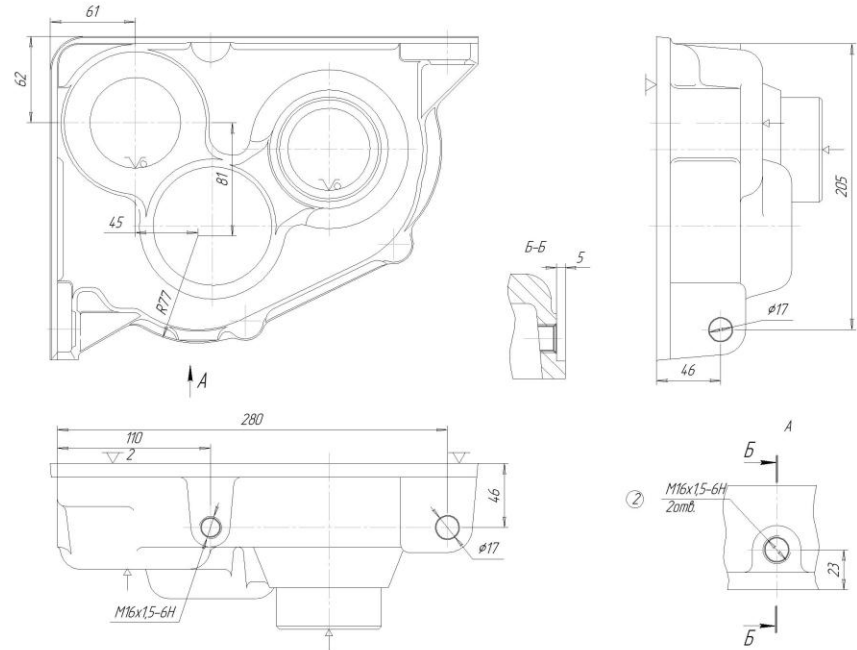


HAAS VF-2	1236	315	4	0,2	0,24	1,47
Найменування та модель верстату	V	n	f	S	S	T _ш
	м\хв	об\хв	мм	мм\об	мм\хв	хв

√ Ra 32

040 Свердлильна з ЧПК

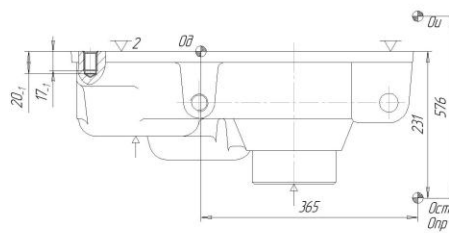
√ Ra 12,5



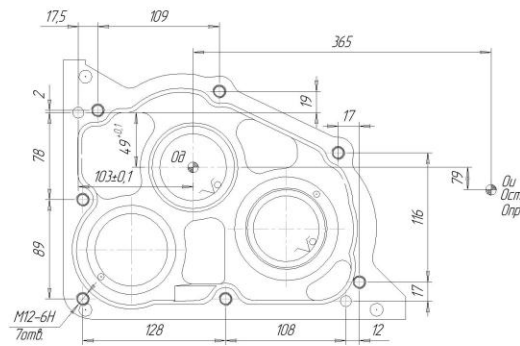
HAAS VF-2	9,04	180	0,75	15	1,18	2,61
Найменування та модель верстату	V	n	f	S	S	T _ш
	м\хв	об\хв	мм	мм\об	мм\хв	хв

045 Свердлильна з ЧПК

√ Ra 12,5



HAAS VF-2	94	250	0,5	10	3,32	5,12
Найменування та модель верстату	V	n	f	S	S	T _ш
	м\хв	об\хв	мм	мм\об	мм\хв	хв

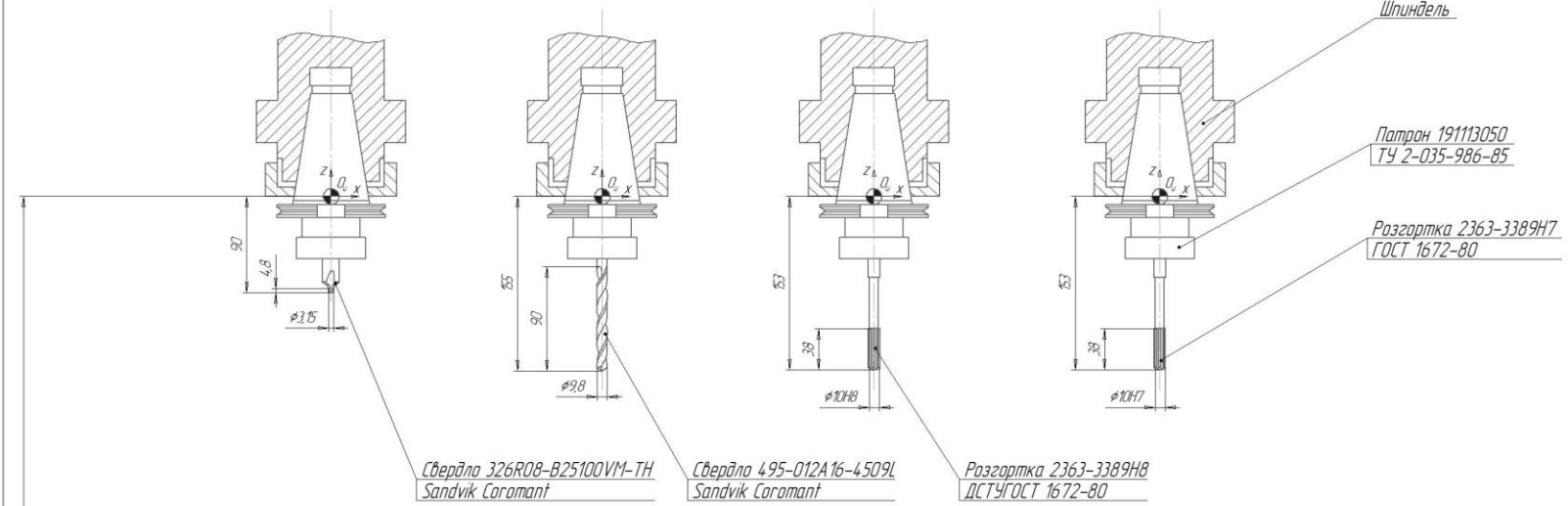


КНУ.КМР.13124.1-06.ЕО			
Ескізи операції			
Лист	Контр.	Листів	Всього
Лист 21	Листів 2		
Кап. ПМ			
гр. ПМ-23м			

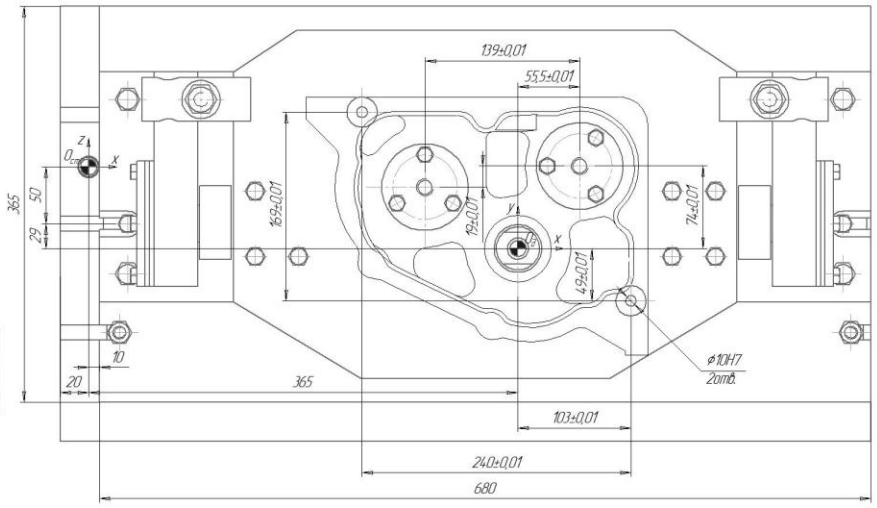
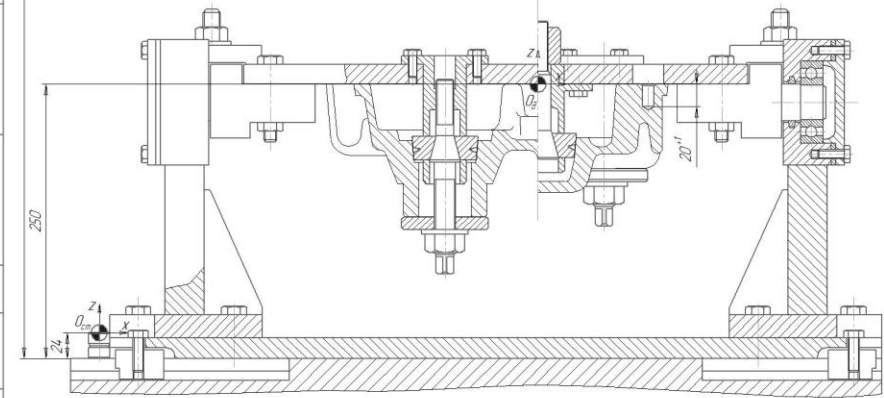
Лист 21

Лист 21

КНУ.КМР.13124-1-06.КР



607



Лист 1 из 1
 Стор. №
 Обоз. и дата
 Изм. № 001
 Дата вх. № 14.01.2011
 Обоз. и дата
 Изм. № 001
 Дата вх. № 14.01.2011

				КНУ.КМР.13124-1-06.КР				
Изм.	Дата	Исполн.	Провер.	Назначение на сверловые операции в ЧПУ на станках HAAS VF-2			Лист	Масштаб
1							11	
Исполн.	Провер.	Исполн.	Провер.				Код ГИ	2014-231
				Контракт			Формат А1	

