

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва корпусу
редуктора РД-400 за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Проектував ст.гр. ЗПМ-22ск

Занкович К.А.

Керівник роботи

д.т.н., проф. Кіяновський М.В.

Кривий Ріг
2025 р

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва корпусу
редуктора РД-400 за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Проектував ст.гр. ЗПМ-22ск

Занкович К.А.

Керівник роботи

д.т.н., проф. Кіяновський М.В.

Нормоконтроль

к.т.н., доц. Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

к.т.н., доц. Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 р

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Студент гр. ЗПМ-22ск Занкович Костянтин Андрійович

Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва корпусу редуктора РД-400 за допомогою CAD/CAM/CAE систем технологій

1. Керівник проекту д.т.н., проф. Кіяновський М.В.

Тема затверджена наказом по КНУ № 46с від “ 16.01 ” 2025 р.

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

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

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

4. Зміст пояснювальної записки:

1 РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДАЛЬНОГО ВУЗЛА

2 Інженерний аналіз у системі SolidWorks SIMULATION

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КОРПУСУ

5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ

6 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА

ВЕРСТАТІ З ЧПК У ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ FUTURE CAM

7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ТА КОНТРОЛЬНОГО

ПРИСТОСУВАННЯ

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення складального вузла. 2.

Креслення заготовки 3. Креслення деталі. 4. Ескізи операцій 5. Креслення

верстатно - інструментального налагодження. Креслення верстатного

оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1.Розмірний аналіз складального вузла. Інженерний аналіз у системі SolidWorks SIMULATION	До 28.01 2025р.
2Службове призначення деталі 2.1 Службове призначення деталі Аналіз якості поверхонь деталей Технічний контроль робочого креслення Аналіз технологічності деталі 3 Проектування технологічного процесу обробки корпусу Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення 3.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок 3.2 Вибір і обґрунтування баз 3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь 3.4 Розробка маршруту обробки деталі 3.5 Розробка технологічних операцій 3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку щодо удосконалення	02.02 2025р.- 20.02.2025р.
4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	з 31.03.2025р
5 Розробка верстатно-інструментального налагодження у SOLID WORKS SIMULATION	.
6 Проектування технологічного оснащення	до 03.04 2025р.
Попередній захист	10 .06 2025р.

Дата видачі завдання: “18” 01 2025р.

Студент _____ / Занкович К.А./
Керівник роботи _____ /Кіяновський М.В./

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є конструкторсько-технологічна підготовка виробництва корпусу редуктора за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Мета роботи: Застосувати в механічній обробці корпусу верстати з ЧПК і таким чином, підвищити продуктивність праці, зменшити собівартість та забезпечити якість.

Мета була реалізована вибором багатоцільового верстату та обґрунтуванням ефективності застосування верстатів з багатоосьовою обробкою для деталей типу корпус. 3D модель імпортована в Solid Work SIMULATION дала можливість зробити статичне та динамічне дослідження характеристик конструкції, а Future CAM розробити керуючу програму, візуалізувати механічну обробку та проконтролювати процес на надійність.

Технологічна оснастка для контролю співвісності та перпендикулярності базових отворів та універсально – складальне пристосування дало можливість забезпечити якість механічної обробки.

СКЛАДАЛЬНИЙ ВУЗОЛ, КОРПУС, РОЗМІРНИЙ ЛАНЦЮГ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МАРШРУТНА КАРТА, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, НАЛАГОДЖЕННЯ.

ABSTRACT

The object of the design is the design and technological preparation of the production of the gearbox housing using CAD/CAM/CAE systems

Objective of the work: To use CNC machines in the machining of the housing and thus increase labor productivity, reduce cost and ensure quality.

The goal was realized by choosing a multi-purpose machine and substantiating the effectiveness of using machines with multi-axis machining for parts such as the housing. The 3D model imported into Solid Work SIMULATION made it possible to conduct a static and dynamic study of the design characteristics, and Future CAM to develop a control program, visualize the machining and control the process for reliability.

Technological equipment for controlling the alignment and non-perpendicularity of the base holes and a universal assembly fixture made it possible to ensure the quality of machining.

ASSEMBLY, HOUSING, DIMENSIONAL CHAIN, TECHNOLOGICAL PROCESS, ROUTE MAP, MECHANICAL PROCESSING, ADJUSTMENT

					КНУ.КБР.131.25.4-01.Р						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Занкович			РЕФЕРАТ			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Кіяновський								1.1	12
Н. Контр.		Нечаєв						Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск			
Затверд.		Рязанцев									

Перв. примен.	Формат	Зача	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документация		
	A4			КНУ.КБР.131.25.4-01 ПЗ	Пояснювальна записка.		
					Альбом технологічних карт		
					Графічні матеріали		
	A1			КНУ.КБР.131.25.4-01.РСВ	Редуктор(складальний вузол)	1	
	A2			КНУ.КБР.131.25.4-01.К	Корпус	1	
	A2			КНУ.КБР.131.25.4-01.ВКШВ	Корпус шестерні (виливок)	1	
	A1			КНУ.КБР.131.25.4-01.ЕО	Ескізи операцій	1	
	A1			КНУ.КБР.131.25.4-01.ІН	Інструментальне налагодження на фрезерну операцію з ЧПК	1	
Підп. и дата							
Взам. инв. №							
Підп. и дата							
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.25.4-01.В0		
	Разраб.	Занкавич			Відомість об'єму кваліфікаційної бакалаврської роботи		
	Пров.	Кіяниський					
	Исполн.	Нечаев			Кафедра ТМ,ЗПМ-22ск		
	Утв.	Рязанцев					

Копировал

Формат A4

ЗМІСТ

Вступ

1 Розмірний аналіз складального вузла

1.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

1.2 Розробка технологічного процесу складання

1.3 Інженерний аналіз у системі SolidWorks SIMULATION

2 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

2.3 Технічний контроль робочого креслення

2.4 Аналіз технологічності

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 корпусу

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.

3.7. Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій.

3.8. Розрахунок складу та кількості обладнання

4 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

5. Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунок-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК

6 Проектування технологічної оснастки

Висновки

Перелік посилань

Альбом технологічної документації

Додаток

					КНУ.КБР.131.25.4-01.3		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Занкович			ЗМІСТ	Літ.	Арк.
Перевір.		Кіяновський					1
Реценз.							2
Н. Контр.		Нечаєв				ЗПМ-22ск	
Зав. каф.		Рязанцев					

ВСТУП

Машинобудування, яке постачає продукцію всім галузям народного господарства, відіграє важливу роль у розвитку науково-технічного прогресу України. Ефективність виробництва, якість продукції, що випускається, залежать від випереджаючого розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів і апаратів, від всебічного запровадження методів техніко-економічного аналізу.

Однією з найважливіших задач є розробка технологічних процесів виготовлення деталей та технологічних процесів складання вузлів і машин з урахуванням наукомістких технологій та врахуванням умов конкурентноздатності деталі.

Виробництво деталей для машин і механізмів сьогодні неможливе без виготовлення виливків, поковок, штампованих, пресованих, зварюваних, склепуваних, склеюваних, пластмасових, гумових, порошкових заготовок, значного розмаїття сортового та спеціального прокату, композитних матеріалів тощо. Сучасні способи формоутворення дають змогу отримувати заготовки великих і малих розмірів з високою точністю та якістю поверхонь, що вимагають незначного оброблення різанням.

Реалізація цієї цілі буде здійснюватись за рахунок вибору прогресивного типового технологічного процесу обробки деталі різанням, проектуванням і виготовленням заготовки дешевим способом, вибором сучасного автоматизованого обладнання, розрахунком прогресивних режимів різання і правильною послідовністю технологічних операцій, складальних, контрольних і термообробки.

Значно полегшує розробку технологічної документації застосування сучасного програмного забезпечення, яке скорочує час конструкторсько-технологічного проектування, звільняє інженерів від непродуктивної одноманітної праці.

В роботі є повне оформлення технологічної документації, кресленнями складального вузла, схеми складання, налагодженням на фрезерну операцію.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.В		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Занкович			ВСТУП	Літ.	Арк.
Перевір.		Кіяновський					1
Реценз.						Акрушів	
Н. Контр.		Неяєв				ЗПМ-22ск	
Зав. каф.		Рязанцев					

1 РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДАЛЬНОГО ВУЗЛА

1.1 Розрахунок лінійних і кутових розмірних ланцюгів

Для нормальної роботи редуктору необхідно витримати зазор між кришкою і підшипником, який дорівнює $A_{\Sigma} = 0 \pm 0.1125$ мм, $T_{\Sigma} = 0.225$ мм, $\Delta C_{\Sigma} = 0$, таке значення було знайдено із осрової гри підшипника.

$$\frac{2S}{q_r} = 15 \quad (1.1)$$

де q_r – радіальний зазор підшипника $q_r = 5 \dots 16$ мкм,
 $2S = 15 \cdot 0.015 = 0.225$ мм

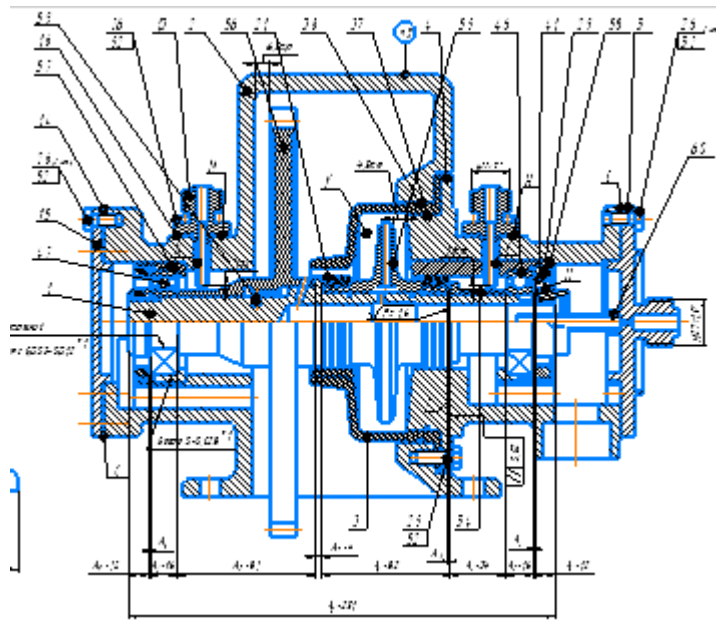


Рисунок 1.1- Складальний вузол: 1-вал; 2-корпус; 3-корпус проміжний; 4-корпус опори; 5-кришка

Знайти допуск замикаючої ланки можливо, через знаходження кількості одиниць допуску в розмірах ланцюга.

$$a = \frac{T_{\Sigma}}{\sum_i} \quad (1.2)$$

					КНУ.КБР.131.25.4-01.01.РАСВ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗМІРНИЙ АНАЛІЗ СКЛАДАЛЬНОГО ВУЗЛА Літ. Арк. Аркушів Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск		
Розроб.		Занкович					
Перевір.		Кіяновський					
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					

де $T_{\Sigma} = 225 \text{ мкм}$,

$$a = \frac{225}{2 \cdot 1.31 + 2 \cdot 1.56 + 2 \cdot 1.56 + 2 \cdot 0.9 + 2.52} = 17.07$$

Знайдене значення відповідає IT7-IT8 і входить в інтервал $a = 16-25$ [3]

$$\text{IT7} - TA_1 = TA_5 = 21$$

$$\text{IT7} - TA_2 = TA_4 = 25$$

$$\text{IT7} - TA_3 = 25$$

$$\text{IT7} - TA_8 = 40$$

$$\text{IT7} - TA_9 = TA_6 = 15$$

$$S = [T_{\Sigma}] = 0 \pm 0,1125 \text{ мм}$$

Знайдемо сумарний допуск

$$T_{\Sigma} = \Sigma T_i \quad (1.3)$$

$$T_{\Sigma} = 21 + 21 + 25 + 25 + 25 + 40 + 15 + 15 = 187 \text{ мкм} = 0,187 \text{ мм}$$

Знайдемо допуск компенсуючої ланки.

$$T_K = [T_{\Sigma}] - T_{\Sigma} \quad (1.4)$$

$$T_K = 0,225 - 0,187 = 0,038 \text{ мкм}$$

Знайдемо кількість прокладок.

$$z = \frac{[T_{\Sigma}]}{T_K} + 1 \quad (1.5)$$

$$z = \frac{0,038}{0,225} + 1 = 1,2 \approx 2 \text{ прокладки}$$

Визначимо мах. і мін. значення прокладки.

$$A_{K, \max} = A_{\Sigma} + \frac{T_K}{2} \quad (1.6)$$

$$A_{K, \min} = A_{\Sigma} - \frac{T_K}{2} \quad (1.7)$$

$$A_{K, \max} = 0,225 + \frac{0,187}{2} = 0,3185 \text{ мм}$$

$$A_{K, \min} = 0,225 - \frac{0,187}{2} = 0,1315 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$Z_{\max} = \frac{A_{K, \max}}{[T_{\Sigma}]} \quad (1.8)$$

$$Z_{\min} = \frac{A_{K, \min}}{[T_{\Sigma}]} \quad (1.9)$$

					КНУ.КБР.131.25.4-01.01.РАСВ	Арк.
Змн.	Арк.	докум.	дпис	аДат		

$$Z_{\max} = \frac{0.3185}{0.225} = 1.42 \approx 2 \text{ прокладки}$$

$$Z_{\min} = \frac{0.1315}{0.225} = 0.6 \approx 1 \text{ прокладки}$$

$$Z = Z_{\max} - Z_{\min} \quad (1.10)$$

$$Z = 2 - 1 = 1$$

Враховувавши перевірку приймаємо кількість прокладок однакової товщини 2 штуки. Вони забезпечать нормальні умови роботи даного вузла.

Розраховуємо кутові розмірні ланцюги.

1) Ланцюг j визначає відносне зміщення і перекіс вісей вала в підшипникових опорах.

2) Ланцюг k визначає перекіс шестерні відносно опори 2.

$S_1 = S_4$ - посадка внутрішнього кільця підшипника на вал.

$S_2 = S_3$ - посадка зовнішнього кільця підшипника в корпус.

$e_{15} = e_{20}$ - половина радіального биття підшипників кочення.

$e_{13} = e_{22}$ - ексцентриситет посадкових шийок валу.

e_{17} - зміщення вісей отворів в корпусі.

Величина вихідної ланки e_{Σ} визначається із зачеплення коліс по 7-й степені по нормам кінематичної точності, 6-й степені по нормам плавності, 6-й степені по нормам контакту зубців з черв'яком. Для міжцентрової відстані 100мм граничне відхилення міжцентрової відстані $f_a = \pm 50\text{мкм}$ [3]. Вихідне значення вибирається як половина допуску, тобто $e_{\Sigma} = \pm 25\text{мкм}$.

Підшипники класу точності 6. Вибираємо граничні відхилення на посадочні розміри підшипників і їх радіальне биття [3].

$$S_1 = S_4 = 30 \frac{L6}{k6} = 30 \left(\begin{array}{c} -0.01 \\ +0.018 \\ +0.002 \end{array} \right)$$

$$S_2 = S_3 = 60 \frac{G6}{l6} = 60 \left(\begin{array}{c} +0.034 \\ +0.012 \\ -0.015 \end{array} \right)$$

$$e_{15} = e_{20} = 5\text{мкм}$$

Зміщення вісей отворів повинно знаходитись в межах половини гарантованого бокового зазору $j_{n.\min}$, тобто $P_z = 150\text{мкм}$. [3].

Допуски зазорів визначаємо за формулою.

$$TS_i = S_{\max} - S_{msn} \quad (1.11)$$

Максимальний зазор знаходимо за формулою

$$S_{\max} = ES - ei \quad (1.12)$$

Мінімальний зазор знаходимо за формулою

$$S_{msn} = EI - es \quad (1.13)$$

					КНУ.КБР.131.25.4-01.01.РАСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводимо розрахунки:

$$S_{\max.1.4} = 0 - (+0,002) = -0,002 \text{ мм}$$

$$S_{\min.1.4} = (-0,01) - (0,018) = -0,028 \text{ мм}$$

$$T_{s1.4} = 0$$

$$S_{\max.2.3} = 0,034 - (-0,015) = 0,049 \text{ мм}$$

$$S_{\min.2.3} = 0,012 \text{ мм}$$

$$T_{s2.3} = 0,049 - 0,012 = 0,037 \text{ мм}$$

Координата середини поля допуску визначається за формулою

$$em_s = \frac{em_D + em_d}{2} \quad (1.14)$$

$$em_{s2.3} = \frac{0,023 - 0,075}{2} = 0,0075 \text{ мм}$$

Допуск на вихідну ланку визначаємо за ймовірним методом для проектних розрахунків.

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot \Sigma T_{si}^2 + 0,56 \cdot \Sigma T_{ei}^2} \quad (1.15)$$

$$T_{e\Sigma} = \sqrt{0,36 \cdot (0 + 2 \cdot 0,037^2) + 0,56 \cdot (0 + 0,005^2 + 2 \cdot 0,0105^2 + 0,025^2)} = 0,0382 \text{ мм}$$

Визначаємо координату середини поля допуску.

$$em_{E\Sigma} = \Sigma [em_{si} + 0,5 \cdot T_{ei} + 0,05 \cdot (T_{si} + T_{ei})] - \Sigma [em_{sj} + 0,5 \cdot T_{sj} + 0,05 \cdot (T_{sj} + T_{ej})] \quad (1.16)$$

$$em_{E\Sigma} = \left[\begin{aligned} & (0,0025 + 0,0075) + 0,5(0,005 + 0,0105 + 0,025) + 0,05 \cdot \\ & (0 + 0,037 + 0,005 + 0,0105 + 0,025) \end{aligned} \right] -$$

$$- \left[\begin{aligned} & (0,025 + 0,00775) + 0,5(0,005 + 0,0105) + \\ & 0,05(0 + 0,037 + 0,005 + 0,0105) \end{aligned} \right] = 0,0115 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні відхилення замикаючої ланки

$$es_{e\Sigma} = em_{es} + \frac{T_{es}}{2} \quad (1.17)$$

$$ei_{e\Sigma} = em_{ei} - \frac{T_{ei}}{2} \quad (1.18)$$

$$es_{e\Sigma} = 0,0115 + \frac{0,0382}{2} = 0,0306 \text{ мм}$$

$$ei_{e\Sigma} = 0,0115 - \frac{0,0382}{2} = -0,0076 \text{ мм}$$

$$e_{\Sigma} = 0_{-0,0076}^{+0,0306}$$

Визначаємо величину перекосу в перетинах 1,3. Перекіс в розтині 1 дорівнює $T_{e\Sigma} = 0,0382$ мм. Перекіс в розтині 3 визначаємо за схемою зображеною на рисунку 1.1

Спрощений розрахунок відносно перекосу.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.01.РАСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{I\Sigma}{L} = \frac{P_{\Sigma}}{l}$$

Із співвідношення знаходимо:

$$P_{3\Sigma} = \frac{I\Sigma \cdot l}{L} = \frac{0.0382 \cdot 78.5}{157} = 0.0191 \text{ мм}$$

Отриманий переки́с не перевищує мінімального бокового зазору, тобто

$$j_{n.\min} > P_{3\Sigma} (0,15 > 0,0191)$$

1.2 Розробка технологічного процесу складання вузла

Схема складального з'єднання, яка показує порядок комплектації окремих деталей та вузлів представлена на рисунку 1.2 для даного фрагмента вузла.

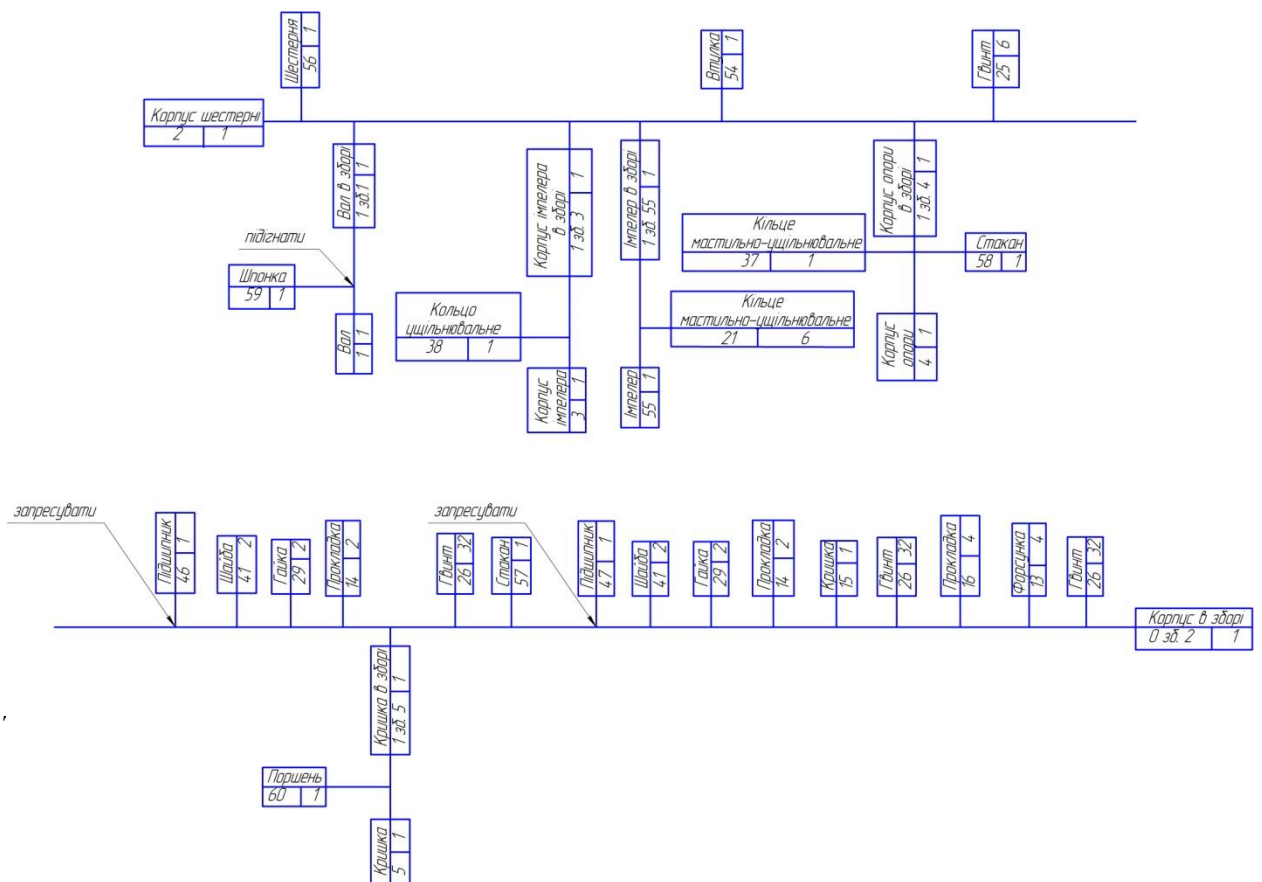


Рисунок 1.2-Схема складання вузла

КНУ.КБР.131.25.4-01.01.РАСВ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

1.3 Інженерний аналіз у системі SolidWorks SIMULATION

Проведемо інженерний аналіз у CAE-модулі SolidWorks Simulation. Обираємо тип аналізу – статичний. Мета дослідження – проаналізувати поведінку корпусу шестерні під впливом діючих навантажень від силової дії валу та реакції шестерні на посадкові місця підшипників.

Призначаємо відповідний матеріал та додаємо кріплення «зафіксована геометрія» на кріпильні отвори, «ролик / повзун» – на нижню поверхню корпусу. Створюємо навантаження у вигляді сили 10 кН на циліндричні поверхні (посадкові місця підшипників). Результат наведено на рис. 1.3

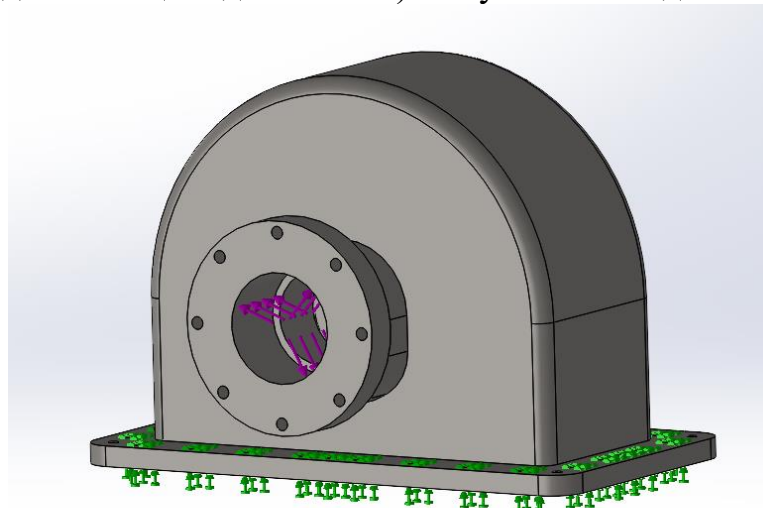


Рисунок 1.3 – Кріплення та навантаження, діючі на корпус

Створюємо сітку на основі змішаної кривизни з найбільшим розміром елемента 3 мм. При таких налаштуваннях максимальний коефіцієнт Якобіана складає 3,9, що менше 10 та свідчить про високу якість сітки. Запускаємо дослідження. Результати наведено на рис. 1.4 – 1.8.

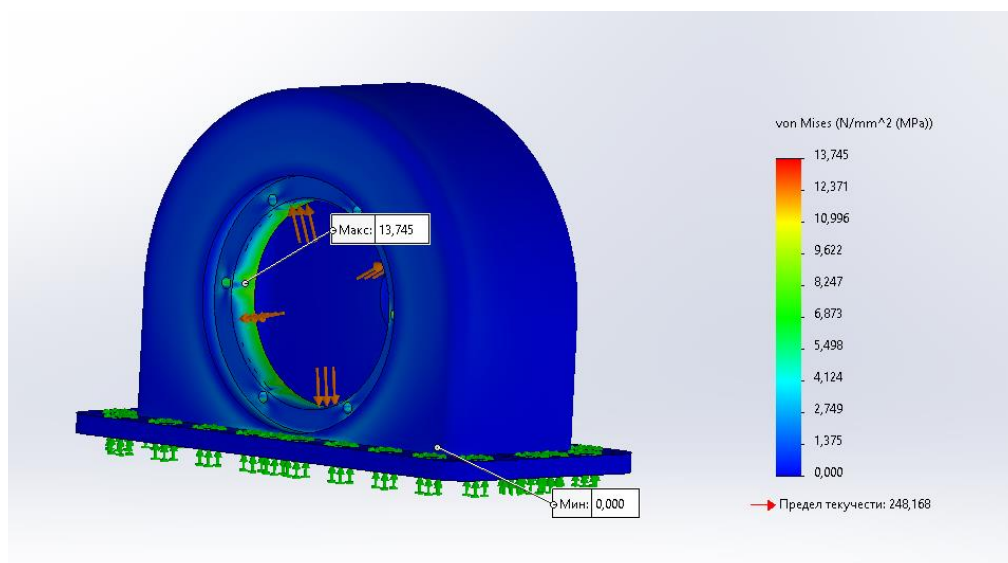


Рисунок 1.4 – Епюра напружень

					КНУ.КБР.131.25.4-01.01.РАСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

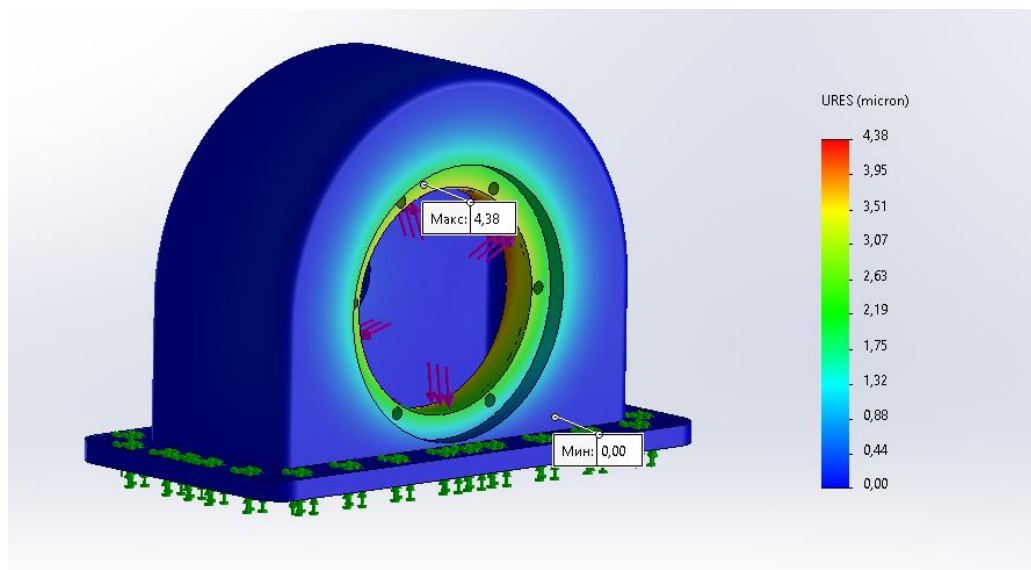


Рисунок 1.5 – Епюра переміщень

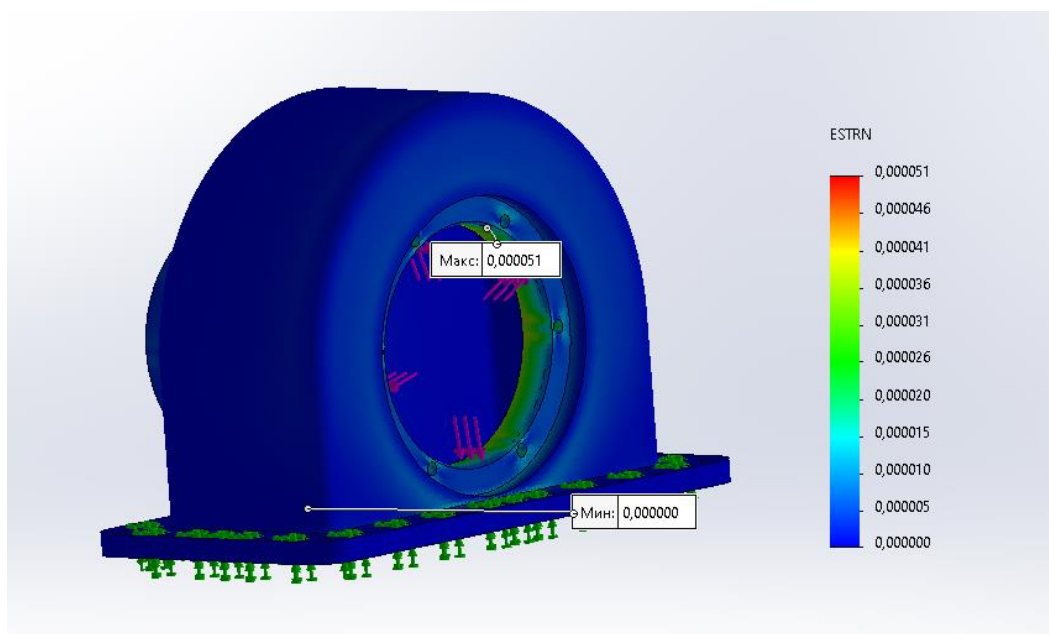


Рисунок 1.6 – Епюра еквівалентної деформації

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.25.4-01.01.РАСВ

Арк.

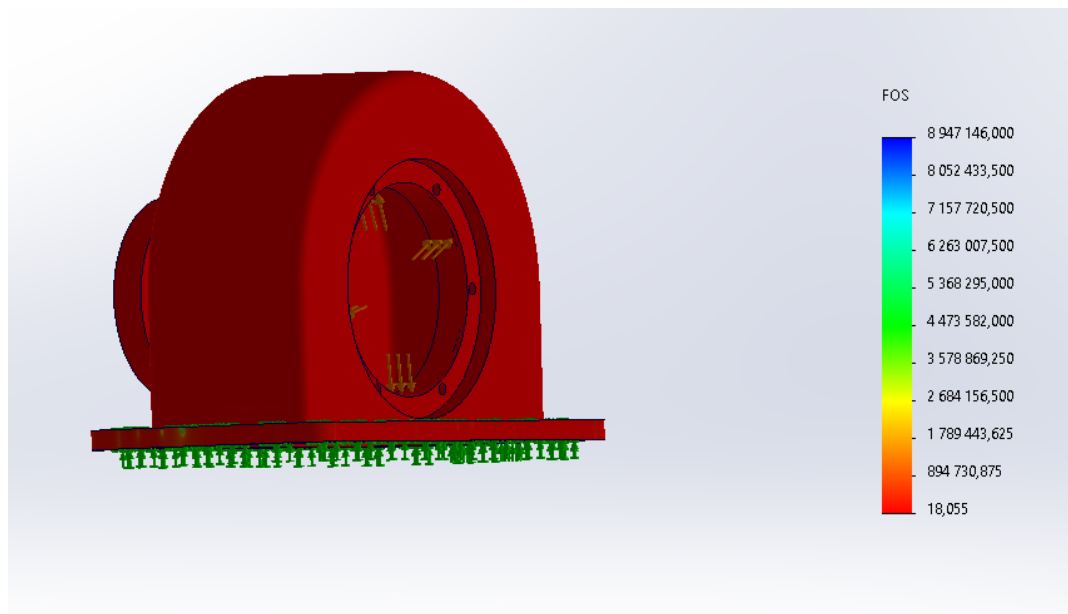


Рисунок 1.7 – Епюра запасу міцності

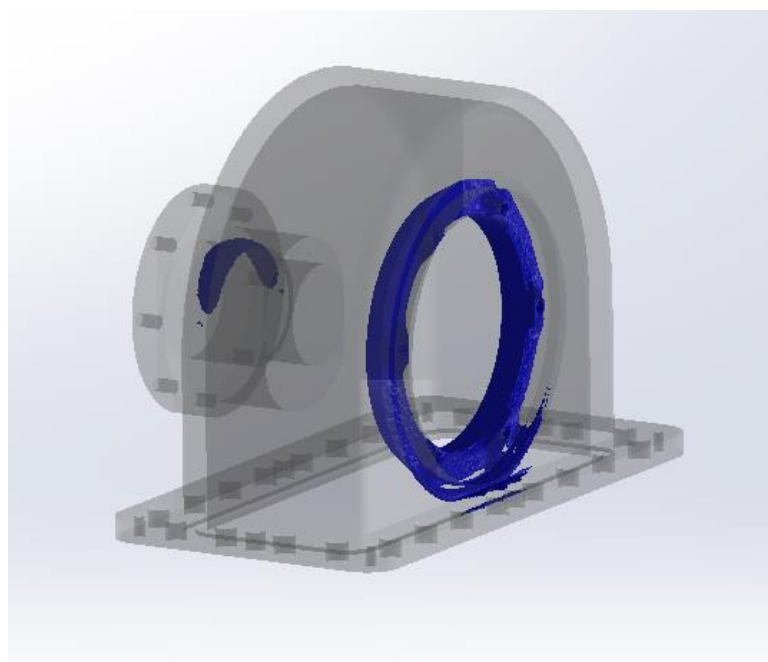


Рисунок 1.8 – Епюра Design Insight

Як видно з результатів, найбільше напруження складає 13,7 МПа навіть при значно завищених значеннях діючих сил, що значно менше за межу текучості матеріалу. Максимальне переміщення 4 мкм, що також є незначним і не потребує внесення змін до конструкції деталі. Мінімальний коефіцієнт запасу міцності 18. Це свідчить про те, що корпус шестерні задовільняє вимогам міцності і надійності при заданих режимах роботи. Але занадто великий коефіцієнт запасу міцності пов'язаний з нераціональним використанням матеріалу. Тому перспективним напрямком оптимізації конструкції є пошук шляхів зменшення її маси.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.01.РАСВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь входить до складу редуктору. Він призначений для розміщення в ньому деталей, таких як вал, підшипники та частково захищає їх від забруднення.

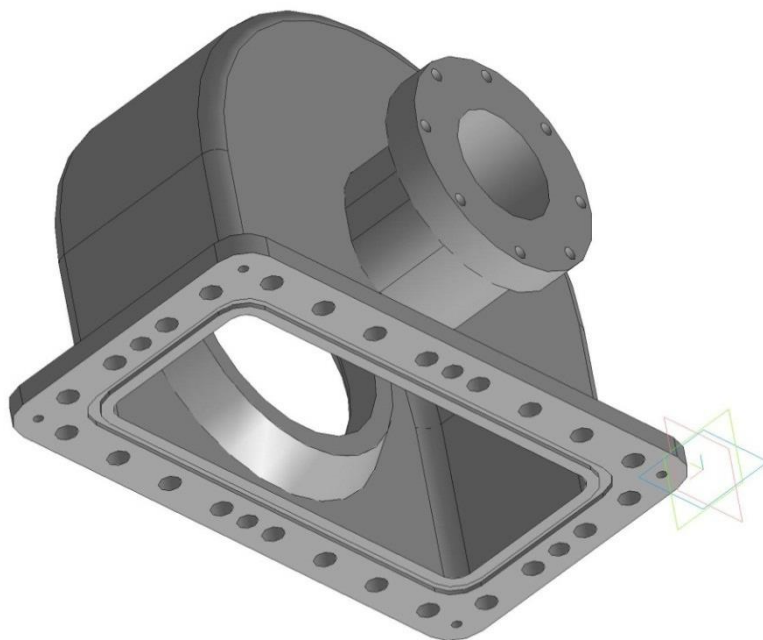


Рисунок 2.1-3D модель корпусу

Деталь «корпус» виготовлено зі сталі 25Л ДСТУ 8781:2018, заміниками якої можуть бути сталь 20Л та сталь 30Л. Ці сталі використовуються в деталях, які працюють під дією середніх статичних і динамічних навантажень. Механічні властивості та хімічний склад сталей приведено у таблицях 2.1 та 2.2.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.02.ТЕОА			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Занкович						1.1	12
Перевір.	Кіяновський							
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск		
Затверд.	Рязанцев							

Таблиця 2.1 – Механічні властивості сталей

	σ_T , МПа	σ_{BP} , МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_n , кДж/м ²	Твердість НВ, МПа	Термообробка
Сталь 25 Л	235	441	19	30	392	124-207	Нормалізація 880-900°C, відпуск 610 - 630°C,
Сталь 20 Л	216	412	22	35	491	121-143	Нормалізація 880-900°C, відпуск 630- 650°C,
Сталь 30 Л	255	471	17	30	343	131-217	Нормалізація 880-900°C, відпуск 610 - 630°C,

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сталей

	Si, %	C, %	Mn, %	Cu, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %
Сталь 25 Л	0,2- 0,52	0,22- 0,3	0,35- 0,9	до 0,3	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3
Сталь 20 Л	0,2- 0,52	0,17- 0,25	0,35- 0,9	до 0,3	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3
Сталь 30 Л	0,2- 0,52	0,27- 0,35	0,4- 0,9	до 0,3	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3

Порівнявши сталі 25Л, 20Л, 30Л можна сказати, що вони за хімічним складом та механічними властивостями подібні, тому заміну сталі 25Л робити не треба.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Присвоїмо кожній поверхні порядковий номер (додаток А)

До основних поверхонь відносяться такі поверхні: 2 ($\varnothing 70^{+0,03}$, Ra 1,6), 9 ($\varnothing 140^{+0,04}$, Ra 1,6), 31 (L191-0,2).

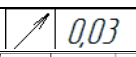
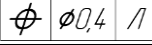
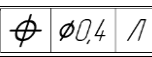
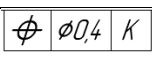
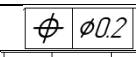
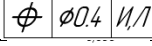
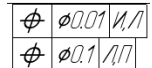
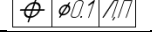
До допоміжних поверхонь відносяться поверхні: 13 ($\varnothing 60$, Ra 6,3), 7 ($\varnothing 174$, Ra 6,3), 30 (L143-0,2, Ra 1,6).

Спряжені поверхні служать для з'єднання не відповідальних деталей. До них відносяться поверхні: 3 (М8-6Н) – отвори для кріплення кришки, 10 (М8-6Н), 18 (М8-6Н), 19 ($\varnothing 8^{+0,09}$), 16 ($\varnothing 12$ Ra 12,5), 22 (М8-6Н), 23 ($\varnothing 13$ Ra 12,5), 24 ($\varnothing 89,88^{+0,077}_{+0,056}$).

Всі інші поверхні є вільними, тому що вони надають форму корпусу та до них ставлять не високі вимоги (табл.2.3).

					КНУ.КБР.131.25.4-01.02.ТЕОА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.3 – Аналіз якості поверхонь деталі

№ з/п	Номинальний розмір, мм	Квалітет, IT	Допуск, мкм	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми та розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	Ø135	16	2500	20	
2	Ø70 ^{+0,03}	7	30	1,6	
3,11,12	M8-6H	6H	265	12,5	
4	M24x1,5-6H	6H	300	12,5	
5	1	14	500	3,2	
6	L248	14	460	1,6	
7	Ø174	14	1000	6,3	
8	Ø143	14	1000	6,3	
9	Ø140 ^{+0,04}	7	40	1,6	
10	M8-6H	6H	265	12,5	
13	Ø60	14	300	6,3	
14	Ø32	14	250	12,5	
15,19	Ø8 ^{+0,09}	11	90	1,6	
16	Ø12	14	180	12,5	
17	1x45°	14	250	1,6	
18,20,21	M8-6H; L13,8; L10	6H	265	12,5	
22	M8-6H	6H	265	12,5	
23, 29	Ø13; L12	14	430	12,5	
24	Ø12	8	21	1,6	 
25	L2,6	12	100	3,2	
26	L5	14	120	3,2	
27	Ø26	14	210	12,5	
28	1x45°	14	100	6,3	
30	L143 _{-0,2}	10	200	1,6	
31	L191 _{-0,2}	10	200	1,6	
32	L10	14	360	12,5	
33	L28±0,1	12	200	1,6	

Визначимо відповідність точності деталі з умови: $T_1 > T_2 > T_3$.

Поверхня 2: $0,030 = 0,030 > 0,0016$. Умова не виконується.

Поверхня 3,11,12: $0,265 < 0,4 > 0,0125$. Умова не виконується

Поверхня 10: $0,265 < 0,4 > 0,0125$. Умова не виконується

Поверхня 18,20,21: $0,265 < 0,4 > 0,0125$. Умова не виконується

Поверхня 22: $0,265 > 0,2 > 0,0125$. Умова виконується

					КНУ.КБР.131.25.4-01.02.ТЕОА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Поверхня 23, 29: : $0,43 > 0,4 > 0,0125$. Умова виконується
 Поверхня 24: $0,021 > 0,01 > 0,0016$. Умова виконується.
 $0,021 < 0,1 > 0,0016$. Умова не виконується.

Проаналізувавши умову відповідності точності деталі, можна зробити висновок, що точність поверхонь підвищена, тобто вимоги до шорсткості, квалітетів допусків, допуски відхилення від форми та розташування поверхонь, що позначені на кресленні, дають можливість обробки деталі на верстатах підвищеної точності.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Корпус зображено на двох кресленнях. На першому кресленні представлено: переріз корпусу та вид зліва, вид Б - показує отвори на бобищі (поверхня 18, 19), вид Д - показує правильне розташування отворів (поверхня 10), переріз В-В. На другому кресленні зображено: вид А – показує нижню частину корпусу, вид І – виносний елемент, який зображує канавку, перерізи Е-Е та Г-Г.

На кресленні проставлені всі розміри - лінійні й діаметральні, при чому основні й допоміжні поверхні із вказівкою граничних відхилень, а також проставлені усі необхідні шорсткості поверхонь.

Технічні вимоги містять інформацію про заготовку, незазначені граничні відхилення розмірів, форми і розташування поверхонь.

Основний напис містить всю необхідну інформацію про корпус шестерні, а саме матеріал - сталь 25Л-1 ДСТУ8781:2018, маса 22,5 кг, масштаб 1:1. Таким чином креслення відповідає вимогам ЄСКД.

2.4 Аналіз технологічності деталі

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Деталь корпус відноситься до 73 класу (не тіл обертання, корпусні, опорні), 1 підкласу і має конструкторський код 731243.

Заготовка буде отримана литтям по газифікованій моделі. Формовка має виконуватися із застосуванням декількох стержнів, один з яких буде складної форми, при цьому отримаємо внутрішні порожнини корпусу шестерні. Використання лиття для виготовлення заданої деталі є найтехнологічнішим, так як багато поверхонь деталі не оброблюється.

Деталь досить складна по конструкції, але має розвинуті поверхні для установки та закріплення в ході її обробки. Підведенню та відведенню ріжучого та вимірювального інструмента нічого не заважає, тому обробка деталі можлива з усіх сторін.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.02.ТЕОА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Допуски розмірів поверхонь деталі представлені 7, 10, 11, 12, 14, 16 квалітетами. Присутні поверхні деталі з шорсткістю Ra1,6, Ra3,2 Ra6,3 та Ra12,5. Необхідна точність та шорсткість, досяжна при використанні верстатів та оснащення нормальної точності.

В цілому, деталь технологічна, за винятком циліндричного виступу, на якому розміщуються дві бобишки, які можуть заважати встановлювати деталь на пристосування при обробці.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{B.M.} = \frac{Q_D}{Q_3}, \quad (2.1)$$

$$K_{B.M.} = \frac{22,5}{31,87} = 0,71$$

Середня шорсткість:

$$Ra_{CP} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N}, \quad (2.2)$$

$$Ra_{CP} = \frac{12,5 \cdot 10 + 6,3 \cdot 4 + 3,2 \cdot 3 + 1,6 \cdot 8}{25} = 6,9$$

Вимоги до шорсткості середні, так як поверхонь на деталі з низькою шорсткістю мало.

Середня точність:

$$IT_{CP} = \frac{\sum IT \cdot n}{N}, \quad (2.3)$$

$$IT_{CP} = \frac{14 \cdot 18 + 12 + 10 \cdot 2 + 11 + 8 + 7 \cdot 2}{25} \approx 12,68$$

Отже, вимоги до точності низькі.

Середні вимоги до шорсткості та низької точності досягаються без зайвих зусиль на верстатах нормальної і підвищеної точності з використанням інструментів нормальної точності без додаткових переходів та спеціальних методів обробки.

Коефіцієнт уніфікації розмірів:

$$K_{yn} = \frac{N_{yn}}{N} \quad (2.4)$$

$$K_{yn} = \frac{23}{25} = 0,92$$

Коефіцієнт уніфікації великий, через невідповідність двох розмірів: глибини канавки та глибини отвору.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.02.ТЕОА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування

Річна програма випуску деталі – 1000 шт.

Вихідні дані	
Річна програма N_p , шт	1000
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к.1}$	34
$T_{шт.-к.2}$	48,35
$T_{шт.-к.3}$	0
$T_{шт.-к.4}$	0
$T_{шт.-к.5}$	0
Йомвірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	2
Кількість змін	2

Коефіцієнт закріплення операцій	
$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum P_i}$	
де $\sum \Pi_{oi}$ – сумарне число різних операцій за місяць з розрахунку на одного змінного $\sum P_i$ – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну	
$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_n}{T_{шт.к.} \cdot N_m}$	
де η_n – плановий нормативний коефіцієнт завантаження верстата, прийнятий для велико-, середньо- та дрібносерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9; N_m – місячна програма випуску заданої деталі, шт $N_m = \frac{N_p}{s \cdot 12}$	
$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{34 \cdot 41,667} = 7,444$	$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n$
$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{48,35 \cdot 41,667} = 5,2346$	$P_i = 0,96 \cdot \eta_n = 0,96 \cdot 0,8 = 0,768$
0,8 0	$\sum P_i = 2 \cdot 0,768 = 1,536 = 2$
$K_{з.о.} = \frac{12,68}{2} = 6,34$	
Виробництво СЕРЕДНЬОСЕРІЙНЕ	

Висновок: виробництво середньо серійне, метод роботи перемінно-поточний.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.02.ТЕОА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.6 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу

Деталь «корпус» виготовляється в умовах середьосерійного типу виробництва.

Проектування механічного цеху, в якому виготовляються деталь «корпус» проводиться за умовною програмою.

За базовий технологічний процес використаємо типовий процес обробки корпусу .

Таблиця 2.4 – Типовий технологічний процес обробки корпусу

Операція	Зміст та найменування операції	Верстат, обладнання	Оснащення
1	2	5	
005	Лиття		
010	Обрубка й очищення виливка		
015	Фрезерувати площину основи остаточно. Свердлити отвори в основі корпусу. Перевстановити деталь. Фрезерувати виступ. Фрезерувати паз і уступи. Свердлити отвори. Нарізати різьбу в цих отворах.	Багатоцільовий верстат з ЧПК та інструментальним магазином IP500МФ4	Наладка УВП
020	Притупити гострі кромки	Верстак	
025	Технічний контроль		

На всіх операція буде доцільно виконати заміну верстатів на більш сучасні, оскільки верстат за типовим процесом обробки не дає необхідної точності.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.02.ТЕОА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ КОРПУСУ

3.1 Вибір, техніко – економічне обґрунтування заготовки та проектування заготовки

Для обґрунтування варіантів одержання заготовки використовуємо матрицю впливу факторів, що представлена таблицею 3.1.

Таблиця 3.1 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Мікроструктура	
Лиття:					
в оболочкові форми	+	+	-	-	2
під тиском	+	+	-	-	2
в піщано-глинясті форми	+	+	-	+	3
в кокіль	+	+	-	-	2
по газифікованим моделям	+	+	+	+	4

Можна зробити висновок, що найбільш оптимальним способом отримання заготовки є лиття по газифікованим моделям. Головною перевагою такого лиття є отримання точної заготовки з малими припусками.

Проектування заготовки виконуємо за ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови.

.Клас точності розмірів, мас і ряд припусків на механічну обробку відливки : $\frac{5-8}{1-2}$ приймаємо $\frac{7}{2}$, де 7 – значення класу точності розмірів і мас, 2 – ряд припуску.

Допуски на всі розміри елементів призначаємо на один клас точніше, тому що вони знаходяться в одній частині ливарної форми.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТПО				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.	Занкович								
Перевір.	Кіяновський						1.1	12	
						Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск			
Н. Контр.	Нечасв								
Затверд.	Рязанцев								

Призначаємо допуски на розміри :

допуск на розмір $\varnothing 70$ H7 мм = 0,7 мм;
 допуск на розмір $\varnothing 60$ H14 мм = 0,61 мм;
 допуск на розмір $\varnothing 140$ H7 мм = 0,8 мм;
 допуск на розмір $\varnothing 174$ H14 мм = 0,9 мм;
 допуск на розмір L248 h14 мм = 0,9 мм;
 допуск на розмір L191 h10 мм = 0,9 мм;
 допуск на розмір L143 h10 мм = 0,8 мм.

Граничні відхилення на розміри виливка для:

$\varnothing 70$ H7 $\pm 0,35$ мм; L248 h14 $\pm 0,45$ мм;
 $\varnothing 60$ H14 $\pm 0,305$ мм; L191 h10 $\pm 0,45$ мм;
 $\varnothing 140$ H7 $\pm 0,4$ мм; L143 h10 $\pm 0,4$ мм.
 $\varnothing 174$ H14 $\pm 0,45$ мм;

Граничного відхилення зміщення не буде, тому що виливок виконано по нероз'ємній моделі.

Обираємо ступінь короблення виливка, назначаємо граничне відхилення короблення. Згідно з додатком ступінь короблення – 7 (вибрали найбільше значення, тому що виливок по конструкції складний та виготовлений зі сталі).

Граничне відхилення короблення для заданого виливка $\pm 1,0$ мм.

Основні припуски на механічну обробку в залежності від допусків розмірів відливки встановлюємо для кожного елементу відливки (табл.3.2)

Таблиця 3.2 – Дані для проектування виливка

№	Номін. розмір деталі	Характеристика поверхні		Допуск	Граничні відхил.	Основний припуск	Номін. розмір виливка
		Кваліте т	Шорсткіст ь				
1	$\varnothing 70$	H7	Ra 1,6	0,7	$\pm 0,35$	1,8x2	$\varnothing 66,4 \pm 0,35$
2	$\varnothing 60$	H14	Ra 6,3	0,61	$\pm 0,305$	1,3x2	$\varnothing 57,4 \pm 0,305$
3	$\varnothing 140$	H7	Ra 1,6	0,8	$\pm 0,4$	1,8x2	$\varnothing 136,4 \pm 0,4$
4	$\varnothing 174$	H14	Ra 6,3	0,9	$\pm 0,45$	1,4x2	$\varnothing 171,2 \pm 0,45$
5	L248	h14	Ra 1,6	0,9	$\pm 0,45$	0+1,4	$249,4 \pm 0,45$
6	L191	h10	Ra 1,6	0,9	$\pm 0,45$	1,6+1,4	$194 \pm 0,45$
7	L143	h10	Ra 1,6	0,8	$\pm 0,4$	1,3+1,4	$145,7 \pm 0,4$

					КНУ.КБР.131.25.4-01. 03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

На першій операції механічної обробки буде фрезерування нижньої площини (поверхня 6) та свердління отворів, які знаходяться у цій площині, але технологічною базою будуть отвори Ø12 (поверхня 24).

Теоретична схема базування на фрезерній та свердлильній операціях представлена на рисунку 3.3, де нижня площина деталі – установча база, яка лишає тіло 3 ступенів вільності, отвір – це напрямна база, яка лишає двох ступенів свободи та остання шоста точка – опорна база.

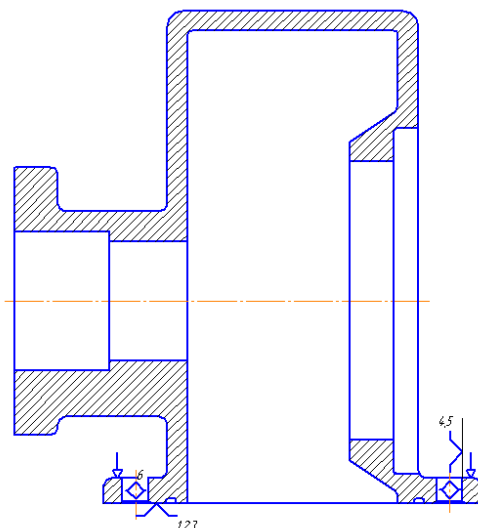


Рисунок 3.3 – Теоретична схема базування на фрезерній та свердлильній операціях

3.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначаємо кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Отримані результати представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм
1	2	3	4	5
6 L248	Заготовка	20	16	900
	1. Фрезерувати начорно	12,5	14	460
	2. Фрезерувати начисто	6,3	14	460
	3. Фрезерувати тонко	1,6	14	460
25,26 L2,6	Заготовка	20	16	600
	1. Фрезерувати паз	3,2	12	100

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
22 M8-6H	1. Свердлити 4 отвори	12,5	14	360
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	265
24 $\varnothing 12^{+0,077}_{-0,056}$	1. Свердлити 4 отвори	12,5	12	180
	2. Зенкерувати 4 отвори	6,3	10	70
	3. Розгортати 4 отвори	1,6	8	21
23 $\varnothing 13$	1. Свердлити 24 отвори	12,5	14	430
13 $\varnothing 60$	Заготовка	20	16	700
	1. Фрезерувати отвір	6,3	12	300
2 $\varnothing 70H7$	Заготовка	20	16	700
	1. Фрезерувати отвір начорно	12,5	11	190
	2. Фрезерувати отвір начисто	6,3	9	74
	3. Фрезерувати отвір тонко	1,6	7	30
30 L143 _{-0,2}	Заготовка	20	16	800
	1. Фрезерувати уступ начорно	6,3	12	400
	2. Фрезерувати уступ начисто	1,6	10	200
31 L191 _{-0,2}	Заготовка	20	16	2900
	1. Фрезерувати торець начорно	6,3	12	460
	2. Фрезерувати торець начисто	1,6	10	200
32 L10	Заготовка	20	16	900
	1. Фрезерувати паз	12,5	14	360
9 $\varnothing 140^{+0,04}$	Заготовка	20	16	800
	1. Фрезерувати отвір начорно	12,5	11	250
	2. Фрезерувати отвір начисто	6,3	9	100
	3. Фрезерувати отвір тонко	1,6	7	40
7 $\varnothing 174$	Заготовка	20	16	900
	1. Фрезерувати отвір начорно	6,3	14	1000
33 L28 $\pm 0,1$	Заготовка	20	16	2500
	1. Фрезерувати уступ начорно	6,3	14	520
	2. Фрезерувати уступ начисто	1,6	14	200

					КНУ.КБР.131.25.4-01. 03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.3

16 Ø12	1. Свердли 4 отвори	12,5	14	430
15, 19 Ø8 ^{+0,09}	1. Свердли отвір	6,3	12	150
	2. Зенкерувати отвір	1,6	11	90
3,11,12 M8-6H	1. Свердли 8 отворів	12,5	14	360
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	265
10 M8-6H	1. Свердли 6 отворів	12,5	14	360
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	265
18,20,21 M8-6H	1. Свердли 4 отвори	12,5	14	360
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	265
4 M24x1,5- 6H	1. Свердли 2 отвори	12,5	14	520
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	300

3.4 Розробка маршруту обробки деталі

На основі типового технологічного процесу обробки корпусу, розроблюємо технологічну послідовність обробки деталі.

Таблиця 3.5 – Маршрут обробки корпусу шестерні

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Номер базуємої поверхні	Тип та модель верстата
1	2	3	4	5
005	Фрезерна з ЧПК	6, 25, 26, 22, 23, 24	34, 35, 36	Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo
010	Контрольна	-	-	-
015	Фрезерна з ЧПК	13. 2, 31, 30, 32, 9, 7, 33, 3, 11, 12, 10, 18, 20, 21, 4, 16, 15, 19	6, 34	Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo
20	Контрольна	-	-	-

					КНУ.КБР.131.25.4-01. 03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.5 Розробка технологічної операції

Таблиця 3.6 – Послідовність технологічних операцій

№ операцій та переходів	1. Назва операції 2.Верстат 3.Зміст переходів технологічної операції	Верстатне устаткування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	1. Багатоцільова 2. Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo 3. Фрезерувати начорно, начисто і тонко поверхню 6. Фрезерувати паз пов.25, 26 остаточно. Свердли 4-ри отвори пов.22. отворах пов. 22. Всі операції робити по керуючій програмі.	Спеціальне верстатне пристосування	Фреза торцева R220.43-0050-07W (пластина OFER 070405TN-M16) Фреза для канавок та уступів R217.69-1005.0-09-1A (пластина ХОМХ 090304TR-ME06) Свердла: SD203-6.7-27-8R1 SD203-13.0-36-14R1
	Свердли, зенкерувати, розгортати 4-ри отвори пов.24. Свердли 24-ри отвори пов.23. Нарізати різьбу на 4-ох		SD203-11.5-33-12R1 Зенкер Ø11,75 Розгортка SR 80-12H8-EN1 Мітчик M8x1.25-6H COROMANT DIN

					КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1	2	3	4
010	Контрольна	-	-
015	1. Багатоцільова 2. Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo 3. Фрезерувати поверхню 13. Фрезерувати начорно, начисто і тонко поверхню 2. Фрезерувати начорно і начисто уступ (пов.30). Фрезерувати начорно і начисто торець (пов.31). Фрезерувати начорно паз (пов.32). Фрезерувати начорно, начисто і тонко поверхню 9. Фрезерувати начорно поверхню 7. Фрезерувати начорно і начисто уступ (пов.33). Свердли 4-ри отвори пов.16. Свердли та зенкерувати отвір Ø8H11 пов.19. Свердли 8-м отворів пов.3,11,12. Свердли 6-ть отворів пов.10. Свердли 4-ри отвори пов.18, 20, 21. Нарізати різьбу на поверхнях 3, 11, 12, 10, 18, 20, 21. Свердли та розсвердлювати 2-а отвори пов.4. Нарізати різьбу на поверхні 4. Всі операції робити по керуючій програмі.	Спеціальне верстатне пристосування	Фреза торцева R220.43-0050-07W (пластина OFER 070405TN-M16) Фрези для канавок та уступів: R217.69-1410.0-09-1A (пластина ХОМХ 090304TR-ME06) R220.69-0040-09-4A (пластина ХОМХ 090308TR-M08) Свердла: SD 203-6.7-27-8R1 SD 203-7.8.0-27-8R1 SD 502-22-44-50R2 SD 203-12.0-36-12R1 Мітчики: M8x1.25-6H COROMANT DIN M24x1.5-6H DIN 376 Зенкер Ø8
20	Контрольна	-	-

					КНУ.КБР.131.25.4-01. 03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.6 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 3.7 – Міжопераційні розміри і припуски на обробку

№ поверхні, розмір	Найменування переходу	Шорсткість, Ra	Точність, IT	Допуск, мкм	Припуск, t	Міжопераційний розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
6 L248	Заготовка	20	16	900	1,4	249,4±0,45
	1. Фрезерувати начорно	12,5	14	460	1,0	248,4±0,23
	2. Фрезерувати начисто	6,3	14	460	0,3	248,1±0,23
	3. Фрезерувати тонко	1,6	14	460	0,1	248±0,23
25,26 L2,6	Заготовка	20	16	600	4,0	6,6 ^{+0,6}
	1. Фрезерувати паз	3,2	12	100	4,0	2,6 ^{+0,1}
22 M8-6H	1. Свердлити 4 отвори	12,5	14	360	3,35	Ø6,7 ^{+0,36}
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	265	0,65	M8-6H
24 Ø12 ^{+0,07} _{+0,05}	1. Свердлити 4 отвори	12,5	12	180	5,75	Ø11,5 ^{+0,18}
	2. Зенкерувати 4 отвори	6,3	10	70	0,125	Ø11,75 ^{+0,07}
	3. Розгортати 4 отвори	1,6	8	21	0,125	Ø12 ^{+0,077} _{+0,056}
23 Ø13	1. Свердлити 24 отвори	12,5	14	430	6,5	Ø13 ^{+0,43}
13 Ø60	Заготовка	20	16	700	1,3	Ø57,4±0,35
	1. Фрезерувати отвір	6,3	12	300	1,3	Ø60 ^{+0,3}
2 Ø70H7	Заготовка	20	16	700	1,8	Ø66,4±0,35
	1. Фрезерувати отвір начорно	12,5	11	190	1,2	Ø68,8 ^{+0,19}
	2. Фрезерувати отвір начисто	6,3	9	74	0,4	Ø69,6 ^{+0,074}

					КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7
	3. Фрезерувати отвір тонко	1,6	7	30	0,2	$\varnothing 70^{+0,03}$
30 L143-0,2	Заготовка	20	16	800	1,3	144,3 $\pm$ 0,4
	1. Фрезерувати уступ начорно	6,3	12	400	1,0	143,3 $\pm$ 0,2
	2. Фрезерувати уступ начисто	1,6	10	200	0,3	143-0,2
31 L191-0,2	Заготовка	20	16	900	1,6	192,6 $\pm$ 0,45
	1. Фрезерувати топець начорно	6,3	12	460	1,2	191,4 $\pm$ 0,23
	2. Фрезерувати топець начисто	1,6	10	200	0,4	191-0,2
32 L10	Заготовка	20	16	900	12	22 $^{+0,9}$
	1. Фрезерувати паз	12,5	14	360	3*4	10 $^{+0,36}$
9 $\varnothing 140^{+0,04}$	Заготовка	20	16	800	1,8	$\varnothing 136,4 \pm 0,4$
	1. Фрезерувати отвір начорно	12,5	11	250	1,2	$\varnothing 138,8^{+0,25}$
	2. Фрезерувати отвір начисто	6,3	9	100	0,4	$\varnothing 139,6^{+0,1}$
	3. Фрезерувати отвір тонко	1,6	7	40	0,2	$\varnothing 140^{+0,04}$
7 $\varnothing 174$	Заготовка	20	16	900	1,4	$\varnothing 171,2 \pm 0,45$
	1. Фрезерувати отвір начорно	6,3	12	400	1,4	$\varnothing 174^{+0,4}$
33 L28 $\pm$ 0,1	Заготовка	20	16	800	1,4	29,4 $\pm$ 0,4
	1. Фрезерувати уступ начорно	6,3	14	520	1,0	28,4 $\pm$ 0,26
	2. Фрезерувати уступ начисто	1,6	12	200	0,4	28 $\pm$ 0,1
16 $\varnothing 12$	1. Свердлити 4 отвори	12,5	14	430	6	$\varnothing 12^{+0,43}$
15, 19 $\varnothing 8^{+0,09}$	1. Свердлити отвір	6,3	12	150	3,9	$\varnothing 7,8^{+0,15}$
	2. Зенкерувати отвір	1,6	11	90	0,1	$\varnothing 8^{+0,09}$

					КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.7

1	2	3	4	5	6	7
3,11,12 M8-6H	1. Свердлити 8 отворів	12,5	14	360	3,35	Ø6,7 ^{+0,36}
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	265	0,65	M8-6H
10 M8-6H	1. Свердлити 6 отворів	12,5	14	360	3,35	Ø6,7 ^{+0,36}
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	265	0,65	M8-6H
18,20,2 1 M8-6H	1. Свердлити 4 отвори	12,5	14	360	3,35	Ø6,7 ^{+0,36}
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	265	0,65	M8-6H
4 M24x1, 5-6H	1. Свердлити 2 отвори	12,5	14	520	11	Ø22 ^{+0,52}
	2. Нарізати різьбу	12,5	6	300	1	M24x1,5- 6H

					КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.8– Ескізи операцій

№ оп.	Ескіз операції	Найменування та зміст операції, інструмент
1	2	3
005	005 Фрезерна, верстат мод. DMU 60eVo	Фрезерна операція 1. Фрезерувати площину в розмір 1; 2. Фрезерувати канавку в розмір 2; 3. Свердлити 4 отвори в розмір 3, нарізати різьбу; 4. Свердлити, зенкерувати, розгортати 4 отвори в розмір 4; 5. Свердлити 24 отвори в розмір 5. Інструмент: Фреза торцева R220.43-0050-07W (пластина OFER 070405 TN-M16)

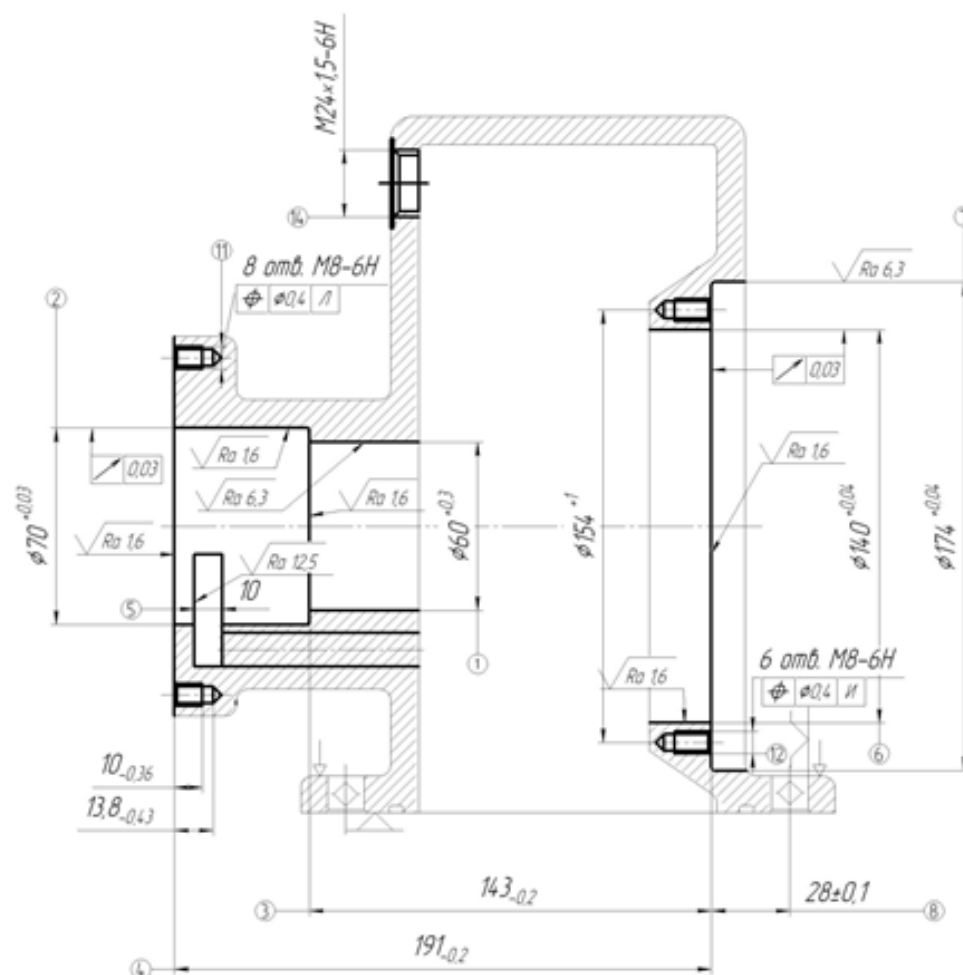
КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ЛТГО

Арк.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТТО				
	Арк.			

015

015 Фрезерна, верстат мод. DMU 60eVo



Фрезерна операція:

1. Фрезерувати отвір в розмір 1;
2. Фрезерувати начорно, начисто та тонко отвір в розмір 2;
3. Фрезерувати начорно і начисто уступ в розмір 3;
4. Фрезерувати начорно і начисто торець в розмір 4;
5. Фрезерувати паз в розмір 5;
6. Фрезерувати начорно, начисто та тонко отвір в розмір 6;
7. Фрезерувати начорно отвір в розмір 7;
8. Фрезерувати начорно і начисто уступ в розмір 8;
9. Свердли 4 отвори в розмір 9
10. Свердли та зенкерувати отвір в розмір 10;
11. Свердли 8 отворів в розмір 11, нарізати різьбу;
12. Свердли 6 отворів в розмір 12, нарізати різьбу;
13. Свердли 4 отвори в розмір 13, нарізати різьбу;
14. Свердли 2 отвори в розмір 14, нарізати різьбу;

Змн.		Таблиця 3.9 – Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій																				
Арк.		№ оп	Найменування операції, інструмент	Інструмент	Режими різання						Норми часу											
№ докум.					D, мм	l, мм	t, мм	S, мм/об	V _{пр} (інстр.) м/хв	n пр. об/хв	i	T _о , хв	T _в , хв	T _{оп.} , хв	T _{об с.} хв	T _{шт} хв	T _{шт к.хв}					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16					
Підпис		005	Фрезерна операція																			
Дата			1. Фрезерувати площину начорно, начисто та тонко в розмір 1;	Фреза торцева R220.43-0050-07W (пластина OFER 070405TN-M16)	42	964	1,0	0,35	180	515	1	4,3	5,66	31,23	2,73	33,96	34,0					
							0,3	0,25	215	860		2,8										
							0,1	0,1	280	2800		7,2										
			2. Фрезерувати канавку в розмір 2;	Фреза для канавок та уступів R217.69-1005.0-09-1A (пластина ХОМХ 090304TR-ME06)	5	840	4,0	0,08	270	3375	1	10,43										
			3. Свердли 4 отвори в розмір 3, нарізати різьбу;	Свердло спіральне SD203-6.7-27-8R1 Мітчик машинний M8x1.25-6H COROMANT DIN	6,7	13	3,35	0,14	21,98	1000	1	0,14										
					M8		0,65	1,6	2,04	500		0,1										
			4. Свердли, зенкерувати, розгортати 4 отвори в розмір 4;	Свердло спіральне SD203-11.5-33-12R1 Зенкер 2320-2559 Ø11,75 Розгортка машинна SR 80-12H8-EN1	11,5	13	5,75	0,28	12,82	355	1	0,21										
					11,75		0,125	0,4	18,45	500		0,08										
					12		0,125	0,8	4,71	125		0,28										
			5. Свердли 24 отвори в розмір 5.	Свердло спіральне SD203-13.0-36-14R1	13	13	6,5	0,28	14,49	355	1	0,21										
			Σ										25,7									
Арк.																						

КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ІТІПО

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТПО															Арк.
01	0	1. Контролювати якість поверхонь 6 та 24	Пробка																	
01 5	1. Фрезерувати отвір в розмір 1;	Фреза для канавок та уступів R220.69-0040-09-4A (пластина ХОМХ 090308TR-M08)	60	39	1,3	0,08	270	3375	1	4,26	7,0 3	44, 16	4,1 5	48, 31	48, 35					
	2. Фрезерувати начорно, начисто та тонко отвір в розмір 2;		68,8	46	1,2	0,14	235	1680	1	3,76										
			69,6		0,4	0,08	270	3375		4,33										
			70		0,2	0,04	315	7875		5,08										
	3. Фрезерувати начорно і начисто уступ в розмір 3;		143,3	1,3	1,0	0,14	235	1680	1	1,32										
		143	0,3		0,08	270	3375	1,68												
	4. Фрезерувати начорно і начисто торець в розмір 4;	Фреза торцева R220.43-0050-07W (пластина OFER 070405TN-M16)	191,4	20 7	1,2	0,35	180	515	1	1,1										
		191	0,4		0,25	215	860	1,78												
	5. Фрезерувати паз в розмір 5;	Фреза для канавок та уступів R217.69-1410.0-09-1A (пластина ХОМХ 090304TR-ME06)	10	10	12	0,14	235	1680	3	0,27										
	6. Фрезерувати начорно, начисто та тонко отвір в розмір 6;	Фреза для канавок та уступів R220.69-0040-09-4A (пластина ХОМХ 090308TR-M08)	138,8	20	1,2	0,14	235	1680	1	1,81										
			139,6		0,4	0,08	270	3375		2,11										
			140		0,2	0,04	315	7875		2,43										
	7. Фрезерувати начорно отвір в розмір 7;		174	12	1,4	0,08	270	3375	1	1,11										

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТПО												Арк.								
					8. Фрезерувати начорно і начисто уступ в розмір 8;		28,4	1,4	1,0	0,08	270	3375	1	1,48											
						28	0,4		0,04	315	7875	1,88													
					9. Свердли 4 отвори в розмір 9	Свердло спіральне SD 203-12.0-36-12R1	12	71	6	0,28	9,42	250	1	1,1											
					10. Свердли та зенкерувати отвір в розмір 10;	Свердло спіральне SD 203-7.8.0-27-8R1 Зенкер 2323-0502 Ø8	7,8	20	3,9	0,14	17,39	710	1	0,26											
							8		0,1	0,4	18,45	500		0,11											
					11. Свердли 8 отворів в розмір 11, нарізати різьбу;	Свердло спіральне SD203-6.7-27-8R1	6,7	13,8	3,35	0,14	21,04	1000	1	0,14											
							M8	10	0,65	1,6	2,04	500		0,1											
					12. Свердли 6 отворів в розмір 12, нарізати різьбу;	Мітчик машинний M8x1.25-6H COROMANT DIN	6,7	16,8	3,35	0,14	21,04	1000	1	0,16											
							M8	13	0,65	1,6	2,04	500		0,11											
					13. Свердли 4 отвори в розмір 13, нарізати різьбу;		6,7	13,8	3,35	0,14	21,04	1000	1	0,14											
							M8	10	0,65	1,6	2,04	500		0,1											

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата																
						14. Свердлити 2 отвори в розмір 14, нарізати різьбу;	Свердло спіральне SD 502-22-44-50R2	22	10	11,0	0,4	12,43	180	1	0,3 5					
							Мітчик машинний M24x1.5-6H DIN 376	M24		1,0	1,6	2,23	355		0,1 6					
						Σ									37,13					
02					0	1. Контролювати якість поверхонь 2 та 9	Пробки Ø70 та Ø140													
					КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТТО															
	Арк.																			

3.8. Розрахунок складу та кількості обладнання

Кількість обладнання розраховується за формулою, виходячи з $T_{шк}$ та програми випуску виробів N_p :

$$C = \frac{T_{шт.к.} \times N_p}{F_{обл.} \times \eta} \quad (3.1)$$

де $F_{обл.}$ – фонд роботи обладнання при роботі в дві зміни, год.
 η – коефіцієнт виконання норми.

$$C_{015} = \frac{48,35 \times 1000}{4030 \times 0,8} = 14,99 \text{ шт}$$

Приймаємо 16 фрезерних верстатів.

Завантаження обладнання розраховується співвідношенням між вибраною та розрахованою кількістю обладнання. Дані заносимо в таблицю 3.9.

$$K = \frac{C_p}{C_v} \times 100\% \quad (3.2)$$

де C_p – розрахункова кількість обладнання
 C_v – прийнята кількість обладнання

$$K_{015} = \frac{14,99}{16} \times 100\% = 93,7\%$$

Для наступних операцій розрахунок завантаження обладнання ведеться аналогічним способом.

Таблиця 3.9 – Склад та завантаження обладнання

№ п/п	Назва операції	Назва верстату	Габаритні розміри верстату, мм	$K = \frac{C_p}{C_v} \cdot 100\%$
1	2	3	4	5
005	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo	2150×2830×2780	87,9
010	Контрольна	-	-	-
015	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo	2150×2830×2780	93,7
20	Контрольна	-	-	-

					КНУ.КБР.131.25.4-01.03.ПТПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

4 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Проводимо економічне порівняння двох варіантів свердлильно-фрезерної обробки деталі за допомогою програмного продукту Economical Linksmoon.

Розрахуємо технологічну собівартість за варіантом: заготовки різні, верстати – різні.

Спочатку вводимо основні дані, в які входять: трудомісткість, час налагодження верстату, час налагодження інструменту, кількість робочих, вартість та маса верстатів (рисунок 4.1).

Рисунок 4.1 – Введення основних даних

					КНУ.КБР.131.25.4-01.04.ТЕОВ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Занкович				ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.	Кіяновський						1.1	12
Н. Контр.	Нечаєв					Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск		
Затверд.	Рязанцев							

Вводимо інші дані, що включають в себе: вартість приміщення, вартість розробки КП, собівартість обробки, затрати на підготовку та оновлення ПК, затрати на ремонт та технічне обслуговування (рисунок 4.2).

Стоимость помещения	
Площадь станка по габаритам	5,45
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4,5
Площадь устройства ЧПУ, м	0
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318

Стоимость разработки ПУ	
Стоимость разработки ПУ, грн.	0

Оборотные средства в незавершённом производстве	
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	7,28

Себестоимость обработки	
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	1,4
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	1,1
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	1

Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.	
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3

Затраты на ремонт и ТО оборудования	
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9,5

Buttons: Далее, Назад, Выход

Останні дані, які треба ввести це – витрати на технічне обслуговування та ремонт пристрою ЧПК (рисунок 4.3).

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	30,1
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	7,4
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	59,5

Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.	
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт ЧПУ, грн.	0

Buttons: Далее, Назад, Выход

Рисунок 4.3 - Введения даних про обслуговування та ремонт пристрою ЧПК

Результат розрахунку зображено на рисунку 4.4.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.04.ТЕОВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Входные данные

Версия программы от 17.10.2005

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

7134,86 грн

Срок окупаемости, лет

1,58 лет

Разработано на основе "Методических указаний ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ".

Составители: проф. Марутов В.А.; ст.преп. Цывинда Н.И., Криворожский Технический Университет

Далее

Назад

Выход

Рисунок 4.4 - Результат розрахунків

З кадрів програми видно, що економічний ефект введення верстату з ЧПК, який замінює дві операції (фрезерну та свердлильну) складає 7134,86 грн., а термін окупності проекту складає 1,58 років. Отже введення верстату з ЧПК є доцільним.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.04.ТЕОВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

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

Вихідні дані:

Деталь – корпус

Операція – Фрезерна з ЧПК

Верстат – Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo

Ескіз обробки деталі на операцію зображений на рисунку 5.1.

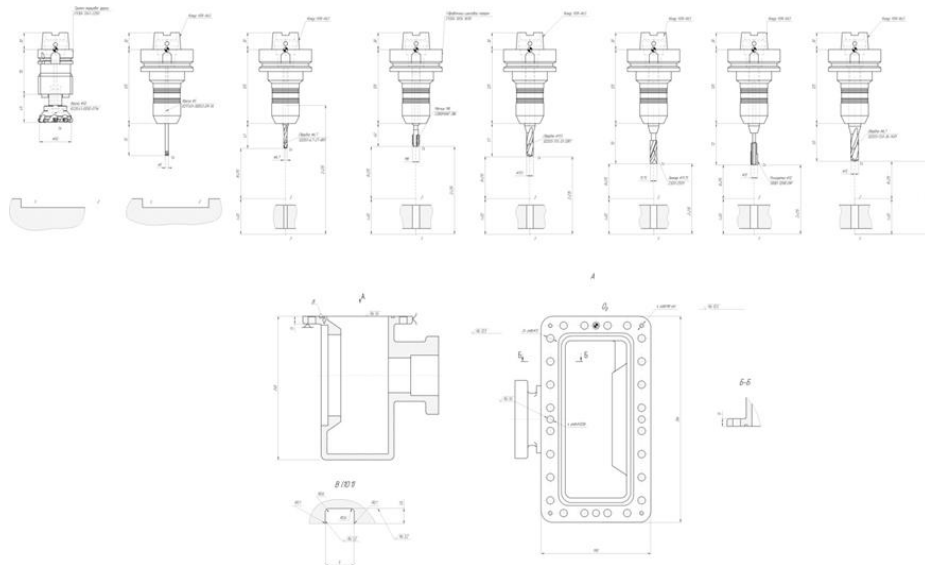


Рисунок 5.1 – Ескіз обробки деталі

Керуючу програму створюємо за допомогою САМ системи FeatureCAMкомпанії Delcam.

Виконаємо програмування багатоцільової обробки для операції 005.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05.РВІН		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Занкович				РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО- ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ	Літ.	Арк.
Перевір.	Кіяновський						1.1
							12
Н. Контр.	Нечасів					Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск	
Затверд.	Рязанцев						

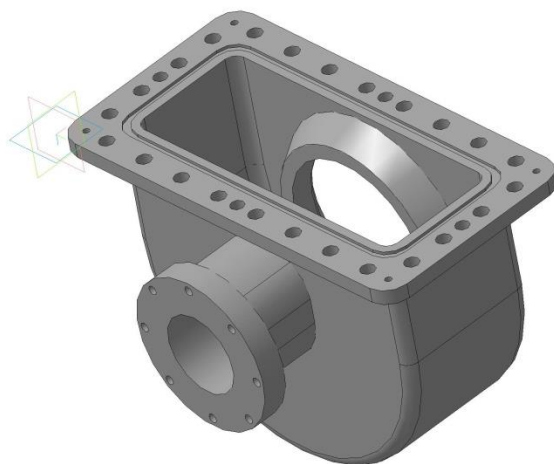


Рисунок 5.2 – Трьохвимірний модель в положенні обробки

Таблиця 5.4 – Маршрут обробки деталі

	Найменування операції	Тип та модель верстата
	2	3
05	Багатоцільова	Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo
10	Контрольна	-
15	Багатоцільова	Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo
20	Контрольна	-

З урахуванням змісту раніше передбачених технологічних методів обробки поверхонь обираємо металорізальний інструмент. Дані заносимо в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Вибір різального інструменту

№ позиції	Найменування інструменту
T1	Фреза торцева R220.43-0050-07W (пластина OFER 070405TN-M16)
T2	Фреза для канавок та уступів R217.69-1005.0-09-1A (пластина XOMX 090304TR-ME06)
T3	Фреза для канавок та уступів R220.69-0040-09-4A (пластина XOMX 090308TR-M08)
T4	Свердло SD203-6.7-27-8R1
T5	Свердло SD203-13.0-36-14R1
T6	Свердло SD203-11.5-33-12R1

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

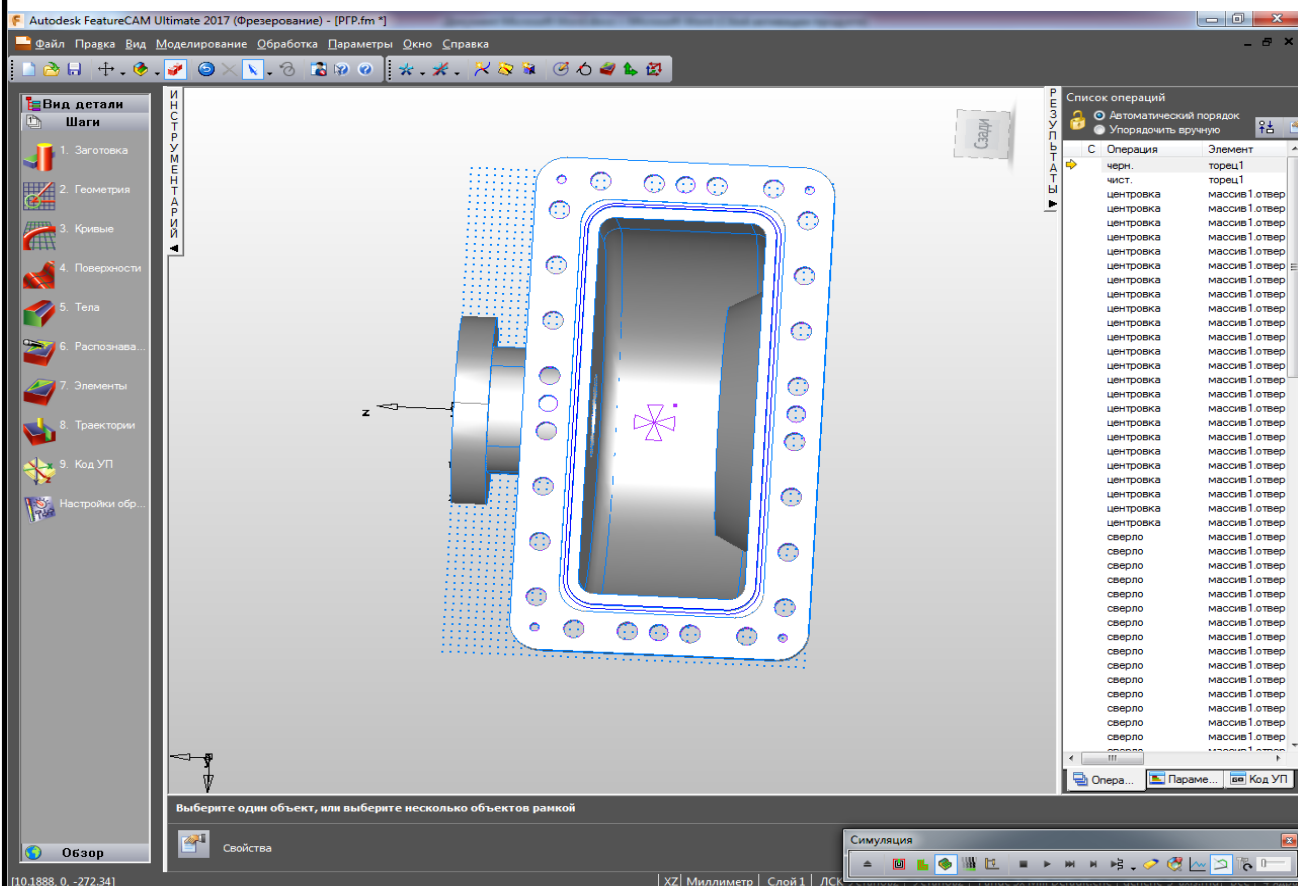


Рисунок 5.3 – Поверхня, що обробляється підчас першого установу

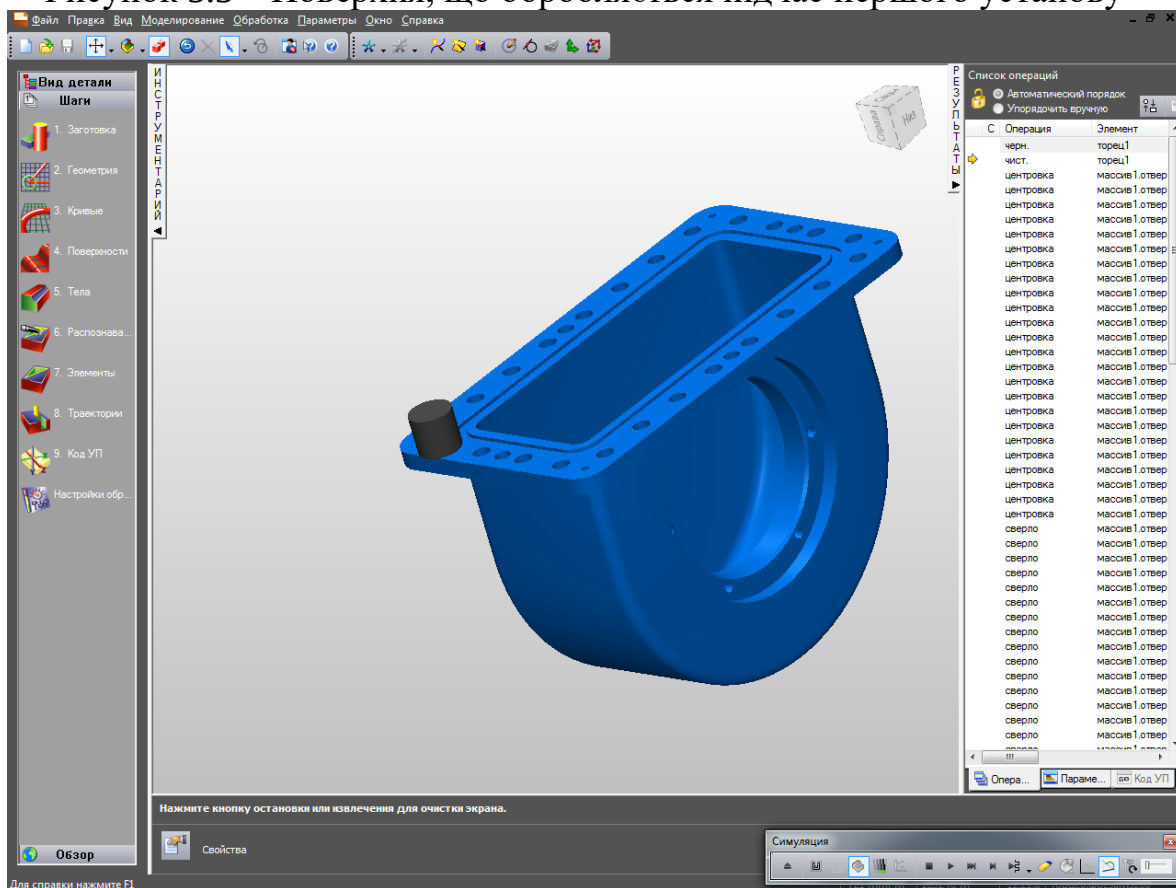


Рисунок 5.4 – Фрезерна обработки поверхности

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

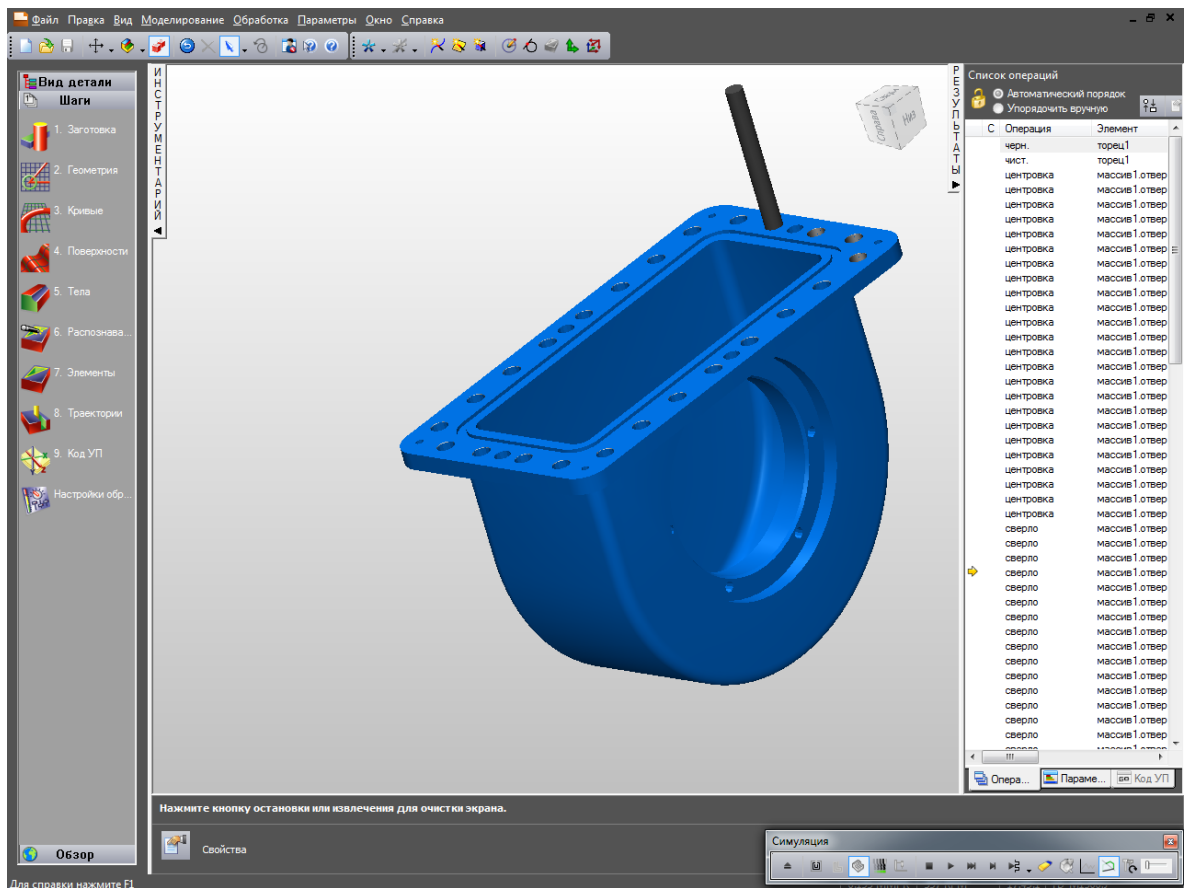


Рисунок 5.5 – Свердління отворів діаметром 13 мм.

Рисунок 5.6 – Свердління отворів діаметром 8 мм

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 5.7 – Свердління отворів діаметром 12 мм.

Рисунок 5.8 – Фрезерування пазу

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Далі виконується зміна установу. Поверхня яка оброблюється під час другого установу зображена на рисунку 5. 9.

Рисунок 5. 9 – Поверхня, що оброблюється під час другого установу

Рисунок 5.10 – Фрезерування торця

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 5.11 – Свердління отворів діаметром 8 мм

Рисунок 5.12 – Розточування отвору діаметром 60 мм

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 5.13 – Розточування отвору діаметром 70 мм
Далі виконується зміна установу. Поверхня, яка оброблюється під час
третього установу зображена на рисунку 5.14.

Рисунок 5.14 – Поверхня, що оброблюється під час третього установу

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 5.15 – Фрезерування торцю

Рисунок 5.16 – Свердління отворів діаметром 8 мм

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 5.17 – Деталь після обробки

Підготовлена програма для виконання обробки на фрезерному верстаті з ЧПК DMU 60 eVo наведена нижче.

```
%
O0001
N25 G00 G20 G17 G40 G49 G80 G94
N30 G91 G28 Z0
N35 ( FACE ROUGH TOPEЦI )
N40 T1 M6
N45 G00 G54 G90 X6.2205 Y-6.5489 S1309 M03
N50 G43 H1 Z0.9843 M08
N55 Z0.0394
N60 G01 Z-0.2165 F24.5
N65 X-4.2913
N70 Y-5.5388
N75 X6.2205
N80 Y-4.5287
N85 X-4.2913
N90 Y-3.5186
N95 X6.2205
N100 Y-2.5084
N105 X-4.2913
N110 Y-1.4983
N115 X6.2205
N120 Y-0.4882
N125 X-4.2913
N130 Y0.5219
N135 X6.2205
N140 Y1.5321
N145 X-4.2913
N150 Y2.5422
```

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N155 X6.2205
 N160 Y3.5523
 N165 X-4.2913
 N170 Y4.5624
 N175 X6.2205
 N180 Y5.5726
 N185 X-4.2913
 N190 Y6.5827
 N195 X6.2205
 N200 G00 Z0.9843
 N205 (FACE FINISH TOPEЦI)
 N210 S1891
 N215 Y-6.5489
 N220 Z-0.0984
 N225 G01 Z-0.2362 F28.4
 N230 X-4.2913
 N235 Y-5.5388
 N240 X6.2205
 N245 Y-4.5287
 N250 X-4.2913
 N255 Y-3.5186
 N260 X6.2205
 N265 Y-2.5084
 N270 X-4.2913
 N275 Y-1.4983
 N280 X6.2205
 N285 Y-0.4882
 N290 X-4.2913
 N295 Y0.5219
 N300 X6.2205
 N305 Y1.5321
 N310 X-4.2913
 N315 Y2.5422
 N320 X6.2205
 N325 Y3.5523
 N330 X-4.2913
 N335 Y4.5624
 N340 X6.2205
 N345 Y5.5726
 N350 X-4.2913
 N355 Y6.5827
 N360 X6.2205
 N365 G00 Z0.9843
 N370 M5
 N375 G91 G28 Z0 M09
 N380 G49 G90 X0. Y0.
 N385 M01
 N390 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ1)
 N395 T2 M06
 N400 G94
 N405 G00 G54 X-3.032 Y-5.4331 S588 M03
 N410 G43 H2 Z0.9843 M08
 N415 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N420 G80
 N425 X-2.1265 Y-6.2992
 N430 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N435 G80

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N440 X-0.7087
 N445 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N450 G80
 N455 X0.8661
 N460 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N465 G80
 N470 X2.2047
 N475 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N480 G80
 N485 X3.189 Y-5.4331
 N490 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N495 G80
 N500 Y-3.8583
 N505 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N510 G80
 N515 Y-2.2835
 N520 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N525 G80
 N530 Y-0.7087
 N535 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N540 G80
 N545 Y0.8661
 N550 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N555 G80
 N560 Y2.4409
 N565 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N570 G80
 N575 Y4.0157
 N580 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N585 G80
 N590 X3.1891 Y5.5896
 N595 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N600 G80
 N605 X2.2047 Y6.4567
 N610 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N615 G80
 N620 X0.8661
 N625 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N630 G80
 N635 X-0.7087
 N640 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N645 G80
 N650 X-2.126
 N655 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N660 G80
 N665 X-3.0315 Y5.5906
 N670 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N675 G80
 N680 Y4.0157
 N685 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N690 G80
 N695 Y2.4409
 N700 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N705 G80
 N710 Y0.8661
 N715 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N720 G80

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N725 Y-0.7087
 N730 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N735 G80
 N740 Y-2.2835
 N745 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N750 G80
 N755 Y-3.8583
 N760 G81 G98 Z-0.7522 R-0.1181 F4.6
 N765 G80
 N770 M5
 N775 G91 G28 Z0 M09
 N780 G49 G90 X0. Y0.
 N785 M01
 N790 (DRILL ОТВЕРСТИЕ1)
 N795 T3 M06
 N800 G94
 N805 G00 G54 X-3.032 Y-5.4331 S597 M03
 N810 G43 H3 Z0.9843 M08
 N815 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N820 G80
 N825 X-2.1265 Y-6.2992
 N830 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N835 G80
 N840 X-0.7087
 N845 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N850 G80
 N855 X0.8661
 N860 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N865 G80
 N870 X2.2047
 N875 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N880 G80
 N885 X3.189 Y-5.4331
 N890 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N895 G80
 N900 Y-3.8583
 N905 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N910 G80
 N915 Y-2.2835
 N920 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N925 G80
 N930 Y-0.7087
 N935 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N940 G80
 N945 Y0.8661
 N950 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N955 G80
 N960 Y2.4409
 N965 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N970 G80
 N975 Y4.0157
 N980 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N985 G80
 N990 X3.1891 Y5.5896
 N995 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1000 G80
 N1005 X2.2047 Y6.4567

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N1010 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1015 G80
 N1020 X0.8661
 N1025 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1030 G80
 N1035 X-0.7087
 N1040 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1045 G80
 N1050 X-2.126
 N1055 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1060 G80
 N1065 X-3.0315 Y5.5906
 N1070 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1075 G80
 N1080 Y4.0157
 N1085 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1090 G80
 N1095 Y2.4409
 N1100 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1105 G80
 N1110 Y0.8661
 N1115 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1120 G80
 N1125 Y-0.7087
 N1130 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1135 G80
 N1140 Y-2.2835
 N1145 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1150 G80
 N1155 Y-3.8583
 N1160 G83 G98 Z-0.953 R-0.1181 Q0.5118 F4.6
 N1165 G80
 N1170 M5
 N1175 G91 G28 Z0 M09
 N1180 G49 G90 X0. Y0.
 N1185 M01
 N1190 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ2)
 N1195 T4 M06
 N1200 G94
 N1205 G00 G54 X-3.0315 Y6.4567 S1251 M03
 N1210 G43 H4 Z0.9843 M08
 N1215 G81 G98 Z-0.474 R-0.1181 F4.6
 N1220 G80
 N1225 X3.189
 N1230 G81 G98 Z-0.474 R-0.1181 F4.6
 N1235 G80
 N1240 Y-6.2992
 N1245 G81 G98 Z-0.474 R-0.1181 F4.6
 N1250 G80
 N1255 X-3.0315
 N1260 G81 G98 Z-0.474 R-0.1181 F4.6
 N1265 G80
 N1270 M5
 N1275 G91 G28 Z0 M09
 N1280 G49 G90 X0. Y0.
 N1285 M01
 N1290 (DRILL ОТВЕРСТИЕ2)

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N1295 T5 M06
 N1300 G94
 N1305 G00 G54 X-3.0315 Y6.4567 S1361 M03
 N1310 G43 H5 Z0.9843 M08
 N1315 G83 G98 Z-0.8379 R-0.1181 Q0.2244 F4.6
 N1320 G80
 N1325 X3.189
 N1330 G83 G98 Z-0.8379 R-0.1181 Q0.2244 F4.6
 N1335 G80
 N1340 Y-6.2992
 N1345 G83 G98 Z-0.8379 R-0.1181 Q0.2244 F4.6
 N1350 G80
 N1355 X-3.0315
 N1360 G83 G98 Z-0.8379 R-0.1181 Q0.2244 F4.6
 N1365 G80
 N1370 M5
 N1375 G91 G28 Z0 M09
 N1380 G49 G90 X0. Y0.
 N1385 M01
 N1390 (REAM ОТВЕРСТИЕ2)
 N1395 T6 M06
 N1400 G94
 N1405 G00 G54 X-3.0315 Y6.4567 S646 M03
 N1410 G43 H6 Z0.9843 M08
 N1415 Z-0.1181
 N1420 G85 R-0.1181 Z-0.7717 F13.7
 N1425 G80
 N1430 Z0.9843
 N1435 X3.189
 N1440 Z-0.1181
 N1445 G85 R-0.1181 Z-0.7717 F13.7
 N1450 G80
 N1455 Z0.9843
 N1460 Y-6.2992
 N1465 Z-0.1181
 N1470 G85 R-0.1181 Z-0.7717 F13.7
 N1475 G80
 N1480 Z0.9843
 N1485 X-3.0315
 N1490 Z-0.1181
 N1495 G85 R-0.1181 Z-0.7717 F13.7
 N1500 G80
 N1505 Z0.9843
 N1510 M5
 N1515 G91 G28 Z0 M09
 N1520 G49 G90 X0. Y0.
 N1525 M01
 N1530 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ3)
 N1535 T7 M06
 N1540 G94
 N1545 G00 G54 X-3.0315 Y0.0787 S636 M03
 N1550 G43 H7 Z0.9843 M08
 N1555 G81 G98 Z-0.7049 R-0.1181 F4.6
 N1560 G80
 N1565 X3.189
 N1570 G81 G98 Z-0.7049 R-0.1181 F4.6
 N1575 G80

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N1580 X0.0787 Y6.4567
 N1585 G81 G98 Z-0.7049 R-0.1181 F4.6
 N1590 G80
 N1595 Y-6.2992
 N1600 G81 G98 Z-0.7049 R-0.1181 F4.6
 N1605 G80
 N1610 M5
 N1615 G91 G28 Z0 M09
 N1620 G49 G90 X0. Y0.
 N1625 M01
 N1630 (DRILL ОТВЕРСТИЕ3)
 N1635 T8 M06
 N1640 G94
 N1645 G00 G54 X-3.0315 Y0.0787 S646 M03
 N1650 G43 H8 Z0.9843 M08
 N1655 G83 G98 Z-0.9372 R-0.1181 Q0.4724 F4.6
 N1660 G80
 N1665 X3.189
 N1670 G83 G98 Z-0.9372 R-0.1181 Q0.4724 F4.6
 N1675 G80
 N1680 X0.0787 Y6.4567
 N1685 G83 G98 Z-0.9372 R-0.1181 Q0.4724 F4.6
 N1690 G80
 N1695 Y-6.2992
 N1700 G83 G98 Z-0.9372 R-0.1181 Q0.4724 F4.6
 N1705 G80
 N1710 M5
 N1715 G91 G28 Z0 M09
 N1720 G49 G90 X0. Y0.
 N1725 M01
 N1730 (TOOLPATH ТРАЕКТОРИЯ1)
 N1735 T9 M06
 N1740 G94
 N1745 G00 G54 X1.7323 Y5.8465 S1746 M03
 N1750 G43 H9 Z-0.0236 M08
 N1755 G01 Z-0.3386 F6.9
 N1760 G02 X2.5394 Y5.0394 I0. J-0.8071
 N1765 G01 Y-4.8819
 N1770 G02 X1.7323 Y-5.689 I-0.8071 J0.
 N1775 G01 X-1.5748
 N1780 G02 X-2.3819 Y-4.8819 I0. J0.8071
 N1785 G01 Y5.0394
 N1790 G02 X-1.5748 Y5.8465 I0.8071 J0.
 N1795 G01 X1.7323
 N1800 G00 Z0.9843
 N1805 M5
 N1810 G91 G28 Z0
 N1815 G49 G90 X0. Y0.
 N1820 M01
 N1825 (RADIAL OUTWARD FINISH1 ПБРХ_ФРЕЗ1)
 N1830 T1 M06
 N1835 G94
 N1840 G00 G55 X1.3777 Y0. S1182 M03
 N1845 G43 H1 Z0.9843 M08
 N1850 Z0.1181
 N1855 G01 Z0. F8.9
 N1860 X2.2131 F17.7

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N1865 X2.5101
 N1870 X2.6584
 N1875 X2.6478 Y-0.2317
 N1880 X1.3723 Y-0.1201
 N1885 X1.3571 Y-0.2393
 N1890 X2.6177 Y-0.4616
 N1895 X2.5682 Y-0.6882
 N1900 X1.3319 Y-0.3569
 N1905 X1.2947 Y-0.4712
 N1910 X2.4977 Y-0.9091
 N1915 X2.41 Y-1.1238
 N1920 X1.249 Y-0.5824
 N1925 X1.1925 Y-0.6885
 N1930 X2.3027 Y-1.3295
 N1935 X2.1774 Y-1.5246
 N1940 X1.1285 Y-0.7902
 N1945 X1.0557 Y-0.8859
 N1950 X2.0359 Y-1.7083
 N1955 X1.8791 Y-1.8791
 N1960 X1.7751 Y-1.7751
 N1965 X1.5631 Y-1.5631
 N1970 X0.9744 Y-0.9744
 N1975 X0.8859 Y-1.0557
 N1980 X1.7083 Y-2.0359
 N1985 X1.5246 Y-2.1774
 N1990 X0.7902 Y-1.1285
 N1995 X0.6885 Y-1.1925
 N2000 X1.3295 Y-2.3027
 N2005 X1.1329 Y-2.4296
 N2010 X0.5824 Y-1.249
 N2015 X0.4712 Y-1.2947
 N2020 X0.9091 Y-2.4977
 N2025 X0.6882 Y-2.5682
 N2030 X0.3569 Y-1.3319
 N2035 X0.2393 Y-1.3571
 N2040 X0.4616 Y-2.6177
 N2045 X0.2316 Y-2.6477
 N2050 X0.1201 Y-1.3723
 N2055 X0. Y-1.3778
 N2060 Y-2.2131
 N2065 Y-2.5101
 N2070 Y-2.6585
 N2075 X-0.2316 Y-2.6477
 N2080 X-0.1201 Y-1.3723
 N2085 X-0.2393 Y-1.3571
 N2090 X-0.4616 Y-2.6177
 N2095 X-0.6882 Y-2.5682
 N2100 X-0.3569 Y-1.3319
 N2105 X-0.4712 Y-1.2947
 N2110 X-0.9091 Y-2.4977
 N2115 X-1.1329 Y-2.4296
 N2120 X-0.5824 Y-1.249
 N2125 X-0.6885 Y-1.1925
 N2130 X-1.3295 Y-2.3027
 N2135 X-1.5246 Y-2.1774
 N2140 X-0.7902 Y-1.1285
 N2145 X-0.8859 Y-1.0557

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.№	ПідписПі	Дат		

N2150 X-1.7156 Y-2.0446
 N2155 X-1.8791 Y-1.8791
 N2160 X-1.7751 Y-1.7751
 N2165 X-1.5631 Y-1.5631
 N2170 X-0.9744 Y-0.9744
 N2175 X-1.0557 Y-0.8859
 N2180 X-2.0446 Y-1.7156
 N2185 X-2.1774 Y-1.5246
 N2190 X-1.1285 Y-0.7902
 N2195 X-1.1925 Y-0.6885
 N2200 X-2.3027 Y-1.3295
 N2205 X-2.4296 Y-1.1329
 N2210 X-1.249 Y-0.5824
 N2215 X-1.2947 Y-0.4712
 N2220 X-2.4977 Y-0.9091
 N2225 X-2.5682 Y-0.6882
 N2230 X-1.3319 Y-0.3569
 N2235 X-1.3571 Y-0.2393
 N2240 X-2.6177 Y-0.4616
 N2245 X-2.6477 Y-0.2316
 N2250 X-1.3723 Y-0.1201
 N2255 X-1.3778 Y0.
 N2260 X-2.2131
 N2265 X-2.5101
 N2270 X-2.6585
 N2275 X-2.6477 Y0.2316
 N2280 X-1.3723 Y0.1201
 N2285 X-1.3571 Y0.2393
 N2290 X-2.6177 Y0.4616
 N2295 X-2.5682 Y0.6882
 N2300 X-1.3319 Y0.3569
 N2305 X-1.2947 Y0.4712
 N2310 X-2.4977 Y0.9091
 N2315 X-2.4296 Y1.1329
 N2320 X-1.249 Y0.5824
 N2325 X-1.1925 Y0.6885
 N2330 X-2.3027 Y1.3295
 N2335 X-2.1774 Y1.5246
 N2340 X-1.1285 Y0.7902
 N2345 X-1.0557 Y0.8859
 N2350 X-2.0359 Y1.7083
 N2355 X-1.8791 Y1.8791
 N2360 X-1.7751 Y1.7751
 N2365 X-1.5631 Y1.5631
 N2370 X-0.9744 Y0.9744
 N2375 X-0.8859 Y1.0557
 N2380 X-1.7083 Y2.0359
 N2385 X-1.5246 Y2.1774
 N2390 X-0.7902 Y1.1285
 N2395 X-0.6885 Y1.1925
 N2400 X-1.3295 Y2.3027
 N2405 X-1.1238 Y2.41
 N2410 X-0.5824 Y1.249
 N2415 X-0.4712 Y1.2947
 N2420 X-0.9091 Y2.4977
 N2425 X-0.6882 Y2.5682
 N2430 X-0.3569 Y1.3319

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N2435 X-0.2393 Y1.3571
 N2440 X-0.4616 Y2.6177
 N2445 X-0.2317 Y2.6478
 N2450 X-0.1201 Y1.3723
 N2455 X0. Y1.3778
 N2460 Y2.2131
 N2465 Y2.5101
 N2470 Y2.6585
 N2475 X0.2317 Y2.6478
 N2480 X0.1201 Y1.3723
 N2485 X0.2393 Y1.3571
 N2490 X0.4616 Y2.6177
 N2495 X0.6882 Y2.5682
 N2500 X0.3569 Y1.3319
 N2505 X0.4712 Y1.2947
 N2510 X0.9091 Y2.4977
 N2515 X1.1238 Y2.41
 N2520 X0.5824 Y1.249
 N2525 X0.6885 Y1.1925
 N2530 X1.3295 Y2.3027
 N2535 X1.5246 Y2.1774
 N2540 X0.7902 Y1.1285
 N2545 X0.8859 Y1.0557
 N2550 X1.7083 Y2.0359
 N2555 X1.8791 Y1.8791
 N2560 X1.7751 Y1.7751
 N2565 X1.5631 Y1.5631
 N2570 X0.9744 Y0.9744
 N2575 X1.0557 Y0.8859
 N2580 X2.0359 Y1.7083
 N2585 X2.1774 Y1.5246
 N2590 X1.1285 Y0.7902
 N2595 X1.1925 Y0.6885
 N2600 X2.3027 Y1.3295
 N2605 X2.41 Y1.1238
 N2610 X1.249 Y0.5824
 N2615 X1.2947 Y0.4712
 N2620 X2.4977 Y0.9091
 N2625 X2.5682 Y0.6882
 N2630 X1.3319 Y0.3569
 N2635 X1.3571 Y0.2393
 N2640 X2.6177 Y0.4616
 N2645 X2.6478 Y0.2317
 N2650 X1.3723 Y0.1201
 N2655 X1.3777 Y0.
 N2660 X2.2131
 N2665 X2.5101
 N2670 X2.6584
 N2675 G00 Z0.9843
 N2680 M5
 N2685 G91 G28 Z0 M09
 N2690 G49 G90 X0. Y0.
 N2695 M01
 N2700 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ4)
 N2705 T10 M06
 N2710 G94
 N2715 G00 G55 X-2.3622 Y0. S946 M03

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N2720 G43 H10 Z0.9843 M08
 N2725 G81 G98 Z-0.3128 R0.1181 F4.6
 N2730 G80
 N2735 X-1.6703 Y1.6703
 N2740 G81 G98 Z-0.3128 R0.1181 F4.6
 N2745 G80
 N2750 Y-1.6703
 N2755 G81 G98 Z-0.3128 R0.1181 F4.6
 N2760 G80
 N2765 X0. Y2.3622
 N2770 G81 G98 Z-0.3128 R0.1181 F4.6
 N2775 G80
 N2780 Y-2.3622
 N2785 G81 G98 Z-0.3128 R0.1181 F4.6
 N2790 G80
 N2795 X1.6703 Y1.6703
 N2800 G81 G98 Z-0.3128 R0.1181 F4.6
 N2805 G80
 N2810 Y-1.6703
 N2815 G81 G98 Z-0.3128 R0.1181 F4.6
 N2820 G80
 N2825 X2.3622 Y0.
 N2830 G81 G98 Z-0.3128 R0.1181 F4.6
 N2835 G80
 N2840 M5
 N2845 G91 G28 Z0 M09
 N2850 G49 G90 X0. Y0.
 N2855 M01
 N2860 (DRILL ОТВЕРСТИЕ4)
 N2865 T11 M06
 N2870 G94
 N2875 G00 G55 X-2.3622 Y0. S970 M03
 N2880 G43 H11 Z0.9843 M08
 N2885 G83 G98 Z-0.6379 R0.1181 Q0.315 F4.6
 N2890 G80
 N2895 X-1.6703 Y1.6703
 N2900 G83 G98 Z-0.6379 R0.1181 Q0.315 F4.6
 N2905 G80
 N2910 Y-1.6703
 N2915 G83 G98 Z-0.6379 R0.1181 Q0.315 F4.6
 N2920 G80
 N2925 X0. Y2.3622
 N2930 G83 G98 Z-0.6379 R0.1181 Q0.315 F4.6
 N2935 G80
 N2940 Y-2.3622
 N2945 G83 G98 Z-0.6379 R0.1181 Q0.315 F4.6
 N2950 G80
 N2955 X1.6703 Y1.6703
 N2960 G83 G98 Z-0.6379 R0.1181 Q0.315 F4.6
 N2965 G80
 N2970 Y-1.6703
 N2975 G83 G98 Z-0.6379 R0.1181 Q0.315 F4.6
 N2980 G80
 N2985 X2.3622 Y0.
 N2990 G83 G98 Z-0.6379 R0.1181 Q0.315 F4.6
 N2995 G80
 N3000 M5

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N3005 G91 G28 Z0 M09
 N3010 G49 G90 X0. Y0.
 N3015 M01
 N3020 (TOOLPATH ТРАЕКТОРИЯ2)
 N3025 T12 M06
 N3030 G94
 N3035 G00 G55 X0. Y0. S630 M03
 N3040 G43 H12 Z0. M08
 N3045 G01 Z-3.4252 F2.5
 N3050 G00 Z0.9843
 N3055 M5
 N3060 G91 G28 Z0 M09
 N3065 G49 G90 X0. Y0.
 N3070 M01
 N3075 (BORE ОТВЕРСТИЕ18)
 N3080 T13 M06
 N3085 G94
 N3090 G00 G55 X0. Y0. S540 M03
 N3095 G43 H13 Z0.9843 M08
 N3100 Z0.1181
 N3105 G85 R0.1181 Z-1.8898 F2.2
 N3110 G80
 N3115 Z0.9843
 N3120 M5
 N3125 G91 G28 Z0
 N3130 G49 G90 X0. Y0.
 N3135 M01
 N3140 (POCKET ROUGH1 КАРМАН1)
 N3145 T14 M06
 N3150 G94
 N3155 G00 G56 X0.4252 Y0.9843 S174 M03
 N3160 G43 H14 Z2.2441 M08
 N3165 Z0.1181
 N3170 G01 Z0.0012 F1.1
 N3175 Y-0.9843 Z-0.1567
 N3180 Y0.9843 Z-0.3146
 N3185 Y-0.9843 Z-0.4724
 N3190 Y0. F2.2
 N3195 G03 X0.4252 Y0. I-0.4252 J0.
 N3200 X0.3607 Y0.6787 I-3.6031 J0.
 N3205 X-0.2036 Y1.0614 I-0.4735 J-0.0908
 N3210 X0.5684 Y0.9192 I0.2036 J-1.0614
 N3215 X-0.7591 Y1.1996 I-1.0532 J-1.7032
 N3220 X-1.7194 Y0.2412 I0.1541 J-1.1148
 N3225 X-0.9341 Y1.4635 I1.7194 J-0.2412
 N3230 G02 X-1.7703 Y1.0635 I-2.0512 J3.2137
 N3235 G03 X-2.3656 Y0.3529 I0.283 J-0.8416
 N3240 X-2.3656 Y0.3529 I2.3656 J-0.3529
 N3245 (POCKET FINISH КАРМАН1)
 N3250 G01 S252
 N3255 X-2.4174 Y0.2324 F2.5
 N3260 G03 X-2.4388 Y0.103 I0.5195 J-0.1522 F1.3
 N3265 X-2.4388 Y0.103 I2.4388 J-0.103 F1.8
 N3270 X-2.4409 Y0.0189 I2.4388 J-0.103
 N3275 X-2.426 Y-0.1114 I0.5413 J-0.0042 F1.3
 N3280 G01 X-2.3802 Y-0.2343 F2.5
 N3285 G00 Z2.2441

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N3290 M5
 N3295 G91 G28 Z0 M09
 N3300 G49 G90 X0. Y0.
 N3305 M01
 N3310 (SPOTDRILL ОТВЕРСТИЕ12)
 N3315 T10 M06
 N3320 G94
 N3325 G00 G56 X-3.02 Y0.2642 S946 M03
 N3330 G43 H10 Z2.2441 M08
 N3335 G81 G98 Z-0.7853 R-0.3543 F4.6
 N3340 G80
 N3345 X-1.5157 Y2.6254
 N3350 G81 G98 Z-0.7853 R-0.3543 F4.6
 N3355 G80
 N3360 Y-2.6254
 N3365 G81 G98 Z-0.7853 R-0.3543 F4.6
 N3370 G80
 N3375 X1.5157 Y2.6254
 N3380 G81 G98 Z-0.7853 R-0.3543 F4.6
 N3385 G80
 N3390 Y-2.6254
 N3395 G81 G98 Z-0.7853 R-0.3543 F4.6
 N3400 G80
 N3405 X3.0315 Y0.
 N3410 G81 G98 Z-0.7853 R-0.3543 F4.6
 N3415 G80
 N3420 M5
 N3425 G91 G28 Z0 M09
 N3430 G49 G90 X0. Y0.
 N3435 M01
 N3440 (DRILL ОТВЕРСТИЕ12)
 N3445 T11 M06
 N3450 G94
 N3455 G00 G56 X-3.02 Y0.2642 S970 M03
 N3460 G43 H11 Z2.2441 M08
 N3465 G83 G98 Z-1.2285 R-0.3543 Q0.315 F4.6
 N3470 G80
 N3475 X-1.5157 Y2.6254
 N3480 G83 G98 Z-1.2285 R-0.3543 Q0.315 F4.6
 N3485 G80
 N3490 Y-2.6254
 N3495 G83 G98 Z-1.2285 R-0.3543 Q0.315 F4.6
 N3500 G80
 N3505 X1.5157 Y2.6254
 N3510 G83 G98 Z-1.2285 R-0.3543 Q0.315 F4.6
 N3515 G80
 N3520 Y-2.6254
 N3525 G83 G98 Z-1.2285 R-0.3543 Q0.315 F4.6
 N3530 G80
 N3535 X3.0315 Y0.
 N3540 G83 G98 Z-1.2285 R-0.3543 Q0.315 F4.6
 N3545 G80
 N3550 M5
 N3555 G0 G91 G28 Z0 M09
 N3560 G49 G90 X0. Y0.
 N3565 M30

%

					КНУ.КБР.131.25.4-01.05. РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

6.1 Проектування переналагоджувального пристрою

Переналагоджувальний пристрій для обробки корпусу проектуємо на фрезерну операцію 015.

Рисунок 6.1-Ескіз операції та базування корпусу на фрезерній операції 015

При фрезеруванні, свердленні, розточуванні на багатоцільовому фрезерному верстаті з ЧПК DMU 60 eVo технологічною базою – будет площина і два отвори, як показано на рис. 6.1

Режими різання на дану механічну обробку були вибрані у пункті 3.7. Розрахунок та вибір режимів різання, нормування технологічних операцій і представлені у таблиці 6.1.

Верстат, на якому виконується дана операція Фрезерний верстат з ЧПК DMU 60 eVo

					КНУ.КБР.131.25.4-01.06.ПТО			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Занкович				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Кіяновський						1.1	12
						Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск		
Н. Контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							

Рисунок 6.2- Загальний вид верстату DMU 60 eVo

Технічні характеристики верстату з ЧПК DMU 60 eVo такі:

- Оптимізована портална конструкція, висока жорсткість, хороший доступ, невеликий займаємий простір.
- Динамічний /поворотний стіл, що обертається з ЧПК, висока швидкість ходу, швидкість обертання 60 об/хв по осі В і С і навантаження 400 кг
- Одночасна обробка з 5 сторін і максимум по 5 осям
- Виконання верстату з високими динамічними характеристиками, оснащений лінійними приводами по осям Х и Y. Висока швидкість ходу до 80 м/хв.
- Потужні шпиндельні двигуни з швидкістю обертання 14000, 18000 чи 24000 об/хв.
- Інструментальний магазин на 30 місць .
- Технологія 3D drive з панеллю керування DMG ERGOline® с Heidenhain iTNC 530 чи Siemens 840D solutionline.

Верстат має стіл поворотний/ обертовий стіл , що керується ЧПК та має два посадкових місця для палет, що зображені на рис.6.3

					КНУ.КБР.131.25.4-01.06. ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 6.3 – Пристрій швидкої зміни палет

Таблиця 6.1 – Характеристика столу

Розміри	Назва елементу	Параметри
850 × 800	Поворотний стіл, що обертається з ЧПК	
400	Робоча поверхня піддону	мм × мм
–5 / +110	Навантаження столу	кг
360	Діапазон нахилу осі В	град
60 / 60	Діапазон повороту осі С	град
1 200	Швидкість осей В/С	об/хв
	Швидкість фрезерного/токарного столу	об/хв
переміщення столу, мм поздовжнє поперечне		800 1000

Рисунок 6.4-Ескіз палети

Деталь базуємо на площину, яка позбавляє трьох ступенів волі, та два пальці, один з яких позбавляє двох ступенів волі, інший – одну.

Похибка базування при установці заготовки по двом отворам на два жорстких установочних пальці – циліндричному і зрізаному виникає з – за зазорів в з'єднанні пальців і отворів і дорівнює кутовому зміщенню (перекосу) α заготовки.

Найбільший кутовий перекис заготовки, що базується по двом отворам визначається за формулою :

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{S_{\max}}{L} \quad (6.1)$$

где $S_{\max}$ - найбільший зазор в з'єднанні отвору і пальця;

$L = 324 \text{ мм}$ відстань між центрами отворів.

Діаметр отвору – $\varnothing 12 \text{ D9}^{(+0,077)}_{(+0,056)}$

Палець установний – $\varnothing 12 \text{ f9}^{(-0,016)}_{(-0,059)}$

Найбільший зазор в з'єднанні $S_{\max}$ визначаємо за формулою :

$$S_{\max} = D_{\text{OTBmax}} - d_{\text{в.А.Пmin}} \quad (6.2)$$

$$S_{\max} = 12,077 - 11,941 = 0,136 \text{ мм}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{0,136}{324} = 0,00041$$

					КНУ.КБР.131.25.4-01.06. ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ε_u - похибка положення деталі з - за зносу установних елементів пристосування.

Похибка пристосування визначається за формулою 3.13 [6] :

$$[\varepsilon_{np}] \leq T - K_T \sqrt{(K_{T_1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + (K_{T_2} \cdot \omega)^2} \quad (6.7)$$

де T - допуск виконуваного розміру;

ε_{δ} - похибка базування;

ε_z - похибка закріплення;

ε_y - похибка установки пристосування на верстаті;

ε_u - похибка положення деталі з - за зносу настановних елементів пристосування;

ω - економічна точність обробки;

$K_T = 1,0 - 1,2$ - коефіцієнт враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу;

$K_{T_1} = 0,8 - 0,85$ - коефіцієнт, що враховує зменшення граничного значення похибки базування при роботі на налагоджених верстатах;

$K_{T_2} = 0,6 - 1,0$ - коефіцієнт враховує частку похибки обробки в сумарній похибці.

Похибка положення деталі з - за зносу установних елементів пристосування визначається за формулою [6]:

$$\varepsilon_u = I_o \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \quad (6.8)$$

де $I_o = 0,025$ - середній знос настановних елементів;

K_1, K_2, K_3, K_4 - коефіцієнт враховує вплив матеріалу заготовки, обладнання, умов обробки і числа установок заготовки.

$$K_1 = 0,97; K_2 = 1,25; K_3 = 0,94; K_4 = 0,8$$

$$\varepsilon_u = 0,025 \cdot 0,97 \cdot 1,25 \cdot 0,94 \cdot 2,8 = 0,02$$

$$\varepsilon_z = 0,01 \text{ мм},$$

$$\varepsilon_y = 0,01 \text{ мм}$$

$$[\varepsilon_{np}] = 0,03 - 1,2 \sqrt{(0,8 \cdot 0,01)^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,02^2 + (1 \cdot 0,04)^2} = 0,02 \text{ мм}$$

$$\sum \varepsilon = 0,001 + 0,001 + 0,001 + 0,002 + 0,02 = 0,025 \text{ мм}$$

$$\sum \varepsilon < T; \quad 0,025 < 0,03$$

Висновок: Сумарна похибка пристосування менше допуску на розмір.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.06. ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При обробці на фрезерному верстаті DMU 60 eVo деталь корпус буде установлюватись на стіл – супутник з габаритами 800x750мм, при установці корпусу для зменшення похибки базування будемо базувати на оброблену поверхню і два установочних пальця: циліндричний і зрізаний.

Закріплення деталі буде відбуватись прижимними швидкозмінними планками і гідравлічним приводом .

Похибка базування складає $\varepsilon_B = 0,01\text{мм}$.

Оброблюємо деталь знаходиться у рівновазі, з одного боку – під дією сил, виникаючих у процесі обробки, з іншого боку – під дією сили затиску та реакцій опор. Основними силами, виникаючими у процесі обробки являються сили різання.

У нашому випадку сили затиску будуть напрямлені перпендикулярно опорам та розташовуватися як показано на рис 6.6.

Силу закріплення визначаємо для переходу фрезерування поверхні Ø262 мм торцевою фрезою, діаметр якої 315 мм та ширина 60мм. Сили, які виникають при фрезеруванні, показані на рисунку 6.6.

Рисунок 6.6-Сили різання

У загальному вигляді умова рівноваги деталі може бути представлена у вигляді формули;

$$W = K \cdot f \cdot P_{\text{різ}}; \quad (6.9)$$

де $K = 2,3$;

Сила тертя:

$$T = f \cdot W; \quad (6.10)$$

$$T_1 \cdot \ell_1 + T_2 \cdot \ell_2 + T_4 \cdot \ell_2 = \kappa \text{Мкр}; \quad (6.11)$$

					КНУ.КБР.131.25.4-01.06. ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$f_1 \cdot W \cdot \ell_1 + f_2 \cdot W \cdot \ell_1 + f_3 \cdot \ell_2 \cdot W + f_4 \cdot \ell_2 \cdot W = K \cdot P_z \cdot D / 2; \quad (6.12)$$

$$W = \frac{\kappa P_z \cdot D / 2}{(f_1 \cdot \ell_1 + f_2 \cdot \ell_1 + f_3 \cdot \ell_2 + f_4 \cdot \ell_2)}; \quad (6.13)$$

Рисунок 6.7 – Схема закріплення деталі

$$W = \frac{2.3 \cdot 10634 \cdot 315 / 2}{(0.25 \cdot 225 + 0.25 \cdot 200) \cdot 2} = 1631.5H$$

$$W_0 = \frac{W}{2} = \frac{1631.5}{2} = 815.7H$$

У якості затискного механізму вибираємо калібрований зажим. Калібрований зажим складається з гвинтового та ричажного зажиму.

На рисунку 6.8 показана схема дії сил при зажимі оброблюємої деталі нормалізованим гвинтовим прихватом.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.06. ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 6.8 – Схема механізму

Сила, прикладення до ричажного механізму.

$$Q = \frac{W_0 \cdot (\ell_1 + \ell_2)}{\ell_1 \eta}; \quad (6.14)$$

$$Q = \frac{815.7(90 + 100)}{000.85} = 2025 \text{ Н}.$$

По режимах обробки та габаритним розмірам оброблюємої деталі вибираємо елементи пристрою четвертої серії, ширина пазів у яких дорівнює 16мм.

Пристрій komponуємо з базової деталі – плити, опори, пальців, прихватів, болтів та гайок.

Плита прямокутна тип 2.

довжина $L = 800$ мм;

ширина $B = 750$ мм;

висота $H = 90$ мм;

Опорна пластина

довжина $L = 100$ мм;

ширина $B = 16$ мм;

висота $H = 10$ мм;

Палиць циліндричний

діаметр $D = 12$ мм;

висота $H = 40$ мм;

Палець зрізаний

діаметр $D = 12$ мм;

висота $H = 40$ мм;

					КНУ.КБР.131.25.4-01.06. ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній бакалаврській роботі була здійснена конструкторсько-технологічна підготовка деталі «Корпус», що входить до складу редуктору.

Розроблено схему складання вузла, визначені та розраховані лінійний та кутовий розмірні ланцюги. Розроблена послідовність складання.

Розроблене креслення заготовки – Виливок ДСТУ8781:2018.

При розробці нового технологічного процесу на основі заводського були прийняті зміни у вигляді заміна верстатів на верстати з ЧПК, що дозволило зменшити затрати часу на операціях, а також дало можливість обробки більшої кількості поверхонь в одній операції

Розроблений маршрут обробки, послідовність технологічних операцій, приведені розрахунки міжопераційних діаметральних та лінійних розмірів та припусків на обробку, розрахунок режимів різання та норм часу.

На фрезерну операцію розроблене верстатно-інструментальне налагодження для обробки на фрезерному 5-осьовому верстаті DMU 60 eVo.

Розроблено технологічне оснащення для контролю співвісності та неперпендикулярності базових отворів.

Проведено обґрунтування ефективності застосування верстатів з багатоосьовою обробкою для обробки Корпусу.

Техніко-економічне обґрунтування на основі прийнятих змін у заводському технологічному процесі показало зменшення собівартості виготовлення деталі, а також строк окупності операції фрезерної з ЧПК за 1,58 роки.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.В								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Занкович			ВИСНОВКИ				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Кіяновський									1.1	12	
Н. Контр.		Нечаєв											
Затверд.		Рязанцев							Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск				

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,- 860 с.
- 2.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 3.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
 4. ДСТУ 7505-89 Поковки сталеві штамповані
 5. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
 - 6.Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування” до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024
 - 7ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні
 - 8.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
 - 9.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
 - 10.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2019.
 11. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
 12. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
 - 13.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
 - 14.Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
 15. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ. вищ. закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
 - 16.А.І.Грабченко, М.В.Верезуб, Ю.М.Внуков, П.П.Мельничук, Г.М.Виговський Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні /Під ред. Грабченко А.І.- Житомир: ЖДТУ, 2004.-451с.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.СВД			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Занкович				СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		Літ.	Арк.
Перевір.	Кіяновський							
Т.контр								
Н. Контр.	Нечаєв						Кафедра ТМ, ЗПМ-22ск	
Затв.	Рязанцев							

23.Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 1 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.

24. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 2 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.

25.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412с.

26.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).

27.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).

28.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготування виробництва. Основні терміни та визначення.

29.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

30.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).

31.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення

32.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).

33.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

34.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2024.

					КНУ.КБР.131.25.4-01.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Дубл.														
Взам.														
Подл.									Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
										Листов			Лист 1	
Розробив				КНУ										
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.														
Н. Контр.														
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС <u>Виготовлення деталі КОРПУС</u> Виріб: РЕДУКТОР														
УЗГОДЖЕНО														
Керівник _____ (Кіяновський М.В.)														
Розробив: _____ (Занкович К.А.)														
Н.контроль _____ (Нечасв В.П.)														
ТП		ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС												

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва
корпусу редуктора РД-400 за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Проектував ст.гр. ЗПМ-22ск

Занкович К.А.

Керівник роботи

д.т.н., проф. Кіяновський
М.В.

Нормоконтроль

к.т.н., доц. Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

к.т.н., доц. Рязанцев А.О.

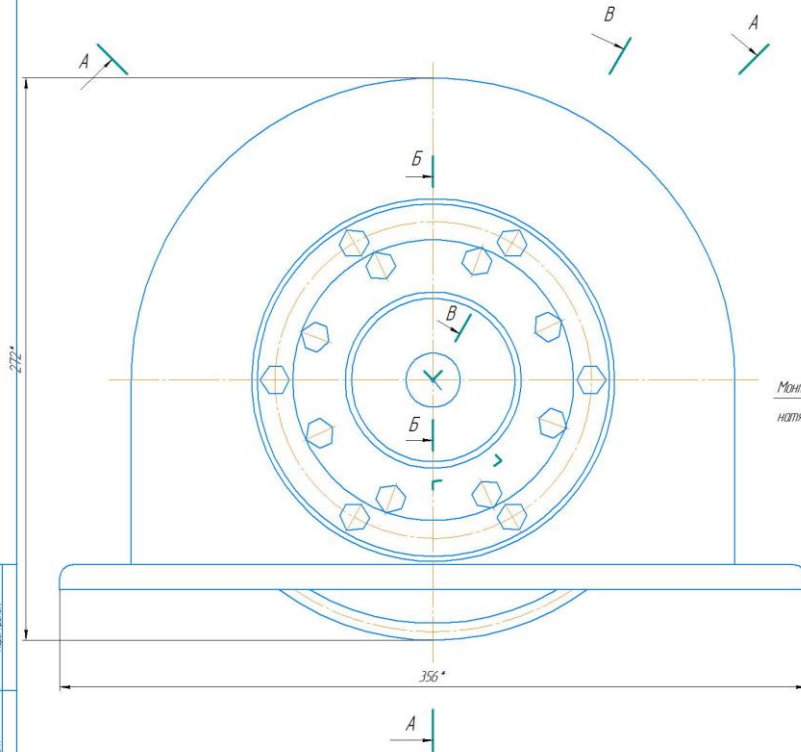
Кривий Ріг
2025 р

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документация		
					Графичні матеріали		
	A1			КНУКБР.131.25.4-01.PBCK	Редуктор (складальний вузол)	1	
	A2			КНУКБР.131.25.4-01.K	Корпус	1	
	A2			КНУКБР.131.25.4-01.KB	Корпус (виливок)	1	
	A1			КНУКБР.131.25.4-01.EO	Ескізи операцій	1	
	A1			КНУКБР.131.25.4-01.IH	Інструментальне налагодження на фрезерну операцію з ЧПК	1	
				КНУКБР.131.25.4-01.YCT	YCT		
Подп. и дата							
Взам. инв. №							
Подп. и дата							
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.25.4-01.BI3A		
	Разраб.	Занкович			Відомість інформаційно-засвідчуючих аркушів		
Проб.	Кіяндовський						
Н.контр.	Нечаєв						
Утв.	Рязанцев						
					Лист.	Лист	Листов
					1		1
					Кафедра ТМ ЗПМ-22ск		

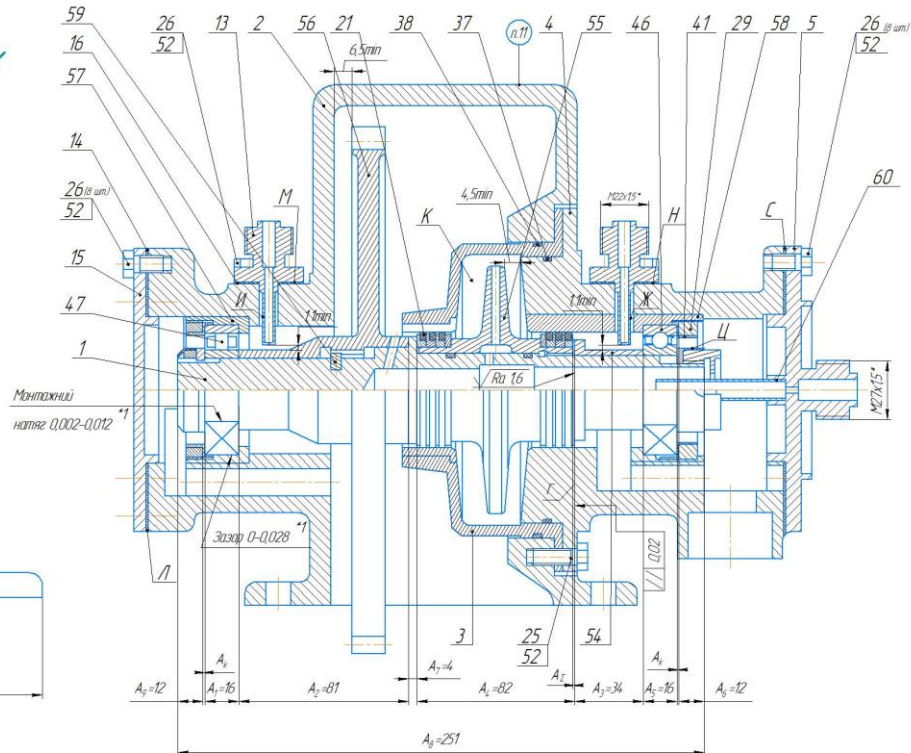
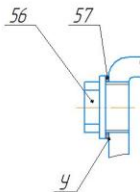
Копировал

Формат A4

КНУ.КБР.131254-01.РСК



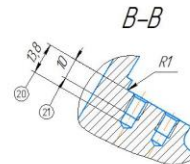
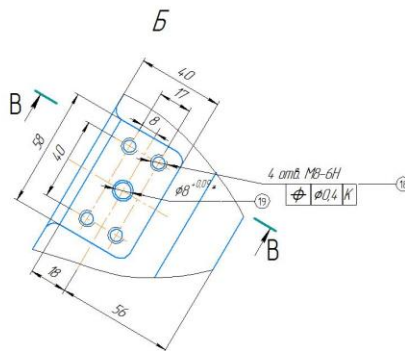
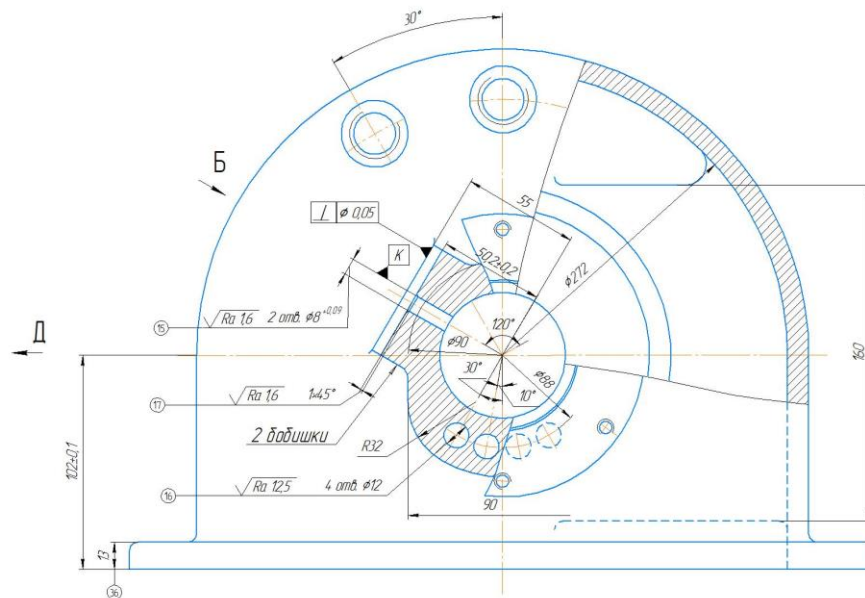
В-В повернуто 2 перерізи



- 8.1 Витрати масла через кожну форсунку повинні бути $0,0083 \pm 0,0083 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$
- 8.2 Масло через отвір Е повинно потрапляти в щілину $\Phi 40-52$ мм на відстані 8 мм від поверхні Ж у напрямку до підшипника поз.46 і в щілину $\Phi 38,5-50,5$ мм на відстані 10 мм від поверхні И - до підшипника поз.47.
9. У перерізі К перевірити витрату газотурбінного масла по ГОСТ 10289-79 при тиску 0,6 МПа і температурі 15-30°C через кільця поз.21. Витрата повинна бути не більше $0,007 \pm 0,007 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$. Перевірити герметичність ступи Р. Течь не допускається.
10. Ступи Л, М, Н, П, С, Т, У перевірити на герметичність газотурбінним маслом по ГОСТ 10289-79 при тиску 0,125 МПа протягом 300 с. Течь не допускається.
11. Маркувати шрифтом 2.
12. Перевірити плавність обертання шестерні. Торкання не допускається.
13. Деталі поз.К, 16, 36 повторно не згостосовувати.

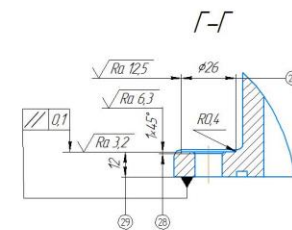
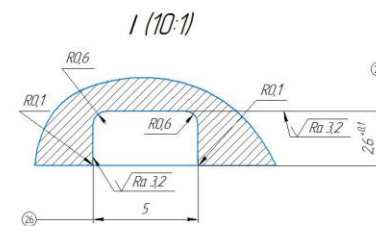
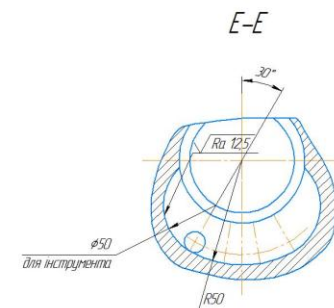
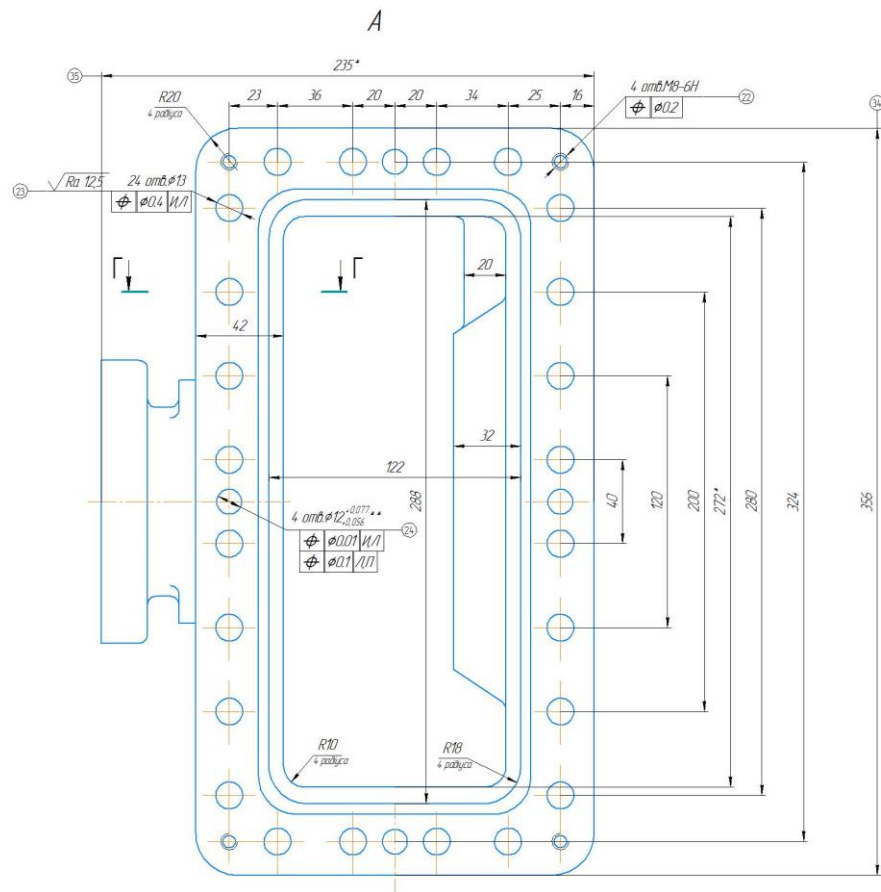
1. Розміри для довідок
2. *1
3. Допустиме зсувне значення кільця підшипника поз.47 один щодо одного не більше 0,2 мм. Забезпечити шліфувальним торця Г деталі Л.
4. Шайба Ф контролює гайки в обох діаметрально розташованих місцях. Податкове використання шайби не допускається.
5. Шайба Ц і поз.41 контролює гайки в обох діаметрально розташованих місцях. Допускається багаторазове використання шайб за 1255.00.007-80.
6. Стопорні 4,4 за ОСТ 139502-77 для гвинтів поз.25 і 26.
7. Підшипники поз.46 і 47 ставити за інструкцією 072 ТЗК-1.
8. При проливній форсункі поз.13 газотурбінним маслом по ГОСТ 10289-79 при тиску 0,5 МПа і температурі 15-30°C перевірити наступне:

КНУ.КБР.131254-01.РСК			
Редуктор			
Складальне креслення			
Лист	№ докум.	Лист	№
Розроб.	Затверд.	44,8	11
Діст.	Діст.	Діст.	Діст.
Нормат.	Нормат.	Корекція	ТМ
Стор.	Стор.	3/14-22ж	
Корекція		Формат А1	



				КНУКБР.131.25.4-01К			
				Корпус			
				Автом	Масса	Мощность	
					225	11	
				Автом	Автом		
				Сталь 25/1-1			
				д.ст.у 87812018			
				Корпуса 1М			
				31М-22хх			
				Фланец 4Л			

КНУКБР.131.254-01К

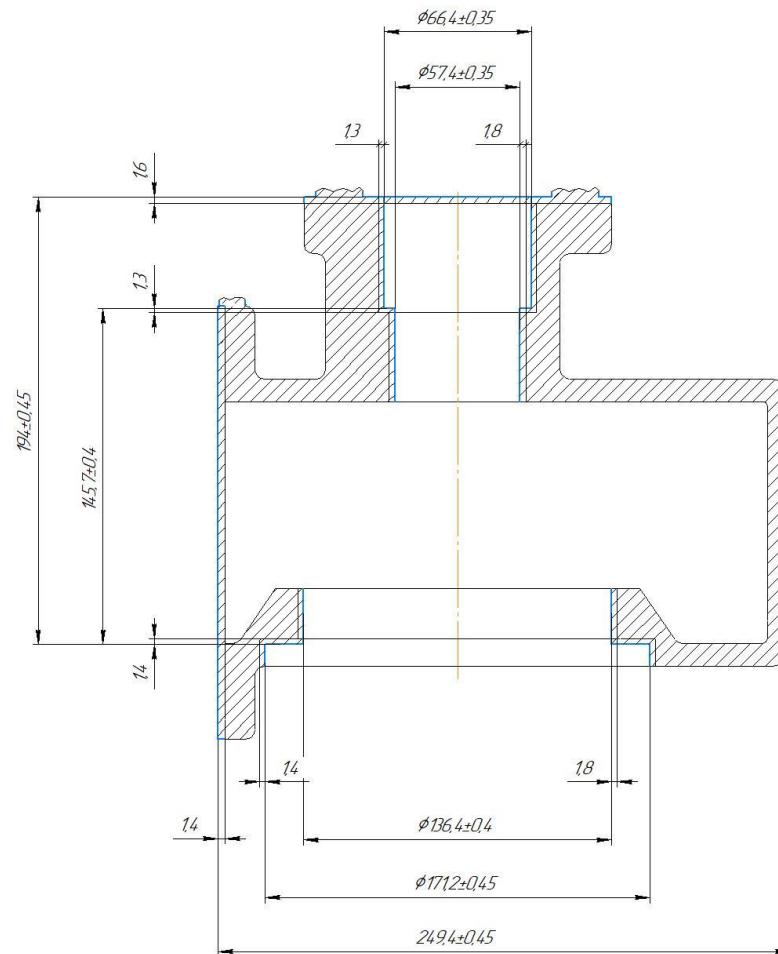


КНУКБР.131.254-01К

КНУКБР.131.254-01К

КНУ. КБР.131.25.4-01КШВ

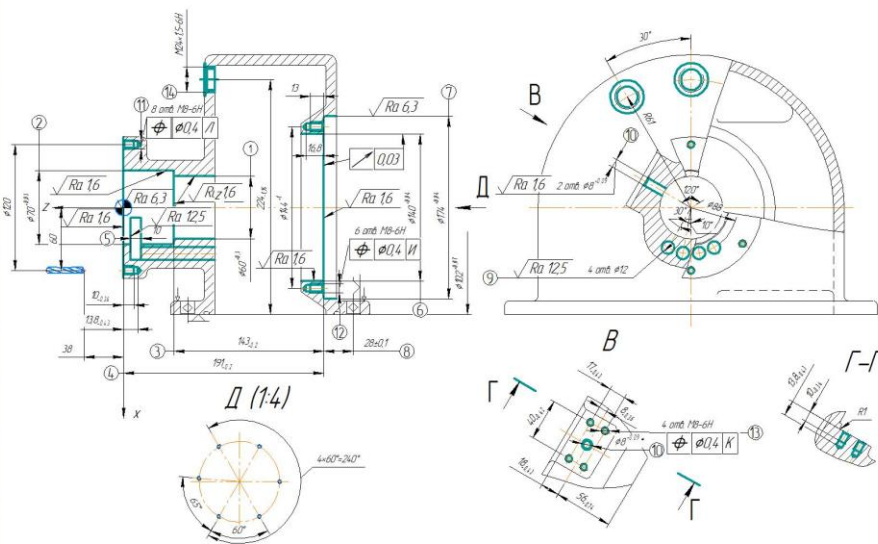
✓ Rz 80 (✓)



1. Заготовка за ДСТУ 8781:2018
2. Клас точності розмірів – 7, ряд припусків – 2
3. Граничне відхилення змещення відсутнє
4. Ступінь кораблення заготовки – 7

КНУ. КБР.131.25.4-01КШВ				Корпус шестерні (Виливок)		
Лист	№ докум.	Прий.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.	Зачкавич			1	31,87	1:1
Проб.	Кітчанський			Лист	Листов	1
Т.контр.						
Н.контр.	Неносів			Сталь 25ГІІ ДСТУ 8781:2018		
Утв.	Ряваницhev			Кардфа ТМ ЗПН-22ск		
Копіював				Формат А2		

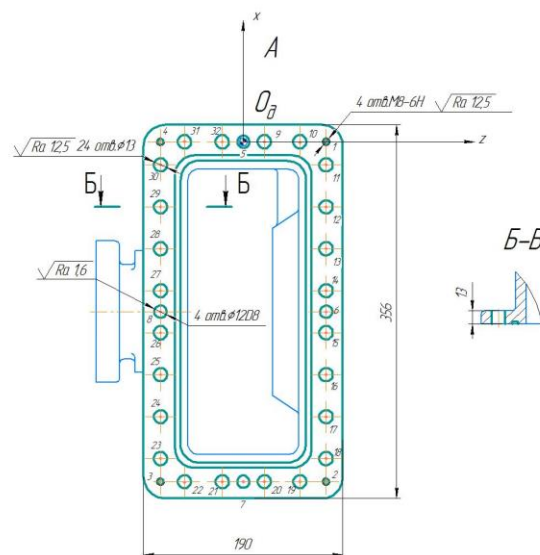
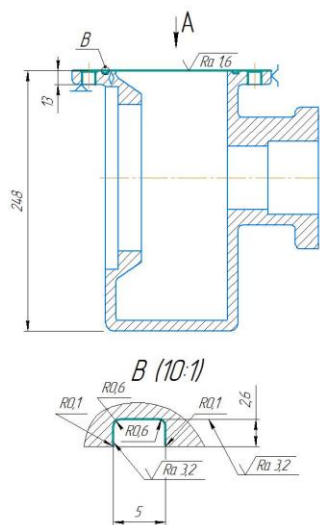
015 Фрезерна з ЧПК, верстат мод. DMU 60eVo



Мітчик машинний M24x15-6H DIN 376	14	10	16	223	355	0,16	
Свердло спіральне SD 502-22-44-50R2		110	0,4	124,3	180	0,35	
Мітчик машинний M8x125-6H COROMANT DIN	13	0,65	0,6	204	500	0,1	
		3,35	0,14	2104	1000	0,14	
	12	0,65	0,6	204	500	0,11	
		3,35	0,14	2104	1000	0,16	
Свердло спіральне SD203-6,7-27-8R1	11	0,65	0,6	204	500	0,1	
		3,35	0,14	2104	1000	0,14	
Зенкер 2323-0502 Ø8 ІСТУГОСТ 12489-71	10	0,1	0,4	184,5	500	0,11	
Свердло спіральне SD 203-7,80-27-8R1		3,9	0,14	17,39	710	0,26	
Свердло спіральне SD 203-12,0-36-12R1	9	6	0,28	942	250	11	
	8	0,4	0,04	315	7875	188	
		10	0,08	270	3375	148	
Фреза для канавок та уступів R220.69-0040-09-4A	7	14	0,08	270	3375	111	
		0,2	0,04	315	7875	24,3	
	6	0,4	0,08	270	3375	2,11	
		1,2	0,14	235	1680	181	
Фреза для канавок та уступів R217.69-14.10-09-1A	5	12	0,14	235	1680	0,27	
Фреза тарццева R220.43-0050-07W	4	0,4	0,25	215	860	178	
		1,2	0,35	180	515	11	
	3	0,3	0,08	270	3375	168	
		10	0,14	235	1680	132	
Фреза для канавок та уступів R220.69-0040-09-4A	2	0,2	0,04	315	7875	5,08	
		0,4	0,08	270	3375	4,33	
	1	1,2	0,14	235	1680	3,76	
1,3		0,08	270	3375	4,26		
Найменування інструменту	Поверхні	f, мм	S, мм/об	V, м/хв.л	об/хв	T _п , хв	T _п , хв

				КНУ.КБР.131.25.4-010Е		
				Операційні ескізи		
				Лист	Масштаб	Креслення
				Н		11
				Лист	Листов 1	
				Кордони ТМ		
				ЗПМ-22хх		
				Формат А1		
				Корисний		

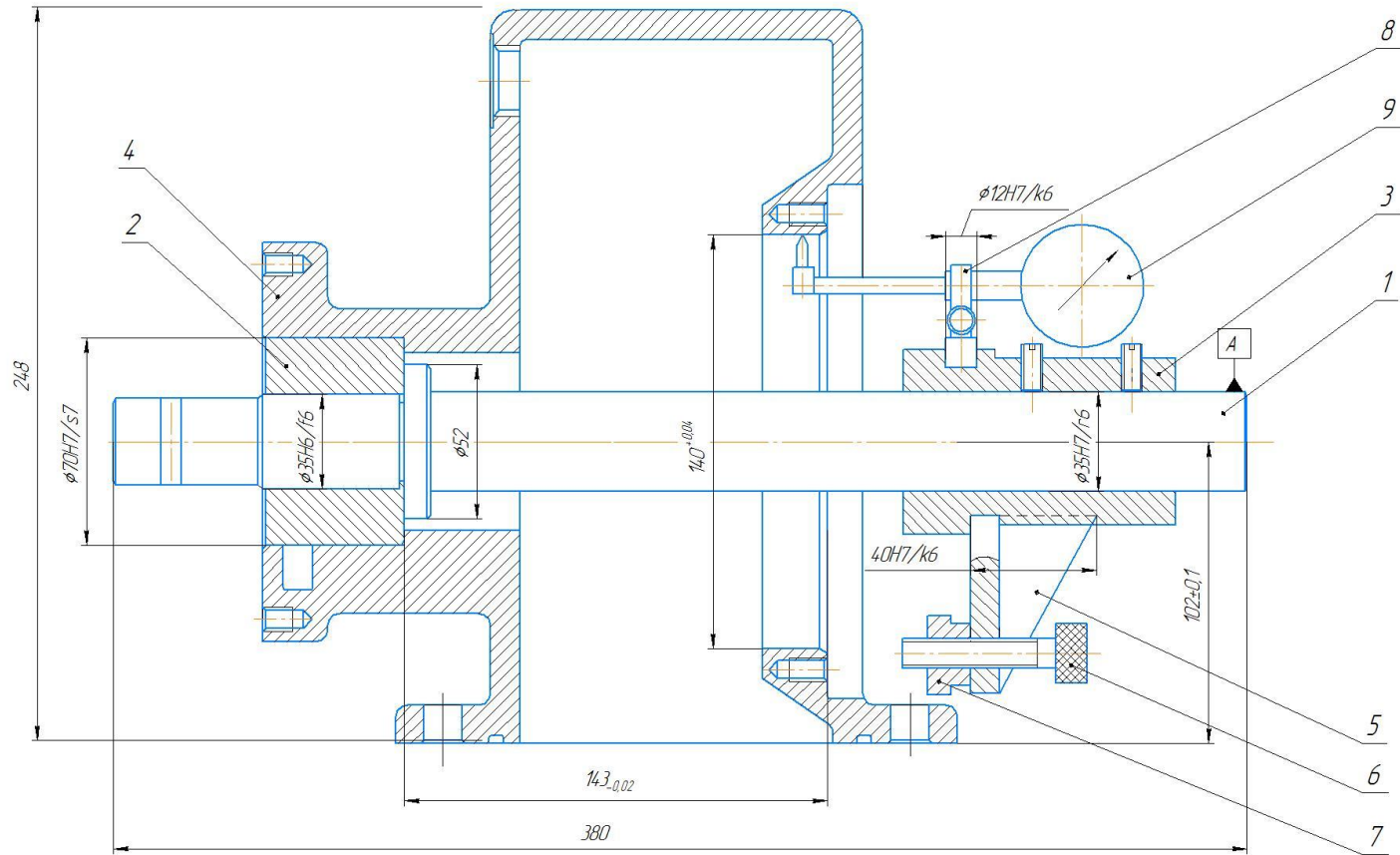
					KHУ.КБР.131.25.4-01.II
--	--	--	--	--	------------------------



Фрагменти програми	
Коды МП	Пояснения
1600007	Поясник к набору программ
M10 T01 T02 T03 MF	Вспомогательные программы инструментов T1 Корунда инструменты 01
M20 G92 S2 5000 LF	Вспомогательные абразивные шлифовки
M30 G17 G90 G17 G90 X10 Y10 Z10 LF	Абразивные системы обработки (подготовка в 10 программ для в 10 шагов X)
M40 G95 G96 S500 F0.2 M10 MF	Вспомогательные программы шлифовки абразивными шлифовками 500 м/н, подачу 0,2 мм/н, безлимитное ПОД / подаче абразивными шлифовками
M50 G01 Z250 LF	Программы для работы по контуру
M60 T02 Z250 MF	Функции зчипи инструментов Вспомогательные инструменты T02
M70 T02 T02 MF	Функции зчипи инструментов Вспомогательные инструменты T02
M80 X10 X10 Y10 Z275 LF	Программы для в 10 программ XZ
M40 G95 G96 S500 F0.2 M10 MF	Вспомогательные программы шлифовки абразивными шлифовками 500 м/н, подачу 0,2 мм/н, безлимитное ПОД / подаче абразивными шлифовками
M70 G01 Z0.5 LF	Программы для работы по контуру
M70 X20 Z370 MF	Программы для инструментов в 10 программ зчипи инструментов зчипи инструментов
M20 T03 T03 MF	Функции зчипи инструментов Вспомогательные инструменты T03
M80 X10 X10 Y10 Z275 LF	Программы для в 10 программ XZ
M40 G95 G96 S500 F0.2 M10 MF	Вспомогательные программы шлифовки абразивными шлифовками 500 м/н, подачу 0,2 мм/н, безлимитное ПОД / подаче абразивными шлифовками
M50 G01 Z0.5 LF	Программы для работы по контуру
M60 X20 Z420 MF	Программы для инструментов в 10 программ зчипи инструментов зчипи инструментов
M70 T04 T04 MF	Функции зчипи инструментов Вспомогательные инструменты T04
M80 X10 X10 Y10 Z275 LF	Программы для в 10 программ XZ
M40 G95 G96 S500 F0.2 M10 MF	Вспомогательные программы шлифовки абразивными шлифовками 500 м/н, подачу 0,2 мм/н, безлимитное ПОД / подаче абразивными шлифовками

[illegible]

КНУ.КБР.131.25.4-01.КП



1. Прилад для виміру співвідношеності 0,01мм

2. Ціна поділення індикатора 0,001

КНУ.КБР.131.25.4-01.КП			
Дані	Лист	№ докум.	Лист
Розроб.	Затверд.	Лист	Лист
Проб.	Кіровоградський	Лист	Лист
Інженер	Немає	Лист	Лист
Міст.	Рівненський	Лист	Лист
Контрольний прилад			
Лист	Маса	Масштаб	
1	10,51	1:1	
Кафедра ТМ			
ЗПМ-22ск			
Формат А2			

Копіювати